



Instituto de Investigación
e Ingeniería Ambiental
3iA_EHyS_UNSAM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INGENIERÍA AMBIENTAL

DESECHOS URBANOS: RECURSOS A MANO

***La Problemática de los Residuos de Papeles y Cartones de Obras
en la Ciudad de Buenos Aires y su aprovechamiento***

Trabajo de Tesis para optar por el título de
Magister en Gestión Ambiental

Por: **Arq. Susana Inés Caruso**

Directora de Tesis: Mg. Ing. Esp. Mercedes Pérez

- 2024 -

*“La ciencia es un encuentro entre la mente y la materia.
No da cuenta de nada más que de eso:
de la relación que tiene el hombre con su entorno.
Las ciencias no pueden separarse de la aventura humana.
Si no contemplan esto, están dejando afuera tan luego la vida.”*

Ilya Prigogine

La autora

Arquitecta por la Universidad de Buenos Aires. Docencia e investigación en el Centro Experimental de la Producción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU UBA). Directora de un Proyecto de Investigación en Nuevos Materiales a partir del reciclado de Fibras Naturales y Papeles de Obras.
Práctica Profesional en reciclado de edificios y Arquitectura Sustentable.

arqas1@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A mi Tutora, Mg. Ing, Mercedes Pérez, quien con infinita paciencia me guió y me alentó durante todo el proceso de elaboración de esta Tesis.
- ❖ A la Mg. Arq. Marta E. Yajnes, compañera en el CEP ATAE FADU UBA y tutora del Proyecto de Investigación sobre materiales con residuos, con quien compartimos desafíos y logros a lo largo de varios años.
- ❖ A mis compañeros cofundadores del Museo del Reciclado, donde comenzó esta aventura de compartir Conocimiento sobre nuestro Ambiente.
- ❖ A mi familia, por todo su apoyo y comprensión.

DESECHOS URBANOS: RECURSOS A MANO

La Problemática de los Residuos de Papeles y Cartones de Obras en la Ciudad de Buenos Aires y su aprovechamiento

RESUMEN

Los residuos en forma de bolsas de papel conteniendo productos en polvo, generados en obras de construcción o refacciones, se desechan en relleno sanitario. No son recogidos por los recuperadores urbanos de la Ciudad de Buenos Aires. Al contener restos de esos productos en polvo, no son considerados aptos para reciclarlos como nuevos papeles o cartones.

Los resultados de un proyecto de investigación llevado a cabo en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU UBA), demostraron que es posible fabricar materiales que presentan mejores características de sustentabilidad en comparación con otros de usos similares, utilizando esos residuos de papel.

Uno de los objetivos de esa investigación fue ofrecer estrategias en generación de empleo para grupos vulnerables. A través del trabajo, primero con pasantes del proyecto y luego en capacitaciones a cooperativas o beneficiarios de planes sociales, se pudo constatar la sencillez y economía de la propuesta productiva.

Tal como ocurre en otros países, en Argentina la adopción de materiales no tradicionales implica un proceso que incluye la investigación experimental, los ensayos técnicos, la presentación de informes ante organismos reguladores y finalmente la introducción en el mercado. Para lograrlo, la creación de normas aplicables a productos innovadores para la construcción, es indispensable.

Esta Tesis sugiere lineamientos para la Separación y Recolección de residuos de bolsas de papel en obras de la Ciudad de Buenos Aires y su Cuantificación, describe la propuesta productiva, plantea Consideraciones para lograr la competitividad económica de los productos fabricados con esos papeles, explora las Posibilidades de inserción en el Mercado y formula Conceptos para la elaboración de políticas y normativa aplicable a materiales no tradicionales en Argentina.

URBAN WASTE: RESOURCES AT HAND

The Problem of Paper and Cardboard Waste from Construction Sites in the City of Buenos Aires and its Use

ABSTRACT

Waste in the form of paper bags containing powdered products, generated in construction or renovation work, is disposed of in landfills. They are not collected by urban waste collectors in the City of Buenos Aires. Since they contain traces of these powdered products, they are not considered suitable for recycling as new paper or cardboard.

The results of a research project carried out at the Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Buenos Aires (FADU UBA), demonstrated that it is possible to manufacture materials that present better sustainability characteristics compared to others with similar uses, using these paper residues.

One of the objectives of this research was to offer strategies for generating employment for vulnerable groups. Through work, first with the project interns and then in training for cooperatives or beneficiaries of social plans, the simplicity and economy of the productive proposal was confirmed.

As in other countries, in Argentina the adoption of non-traditional materials involves a process that includes experimental research, technical tests, the presentation of reports to regulatory bodies and finally the introduction into the market. To achieve this, the creation of standards applicable to innovative construction products is essential.

This thesis suggests guidelines for the separation and collection of paper bags waste in works in the City of Buenos Aires and its quantification, describes the productive proposal, raises considerations to achieve the economic competitiveness of products manufactured with these papers, explores the possibilities of insertion into the market and formulates concepts for the elaboration of policies and regulations applicable to non-traditional materials in Argentina.

