

PALABRAS CLAVE

Reutilización,
Residuos sólidos,
Proceso de diseño de la
cuna a la cuna

KEYWORDS

Reuse,
Solid waste,
Cradle-to-cradle design
process

ARQUITECTURA CON OBJETOS REUTILIZADOS. PROCESOS TECNOLÓGICOS DE REUTILIZACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE OBJETOS EN DESUSO

*ARCHITECTURE WITH REUSED OBJECTS.
TECHNOLOGICAL REUSED AND TRANSFORMATION
PROCESSES OF DISUSED OBJECTS*

> **MAGDALENA MOLINA¹, ELIANA CANGELLI² Y MARIANA GATANI¹**

¹ Centro de Investigación y Transferencia de Villa María
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

² Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia
dell'Architettura nell'Università della Sapienza, Roma, Italia

RECIBIDO

10 DE ENERO DE 2020

ACEPTADO

11 DE SETIEMBRE DE 2020



EL CONTENIDO DE ESTE ARTÍCULO
ESTÁ BAJO LICENCIA DE ACCESO
ABIERTO CC BY-NC-ND 2.5 AR

> **CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO (NORMAS APA):**

Molina, M., Cangelli, E. y Gatani, M. (2020, mayo - octubre). Arquitectura con objetos reutilizados. Procesos tecnológicos de reutilización y transformación de objetos en desuso. [Archivo PDF]. *AREA*, 26(2), pp. 1-18. Recuperado de <https://publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/area/article/view/1429/1863>

RESUMEN

La problemática ambiental de los residuos sólidos se encuentra latente y forma parte de la actualidad no solo a nivel local sino también a nivel internacional. La tasa de generación de residuos prevista a nivel mundial será de un 44% superior para el año 2025. Frente a esta problemática ambiental, organizaciones y arquitectos de diferentes partes del mundo han comenzado un camino de ensayo/experimentación con los residuos sólidos para poder otorgarles una segunda vida a productos y/o materiales desechados. El objetivo del artículo es analizar diversos casos de estudio que, bajo procesos simples de reutilización y transformación, reinsertan los residuos sólidos en nuevos ciclos. En particular, los mismos se reinsertan en ciclos constructivos dando lugar a una arquitectura con un enfoque sustentable, partiendo de los tres pilares clásicos: económico, social y ambiental. La metodología de investigación implementada se ha basado en recopilar los casos de estudio. Se hizo hincapié en los procesos de reutilización y transformación como en la arquitectura resultante. La discusión de la investigación en curso se ha basado en el análisis de las variables localización, comitente, residuos y componentes construidos.

> ACERCA DE LAS AUTORAS

MAGDALENA MOLINA. Es Becaria Posdoctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Doctora en Proyección ambiental por la Università della Sapienza, Roma. Arquitecta por la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Su trabajo de investigación se orienta a evaluar ambientalmente materiales tales como biomateriales, tabiques basados en PET y arquitectura con objetos reusados.

✉ <molinamagdalenas@gmail.com>

MARIANA PILAR GATANI. Doctora en Ciencias del Diseño y Arquitecta por la FAUD-UNC. Investigadora Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Docente investigadora de la FAUD-UNC. Ha dirigido proyectos de Secretaria de Ciencia y Tecnología, UNC. Ministerio de Ciencia y Tecnología y CONICET. Tiene numerosas publicaciones en su especialidad y ha patentado en 2008 paneles de cáscaras de maní, producto de sus trabajos de investigación.

✉ <marianapilargatani2017@gmail.com>

ABSTRACT

The environmental problem of solid waste is latent and is part of the present not only locally but also internationally. The rate of waste generation forecast worldwide will be 44% higher by the 2025. Faced with this environmental problem, organizations and architects from different parts of the world have begun a trial / experimentation path with solid waste in order to grant a second life to discarded products and / or materials. The aim of the article is to analyse various case studies that under simple processes of reuse and transformation reinsert solid waste into new cycles. In particular, they are reintegrated in construction cycles giving rise to an architecture with a sustainable approach, based on the three pillars of sustainability: economic, social and environmental. The research methodology implemented was based on collecting the case studies. Emphasis was placed on reuse and transformation processes as well as the resulting architecture. The discussion of the ongoing research was based on the analysis of the variables location, client, residues and built components. In conclusion, the article states that despite being built under the cradle-to-cradle concept, in the cases analysed it would be necessary to evaluate their technical performance, their environmental performance, and their environmental, economic and social impact.

ELIANA CANGELLI. Doctora en Tecnología Arquitectónica. Arquitecta. Profesora Asociada, Licenciada como Profesora Titular, en Diseño Tecnológico Arquitectónico y Coordinadora del Doctorado en Diseño Ambiental en la Universidad Sapienza de Roma. Propietaria del Laboratorio de Síntesis en Diseño Ambiental, miembro del Patronato del Doctorado en Tecnología de Diseño Urbanístico de la Arquitectura. Vocal del Consejo de la Sociedad Científica Italiana de Tecnología de la Arquitectura, Miembro del Consejo de Eurosolar Italia, ha sido varias veces miembro de las Comisiones para la redacción de procedimientos para la aplicación en arquitectura de Políticas y Regulaciones Europeas en el campo Medioambiental (Min. ISPRA).

Encuadramiento de la problemática: los residuos sólidos

Las premisas de diseño que impulsan la arquitectura con objetos reutilizados, se basan en inventar posibilidades para una realidad compleja como la de los residuos sólidos.

Mariana Gatani lo expresa claramente cuando dice que un residuo sin problemas deviene insostenible cuando aparece en grandes volúmenes, cuando se presenta donde no debe estar, cuando se mezcla o se asocia a aquello que no debe (Gatani, 2014).

