

# 02

Innovación en materiales a partir de desechos.



El CEP FADU-UBA funciona desde el año 1986 bajo la dirección del Arq. Carlos Levinton. A través de los años ha colaborado con la comunidad en resolver situaciones relacionadas con manejo de riesgo y remediación habitacional en ocasión de desastres (Levinton, Caruso, Yajnes, 2012). Además se realiza en el Centro Investigación y Docencia en Innovación sobre Materiales Sostenibles de Construcción con Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Construcción y Demolición (RCD), Vivienda Saludable y Capacitación a Cooperativas, a través de un programa de creación de Empleos Verdes. Se describe aquí la experiencia de las Arqs. Yajnes y Caruso durante el desarrollo de los Proyectos SI que dirigen (sin presupuesto asignado) y la evolución de los mismos hasta la aplicación a casos reales. Se trata de un bloque de cerramiento fabricado con RCD y de un cielorraso de placas de papel cemento con fabricación y colocación en una vivienda.

**Case Report: Innovation in materials made out of garbage.**

*The CEP FADU UBA works from the year 1986 under the direction of arch. Carlos Levinton. Through the years, the CEP has collaborated with the community to resolve situations related to risk management and housing remediation on the occasion of disasters (Levinton, Caruso, Yajnes, 2012). In addition in the Center it is performed Research and Teaching in Innovation on Sustainable Construction Materials made with Municipal Solid Waste (MSW) and Construction and Demolition Waste (CDW), Healthy Housing and training to Social Cooperatives through a program for the creation of green jobs. We Describe here the experience of archs. Yajnes and Caruso during the development of the projects under their direction (without assigned budget), and their evolution until the implementation of some of them to real cases, one of them allowed the certification by the INTI of a block made with RCD and the other the manufacturing and placement in a house of a papercrete plates ceiling.*



**Autores**

**Arq. Marta Edith Yajnes**

**Arq. Susana Inés Caruso**

Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo

Universidad de Buenos Aires

Argentina

**Palabras claves**

Construcción

Demolición

Investigación

Residuos

Sostenible

**Key words**

Construction

Demolition

Research

Waste

Sustainable

---

**Artículo recibido | *Artigo recebido:***

28 / 02 / 2015

**Artículo aceptado | *Artigo aceito:***

25 / 11 / 2015

---

**Email:** cep.fadu@gmail.com

## INTRODUCCIÓN

Los RSU están en constante aumento, contaminan especialmente las áreas suburbanas y se hace indispensable un abordaje integral. La necesidad de viviendas que cumplan con los estándares de confort y bajen el consumo de energía es urgente.

A lo largo de este trabajo desarrollamos materiales de construcción alternativos a los tradicionales para minimizar el impacto medioambiental generado por RCD y RSU. Trabajamos en red con alumnos de primer año de la carrera de Arquitectura, pasantes con crédito académico de la FADU, alumnos de universidades extranjeras y representantes de cooperativas de recicladores, integrando saberes y experiencias.

Argentina cuenta con una tradición constructiva de mampostería de muros y entrepisos empleando ladrillos, bloques cerámicos, ladrillones de entepiso y bloques de hormigón, que se fabrican con materias primas tales como tierra negra apta para cultivos, o de hormigón con alto contenido de cemento y áridos naturales, con explotación recursos no renovables. En general no se cumple con los requerimientos locales de resistencia térmica para reducir el consumo de energía y el mantenimiento de un nivel de confort interior. Como resultado de esta tradición, se requiere aislamiento suplementario o un suministro adicional de energía.

Los sistemas constructivos locales producen escombros de mampostería como principal producto de desecho. Al mismo tiempo, con nuestro alto grado de consumo de electricidad y gas, más la sustitución y adquisición de nuevos aparatos y equipos, se genera una cantidad importante de embalajes de EPS (poliestireno expandido) de alta densidad sin un mercado de reciclaje formal ni marco regulatorio sobre responsabilidad empresarial de gestión de residuos.

Respecto de los desechos de papeles y cartones, si bien existe un circuito activo para su reciclado, observamos que hay residuos a los que se otorga un escaso o nulo valor de reventa, como son los papeles provenientes de obras, tales como bolsas de cemento, cal, aditivos, cartones de cajas de revestimientos, etc., que son arrojados a volquetes. Evaluando una consulta telefónica realizada al gobierno de la ciudad sobre disposición final de los residuos de papel y cartón provenientes de obras, confirmamos que los mismos son separados y des-

echados como RSU, lo cual se traduce en la generación de metano al ser enterrados en rellenos sanitarios.

En este trabajo se muestran los avances de nuestra investigación sobre el uso de mezclas de hormigón realizadas con la incorporación de agregados de reciclaje, incluyendo la reutilización de los residuos de demolición, de envases provenientes de la industria farmacéutica y obras de construcción y equipamiento, papeles provenientes de residuos de obra y RSU y fibras naturales de desecho, transformando residuos en recursos, teniendo en cuenta que en Argentina existen escasos desarrollos de materiales innovadores tendientes a mejorar la sostenibilidad en la construcción.

Se busca tanto la generación de puestos verdes de trabajo como el desarrollo de productos innovadores en lo tecnológico pero tradicionales en lo conceptual que representen una mejora en su respuesta ambiental a la vez que garanticen una reducción de tiempos y tareas de obras.

Si bien se conocen en nuestro país grupos de investigación que han producido algunos trabajos muy interesantes en la materia, no existen muchos casos donde los resultados de esas investigaciones hayan sido aplicados a situaciones concretas. Se observa frecuentemente una resistencia o dificultad en los municipios para producir legislación sobre nuevos materiales constructivos y técnicas innovadoras.