ÍNDICE

Capítulo I. Introducción

I.1 Situación problemática inicial	11
I.2 Objetivos	13
I.3 Marco teórico	14
I.4 Metodología y fuentes de datos	17
I.5 Plan de la Tesis	18

Capítulo II. El manejo de los residuos en la Ciudad de Buenos Aires

II.1 Introducción	19
II.2 Histórico del manejo de los residuos en la Ciudad de Buenos Aires	20
II.3 La práctica de los cartoneros y su papel en la recuperación de residuos	28
II.4 Las cooperativas de cartoneros	29
II.5 Relación de la Educación Ambiental con la separación de residuos in situ	31
II.6 Conclusiones	35

Capítulo III. Normativa sobre materiales no tradicionales

III.1 Introducción	37
III.2 Estado Regulatorio para materiales sustentables en otros países	38
III.2.1 Unión Europea y Reino Unido	38
III.2.2 América Latina y Estados Unidos	42
III.3 Datos técnicos y Conceptos para promover la aprobación de materiales de Papel Cemento en la Ciudad de Buenos Aires	46
III.4 Conceptos para la elaboración de políticas y normativa aplicable a materiales no tradicionales en Argentina	50
III.5 Conclusiones	51

Capítulo IV. Investigación en la Universidad sobre fabricación de materiales con papeles desechados en obras de construcción y refacciones

IV.1 Introducción	53
IV.2 Descripción y fundamentación del problema investigado	56
IV.3 Tipos de papeles desechados en obras de construcción y refacciones	62
IV.4 Antecedentes en el tema	62

IV.5 Estrategias de investigación aplicadas	67
IV.6 Resultados de investigación	68
IV.6.1 Teórica	68
IV.6.2 Aplicada	69
IV.7 Conclusiones	80
Capítulo V. Propuesta para la Separación y Recolección de Residuos de papel y cartón en obras de la Ciudad de Buenos Aires. Cuantificación y Posibilidades de inserción en el Mercado para productos fabricados con esos Residuos	
V.1 Introducción	81
V.2 Propuesta para implementar un método de separación <i>in situ</i> de los papeles desechados en obras de construcción y refacciones en la CABA y su cuantificación	83
V.3 Importancia del Diseño en la creación de empleo	91
V.4 Organización y montaje de un taller productivo - Talleres modulares	96
V.5 Consideraciones para lograr la competitividad económica de los materiales constructivos y de revestimiento fabricados con papeles y cartones residuales de obras respecto a materiales de mercado similares	100
V.6 Consideraciones para la inserción de los productos en el Mercado	100
V.7 Conclusiones	101
Capítulo VI. Conclusiones Finales	
VI.1 Recapitulación de los principales hallazgos	103
VI.2 Cumplimiento de Objetivos	103
VI.3 Nuevas preguntas de investigación	104
VI.4 Nuevos escenarios y desafíos	105
VI.5 Algunas recomendaciones para el área de Gestión u organismos interesados	105
VI.6 Conclusiones Finales	106
Anexos	
Anexo 1 Ensayos Realizados	107
Anexo 2 Montaje de un Módulo Productivo	133
Anexo 3 Estimación de Factibilidad Económica	137
Bibliografía	143

Capítulo I

Introducción

I.1 Situación problemática inicial

Los Residuos en la Ciudad de Buenos Aires

En el año 2022 la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) generó a diario 7.281 toneladas de residuos, según una publicación reciente del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA 2024, p. 10, en línea). De acuerdo a esa misma publicación, un 50% de las personas que viven en la CABA separa sus residuos.

Gran parte de las aproximadamente 3.600 toneladas de residuos restantes, se desechan como basura en rellenos sanitarios.

Problemática específica del papel dentro de los Residuos de Construcción y Refacciones en la CABA, Argentina

Dentro de esos desechos, existe una importante fracción potencialmente recuperable, tales como materiales no valorizados en la actualidad, provenientes de obras de construcción o refacciones, en forma de bolsas de cemento, cal, yeso, adhesivos y aditivos en polvo, también cartones de cajas y embalajes. Estos residuos de papel y cartón de obras (RPC), son arrojados a los volquetes contaminándose con restos de pinturas, barnices, materiales fraguados y residuos orgánicos. Sin embargo, estos RPC son aprovechables para su uso en mezclas cementicias aptas para fabricar materiales constructivos y objetos diversos (Figura 1)¹ (Caruso & Yajnes, 2016).



Figura 1: Placas de papel cemento²

¹Trabajo de campo de la autora.

²Elaboración propia

A través de una consulta telefónica realizada al Gobierno de la CABA (año 2015) sobre disposición final (DF) de los RPC provenientes de obras, tomamos conocimiento de que son desechados como Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Estos residuos, por ser de origen orgánico, generan gases de efecto invernadero (GEI) en su proceso de descomposición, ya sea en relleno sanitario o en vertederos al aire libre. Otros RSU, como vasos y cartulinas de polipapel y etiquetas de papel descartadas por embotelladoras, también aprovechables, no se reciclan.

Es necesario señalar que las fibras de papel o cartón agregadas a una mezcla cementicia, aportan a los materiales mayor liviandad y más aislación térmica y acústica respecto a similares de mercado (Espinosa *et al*, 2019).