Sobre los residuos, Vanderley M. John y Janaíde Cavalcante Rocha (2003) expresan que en cualquier ciudad, la cantidad de residuos generada supera el volumen de bienes consumidos. En la sociedad industrial la multiplicación de la producción de bienes, agrava este proceso. Entonces se podría decir que los grandes volúmenes de residuos, dan cuenta de una acumulación de bienes durante un período prolongado de tiempo y esta situación invita a repensar qué hacer con los bienes obsoletos y nuestra modalidad de producir bienes.

En la Argentina, un estudio en el cual se plantea la situación de los residuos sólidos urbanos, analiza cinco distritos representativos del país. Los distritos que generan mayores residuos sólidos urbanos son la ciudad de Córdoba y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). El estudio elaborado expresa que, la emergencia de la gestión de residuos en estas ciudades tiene características comunes que se deben tener en cuenta: la presencia de recuperadores que buscan generar valor con la comercialización del residuo y los riesgos de salud y de hábitos en comunidades próximas a sitios de disposición final. La presencia de recuperadores se visualiza en los vertederos a cielo abierto en ciudades tales como Rosario, Buenos Aires y Córdoba. En cada crisis económica del país la situación se endurece (Vergara, 2015).

Las nuevas posibilidades a la problemática de los residuos sólidos, tal como lo plantean algunos arquitectos y las organizaciones estudiadas, implicarían dar una solución luego del consumo de

ciertos objetos de diseño en una etapa posconsumo. Se ha estado intentado dar una solución a ciertos objetos de diseño reutilizándolos con fines arquitectónicos, dándoles un nuevo uso a dichos objetos obsoletos, promulgando un flujo circular de los materiales desde un origen industrial hacia uno constructivo.

Los objetivos de la investigación, que devienen en este artículo, han sido analizar los casos de arquitectura construida con residuos, sus procesos de reutilización y transformación e instalar la discusión de dicha arquitectura en el ámbito de la disciplina Arquitectura y Diseño. La metodología de investigación implementada se ha basado, en un primer momento en una búsqueda bibliográfica conceptual de autores que ha permitido analizar los casos de estudio. En un segundo momento, se han recopilado los casos de estudio ya sea de fuentes bibliográficas, tanto físicas como digitales y de visitas al barrio Campo de la Rivera, en la ciudad de Córdoba, donde se han reutilizado los residuos. En un tercer momento, se han determinado las variables de análisis: países donde se construyeron los casos, la localización de las obras (urbana o rural), comitente (privado o público), residuo reutilizado y componente constructivo (envolvente superior, lateral o inferior). En un cuarto momento, se ha planteado la discusión de toda la información recopilada y sistematizada. Y en un último momento, se han planteado las conclusiones de la investigación. Según César Naselli la materia es distinta de los materiales “el material es una forma culturalizada, es una sustancia culturalizada en dirección a tectonizarse” (citado en Paris, 2005, p. 79). En la arquitectura de objetos

reutilizados, se observa el objeto como materia susceptible de adquirir forma. Son preexistencias, naturalezas secundarias, que poseen ya una estructura, una morfología, una geometría determinada, predestinadas a conformar componentes constructivos con fines arquitectónicos. Son existencias previas que se pretende utilizar para que tengan otra existencia y se conviertan en un objeto funcional, en un edificio, una casa. Esos contenidos que tiene la materia son un riquísimo acervo natural para el diseño (Naselli citado en Paris, 2005).

En la arquitectura con objetos reutilizados, los objetos en desuso poseen la voluntad de ser materia para conformar materiales. En algunos casos, se consideraron materia y se descompusieron en varias partes, para luego componer materiales constructivos; en otros, los objetos en desuso se consideraron directamente materiales, se reutilizaron sin ser transformados, sin ser descompuestos en partes. Esto depende tanto de las propiedades de los materiales de los objetos reutilizados como de la creatividad de los arquitectos u organizaciones en cuestión.

El proceso de diseño de una arquitectura con objetos reutilizados

Naselli define al proceso de diseño como un proceso creativo,

es decir [...] un proceso que “descubre o inventa posibilidades a la realidad, no explícitas en la misma, gestando un objeto de diseño”. Este proceso, en su extremo final, concreta en el espacio existencial-ambiental ese objeto de diseño como una construcción material, transmutación de la idea generativa, de su esencia y cualidades formales (2013, p. 69).

El camino artificial o proceso de diseño emprendido por Michael Reynolds (s.f.), Andreas Froese (s.f.), Shigeru Ban (s.f.), *Hug it forwards Bottle Schools* (s.f.) y *3C construcciones* (s.f.) responde a cierta organización o ley interna que persigue varios objetivos:

primero cubrir demandas arquitectónicas como viviendas, escuelas y salones, y en segunda instancia, dar solución a las problemáticas ambientales. El primer objetivo se logra a lo largo de un proceso de diseño circular en el que se inicia el camino, con un proyecto de reutilización y se cierra en un proyecto arquitectónico. O sea, propicia una circulación de *la cuna a la cuna*. Y el segundo objetivo, se logra a través de procesos creativos simples donde se reutilizan objetos en desuso convirtiéndolos en materiales constructivos como por ejemplo eco-mampuestos –botellas rellenas de tierra o botellas rellenas de desechos inorgánicos.

El concepto de *la cuna a la cuna*, plantea que existen dos tipos de metabolismos, uno técnico y uno biológico. En ellos fluyen materiales técnicos o biológicos, los cuales se consideran alimentos o insumos para nuevos ciclos ya sean industriales o biológicos. En este modelo no existe el concepto de residuos. Se busca reinsertar todo objeto en desuso a nuevos ciclos industriales o biológicos y también se busca que no se mezclen las materiales o nutrientes. La teoría de *la cuna a la cuna*, se basa sobre el principio de la no interferencia entre los ciclos técnicos y biológicos. En este sentido, los nutrientes técnicos deben ser materiales proyectados para reinsertarse en el ciclo técnico, o en el metabolismo técnico de donde provienen (McDonough y Braungart, 2002).