Presentamos a continuación un Reporte de Caso sobre las investigaciones en materiales utilizando Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Construcción y Demolición (RCD) llevadas a cabo en el CEP FADU UBA, su relación con la enseñanza de grado y posgrado, su camino a la certificación y su incipiente aplicación a casos reales.

## MARCO TEÓRICO

El hormigón debe su gran popularidad a sus excelentes características, como gran durabilidad, resistencia, etc. No obstante, su uso también acarrea grandes costos medioambientales, entre otros, la enorme cantidad de energía consumida para la fabricación del cemento y el CO<sub>2</sub> liberado durante el proceso.

Algo similar sucede con los mampuestos cerámicos en su etapa de cocción, sumándose además en el caso de los ladrillos comunes la destrucción de la capa fértil del terreno.

Dado que un número elevado de personas sin trabajo y cooperativas concurren al CEP en busca de asesoramiento para construir sus viviendas o apoyo para crear microemprendimientos, se los capacita para fabricar nuevos productos que cumplan con el paradigma de la sustentabilidad. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar distintas fórmulas utilizando RSU, RCD, papel reciclado y fibras naturales mezcladas con una pequeña proporción de ligantes, como cemento, cal o arcilla.

La tecnología en cuanto a materiales de construcción ha avanzado en los últimos años y se han incorporado materiales no tradicionales provenientes de RSU y RCD como materia prima, reemplazando y combinándose con agregados tradicionales en morteros y hormigones.

## ANTECEDENTES DE HORMIGONES CON PAPEL Y FIBRAS NATURALES

### 1. Internacionales

- En Estados Unidos, en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Arizona State University, J. Santamaria, B. Fuller y A. Fafitis, realizaron diversas pruebas sobre papel cemento y evaluaron varias construcciones realizadas en ese país a lo largo de los últimos años. Los resultados de este estudio indican que es un material seguro y práctico para la construcción residencial de hasta dos pisos, si bien ponen de manifiesto que el principal problema del material es la falta de investigación sistematizada acerca del mismo (Santamaria, Fuller y Fafitis, 2007).
- En los últimos años se han desarrollado en el mundo distintas investigaciones sobre el uso del papel y las fibras naturales asociadas a la cal o al cemento como componentes de materiales constructivos. Algunas de ellas han dado lugar a emprendimientos

comerciales exitosos, habiéndose aplicado los materiales fabricados con papel o fibras naturales tanto en la construcción de muros de carga como en forma de aislantes térmicos, acústicos y mezclas para revestimientos de muros interiores.

### 2. En Argentina

Hay varios equipos que están trabajando sobre el tema, a continuación se mencionan algunos.

- El Arq. Horacio Berretta y sus colegas del Centro de la Vivienda Económica (CEVE), de Córdoba, desarrollaron alrededor del año 2003 una tecnología de ladrillos, bloques y placas utilizando materia prima como cáscara de maní o papel (Bär, 07 de mayo de 2003).
- Desde el año 2003, dentro del programa del Museo del Reciclado, del cual fue miembro fundadora, la directora de este Proyecto comenzó a experimentar con ladrillos y piezas para revestimiento hechas con papel-cemento, y continúa en la actualidad la investigación mediante el Proyecto SI TRP 18 de la FADU-UBA.
- Durante el año 2013, Federico N. Andrés, Loreley B. Beltramini, Anabela G. Guillarducci, Melisa S. Romano y Néstor O. Ulibarrie, pertenecientes a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Regional Santa Fe, presentaron un paper donde se analizan densidad y resistencia a la compresión del residuo generado por una planta que elabora pasta reciclada de celulosa, para el estudio de la homogeneidad del material obtenido, analizando también su factibilidad para fabricar paneles (Andrés *et al.*, 2013).
- En 2014, los ingenieros industriales de la UTN San Nicolás, Álvaro Montaldo y Nazareno Tontarelli, dieron a conocer el proyecto de un material constituido en un 85% por periódicos reciclados con el agregado de sales de bórax, que permitiría sustituir importaciones en aislantes de celulosa (Gubinelli, s/f).

## ANTECEDENTES DE HORMIGONES CON EPS

### RECICLADO Y CASCOTES

- En la investigación realizada en la Universidad Nacional de Tucumán, María R. Sánchez de Colacelli y Ángel M. Costilla (2009) se centraron en la recuperación de EPS para ser utilizado en materiales de construcción para cerramientos de viviendas, generando nuevas fuentes de trabajo con cooperativas. Estudiaron el uso de EPS como agregado en morteros y hormigones con diferentes dosificaciones y granulometrías, con tamaño menor a 8 mm para morteros y hasta 3 cm para hormigones. Realizaron ensayos de peso específico, resistencia media a la compresión y deformación por aplastamiento, con tres muestreos con diferentes porcentajes de arena y EPS, donde la arena era reemplazada por el EPS. Lograron una reducción importante de peso con pérdida de trabajabilidad con separación de los granos de EPS de la pasta en medida que aumentaba el porcentaje de incorporación de este residuo. En cuanto al ensayo de compresión verificaron que la resistencia fue mayor, cuando la cantidad de EPS fue menor en reemplazo del agregado (arena) mientras que las probetas con mayor cantidad de EPS resultaron mejores aislantes térmicas, catalogándolas como aptas para ser utilizados en productos para cerramientos exteriores, los costos de las mezclas resultaron consideradas viables económicamente, tomando la materia prima (EPS) sin cargo al provenir de un residuo sin cadena de valor previa y sin ser necesarios una gran infraestructura ni personal especializado para su empleo.
- En la UNT, Regional Santa Fe, los investigadores M. Suarez, C. Defagot, MF Carrasco, A. Marcipar, R. y H. Saus Miretti (2006) se centraron en la comparación de hormigones elaborados con residuos de escombros (demoliciones) y ladrillo triturado (fábricas ladrilleras) para evaluar la influencia de las impurezas del escombro sobre el comportamiento del hormigón elaborado. Estos tipos de residuos se emplean tradicionalmente en hormigones no estructurales de rellenos, contrapisos y cimientos. Se realizaron ensayos de determinación de densidades, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, contracción por secado, absorción de agua con tres muestreos por cada agregado utilizado. En cuanto a la resistencia a la compresión, observaron y dedujeron que los