Según la Cámara Argentina del Papel y Afines³ (s. f.), en línea (La omisión es propia):

Casi cualquier tipo de papel se puede reciclar, aunque algunos resultan más difíciles de tratar que otros, por ej. los cubiertos con plástico o aluminio, estos desechos no se reciclan por el elevado costo de los procesos involucrados.[...]. Realidad en Argentina: En nuestro país aún no se encuentra desarrollada esta rama de la actividad industrial papelería.

De acuerdo al Anuario de la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP 2023, en línea)⁴ en el año 2023 se despacharon en la CABA 205.566 toneladas (205.566.000 kg) de cemento en bolsas de 50 kg c/u. Esto significa que solamente para ese material en polvo, se dispondría en la Ciudad de un recurso no utilizado de 4.111.320 bolsas de papel Kraft para la fabricación de materiales. Cada bolsa de cemento vacía pesa 0,15 kg⁵, representando 616.698 kg de papel al año solo para envases de este material.

Tomando esto en cuenta, se podrían fabricar en la CABA una considerable cantidad de placas para revestimiento o de ladrillos para muros divisorios con esos RPC .

³ La Cámara Argentina del Papel y Afines agrupa a Empresas o personas físicas que se dediquen a la compra, venta, importación, exportación; distribución de papeles; cartones; cartulinas; embalajes; máquinas y elementos para las artes gráficas en general; fabricantes de artículos de papelería comercial y escolar; y en general todo lo relacionado a la manufactura de papeles y afines.

⁴La Asociación de Fabricantes de Cemento Portland declara promover los intereses generales del sector, dentro del marco de la legislación vigente, preservando el ambiente, con responsabilidad social y uso eficiente de energías.

⁵ Trabajo de campo de la autora.

Si tenemos en cuenta también el papel de las bolsas del resto de materiales en polvo es posible disponer de una considerable cantidad de este residuo para la elaboración de distintos productos. Para determinar sus mejores posibilidades de aprovechamiento, sería necesario realizar una cuantificación aproximada de bolsas desechadas en obras de construcción y refacciones y elaborar pautas para su separación in situ y recolección diferenciada.

Problemática de la escasa normativa existente para la construcción con materiales no tradicionales

Considerando que en el mundo se construye con tierra cruda desde tiempos inmemoriales y que existen edificaciones modernas materializadas con suelo cemento, fardos de paja o botellas plásticas rellenas con etiquetas desechadas (ecoladrillos), en perfectas condiciones de uso y conservación, estimamos que resulta indispensable desarrollar normas aplicables a nuevos materiales de construcción más sustentables. Los materiales fabricados con mezclas que contienen fibras naturales en su composición, presentan menor densidad y resistencia estructural que los tradicionales, aunque por sus particularidades inherentes, aportan otras valorables características de sustentabilidad.

I.2 Objetivos

Objetivo General

Investigar la problemática de los Residuos de Papeles y Cartones de Obras de Construcción y Refacciones en la Ciudad de Buenos Aires y sus posibilidades de aprovechamiento⁶.

Objetivos Específicos:

- Consideraciones para promover la adopción de normas para la separación obligatoria *in situ* de los papeles de obras, su cuantificación y recolección diferenciada en la CABA, la creación de normas aplicables a nuevos materiales de construcción con características más sustentables y actualización de las existentes.

⁶Trabajo de investigación dirigido por la autora, en el CEP ATAE FADU UBA sobre la fabricación de Materiales con residuos de Papeles y Fibras Naturales.

- Propuesta para implementar un método de separación in situ de los papeles desechados en las obras de construcción y refacciones en la CABA.
- Planteo para el aprovechamiento productivo de los papeles y cartones provenientes de obras de construcción y refacciones en la CABA, en la fabricación de materiales constructivos y de revestimiento.

I.3 Marco teórico

Las técnicas constructivas tradicionales se basan en el empleo de materiales con una gran carga energética. (Anaya Martínez, 2020). Ladrillos, hierro, acero, cemento y hormigón, contribuyen a crear edificios duraderos y seguros desde el punto de vista estructural, aunque deficientes desde la perspectiva del uso de los recursos y el ahorro de energía.

Tomar en cuenta todas las variables de la sustentabilidad, es fundamental para alcanzar la meta del equilibrio, minimizando el impacto ambiental producido por la industria de la Construcción. Afortunadamente, podemos observar el avance de nuevas investigaciones y patentes relacionadas a la fabricación de materiales con subproductos de procesos industriales no tóxicos, papeles no reciclados habitualmente, restos de cultivos o cultivos ad hoc (Caruso, 2017). Al respecto, transcribo:

En el sector de la construcción existe un creciente interés en el desarrollo de soluciones tecnológicas que sean sostenibles social, económica y medioambientalmente. Las fibras vegetales se postulan como una de las materias primas que puede llegar a cumplir estos tres requisitos ya que se tratan de un recurso natural local, sin huella ecológica, renovable, de bajo coste y tradicionalmente utilizado por el ser humano como material de construcción. Sin embargo, en los citados contextos, el reto consiste en la transformación del saber popular en soluciones tecnológicas mejoradas que estén adaptadas a su tejido industrial, social y económico característico (Salas-Ruiz & Barbero-Barrera 2018, p. 1).