La mirada de un creativo se enfoca en cómo reutilizar a los objetos. Observa las características y propiedades de los objetos, sus dimensiones, sus materialidades y su morfología. Conforman talleres *in situ*, donde cada transformación de un objeto puede

influir en la idea de partido arquitectónica ya que la geometría de los objetos condiciona la morfología y la conformación de los componentes constructivos.

En los talleres se comienza un proceso de familiarización con el objeto a reutilizar, se comprende cuáles son las dimensiones de los mismos, sus características y sus posibilidades de ser reutilizados con fines arquitectónicos. El paso siguiente es la conformación de los materiales reciclables por medio de una sucesión de pasos sencillos.

Estos procesos de reutilización y/o transformación son llevados adelante por arquitectos o diseñadores que ven en los objetos en desuso nuevas posibilidades para integrarse en la realidad existente. Imaginan nuevos usos que podrían desempeñar dichos objetos desechados y construir así nuevas tipologías edilicias arquitectónicas.

Proceso de transformación

El proceso de transformación implica un retorno a un punto de partida. Se descomponen ciertos tipos de materiales, y se los convierte en materia. Esto implica una revalorización de las características materiales del material.

En este tipo de procesos se observa una acción interesante, la partición de un objeto o cosa en dos partes o más. Su descomposición depende de qué objeto, material o pieza se desea crear o proyectar a futuro. La particularidad de los materiales u objetos particionados es que se los consideran insumos para conformar nuevos materiales, objetos o componentes constructivos. Se los considera sustancias matéricas capaces de transformarse en nuevas morfologías, geometrías ya sea para conformar objetos, componentes constructivos o espacios arquitectónicos.

Procesos de reutilización

En el proceso de reutilización se observa un punto de partida y un punto de llegada o

arribo. Se reutiliza materia o materiales en desuso y se les reasigna un nuevo uso, un nuevo fin. El proceso parte de preexistencias artificiales en el que pretende valorizar las características estéticas y técnicas de las mismas, reutilizando piezas enteras, sin descomponerlas o triturarlas para reutilizarlas. En los casos estudiados, Michael Reynolds, Andreas Froese, *Hug it forwards*, Shigeru Ban y *3C Construcciones*, se han identificado objetos en desuso que no han sido diseñados para retornar a ciclos técnicos. Sin embargo, gracias al ingenio de los arquitectos u organizaciones nombradas se han podido reutilizar (*upcycle*) promulgando el retorno de los mismos a ciclos antrópicos como es la arquitectura y la construcción.

Caso de estudio *Earthship Biotecture* (Reynolds, s.f.)

El fundador, el arquitecto Reynolds es un americano que vive en el Nuevo México, conocido por el diseño y la construcción de las *Earthships* en países como Estados Unidos, Reino Unido, España, Holanda, Haití, Chile, Guatemala y Argentina. Los principales residuos que se han reutilizado en las *Earthships* fueron neumáticos de automóviles. Además de estos, se han reutilizado botellas de vidrio y latas de aluminio. Con los neumáticos se han conformado envoltorios portantes del diámetro de los mismos, 70 centímetros. Para su reutilización se han implementado un proceso de reutilización sencillo. Primero, se alinean los neumáticos en hilera de manera escalonada. Segundo, se fija un neumático con el otro. Tercero, se coloca cartón en la base interna de los neumáticos para contener a la tierra de relleno. Y cuarto, se rellenan los neumáticos con tierra. Al final resulta un componente constructivo auto portante estructural de masa térmica, con un espesor variable, dependiendo del diámetro del neumático reutilizado.

Otros residuos reutilizados son las latas de aluminio. Con estas se han conformado tabiques no portantes como divisorios de espacios en baños, armarios en viviendas y techos. El proceso de reutilización se compone de tres pasos. El primero, el acopio de las latas de aluminio; el segundo paso, la sistematización de las latas se colocan horizontalmente en una hilera, una sobre la otra, con un espesor igual a la longitud de las latas acopiadas; y el tercer paso, la unión de las latas con aglomerante cementicio.

Y por último, otros residuos reutilizados son las botellas de vidrio. Con las mismas se han conformado tabiques no portantes, que cumplen la función de divisorios que permiten iluminar ambientes interiores. Para conformar los mismos, primero se han hecho los ladrillos de vidrio con dos mitades de botellas, unidas con cinta adhesiva. Después de la recolección de botellas de iguales dimensiones, se les corta el cuello, se las une entre sí obteniendo el ladrillo que conformará el tabique divisorio.

Fotografía 1

Tabique divisorio de latas de aluminio.
Fuente: *Earthship* (Reynolds, s.f.).

Fotografía 2

Nave Tierra: La casa autosustentable de Michael Reynolds en Ushuaia, Argentina.
Fuente: © *Earthship biotecture*, Plataforma Arquitectura. Recuperado de <https://www.plataformaarquitectura.cl/02-332732/nave-tierra-la-casa-autosustentable-de-michael-reynolds-en-argentina>

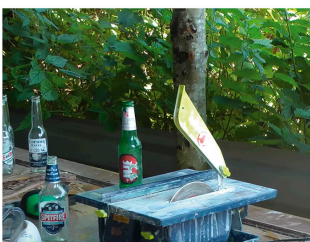
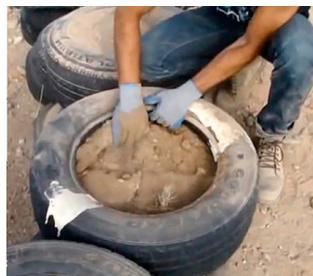