hormigones elaborados con ladrillo triturado tendieron a ser más resistentes por la presencia de partículas ladrillo-mortero en escombros, y la cantidad y calidad del material pulverulento presente en el agregado. En cuanto al módulo de elasticidad en los hormigones de ladrillos triturados presentaron un contenido de pasta mayor e infieren que ello podría provocar una mayor deformación en el material. Llegaron a la conclusión que estos hormigones no pueden calificarse como hormigones livianos estructurales pero sí ser aptos para la fabricación de bloques portantes y no portantes y bloques para forjados, y podrían resultar competitivos en el mercado.

- En la Asociación Argentina del Poliestireno Expandido AAPE, su consultor técnico, el Arq. Pablo Azqueta, realizó un informe de utilización de hormigones livianos con perlas de poliestireno expandido molido. Se destacan las propiedades que le aporta dicho material al hormigón liviano, como pesos específicos muy bajos, buena aislación térmica por baja conductibilidad, escasa absorción de humedad y buena resistencia mecánica. Según esta investigación, el poliestireno preexpandido puede ser reemplazado por poliestireno expandido molido para la ejecución de rellenos o contrapisos y aislantes, que no requieran especificaciones especiales en cuanto a la resistencia mecánica. Para mejorar su adherencia al hormigón plantean el uso de una dispersión acrílica o vinílica. El Arq. Azqueta asesoró a la Arq. Yajnes en el comienzo de sus investigaciones sobre el uso de EPS y recomendó tener extremo cuidado en el diámetro del triturado y sobre el uso de ligantes. Sus cuadros de dosificaciones fueron la base de análisis para el desarrollo de hormigones con EPS y cascotes, a partir de sus mezclas con EPS y arena donde se reemplazaron diferentes proporciones de arena por cascote en el proyecto SI TRP 19 de la FADU-UBA.

## HIPÓTESIS

Las mezclas aplicables a materiales y técnicas constructivas formuladas con baja proporción de cemento u otros ligantes, utilizando EPS reciclado, cascotes, papel reciclado y fibras naturales en su composición:

- a) son más económicas que otras de usos similares;
- b) son más livianas que otras de usos similares;
- c) poseen buena aislación térmica;
- d) poseen buena resistencia al fuego;
- e) poseen buena resistencia a agentes biológicos;
- f) poseen resistencia adecuada para ser utilizados en construcción de muros no portantes;
- g) poseen resistencia adecuada para ser utilizados en construcción de muros portantes dependiendo de la resistencia a la compresión de la fórmula adoptada;
- h) contribuyen a la disminución de la huella ecológica de la construcción.

## OBJETIVOS GENERALES

El CEP ha desarrollado desde su origen en 1986 investigaciones sobre materiales y procesos productivos adaptados a la emergencia, ya sea ésta de carácter natural como las inundaciones, que fueron abordadas desde los comienzos de su actividad, o socioeconómico-ambientales como las acontecidas desde 2001.

Con relación al presente Reporte de Caso se están llevando a cabo desde el año 2013 dos proyectos de investigación dentro del área Tecnología en Relación Proyectual, que cuentan con el aval de la Secretaría de Investigaciones de la FADU compartiendo los siguientes objetivos generales:

- a) Promover la toma de conciencia sobre las posibilidades de utilización de la basura como materia prima, lo cual significaría la oportunidad de paliar en gran medida el acuciante problema de los RSU a lo largo del país, dando así cumplimiento a la Ley de Basura Cero.
- b) Incentivar la capacitación de los cuadros técnicos municipales de manera que estén preparados para asesorar adecuadamente a legisladores en cuestiones tales como: separación en origen de los residuos reciclables, selección de desechos con posibilidades de ser utilizados en la fabricación de materiales constructivos, identificación de sustancias contaminantes o dañinas para el organismo humano o am-

biente, disposición final segura de los desechos sin posibilidad de ser reciclados, ciclo de vida de los nuevos materiales, logística para la gestión de residuos y productos, vinculación de planes existentes de financiamiento para capacitación de mano de obra y microemprendimientos existentes y/o a desarrollar, vinculación de planes existentes de financiamiento para adquisición de maquinarias y herramientas y microemprendimientos existentes y/o a desarrollar, vinculación con instituciones y universidades que desarrollen procedimientos para la utilización de los residuos en la creación de nuevos materiales, vinculación con institutos certificación y ensayos de materiales.

- c) Promover la fabricación de materiales constructivos más sostenibles.
- d) Promover la disminución en el uso de cemento.
- e) Promover la reducción de los RSU y RCD.
- f) Incentivar la capacitación de profesionales para desarrollar proyectos de I+D+i.
- g) Promover el trabajo conjunto con organismos para la certificación de los nuevos productos obtenidos a través de la investigación en el Centro.

## METODOLOGÍA

- Trabajo previo: análisis del caso de estudio, su descripción, antecedentes, relevamientos, definición de criterios de selección de materiales, estudio de productos existentes en el mercado.
- Selección de la mezcla más apta entre todas las investigadas.
- Diseño del material constructivo.
- Entrenamiento de pasantes de la FADU en la fabricación de moldes y placas.
- Procesamiento de materiales reciclados y adquisición de materiales vírgenes.
- Fabricación de placas, secado, control de dimensiones y pesos.
- Elaboración de un manual sobre la experiencia para transmitirla a alumnos, cooperativistas y microemprendedores.
- Controles del comportamiento de los materiales a través del tiempo.