Existen en varios países nuevos productos de mercado fabricados con fibras de celulosa. Se citan a modo de ejemplo los siguientes:

- Bloques, ladrillos y agregados livianos de papel cemento, compuestos por celulosa reciclada, cemento y una mezcla patentada de aditivos orgánicos. La compañía que los fabrica

utiliza métodos de producción energéticamente eficientes. Es socia corporativa y accionista de la Universidad *Texas Tech*, Estados Unidos (*Concrete Construction* 2013, en línea; Lundberg 2017, en línea).

- Tableros para el diseño de interiores transformando fibras residuales industriales de la fabricación de papel y cartón en materia prima. Una compañía de biotecnología industrial nacida en la Universidad Politécnica de Cataluña a partir de un proyecto de investigación, desarrolló un proceso biotecnológico, sin resinas añadidas. Tanto los residuos de fabricación como los tableros que llegan al final de su vida útil, se pueden reincorporar a la producción para una nueva generación de productos (Honext 2024, en línea).

- Placas composite de papel reciclado para revestimientos, mesadas, tabiques de baño, paneles y muebles, entre otros productos, destinados a proyectos de construcción doméstica y comercial. La gran mayoría son creados con papeles reciclados más una resina que cumplen los estándares de emisiones globales, así como las especificaciones recomendadas por el *Green Building Council* (Tekstur 2024, en línea).

- Piezas internas para la industria automotriz a partir de biomasa o materia prima reciclada, que contribuyen a la movilidad sostenible al reducir su peso mediante el empleo de fibras de origen vegetal, minimizando las emisiones de CO₂ al disminuir el uso de productos petroquímicos. Reemplazan a los plásticos y revestimientos tradicionales (Forvia, s. f., en línea).

- Revestimiento de paredes y cubiertas de techos como reemplazo directo de OSB⁷. Son carbono negativos y están hechos de pasto perenne de rápido crecimiento. No contienen formaldehído, rellenos, ceras, adhesivos ni ningún otro químico a base de petróleo utilizado en los paneles OSB estándar (Plantd 2024, en línea).

En Argentina hay algunas experiencias con residuos de papel, mayormente en forma de aislantes térmicos (Gubinelli G. 2015, en línea).

⁷Los tableros OSB (Oriented Strand Board) se componen de virutas de madera orientadas y aglomeradas .
<https://tectonica.archi/materials/tableros-de-virutas-orientadas-osb/>

En la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires (FADU UBA) se han logrado desarrollar ladrillos, bloques y placas de revestimiento con mezclas que contienen papeles reciclados (Figura 2)⁸.



Figura 2. Pasantes desarrollando la Investigación Práctica sobre Placas de Papel Cemento en la FADU UBA⁹

A través de ensayos realizados en el INTI¹⁰, se demostró que poseen cualidades de buen comportamiento frente al fuego, resistencia a la compresión, liviandad, buena capacidad de aislación térmica y permeabilidad al vapor de agua (Papel Cemento 2024, en línea). La etapa actual de esa búsqueda se focaliza en el aprovechamiento de los residuos de papel de obras de construcción y refacciones.

La importancia de estos desarrollos es que aportan una respuesta como proceso productivo adoptando el concepto de la cuna a la cuna. Por otro lado, la creación de productos de bajo peso (sumado a otras cualidades valorables) contribuye a la reducción de la carga sobre suelos y estructuras, facilita la manipulación en fábrica y montaje y disminuye el combustible consumido en el traslado de materiales (Caruso, 2017).

Para dar comienzo a una actividad productiva que desarrolle varias posibilidades de aprovechamiento con los papeles de obras de la CABA, es indispensable arribar a una

⁸Fuente: trabajo de campo de la autora.

⁹ Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Instituto Nacional de Tecnología Industrial. <https://www.argentina.gob.ar/inti>

cuantificación aproximada de ese tipo de desechos. Estimamos que el primer paso sería el establecimiento por parte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA), de pautas para su separación obligatoria.

Por otra parte, respecto a los materiales fabricados con este tipo de residuos, es necesaria la creación de normativa específica y la actualización de algunas de las normas aplicables actualmente. Un inconveniente con que nos encontramos los investigadores de nuevos materiales es que las normas suelen seguir criterios muy conservadores, exigiendo resistencias elevadas para piezas que no siempre están destinadas a soportar grandes cargas.

Nuestro país está en una posición favorable para abordar exitosamente este tipo de desarrollos, disponiendo de materias primas como cemento y fibras naturales en abundancia, además de diversos desechos de papeles provenientes de la Industria y de las actividades de Construcción. Se estima que la persistencia en las investigaciones y la difusión continua de los avances será la clave para dar impulso a una actividad de fabricación de materiales más sustentables, favoreciendo en el proceso la creación de nuevos empleos.

I.4 Metodología y fuentes de datos

A partir de la mencionada consulta telefónica realizada al GCBA (año 2015) para indagar sobre el destino dado a las bolsas de materiales en polvo de obras en la CABA, desechadas en relleno sanitario, se tomó la decisión de explorar las posibilidades de su reciclado y aprovechamiento, dentro de la investigación sobre materiales con residuos en la FADU UBA.