Figura 1




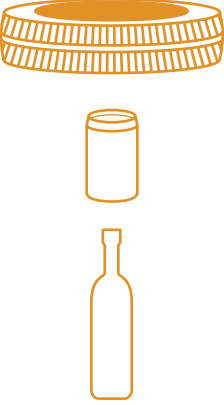
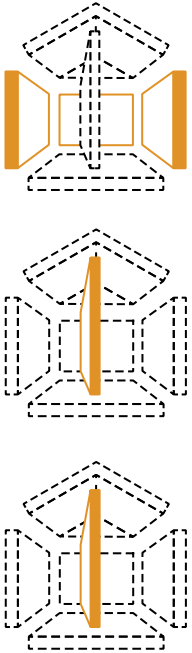



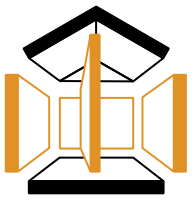
Proceso de reutilización de neumáticos con tierra, relleno y compactación.
Fuente: *Earthship*. Construir la pared de neumáticos, Bórea Comunidad Earthship España. 2014. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=qjF7ld0nBC8>

Figura 2

Proceso de reutilización de botellas de vidrio, corte y colocación.
Fuente: Bottle Brick Wall Workshop (Self-Building an Earthship), The Re:Generation Project. 2014. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=nbAsz00Laik>



Cuadro 1. Síntesis del caso de estudio *Earthship Biotechure*

	<p>UBICACIONES</p> <p>Estados Unidos, Reino Unido, España, Holanda, Haití, Chile, Guatemala y Argentina</p>	<p>LOCALIZACIONES</p>  <p>RuR UrB</p>	<p>COMITENTE</p>  <p>PriV PuB</p>
<p>RESIDUOS</p> 	<p>DESCRIPCIÓN e INDUSTRIA</p> <p>Descripción: neumáticos de 70 cm de diámetro Industria de origen: vehicular</p> <p>Descripción: latas de aluminio de 12 cm de altura y 6,40 cm de diámetro Industria de origen: recipientes</p> <p>Descripción: botellas de vidrio Industria de origen: recipientes</p>		
<p>COMPONENTES</p> 	<p>COMPONENTES y ELEMENTOS COSNTRUCTIVOS</p> <p>Fundaciones / Muros portantes / Estructurales</p>  <p>Muros no portantes</p>  <p>Muros no portantes</p> 	<p>RESIDUOS</p> <p>Neumáticos de 70 cm de diámetro</p> <p>Latas de aluminio de 6,40 cm de diámetro</p> <p>Ladrillos de botellas de vidrio</p>	
<p>SISTEMA</p> 	<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Fundaciones / Muros portantes / Estructurales: modelo "U" de muro de neumáticos.</p> <p>Envoltentes: latas de aluminio o ladrillos de botellas de vidrio y aglomerado de cemento.</p> <p>Techo: tradicional de vigas y cubierta metálica con aislamiento térmico o cemento armado.</p>		

Fuente: elaborado por las autoras.

Caso de estudio Hug it forward
(Hug it Forward Bottle Schools, s.f.)

Hug it forward es una organización sin fines monetarios que está constituida por ex voluntarios del Cuerpo de Paz de los Estados Unidos de Norteamérica. Las edificaciones se ubican en Guatemala y el único residuo reutilizado son las botellas plásticas de 600 ml. Las mismas se rellenan de residuos no biodegradables y en el proceso se convierten en eco-mampuestos. A diferencia de los casos de Earthship biotecture, la organización Hug it forward,

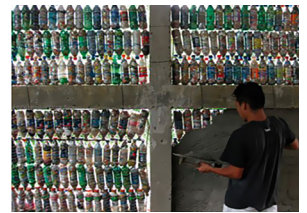
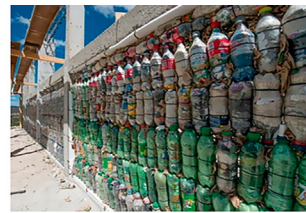
primero construye la estructura principal de la edificación, la cual se conforma de columnas y vigas de hormigón armado. Después, los eco-mampuestos son colocados conformando envolventes no portantes, que cierran los espacios arquitectónicos de cada edificio proyectado. El proceso de reutilización es sencillo y se realiza en dos pasos. Primero se limpian y secan las botellas recolectadas; segundo, se rellenan las botellas con desechos no biodegradables.

Fotografía 3



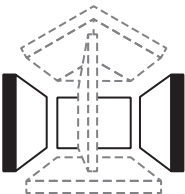

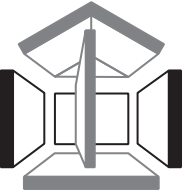
Izquierda: construcción con eco-mampuestos, Caquixajay
Fuente: Hug it forwards Bottle Schools (s.f.).

Figura 3

Derecha: proceso de reutilización con botellas PET.
Fuente: Hug it forwards Bottle Schools (s.f.).



Cuadro 2. Síntesis del caso de estudio Hug it forward

	<p>UBICACIONES</p> <p>Guatemala</p> <p>LOCALIZACIONES</p> <p>RuR UrB</p> <p>COMITENTE</p> <p>PriV PuB</p>
<p>RESIDUOS</p> 	<p>DESCRIPCIÓN e INDUSTRIA</p> <p>Descripción: botellas plásticas de PET de 600 ml Industria de origen: recipientes</p>
<p>COMPONENTES</p> 	<p>COMPONENTES y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</p> <p>Envolventes</p>  <p>RESIDUOS</p> <p>Botellas plásticas de PET de 600 ml</p>
<p>SISTEMA</p> 	<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Fundaciones: platea de cemento armado.</p> <p>Muros: columnas y vigas de cemento con botellas plásticas de PET de 600 ml.</p> <p>Techo: vigas y cubierta metálicas.</p>

Fuente: elaborado por las autoras.