Tanto alumnos de grado como pasantes y cooperativistas aprenden a investigar y desarrollar materiales utilizando fibras naturales, RCD y RSU, con el objetivo de lograr productos aptos para emprendimientos sociales y generación de empleos verdes, difundiendo luego los resultados a la comunidad. Se trabaja en red con las cátedras Colavita y Marín de Introducción a los Tipos Constructivos para alumnos que eligen cursar una pasantía en el CEP, con la colaboración de docentes de la cátedra Louzau de Diseño Industrial, Materia Tecnología.

Se ensayan experimentalmente distintas fórmulas y se crean moldes de desarrollo propio con elementos reciclados, para fabricar los diferentes materiales y objetos.

Paralelamente a las prácticas en taller, los participantes elaboran un trabajo teórico basado en búsquedas en sitios académicos, publicaciones varias e Internet (Fig. 1).

## RESULTADOS

### 1. Proyecto SI TRP 18

Resultados obtenidos en el proyecto

- Se fabricaron ladrillos, bloques, bovedillas, revestimientos y placas para distintas aplicaciones (Figs. 2 y 3).
- Se fabricaron además prototipos de pequeños muebles y luminarias.
- Se desarrollaron fórmulas utilizando papel reciclado, fibras naturales y poliestireno posconsumo mezclados con cemento, cal, arena y aditivos.
- Se efectuaron ensayos preliminares de resistencia al fuego, transmisión del calor, absorción de agua y estabilidad dimensional con resultados satisfactorios. Se ha comprobado asimismo su liviandad comparados con otros similares en el mercado.
- Se llevaron a cabo también análisis de costos que confirman la economía de los productos.
- La mayoría de los materiales creados dentro del Proyecto fueron considerados de aplicación industrial por la UBA.
- El Molino Múltiple será registrado por la UBA como Modelo de Utilidad.
- Un panel modular de muro verde en papel cemento diseñado por la Arq. Caruso dentro del Proyecto será patentado por la UBA.

### Aplicación a casos reales

Se fabricó y montó un cielorraso perforado en un ambiente de una vivienda unifamiliar y se prevé la fabricación de placas de revestimiento de muros durante el año 2015 para la misma vivienda (Fig. 4). Este caso se presentó en el II Congreso Internacional de Construcción Sostenible de Sevilla en mayo de 2015.

### Avances del Proyecto SI TRP 18

- Respecto del desarrollo de materiales, se hizo hincapié en lograr la mayor economía en el uso de aditivos lo cual había sido uno de los inconvenientes detectados al comienzo de la investigación, reemplazando los aditivos vinílicos o acrílicos por adhesivos cementicios para porcelanato o cerámicos, con notable reducción en el precio final del material. Posteriormente se ensayaron fórmulas para reemplazar el aditivo por arena, bajando aún más los costos.
- Se ensayaron fórmulas con mínima cantidad de cemento y se obtuvieron buenos resultados.
- Pasantes de Diseño Industrial contribuyeron al diseño de un prototipo de molino múltiple para procesar materiales reciclados aplicables a esta investigación, el cual resultó seleccionado en la convocatoria 2014 del Programa Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo.
- Pasantes de Diseño Industrial y de Arquitectura realizaron pruebas con lana de oveja en un caso y agujas de pino en otro, usados como agregados de fibras naturales a las mezclas en estudio.
- Se creó un nuevo material sin agregado de cemento, usando como materia prima solamente etiquetas de cerveza desechadas por una embotelladora y un compuesto con bórax. Preliminarmente se pudo observar que presenta propiedades de liviandad, cohesión y aislación térmica, y a la vez es resistente al fuego.

### Ensayos preliminares efectuados hasta el momento

- Se efectuaron pruebas de clavado, atornillado, talastrado y serruchado en ladrillos de papel cemento Fórmula Resistente y Fórmula Liviana. No presentaron problemas en ninguna de las cuatro operaciones, resultando menor la resistencia del material en los ladrillos de Fórmula Liviana.

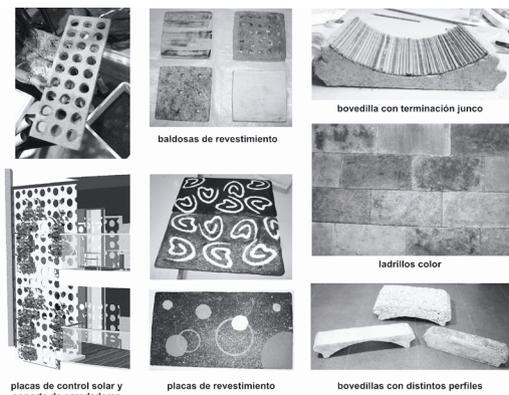


FIGURA 2 | Algunos materiales fabricados con papel cemento. Fuente: Arq. Caruso.

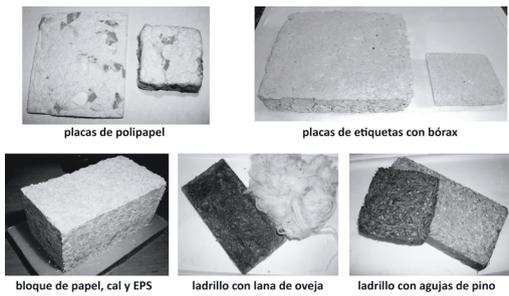


FIGURA 5 | Nuevos materiales en estudio. Fuente: Arq. Caruso.