Las fuentes de información primaria fueron las experiencias de la autora en esa investigación y en el asesoramiento profesional brindado en obra al estudio de arquitectura Kozak (en línea) para fabricar *in situ* materiales con Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Asimismo constituyeron fuentes de información, el dictado de talleres sobre fabricación de materiales con residuos a distintos públicos y los intercambios durante encuentros con recuperadores urbanos, cooperativistas y grupos de trabajadores vulnerables en el Museo del Reciclado desde el año 2003 al año 2007 y en la FADU UBA desde el año 2004, que proporcionaron valiosos testimonios sobre su forma de trabajo y tipos de residuos recolectados.

Se consultaron además fuentes bibliográficas, páginas de internet y fuentes secundarias como las normas IRAM y otras normas nacionales e internacionales.

A partir del análisis de los materiales colectados, se desarrollaron propuestas para la separación *in situ* de los RPC desechados en obras y el aprovechamiento productivo de esos residuos.

También se formularon Consideraciones para promover la adopción de normas de separación obligatoria *in situ* de los RPC de obras, su cuantificación y recolección diferenciada en la CABA, alentando la creación de normativa aplicable a nuevos materiales de construcción con características más sustentables a nivel nacional.

I.5 Plan de la Tesis

- En el presente Capítulo I se describe el problema principal de la falta de aprovechamiento de las bolsas de materiales en polvo de obras en la CABA, su entierro en relleno sanitario y la falta de normativa al respecto.
- El Capítulo II aborda el manejo histórico y actual de los residuos en la Ciudad de Buenos Aires, la actividad de los cartoneros y la Relación de la Educación Ambiental con la separación de residuos *in situ* para facilitar su reaprovechamiento.
- En el Capítulo III se trata el Estado Regulatorio sobre materiales no tradicionales en varios países y se expresan Conceptos para la elaboración de políticas y normativa aplicables a materiales no tradicionales en Argentina.
- En el Capítulo IV se presentan los resultados de la investigación dirigida por la autora en la FADU UBA, sobre fabricación de materiales con Residuos.
- El Capítulo V expone una Propuesta para la Separación y Recolección de RPC en las obras y su Cuantificación, abordando también las Posibilidades de inserción en el Mercado de productos fabricados con esos residuos.
- En el Capítulo VI se desarrollan las Conclusiones Finales.

Capítulo II

El manejo de los residuos en la Ciudad de Buenos Aires

II.1 Introducción

Francisco Suárez (2016), en su obra *La Reina del Plata. Buenos Aires: sociedad y residuos*, define como residuo toda materia que carece de un valor estético, sanitario y/o económico, para aquel que la desecha. Sin embargo, ese residuo puede llegar a convertirse en un recurso valorable para otro.

En la Ciudad de Buenos Aires (CABA), como en muchas ciudades del mundo, la gestión de residuos es uno de los principales desafíos. La gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en sus fases de generación, recolección, transporte, tratamiento y DF, produce consecuencias complejas en el plano político y también en las cuentas públicas.

El trabajo de diversos investigadores ha contribuido a analizar una problemática donde nuevos actores, como las cooperativas de cartoneros, logran influir en ámbitos de decisiones gubernamentales (Saidón & Verrastro, 2017).

Prueba de ello es la sanción de la Ley 992, en línea, en diciembre del año 2002, que incorpora a los recuperadores de residuos reciclables a la recogida diferenciada en el servicio de higiene urbana vigente.

Un poco más adelante, en septiembre de 2004, se presentó en CABA el proyecto de ley de Basura Cero, con apoyo de Greenpeace, la Cooperativa El Ceibo y varios representantes del sector no gubernamental. La ley 1854 de Gestión de los Residuos Urbanos (Basura Cero), en línea, fue sancionada el 24 de noviembre de 2005 y promulgada el 4 de enero de 2006 y en su artículo 1° expresa:

La presente ley tiene por objeto establecer el conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma

sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes (Ley 1854/2005, en línea).

Propone una reducción progresiva de la generación de residuos y la cantidad de basura enterrada, planteando el crecimiento de las industrias dedicadas al reciclado. Establece una reducción progresiva de la DF de materiales reciclables y la prohibición total de su enterramiento para el año 2020, meta hasta la fecha no alcanzada (Greenpeace, en línea).

Sin embargo, se produjeron avances significativos en la gestión de los residuos, siendo impulsados algunos de los más importantes por mandatos sociales, aunque al evaluar la ejecución de las políticas aplicadas, no se observan los resultados esperados (Suárez & Schamber, 2019).

II.2 Histórico del manejo de los residuos en la Ciudad de Buenos Aires

Según Schávelzon (2017) "Gran parte de Buenos Aires y casi todos sus límites están sobre un subsuelo formado por rellenos hechos con el descarte que hizo la sociedad en su vida cotidiana, desde comidas hasta demoliciones".

Los residuos constituyeron un problema desde el mismo momento de la fundación de la Ciudad por Juan de Garay en el año 1580. El Fuerte, ubicado donde está la actual Casa de Gobierno, fue rodeado por un foso defensivo, primer lugar donde se arrojaron aguas servidas y animales muertos en la ciudad (Prignano, 1998).

Es posible establecer cuatro grandes etapas en el manejo de los residuos en CABA:

1. La primera se extiende desde la fundación de la Ciudad de Buenos Aires por Juan de Garay, en la cual los residuos son vertidos en terrenos baldíos, "huecos", o se arrojan a cursos de agua.
2. Desde 1860 y hasta 1904 se los quema a cielo abierto. Nace "La Quema".
3. Desde 1904 hasta 1977 se tratan por incineración.
4. En el año 1977 se crea la Coordinación Ecológica Área Metropolitana de Buenos Aires (CEAMSE). A partir de entonces se realiza el tratamiento final de los residuos a través de su enterramiento en relleno sanitario¹¹ (Paiva, 2006, p.113).