Caso de estudio *Ecotec* (Froese, s.f.)

El arquitecto Froese ha creado la técnica constructiva denominada *Ecotec*. La *Eco-Tec Bi4PVS* es una técnica constructiva que rellena las botellas PET con tierra, conformando eco-mampuestos.

La técnica ha sido concebida en países en vías de desarrollo como Honduras, donde no existe un sistema de recolección de residuos. Por lo tanto, la comunidad se siente obligada a recogerlas.

En esta técnica constructiva, los residuos reutilizados fueron las botellas PET de tres dimensiones diferentes. Las botellas de 500 ml, de 1.500 ml y de 2.000 ml. Cada una fue adaptada para conformar diferentes componentes constructivos. Las botellas de 500 ml, principalmente se usaron para conformar columnas, las cuales fueron capaces de resistir el peso de vigas y cubiertas curvas.

En cambio, las botellas PET de 1.500 y 2.000 ml se usaron para conformar envolventes no portantes, que con la aplicación

de un aglomerante cementicio pobre, las mismas fueron colocadas horizontalmente, obteniendo un espesor de tabique de cerca de 28/30 cm definido por la altura de las botellas utilizadas.

Los eco-mampuestos se conforman, a través de un proceso de reutilización sencillo, el cual consta de dos pasos. Primero, se rellenan las botellas PET con tierra local fina; segundo, se cierra cada botella con su tapa correspondiente.

Las columnas portantes circulares se conforman con eco-mampuestos, luego se conceden de la siguiente manera: primero, se coloca una superficie aglomerante cementicia y luego se colocan los eco-mampuestos de manera radial, dejando hacia el interior del círculo las tapas (las mismas deben conformar un anillo simétrico en el centro); en segundo lugar, en el círculo central se colocan los hierros necesarios para formar la columna y soportar las sollicitaciones estructurales correspondientes.



Figura 4

Construcción de paredes con eco-mampuestos con botellas de plástico y tierra.

Fuente: *Ecotec*. 2012.

Recuperado de http://ecococos.blogspot.com/2012_03_01_archive.html



Figura 5

Proceso de reutilización que compone al eco-mampuesto.

Fuente: *Como transformar una botella PET en un ladrillo*. Andreas Froese.

2010. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=G5doJAbsWel>

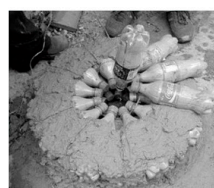


Figura 6





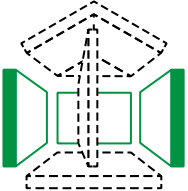
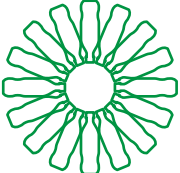
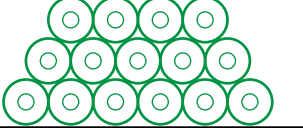

Proceso de conformación de las columnas circulares

Fuente: Froese (s.f.).



Fotografía 4
Aula escolar, Diamante de Sion, Jutiapa, Honduras, *Ecotec*.
Fuente: Froese (s.f.).

Cuadro 3. Síntesis del caso de estudio *Ecotec*

	<p>UBICACIONES</p> <p>México y Honduras</p> <p>LOCALIZACIONES</p>  <p>RuR UrB</p> <p>COMITENTE</p>  <p>PriV PuB</p>
<p>RESIDUOS</p> 	<p>DESCRIPCIÓN e INDUSTRIA</p> <p>Descripción: botellas plásticas de PET de 500 ml Industria de origen: recipientes</p> <p>Descripción: botellas plásticas de PET de 1.500 ml Industria de origen: recipientes</p> <p>Descripción: botellas plásticas de PET de 2.000 ml Industria de origen: recipientes</p>
<p>COMPONENTES</p> 	<p>COMPONENTES y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</p> <p>Columnas circulares</p>  <p>Muros no portantes</p>  <p>RESIDUOS</p> <p>Botellas plásticas de PET de 500 ml</p> <p>Botellas plásticas de PET de 1.500 y 2.000 ml</p>
<p>SISTEMA</p> 	<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Fundaciones: platea de cemento armado.</p> <p>Muros: columnas de eco-ladrillos de botellas plásticas de PET de 500 ml y eco-ladrillos de botellas plásticas de PET de 1.500 y 2.000 ml.</p> <p>Techo: tradicional de tejas y botellas plásticas de PET de 500 ml.</p>

Fuente: elaborado por las autoras.

Caso de estudio *Shigeru Ban* (Ban, s.f.)

El arquitecto Ban, ganador del premio *Pritzker* por la arquitectura 2014, es el arquitecto del cartón, del bambú, de los subproductos de plástico y de papel reciclado. Su arquitectura es liviana, desmontable, transportable destinada prevalentemente para hospedar a los refugiados, víctimas inocentes de guerras civiles o de catástrofes naturales. A partir del año 1986 ha comenzado a experimentar con tubos de cartón, es decir, trasladada un subproducto industrial (usado en la industria textil) al mundo de la construcción, usándolo como material constructivo con la ayuda del ingeniero Gengo Matsui, experto con los materiales de bambú y madera. Finalmente, en 1993 los tubos de cartón son autorizados por el Ministerio de la Construcción Japonesa como materiales estructurales (Artículo 38 de la Building Standards) para ser utilizados en edificios de permanencia.

Las obras analizadas en la tesis doctoral de Shigeru Ban han sido instaladas en países como Italia, Japón, Nueva Zelanda y China. Los tubos de cartón se implementaron estructuralmente en muros autoportantes o paredes divisorias de espacios. Debido a la morfología de los tubos de cartón, se han podido configurar plantas arquitectónicas orgánicas. Usa figuras geométricas como el cuadrado, el rectángulo, el círculo y la elipse.