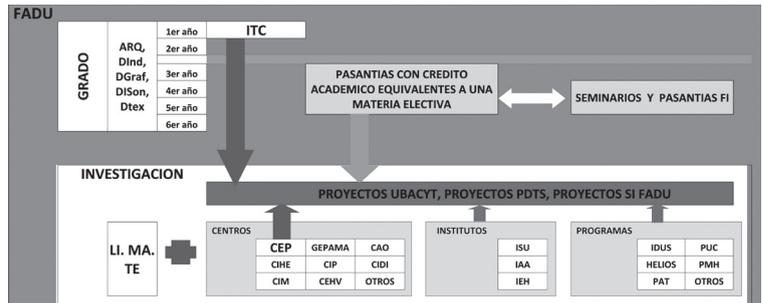


FIGURA 1 | Organización de docencia e investigación dentro de la curricula de la FADU-UBA. Fuente: Arq. Yajnes.

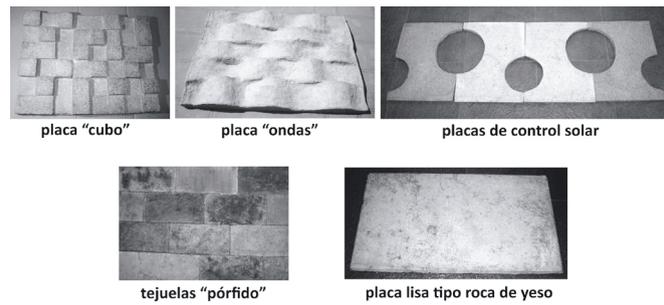


FIGURA 3 | Placas de papel cemento. Fuente: Arq. Caruso.



FIGURA 4 | Cielorraso de placas perforadas de papel cemento. Fuente: Arq. Caruso.

- Se hicieron ensayos preliminares con resultados favorables de :
  - a) Resistencia al fuego.
  - b) Absorción de agua y estabilidad dimensional bajo humedad.
  - c) Transmisión del calor.
- Se llevó a cabo la fabricación y colocación de placas de cielorraso perforadas en una vivienda, con carácter experimental (Fig. 4).

Durante los años 2015 y 2016 está previsto realizar ensayos en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), entre ellos: conductividad térmica, resistencia a la flexión, resistencia al fuego, absorción de agua y regulación de la humedad ambiente.

Existen varios ensayos sobre papel cemento realizados en distintos países, sobre todo en Estados Unidos, mayormente de acuerdo con normas ASTM.

*Materiales nuevos del Proyecto SI TRP 18 aún en experimentación (Fig. 5)*

- Polipapel: material con el que se fabrican los vasos de bebidas, llamado también «cartón encerado». Licuado con agua puede ser convertido en placas de distinto espesor, con una textura resistente apta para ser moldeada. Puede incorporarse también a las mezclas constructivas que estamos estudiando con la ventaja de ser un material que no tiene valor de mercado y que se desecha en relleno sanitario.
- Papel de etiquetas recicladas: una embotelladora desecha este residuo por toneladas y se realizaron pruebas para intentar darle uso como aislante térmico. Se logró una placa liviana e incombustible adicionó un compuesto a base de bórax.
- Papel, cal y EPS: se fabricaron bloques con 2 veces el tamaño de un ladrillo, resultando muy livianos y con buena resistencia al fuego, se supone que será un material apto para muros interiores con buena aislación térmica.
- Lana de oveja: se está comenzando a experimentar esta fibra natural mezclada con cemento y aditivos para intentar aprovechar recursos locales.
- Agujas de pino: Ídem al punto anterior.

#### *Disminución de la cantidad de cemento*

Uno de los objetivos de esta Investigación es la reducción de la cantidad de cemento empleado en las mezclas, sin disminuir la resistencia. Para esto se ensayó una fórmula con una cantidad mínima de cemento en relación a los otros agregados que son arena y papel (3/4:3:3), dando como resultado un ladrillo fuerte, con sonido metálico a la percusión y con un peso de aproximadamente 582 gr. menos que el de un ladrillo común de la misma medida, o sea, casi un 30% (29,36%). Se probará en un próximo ensayo una combinación con mayor proporción de papel en relación a la arena para tratar de mejorar las propiedades térmicas y conservar aún la economía lograda en el cemento.

#### *Uso de cemento y áridos reciclados*

Siempre en búsqueda de la mayor economía y uso de materiales reciclados en las mezclas, se analizó la investigación de Kulakowski, M.; Guerreiro, M.; González, M. (diciembre de 2012) sobre la Viabilidad de utilización de aditivo estabilizador de hidratación (AEH) para el reciclaje del hormigón en estado fresco, quienes concluyen que:

*es posible recuperar cemento y agregados del lavado de las tolvas donde se mezcla el hormigón (Rezende, Levy & Djanikian, 1996). Estos recuperos pueden luego agregarse como material fino en las mezclas, ahorrando costos de eliminación y reusando el agua de lavado (Butler, 2003).*

Se consultó asimismo el manual *Usos de áridos reciclados mixtos procedentes de Residuos de Construcción y Demolición*, de Ihobe (2011). Y se llegó a la conclusión de que tanto el cemento como los áridos que usamos para estas mezclas podrían perfectamente provenir de materiales reciclados.

#### *Fuentes de papel sin valor de mercado y su utilización para la fabricación de materiales*

Habiendo verificado en la consulta al GCBA que los desechos de papeles y cartones de obra se desechan como RSU, suponemos para intentar su cuantificación, que se encuentran discriminados como papel mezclado conforme al Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Buenos Aires (CEAMSE,

**TABLA 1** | Posibilidad de fabricar materiales y construir viviendas en la CABA por año mezclando cemento con papeles y cartones de desecho.

Papeles y cartones no reciclables	Papel necesario para fabricar 1 ladrillo	Ladrillos para una vivienda de 50m <sup>2</sup>	Papel necesario para fabricar 1 placa de 25 x 50cm	Placas para una vivienda de 50m <sup>2</sup>	Ladrillos a fabricar	Placas a fabricar	Viviendas de 50m <sup>2</sup> a construir
kg	kg	u	kg	u	u	u	u
5.777.950	0,28	7.800	0,56	800	20.635.535	10.317.767	2.645

Fuente: Arq. Caruso.