¹¹ La técnica de *relleno sanitario* implica, entre otras cosas, la aislación del suelo con una capa arcillosa y una membrana plástica, así como la instalación de tuberías para la captación de gases y líquidos. Además, para que los residuos no queden

En las calles de la Buenos Aires colonial los desechos se amontonaban en huecos, pozos y zanjas, provocando la contaminación del aire, agua y suelos por los efectos de la descomposición, generando consecuentemente la aparición de roedores e insectos varios. Aunado al crecimiento demográfico, esta falta de tratamiento de los residuos provocaría la aparición de grandes epidemias.

Esas calles de tierra se empantanaban con la lluvia y el agua se estancaba. Había pozos llenos de basura, animales muertos a la intemperie durante días y en los barrios proliferaban basurales a cielo abierto. El Riachuelo y otros cursos de agua se polucionaban en forma creciente por las actividades de las industrias y de las lavanderas, las heces de los animales permanecían sin ser recogidas, contaminando suelo y agua. (Aliata, 2000 y Wilde, 2003 citados por Petrocelli, 2020).

Entre los años 1856 y 1886, Argentina enfrentó la frecuente ocurrencia de enfermedades como el cólera y la fiebre amarilla, consideradas letales en esa época. La epidemia de fiebre amarilla se extendió desde principios de enero hasta junio de 1871 y se recuerda como la de mayor mortalidad atravesada en la ciudad de Buenos Aires, provocando 13.614 defunciones en cuatro meses (Fiquepron, 2017).

Entre 1810 y 1855, la Ciudad de Buenos Aires duplicó su población, pasando de 45 mil a 95 mil habitantes, aunque el crecimiento exponencial ocurrió entre 1855 y 1915, debido a un importante proceso migratorio europeo que fue promovido desde el Estado y sostenido luego por el auge del modelo agroexportador. Se convirtió entonces en una de las ciudades más pobladas del mundo, con 1.634.259 habitantes en 1915.

Con el crecimiento demográfico y el de la actividad económica, empeoraron las condiciones sanitarias y se produjeron epidemias de sarampión, tifus, fiebre tifoidea, escarlatina, viruela, difteria y crup. Además de cólera, fiebre amarilla, tuberculosis pulmonar y viruela, las cuales produjeron mayor mortandad.

en contacto directo con el aire, cada vez que se descargan, la superficie debe ser cubierta con una capa de tierra (Saidón y Verrastro, 2017).

Este no era un problema que solo ocurría en Buenos Aires, sino una característica común a otras urbes que crecían a un ritmo acelerado (Petrocelli, 2020). Durante esos años de grandes epidemias (1850-1900), se instalaron basurales municipales alejados de los centros urbanos. Se comienza con la quema de residuos al aire libre y surge el “cirujeo”, actividad llevada a cabo por pobladores de escasos recursos que recuperaban materiales aprovechables para luego venderlos a las industrias (Saidón y Verrastro, 2017).

Al quedar instalada la *Quema* y antes de la incineración de los residuos, se realizaban contratos con empresarios interesados en aprovechar a buen precio esos materiales reutilizables. Entre 1861 y fin de siglo estos contratos fueron habituales e impulsados por el gobierno. A partir de ahí, los métodos de DF tendieron a la cremación o al enterramiento, sin discriminar los elementos recuperables.

Luego de mediados del siglo XIX, al comenzar las funciones de la Municipalidad de Buenos Aires, se evidenciaron algunos avances en el manejo de la higiene pública:

[...] mejoró sustancialmente el servicio [privado] que cumplían los carros recolectores de residuos domiciliarios, ampliando sus recorridos a medida que se incrementaba el número de cuadras empedradas...nada [se] decía acerca del destino final que debía darse a los desperdicios domésticos...[que] iban a parar a los 'huecos' de la ciudad" (Prignano, 1999, pp 79-80 citado por Schamber & Suárez, 2002).

Según Dimarco (2012) durante las décadas finales del siglo XIX convivieron dos concepciones (patógena y valorativa) implicando dos perspectivas distintas sobre la clasificación de residuos. La primera la veía como un riesgo sanitario y la segunda señalaba sus potenciales beneficios económicos. Esta última concepción tenía más peso, y haciendo caso omiso del riesgo sanitario en su manipulación, se privilegiaba la posibilidad de los desechos para convertirse en materias primas aprovechables por las industrias de la época, como se mencionó anteriormente.

A partir de la crisis epidemiológica de la segunda mitad del siglo XIX, surge el Higienismo¹² y se inicia la intervención del Estado en el saneamiento de la ciudad. Médicos y farmacéuticos que por esa época ocupaban cargos públicos, comenzaron a ejercer su influencia sobre la forma en que se gestionaban los residuos urbanos. (Suárez, 1998; Paiva, 2000 y Schamber, 2008 citados por Suárez & Schamber, 2019).