Fotografía 5

Utilización de los tubos de cartón en una Escuela de guardería de papel, Ya'an City, Sichuan, China
Fuente: Ban (s.f.).

Cuadro 4. Síntesis del caso de estudio Shigeru Ban

	<p>UBICACIONES</p> <p>Italia, Japón, Nueva Zelanda y China</p>	<p>LOCALIZACIONES</p> <p>RuR UrB</p>	<p>COMITENTE</p> <p>PriV PuB</p>
<p>RESIDUOS</p>	<p>DESCRIPCIÓN e INDUSTRIA</p> <p>Descripción: tubos de cartón de diámetro de 100, 106, 275, 325, 525, 600 y 1.230 mm Industria de origen: textil</p>		
<p>COMPONENTES</p>	<p>COMPONENTES y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS</p> <p>Muros portantes / Estructural</p>	<p>RESIDUOS</p> <p>Tubos de cartón de diámetros de 100, 106, 275, 325, 525, 600 y 1.230 mm</p>	
<p>SISTEMA</p>	<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Muros: tubos de cartón de diámetro de 100, 106, 275, 325, 525, 600 y 1.230 mm. Techo: vigas metálicas con cubierta metálica.</p>		

Fuente: elaborado por las autoras.

Caso de estudio

3C Construcciones (s.f.)

El emprendedor, Lucas Recalde, fundó el emprendimiento *3C construcciones*. La arquitectura proyectada es muy interesante ya que es de triple impacto, ambiental, social y económica. *3C construcciones* posee dos líneas de acción: el desarrollo de las envolventes no portantes con botellas PET (anclado e instalado en barrios vulnerables de la ciudad de Córdoba, Argentina, donde viven los operarios) y la construcción de diferentes edificaciones desde viviendas y talleres hasta hoteles. Ya se han construido 25 edificaciones y tienen, al momento de nuestra investigación, tres proyectos por desarrollar. Es una arquitectura que se encuentra en crecimiento y desarrollo en la actualidad, la cual posee una muy buena aceptación en individuos de altos ingresos económicos con una gran mirada social y ambiental. Según pudo expresar su fundador, los inversores que han surgido luego de haber construido con dicha tecnología, vuelven a invertir en la misma no solo por la mirada ambiental del proyecto, sino también por el enfoque y el impacto social que tiene el desarrollo de la tecnología *3C* en los sectores más vulnerables de la ciudad de Córdoba. Principalmente, se ha capacitado en diversos municipios con el proceso industrial de reutilización de las botellas plásticas. Y las diversas edificaciones con botellas PET en la Argentina, se las han construido principalmente en áreas rurales (sierras) y en menor medida en algunas ciudades de la provincia de Córdoba. Según lo relevado en la actualidad, la primera línea de acción es el proceso industrial de la conformación del tabique con botellas PET. Los tabiques que se producen son dos: el primero doble de 0,18 x 0,60 x 1,02 m y el segundo triple de 0,18 x 0,60 x 1,53 m. Con 1 m³ de residuo de plástico se producen nueve bastidores simples, equivalentes a 3 m² de pared.

El proceso de producción industrial de los tabiques doble y triple consta de los siguientes pasos: el armado de sub-bastidores, corte las varillas, tratamiento de la madera con aceite recuperado, prensado, atado, atado del bastidor y fase de control. En el primer y segundo paso, se utilizan herramientas y equipos tales como prebastidores metálicos, clavadora neumática y compresor; el tercer paso se implementa el uso de bachas o recipientes donde se vierte el aceite recuperado; en el cuarto y quinto paso se emplazan taladros, prensa e hilo plástico; y en la sexta y séptima fases, se utilizan herramientas y equipos como el bastidor, la clavadora neumática, el compresor y la cinta métrica. Como se puede observar es un proceso con un nivel de complejidad media, que implementa herramientas y equipamientos simples. Los operarios de *3C Construcciones*, luego de un período de adaptación, han adquirido los conocimientos para poder llevar adelante la tarea de producción solos. Por el momento la tecnología es llevada adelante por hombres en un taller en el Campo de la Ribera, ciudad de Córdoba junto al cura Mariano Oberlin, pero la Fundación La Morera –barrio Tropezón, ciudad de Córdoba– posee el proyecto de trabajar con una Cooperativa de mujeres con la tecnología *3C Construcciones*. La arquitectura en cuestión, que parte del proceso previo de reutilización de botellas plásticas, implementa un sistema constructivo mixto en el que las fundaciones son cimientos armados con columnas de madera y las envolventes laterales y cubierta son todas en vía seca. El sistema constructivo desarrolla una arquitectura con las botellas PET, los componentes típicos de una envolvente y cubierta en madera tradicional, teniendo como terminación revoque grueso y fino.

Fotografía 6

Izquierda: tabique doble.
Fuente: registro fotográfico de las autoras.

Fotografía 7

Derecha: tabique triple.
Fuente: registro fotográfico de las autoras.





Fotografía 8

Armado de bastidor superior de madera en prebastidor metálico.

Fuente: registro fotográfico de las autoras.



Fotografía 9

Izquierda: prebastidor metálico utilizado para armar bastidor de madera superior de tabiques.

Fuente: registro fotográfico de las autoras.



Fotografía 10

Derecha: prensado de botellas plásticas PET.

Fuente: registro fotográfico de las autoras.



Fotografía 11

Conformación del bastidor en su totalidad en equipo metálico.

Fuente: registro fotográfico de las autoras.



Fotografía 12

Taller en construcción con tecnología 3C en el campo de la ribera, Córdoba, Argentina.

Fuente: registro fotográfico de las autoras.



Fotografía 13

Construcción edificada con tecnología 3C colindante al taller, ubicada en el Campo de la Ribera, ciudad de Córdoba, Argentina.