2011), el cual establece que la cantidad de residuos de papel que se recolecta diariamente en la CABA es de 519, 50tn, un 16,64 % del total.

Además existen residuos como vasos y cartulinas de polipapel y etiquetas de papel descartadas por embotelladoras que no se reciclan en la CABA y que son aprovechables para hormigones. De acuerdo a la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland en 2013 se despacharon en la CABA 199.044 tn embolsadas (3.980.880 bolsas de 50 kg) (Asociación de Fabricantes de Cemento Portland). Cada bolsa pesa 200g, lo cual suma 796.176kg al año. Según encuesta propia a un hipermercado de construcción local, el cemento solo representa el 16,55% del total de ventas de productos embolsados.

#### *Porción de papeles y cartones aprovechable para fabricar materiales*

Partimos del supuesto sobre papel mezclado mencionado en el punto anterior. Por lo tanto, si sobre las 519,50tn recolectadas diariamente de residuos de papel y cartón (16,64 % del total) aplicamos el 7,60 % correspondiente a papel mezclado, resultan 39,48tn. «Del total de residuos generados y recolectados por los servicios de Higiene Urbana, se estima que el 19,8% sería material potencialmente reciclable, que representan aproximadamente 523 Toneladas por día» (CEAMSE, 2011). Descontando de las 39,48tn ese 19,8% estimado, vemos que 31,63tn se desecharían.

Si recicláramos solamente un 50 % de esas 31,66tn, resultaría que 15.830kg diarios, o 5.777.950kg al año, podrían ser aprovechados en la CABA para la fabricación de materiales de aislación térmica y acústica, revestimientos o construcción de viviendas (Tabla 1).

## **2. Proyecto SI TRP 19**

### *Resultados obtenidos en el proyecto*

- Desarrollo de productos: todos los productos desarrollados en el CEP poseen capacidad aislante, bajo peso en comparación con productos tradicionales y contribuyen a una forma de construcción sencilla sin requerir conocimientos especiales.
- Bloque Ponedora y Ponedora Mix: es un bloque de cerramiento para ser replicado en serie con una máquina así denominada por su forma de trabajo, se partió de un producto existente hueco y con base y se ensayaron las modificaciones requeridas para su evolución en un bloque que evite puentes térmicos. El bloque ponedora contiene 3 huecos y en el Ponedora Mix donde se emplearon dos mezclas una para el cuerpo resistente del bloque y otra para el relleno. No se requiere de revoques sino sólo pintura, lo que reduce los costos de mano de obra y de la construcción en general. Actualmente la Cooperativa Nuevamente se encuentra en proceso de trabajo de modificación de la máquina original.
- Bovedilla (Fig. 6): es un producto que se utiliza para entresijos y cubiertas, reemplazando otros elementos tradicionales cerámicos o de EPS, colocado entre viguetas prefabricadas de hormigón.

El sistema se completa con una capa de compresión con hormigón y malla de fierros según la tradición constructiva local. Por su resistencia mecánica y por forma ofrece a la vez mayor seguridad durante el trabajo de montaje. La cara inferior tiene terminación a la vista eliminando tareas de obra

#### *Cascotera Metegol para el picado fino de cascotes*

La Cascotera Metegol, con diseño de la Arq. Yajnes, seleccionada en la convocatoria 2014 del Programa Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo, será registrada por la UBA como Modelo de Utilidad.

#### *Aplicación a un caso real*

En el caso del TRP19 y su continuidad en el UBACyT vigente, se han ensayado ladrillones a compresión superando ampliamente los requisitos para la tipología analizada y se están fabricando los bloques necesarios para la segunda etapa de ensayos para su inmediata aplicación a la envolvente de un edificio de planta baja y 4 pisos (Fig. 7).

El caso fue planteado a través de una Asesoría Técnica Rentada de la Secretaría de Relaciones Institucionales de la FADU desde las autoras para con el Estudio Kozak a cargo del proyecto y dirección de obra. La principal innovación de este caso radica en la utilización en forma masiva de la propia demolición de la construcción previa, para la fabricación de los propios bloques. El estudio de caso fue presentado en las Jornadas de Investigación FADU en 2014 y en el citado Congreso de Sevilla en 2015.

#### *Mezclas y fórmulas*

A partir de la intención de responder a diferentes necesidades constructivas se procura, por un lado, alcanzar fórmulas que aplicadas a productos de determinados espesores cumplieran con los valores reglamentarios locales para aislación térmica y, por el otro, conseguir una resistencia a la compresión similar a la de los ladrillos comunes. Sobre la base de los datos de las tablas de dosificaciones de hormigones con agregado de EPS de la Asociación Argentina del Poliestireno Expandido se trabajó en el reemplazo parcial de arena, aportes de diferentes ligantes y variando fundamentalmente el aporte del EPS, con lo cual se obtienen diferentes mezclas con variación de pesos específicos desde 660 kg/m<sup>3</sup> hasta 1300 kg/m<sup>3</sup>.

#### *Ensayos de mezclas*

- **Absorción:** se fabricaron dos juegos de probetas prismáticas de 24 x 12 x 5 cm por cada una de las 9 mezclas estudiadas, un juego de dichas probetas fueron sometidas a ensayos emulando los normali-

zados de absorción en los cuales su respuesta fue muy superior a la ofrecida por el ladrillo común, el adobe, y los bloques de hormigón celular.