Hacia fines del siglo XIX y comienzos del XX, el Higienismo introdujo por un lado el concepto de ordenamiento del espacio, el cual supuestamente devendría en un ordenamiento de la sociedad y por el otro, la noción de que el Estado liberal, para enfrentar la crisis epidemiológica, debería transformarse en un Estado interventor y así alcanzar el saneamiento de la ciudad. Conforme a estas posturas, la Municipalidad de Buenos Aires realizó numerosas intervenciones, físicas y normativas (Petrocelli, 2020). Ya avanzado el siglo XX tomó mayor preponderancia la visión higienista, al estimar los desechos como agentes patógenos capaces de poner en riesgo la salud pública, debiendo ser eliminados en su totalidad (D'Annibali, 2015).

Al incrementarse la densidad urbana, se vuelve prioritaria la necesidad de saneamiento y la Ingeniería Sanitaria¹³ influye en las estrategias para la provisión de agua potable, cloacas y eliminación de residuos, respaldando la aplicación de los hornos de incineración primero y posteriormente el entierro de los desechos en rellenos sanitarios (Suárez & Schamber, 2019).

Durante el período 1900-1977 predomina la incineración como método de tratamiento de los residuos, provocando en la ciudad una importante contaminación atmosférica. A partir de 1907 se instrumenta la incineración domiciliar de residuos en grandes establecimientos industriales, mercados, hoteles, casas de huéspedes y casas de familia. Sin embargo, todavía a mediados del siglo XX, los basurales a cielo abierto persistían en la ciudad y estaban perfectamente localizados por las autoridades.

¹² Como campo de indagación científica, en el higienismo confluye una preocupación genérica por la salud pública, el intento de explicar el origen y mecanismos de determinadas enfermedades endémicas y epidémicas, y una reflexión amplia sobre lo que hoy llamaríamos la «calidad de la vida» (Arteaga, L. 1985).

¹³ La Ingeniería Sanitaria es una rama dentro de la Ingeniería Civil que se encarga del saneamiento del ambiente intervenido por el hombre. Los procesos antrópicos generan al medio una serie de efectos no deseados, los cuales son afrontados desde la Ingeniería Sanitaria, para garantizar condiciones de higiene y salud, tanto de las comunidades como de su entorno. (Colegio de Ingenieros Civiles de la Provincia de Córdoba, en línea).

Los hornos incineradores se emplearon durante casi setenta años, aunque debido a la fuerte contaminación causada, el Intendente Cacciatore prohibió en 1976 la incineración domiciliaria, exigiendo la compactación de la basura en todos los edificios de más de cuatro pisos y con más de veinticinco unidades de vivienda (Paiva, 2006).

Desde el año 1977 los residuos se entierran en rellenos sanitarios. Esta forma de tratamiento apunta a habilitar nuevas áreas de suelo urbano, terminar con el *cirujeo*, instaurar un manejo regional de los residuos, y eliminar la incineración.

Se firmó un acuerdo en 1977 entre el gobierno de la provincia de Buenos Aires (Decreto-Ley N° 8782/77, N° 8981/78N° 9111/78, en línea) y la entonces Municipalidad de Buenos Aires (Ordenanza N° 33691/77, en línea). Este acuerdo originó ese año la creación de la CEAMSE¹⁴, organismo estatal, manejado actualmente por los gobiernos de CABA y de la provincia de Buenos Aires. La CEAMSE (s. f., en línea), se encarga del tratamiento y la DF de los RSU de la Región Metropolitana de Buenos Aires en rellenos sanitarios, enterrando casi la totalidad de los generados en la región (Saidón & Verrastro, 2017).

Sin embargo, la creación de la CEAMSE no logró erradicar los basurales a cielo abierto extendidos en partidos periféricos del Conurbano, alrededor de los cuales siguió creciendo el *cirujeo* (Paiva, 2006). Las empresas de transporte de residuos comenzaron a cobrar por tonelada de material transportado a los municipios. Obtenían grandes ganancias de la considerable cantidad de basura generada en la ciudad, aseguradas por la exclusividad en su recolección.

Más adelante, la crisis socioeconómica argentina ocurrida entre los años 2001 y 2002 generó el fenómeno de los llamados ‘cartoneros’, quienes acudieron masivamente a la ciudad en busca de materiales reciclables entre los residuos, para venderlos, ganarse la vida y a veces para conseguir alimentos de la basura. Se destaca en relación a los recuperadores urbanos y a los compradores del material post consumo, que ninguno de ellos perseguía fines ambientales con su actividad, pero lograron que a partir de entonces, gran cantidad de residuos que

¹⁴Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE) es una empresa creada por los estados de la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires para realizar la gestión integral de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) del Área Metropolitana Buenos Aires, y el desarrollo y conservación de los espacios verdes y azules.

hubiesen terminado en basurales o en relleno sanitario, fueran usados dentro de procesos productivos

En el sitio web de la CEAMSE (s. f., en línea) se menciona la incorporación a fines de la década de 1990, del concepto de “complejo ambiental”, donde la basura se procesa para reciclar residuos aptos para reincorporarse a un circuito productivo. Se señala el empleo de tecnologías para reducir el impacto ambiental y aprovechar los gases de la materia orgánica en descomposición para generar energías renovables.