Fuente: registro fotográfico de las autoras.

Cuadro 5. Síntesis del caso de estudio 3C Construcciones

	<p>UBICACIONES Argentina</p> <p>LOCALIZACIONES RuR UrB</p> <p>COMITENTE PriV PuB</p>
<p>RESIDUOS</p>	<p>DESCRIPCIÓN e INDUSTRIA</p> <p>Descripción: botellas plásticas de PET de cualquier dimensión Industria de origen: recipientes</p>
<p>COMPONENTES</p>	<p>COMPONENTES y ELEMENTOS COSNSTRUCTIVOS</p> <p>Tabiques no portantes / Relleno Aislante de cubierta</p> <p>RESIDUOS</p> <p>Botellas plásticas de PET de cualquier dimensión</p>
<p>SISTEMA</p>	<p>SISTEMA CONSTRUCTIVO</p> <p>Tabique no portante: botellas plásticas de PET de cualquier dimensión. Techo: en vía seca tradicional con botellas plásticas como aislante térmico.</p>

Fuente: elaborado por las autoras.

Discusión

En esta instancia de discusión de lo analizado, se presenta un cuadro comparativo entre los cinco casos de estudio *Earthship biotecture*, *Hug it forward*, *Ecotec*, Shigeru Ban y *3C Construcciones*. El objetivo es instalar la discusión de una arquitectura construida con la reutilización de objetos.

En las diversas variables que se presentan se observan varias tendencias de las obras construidas con objetos en desuso: atendiendo a la localización se presenta una tendencia a la ubicación de las obras con objetos reutilizados en áreas rurales más que

urbanas; considerando el comitente se puede observar una preponderancia en el desarrollo de las obras con objetos reutilizados por comitentes privadas más que públicos; en atención a los residuos utilizados, se observa una tendencia a reutilizar o transformar objetos de dimensiones reducidas con excepción de los neumáticos y los tubos de cartón y según la componente, se observa una tendencia a desarrollar con objetos reutilizados componentes no portantes como envolventes laterales y relleno de cubiertas. Lo que se puede observar respecto a los residuos reutilizados es que el más

Cuadro 6. Síntesis comparativa entre los casos de estudio

	EARTHSHIP BIOTECTURE	HUG IT FORWARD	ECOTEC	SHIGERU BAN	3C CONSTRUCCIONES
UBICACIONES	Estados Unidos, Reino Unido, España, Holanda, Haití, Chile, Guatemala y Argentina	Guatemala	México y Honduras	Italia, Japón, Nueva Zelanda y China	Argentina
LOCALIZACIONES	RuR UrB	RuR UrB	RuR UrB	RuR UrB	RuR UrB
COMITENTE	PriV PuB	PriV PuB	PriV PuB	PriV PuB	PriV PuB
RESIDUOS	Neumáticos / Latas / Botellas de vidrio	Botellas plásticas de PET	Botellas plásticas de PET	Tubos de cartón	Botellas plásticas de PET
COMPONENTES	Fundaciones / Muros portantes / Estructurales Neumáticos de 70 cm de diámetro Muros no portantes Latas de aluminio de 6,40 cm de diámetro Muros no portantes Ladrillos de botellas de vidrio	Envolventes Botellas plásticas de PET de 500 ml	Columnas circulares Botellas plásticas de PET de 500 ml Muros no portantes Botellas plásticas de PET de 1.500 y 2.000 ml	Muros portantes / Estructurales Tubos de cartón de diámetros de 100, 106, 275, 325, 525, 600 y 1.230 mm	Envolventes Botellas plásticas de PET Cubiertas Botellas plásticas de PET

Fuente: elaborado por las autoras.

reutilizado son las botellas plásticas. En el caso de *Hug it forwrads*, las botellas plásticas son rellenas con desechos inorgánicos y se los colocan dentro del muro para luego revocar sobre ellos. En cambio en *3C Construcciones* primero se las compacta en una prensa, se las enfarda conformando molones y luego se componen los tabiques no portantes de relleno de las envolventes laterales o techos para que al último sean revocadas o no. O sea, un mismo objeto dependiendo del proceso de reutilización o transformación aplicado, puede destinarse para un componente constructivo u otro. Los objetos en desuso se aíslan de los nutrientes biológicos de diversas maneras. En algunos casos, comunidades organizadas afectadas por la problemática de los residuos sólidos, han recolectado, sistematizado a los objetos en desuso para que luego fueran reutilizados (*upcycled*). Y en otros casos, la municipalidad de ciertas ciudades como la ciudad de Ushuaia, Argentina o la misma organización (*3C construcciones*), gestionó la recolección de los objetos y pusieron a disposición del arquitecto los materiales. Para luego reutilizarlos con fines arquitectónicos, tales como muros portantes, tabiques divisorios de ambientes interiores y muros translúcidos.

Los metabolismos industriales desde donde se obtuvieron los objetos en desuso fueron variados. En los casos estudiados de los arquitectos Michael Reynold, Andreas Froese, Shigeru Ban, la comunidad *Hug it forwards Bottle Schools* y *3C Construcciones*, el origen de los objetos en desuso –botellas plásticas, botellas de vidrio, neumáticos, tubos de cartón y latas de aluminio– vinieron de ciclos técnicos como la automotriz, la industria del aluminio, la industria textil y la industria de envases. Son ciclos técnicos complejos donde no han considerado a los objetos diseñados como nutrientes para ser incorporados en nuevos ciclos técnicos en la etapa de uso posterior.

Los casos de estudio son arquitecturas en constante evolución, que los objetos en desuso han sido reutilizados (*upcycled*) de

cierta manera constructiva. Se puede inferir que el recambio de un material por uno nuevo podría ser un inconveniente. A los componentes constructivos implementados se podría aplicar el concepto de servicio de un producto y su futura reutilización quedan supeditadas al diseño de los detalles constructivos para que puedan seguir siendo reutilizados a través del tiempo (McDonough y Braungart, 2002).