- **Fuego y transmisión del calor:** las probetas con mezclas más 4 piezas de productos de construcción ya testeados en absorción, fueron sometidos a una fuente de calor durante una hora a 100 grados, en todos los casos el espesor de las piezas ensayadas fue de 11 a 12 cm. Recién a los 30 minutos de exposición se visualizaron efectos superficiales, dada la resistencia ofrecida por la mínima capa de mortero. La temperatura en la cara expuesta subió de 23 grados a 387 grados, mientras que la temperatura de la cara opuesta al fuego se mantuvo constante durante todo el proceso en 23 grados, registrando un aumento de 3 grados luego de 60 minutos.

Se concluye que el bloque analizado presenta un alto grado de seguridad ante el fuego al no tomar llama, no adquirir altas temperaturas en las caras opuestas al fuego y recuperar rápidamente su temperatura inicial.

- **Compresión:** un modelo de bloque fabricado con hormigón de cascotes y poliestireno reciclado fue ensayado en el INTI (Fig. 8), ensayo que formó parte de una Asesoría Técnica Rentada (ATR) en conjunto con la FADU, y que arrojó como resultado la aptitud del bloque para su uso como cerramiento, tal como había sido proyectado y solicitado por el comitente.

#### **DISCUSIÓN**

Los dos proyectos descriptos se nutren de investigaciones llevadas a cabo durante años en el CEP por las directoras y por el equipo del Centro en su conjunto. Con el correr del tiempo las líneas investigativas se fueron especializando en distintas ramas, las presentadas en este artículo son solamente las temáticas específicas de estos dos Proyectos SI a partir del momento de su inscripción en la Secretaría de Investigaciones FADU-UBA.

Las investigaciones se llevan a cabo con presupuestos provenientes en su mayoría de Proyectos UBACyT u otras convocatorias con subsidio, de manera que se trabaja con recursos escasos y con aportes materiales de los miembros del equipo y frecuentemente con la valiosa ayuda de un grupo de voluntarios.

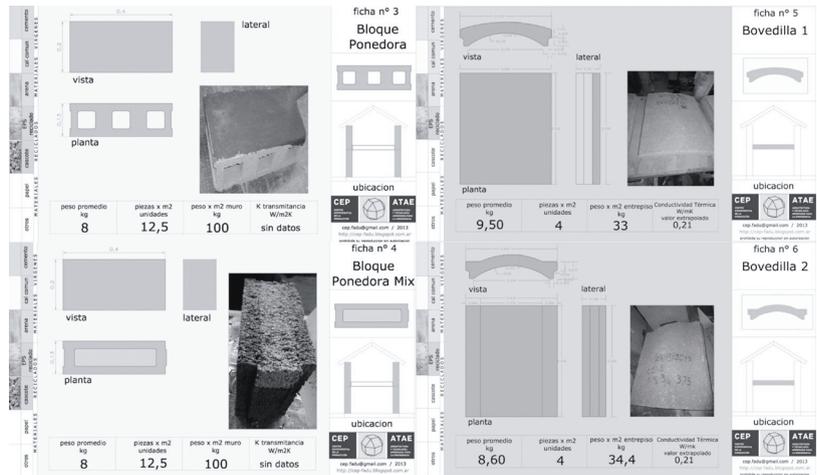


FIGURA 6 | Bloques y bovedillas. Fuente: Arqs. Sutelman y Yajnes.



FIGURA 8 | Ensayo de compresión de bloques en INTI. Fuente: Arqs. Caruso y Yajnes.

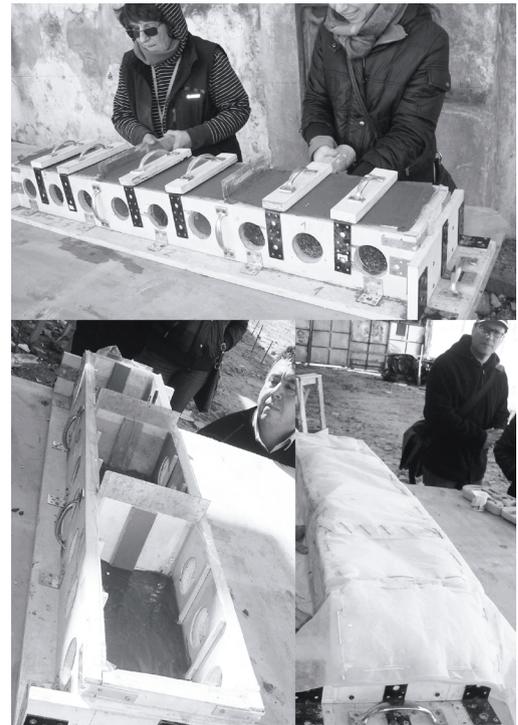


FIGURA 7 | Capacitación en obra para fabricación de ladrillos con cascotes de la propia demolición y EPS reciclado. Fuente: Arqs. Caruso y Yajnes.

### 1. Ensayos de los productos

En cuanto a los ensayos, y dada la necesidad de avalar los nuevos materiales antes de su salida al mercado, se presenta una dificultad con los organismos certificadores, los cuales, al no poder aplicar normas nacionales para caracterizarlo debido a su escasa similitud

con materiales tradicionales, deben recurrir a investigaciones y normas extranjeras, necesiéndose muchas veces formar una red que incluya a la institución certificante, a los investigadores y a la Universidad, para poder arribar a un resultado satisfactorio.

Paralelamente, nos encontramos con el inconveniente de no contar en la FADU-UBA con un laboratorio de ensayos de materiales, debiendo gestionarlos en laboratorios externos, con la consiguiente necesidad de obtener los fondos para su concreción por medio de presentaciones a programas con subsidio o mediante la realización de Asesorías Técnicas Rentadas.

De esta manera, los ensayos con que contamos hasta el momento son realizados de manera experimental en el CEP, a excepción del bloque fabricado con EPS reciclado y cascotes, que fue ensayado en el INTI como parte de la Asesoría Técnica Rentada solicitada por el Estudio Kozak.

## 2. Convocatorias ganadas por los proyectos

Los denominados «Proyectos SI», como se mencionó, no cuentan con presupuesto, pero a partir de los avances logrados durante estas investigaciones se abrió la posibilidad de presentación a Proyectos subvencionados, entre ellos: el Proyecto UBACyT GEF 2015-2017 y Proyectos de Vinculación Tecnológica Universitarias para el Desarrollo Productivo Amílcar Herrera, donde se amplía la investigación a la aplicación concreta de mezclas en productos, como un sistema completo de ladrillos de cerramiento y placas de revestimiento de muros y cielorrasos, con miras a la generación de empleo (Fig. 8). Para ello se conformó un equipo interdisciplinario que incluye diseñadores industriales para la puesta a punto de moldes y máquinas, un economista con especialización en gestión de residuos para lograr cerrar el círculo económico del proyecto y una licenciada social para contar con herramientas de manejo de grupos vulnerables. Está prevista la incorporación al proyecto de una arquitecta con especialización en participación ciudadana para evaluar las condiciones necesarias en el posicionamiento de productos de uso masivo.

Asimismo, se obtuvieron los subsidios del Programa Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo organizado por la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado, dependiente del Ministerio de Educación, para desarrollar en 2015 dos máquinas diseñadas por las directoras de ambos proyectos para el tratamiento y fraccionamiento de los residuos, el Molino Múltiple y la Cascotera Metegol. Este logro fue posible gracias a la intervención activa de pasantes de Diseño Industrial.

## 3. Participación de los proyectos en convenios con la Universidad de Sevilla

A partir de la primera participación en el Congreso de Sevilla en 2013 se logró despertar el interés en los protocolos de acción llevados adelante por los citados proyectos tanto dentro del estudiantado como del cuerpo docente. Como resultado de dicha interacción se produjo la visita de la doctora arquitecta María del Pilar Mercader Moyano, a los efectos de cursar su propia capacitación en el CEP en el año 2014, con simultánea firma de Convenios Marco entre universidades y firma de un Convenio Específico con proyectos actuales, lo que permitirá escalar productos en la comunidad europea y la participación de investigadores de ambas casas de estudio en proyectos conjuntos con financiación multilateral.

## CONCLUSIONES

- A través de la fabricación de materiales con reciclados logramos incentivar la recuperación de toneladas de desechos que de otro modo terminarían enterrados en rellenos sanitarios.
- Los materiales y moldes son fabricados por pasantes universitarios sin experiencia previa, capacitados en el Centro.
- Se constata la mayor liviandad y economía de los materiales fabricados en comparación con similares de mercado.
- Se contribuye a la reducción del uso de cemento y del impacto ambiental debida a la fabricación tradicional de materiales.
- Se tiende a lograr la aplicación de la triple línea de la sustentabilidad desde el punto de vista ambiental así como social al verificarse la factibilidad de una rápida capacitación a personas sin formación previa y económica al alcanzar un costo similar o incluso menor al de materiales de mercado.
- Dos productos, uno de cada proyecto, ya se encuentran en estado de aplicación en viviendas de clase media urbana, habiendo superado la esperable resistencia a la aceptación de materiales innovadores por parte de los usuarios. ■



---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés, F.N. et al. (2013):** «Residuos de la industria de celulosa moldeada. Producción de paneles de relleno para la construcción (1–7).» En *13º Congreso Internacional en Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales*. Eds. SAM CONAMET. Santa Fe, Argentina.
- Azqueta, P.E. (s/f):** *Hormigones livianos a base de poliestireno expandido*. Disponible en: [http://www.aape.com.ar/biblioteca/Hormigones\\_Livianos.pdf](http://www.aape.com.ar/biblioteca/Hormigones_Livianos.pdf) (consultado el 27/02/13).
- Bär, N. (7 de mayo de 2004):** «Construyen casas con ladrillos hechos de papel reciclado.» *Diario La Nación*. Buenos Aires.
- CEAMSE; Instituto de Ingeniería Sanitaria Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires (2011).** *Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Buenos Aires*. Buenos Aires.
- Gubinelli, G. (s/f):** *Novedoso proyecto nacional de aislación térmica mediante celulosa reciclada*. Energía Estratégica. Disponible en: <http://www.energiaestrategica.com/novedoso-proyecto-nacional-de-aislacion-termica-mediante-celulosa-reciclada/> (consultado el 31/12/14).
- Ihobe (2011):** *Usos de áridos reciclados mixtos procedentes de Residuos de Construcción y Demolición*. Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Bilbao.
- Kulakowski, M.; Guerreiro, M.; González, M. (diciembre de 2012):** «Viabilidad de utilización de aditivo estabilizador de hidratación (AEH) para el reciclaje del hormigón en estado fresco – Estudio de caso en el sur de Brasil.» *Revista de la Construcción* 11(3). Santiago, Chile. Versión online: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_issuetoc&pid=0718-915X20120003&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0718-915X20120003&lng=es&nrm=iso)
- Levinton, C.; Caruso, S.; Yajnes, M. (2012):** *CEP ATAE FADU UBA: 25 años de acción educando en prevención de desastres, manejo de riesgo y vivienda saludable*. 1ª. ed. Buenos Aires: Nodo.
- Sánchez de Colacelli, M.R. y Costilla, M. (2009):** «Un material no tradicional usado de manera tradicional.» *Revista CET* (31). Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Santamaria, G., Fuller, B. and Fafitis, A. (2007):** «Structural Properties of a New Material Made of Waste Paper (557–567).» En *13th International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements*. UK: WIT Press.
- Suárez, M.; Defagot, C.; Carrasco, M.F.; Marcipar, A.; Miretti, R. y Saus, H. (2006):** *Estudio de hormigones elaborados con residuos de ladrillerías*. Centro Estudios para la Construcción y Vivienda (CECOVI). Santa Fe: Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Santa Fe.