La arquitectura resultante de la reutilización de residuos o materiales secundarios tiene usos educativos, residenciales, públicos, religiosos, gastronómicos y recreativos. Las edificaciones son de escala mediana, lo cual indica la capacidad que poseen los materiales secundarios o residuos de construir edificios medianos. Las figuras geométricas de las tipologías son sencillas, rectángulos y cuadrados.

Conclusiones

El análisis de una arquitectura con objetos reutilizados y sus procesos posee el objetivo de instalar la discusión de dicha arquitectura en el ámbito disciplinar académico.

La búsqueda de conceptos de diferentes autores permitió analizar a la arquitectura en cuestión. Permitted indagar lo analizado, determinar el carácter de los procesos de reutilización y de los objetos reutilizados o transformados y a la arquitectura resultante. En la arquitectura con objetos reutilizados, en algunos casos los objetos en desuso se consideran materia y se descomponen en varias partes para luego componer materiales constructivos. Y en otros casos los objetos en desuso se consideran directamente materiales, se reutilizan sin ser transformados, sin ser descompuestos en partes. Esto depende de la creatividad de los arquitectos u organizaciones en cuestión y de las propiedades de los materiales de los objetos reutilizados.

De todos los residuos reutilizados y transformados el que más capacidad de adaptación a diferentes componentes constructivos tiene son las botellas plásticas de PET, que

poseen la maleabilidad para ser rellenado ya sea con tierra, material inorgánico y/o de ser compactado para luego transformarse en otra cosa. Además el material posee la capacidad de dotar a la envolvente de características aislantes si se compacta solo a la botella y se enfarda como es el caso de *3C Construcciones*.

Luego de analizar los casos y del acercamiento local de *3C Construcciones*, se puede decir que buscan nuevas posibilidades a la realidad de la contaminación de los paisajes naturales, a la falta de un sistema de recolección de residuos, a la presencia de desastres naturales y a la falta de empleo digno para personas vulnerables, donde la gestación de un objeto es el medio y la oportunidad de generar empleo. En este modelo el cual promueve una arquitectura con objetos reutilizados el concepto de residuo no existe, sino de subproducto, agregado de valor. Se busca reinsertar a todo objeto en desuso a nuevos ciclos industriales o biológicos y también se busca que no se mezclen las materiales o nutrientes. En los casos analizados se pudo documentar y estudiar que todos los residuos desechados fueron revalorizados y recuperados. Ya sea por una porción de la comunidad afectada o por personas en situación vulnerable, a la cual se la emplea para realizar la recuperación de los desechos provenientes de descampados. Este proceso de recuperación es un paso previo a la re inserción de los desechos en nuevos ciclos industriales, tal cual lo plantea el concepto de *la cuna a la cuna*. Lo que los arquitectos, organizaciones o emprendedores descubrieron fueron procesos de reutilización o transformación que permitieron reinsertar a dichos objetos en nuevos ciclos de construcción para obtener como resultado una arquitectura con objetos reusados. La práctica de recuperación como lo documenta el estudio argentino de Vergara (2015) se comenzó a desarrollar con la crisis del 2001 en la Argentina. Lo característico de este proceso de recuperación es que con los casos analizados se puede observar que el proceso de recuperación, reúso y transformación podría ser que comience a tornarse de carácter transformador de prácticas insostenibles.

Y teniendo en cuenta a la arquitectura resultante, se puede divisar que es una arquitectura en constante desarrollo, donde los sistemas constructivos son sistemas abiertos dispuestos a futuras adaptaciones según el contexto, las demandas y la posibilidad de acceder a diversos materiales en desuso. Esto se pudo observar de cerca en el caso de estudio de *3C Construcciones*.

Las futuras líneas de investigación intentarán cuantificar los impactos ambientales y energéticos del caso local *3C Construcciones*. Esto permitirá medir su impacto a través de programas de simulación en las zonas bioclimáticas de la República Argentina ■

REFERENCIAS

3C Construcciones. (s.f.). 3C Construcciones. [En línea]. Recuperado de <http://3cconstrucciones.com/>

Ban, S. (s.f.). Shigeru Ban Architects. [En línea]. Recuperado de <http://www.shigerubanarchitects.com/>

Froese, A. (s.f.). Environmental Consultant. [En línea]. Recuperado de <https://www.eco-tecnologia.com/>

Gatani, M. (2014). Reciclar / Reusar. *30-60 Cuaderno Latinoamericano de Arquitectura*, (38), pp. 06-14.

Hug it forward Bottle Schools. (s.f.). *Hug it forward*. [En línea]. Recuperado de <https://hugitforward.org/>

John, M. V., J. y Calvacante Rocha, J. (Eds.). (2003). *Utilização de Resíduos na Construção Habitacional*. Porto Alegre: Coletânea Habitaré.

McDonough, W. y Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle. Remaking the way we make things*. Nueva York: North Point Press.

Naselli, C. (2013). *El rol de la innovación creadora: en la lógica interna del diseño arquitectónico*. Córdoba: I + P Editorial, EDUCC – Editorial de la Universidad Católica de Córdoba.

Paris, O. (2005). Entrevista a César Augusto Naselli. *30-60 Cuaderno Latinoamericano de arquitectura*, pp. 78-83.

Reynolds, M. (s.f.). Earthship biotecture. [En línea]. Recuperado de <https://www.earthshipglobal.com/>

Vergara, G. (2015). *Recuperadores, residuos y mediaciones. Análisis desde los interiores de la cotidianidad, la gestión y la estructuración social*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Estudios Sociológicos Editora.