La ley 992 habilitó el trabajo de los cartoneros como parte de la gestión formal de los residuos, declara como Servicio Público a los Servicios de Higiene Urbana de la CABA e incorpora al mismo a los recuperadores.

Prevé el cumplimiento de diversos objetivos, algunos de los cuales son:

- Concebir una Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) en CABA permitiendo la recuperación de materiales reciclables y reutilizables, dejando sin efecto el entierro indiscriminado de los residuos en los rellenos sanitarios.
- Priorizar la asignación de zonas de trabajo, considerando la preexistencia de personas físicas, cooperativas y mutuales.
- Coordinar y promover con otras jurisdicciones y organismos oficiales, acciones de cooperación mutua, planes y procedimientos conjuntos generando procesos económicos que incluyan a los recuperadores.
- Diseñar un Plan de Preselección Domiciliaria de Residuos.
- Implementar una permanente campaña educativa, con la finalidad de concientizar a los habitantes de la CABA sobre la actividad de recuperación y reciclado en su aspecto ambiental, social y económico y sus beneficios.

Crea los siguientes Registros:

- Único Obligatorio Permanente de Recuperadores de Materiales Reciclables. Otorgará a los inscriptos una credencial y suministrará vestimenta de trabajo y guantes.
- Permanente de Cooperativas y Pequeñas y Medianas Empresas relacionadas con la actividad. Prevé programas de actuación y capacitación destinados a los inscriptos,

asesoramiento para la constitución de futuras cooperativas u otros micro emprendimientos productivos, asesoramiento para negociar los productos y sobre la totalidad del material recuperable para su posterior reciclaje, además de un programa de salud para los inscriptos y su grupo familiar

Teniendo como modelo esta política, el gobierno provincial alentó a los municipios a incorporar los circuitos informales de recolección de residuos en los sistemas oficiales de gestión (Paiva & Perelman, 2008).

Entre los años 2003 y 2004, debido al colapso de los rellenos sanitarios ubicados en la Región Metropolitana de Buenos Aires, sumado al rechazo social hacia la instalación de nuevos sitios de DF, se problematizó políticamente el manejo de los RSU en la CABA. Esto obligó a reconsiderar la forma de gestionar la basura, para comenzar un proceso de transformación del modelo de enterramiento, en otro de GIRSU, acorde con lo dispuesto por la Ley N° 1.854 (en línea), llamada de *Basura Cero*, en el año 2005 (Made, 2019).

El 4 de agosto de 2004 se sancionó la Ley Nacional 25.916 de Gestión de Residuos Domiciliarios (en línea). Establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios, sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional, con excepción de los regulados por normas específicas.

En noviembre de 2005, la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires, sancionó la mencionada Ley 1854, llamada de “Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos” o de “Basura Cero” estableciendo:

- a) un criterio de reducción progresiva de los volúmenes de basura a enterrar (fijando para el año 2020 la prohibición de enterrar residuos reciclables),
- b) la prohibición de la incineración,
- c) la recolección diferenciada de residuos secos por un lado y residuos húmedos por el otro, dando “prioridad e inclusión en el proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos urbanos secos y en las actividades de los centros de selección, los recuperadores urbanos, en los términos que regula la Ley N° 992” (art. 43).

Asimismo, el art. 44 expresa que el Gobierno de la Ciudad establecerá “líneas de crédito y subsidios destinados a aquellas cooperativas de recuperadores urbanos inscriptas en el Registro Permanente de Cooperativas y de Pequeñas y Medianas Empresas (REP y ME)” (Schamber, 2012, p.155).

El concepto de “Basura Cero”, se refiere a una política de gestión apuntando a la baja progresiva del enterramiento y la incineración de RSU hasta llegar a cero, impulsando también su valorización y la reducción de su generación, concepto aplicado en varias ciudades del mundo.

En Argentina, la Ley de Basura Cero fue promovida por Greenpeace a partir del cierre del relleno sanitario de Villa Domingo (Avellaneda-Quilmes) en 2004, sitio de DF de los residuos de la CABA¹⁵. A esta iniciativa se sumaron distintos aliados: la organización GAIA, la Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN) y las cooperativas cartoneras El Ceibo y El Álamo.

La Ley de Basura Cero, establecía una reducción progresiva de la DF de materiales reciclables: 30 % para 2010, 50 % para 2012, 75 % para 2017 y la prohibición total del enterramiento de materiales reciclables para 2020, meta que no fue alcanzada. Prohibía asimismo la incineración como método de tratamiento de los residuos urbanos, al menos hasta llegar al 75 % de reducción de basura. Para prorrogar las metas y permitir la valorización energética, en el año 2018 se sancionó la Ley 5.966/18 (en línea), declarada nula e inconstitucional por la Legislatura porteña en el año 2019. (Suárez, 2021).

Las principales críticas a esa ley señalaron que "la llamada valorización térmica de residuos atenta contra el derecho a un ambiente sano y que el uso de esa tecnología vulnera el derecho al trabajo de los recuperadores urbanos" (Defensoría del Pueblo 2020, en línea).

El 1º de diciembre de 2021 la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires sancionó la Ley 6468, *Ley Marco de Economía Circular*, que tiene por objeto "establecer los lineamientos

¹⁵ Las "Madres de las Torres" llevaron a cabo un proceso en contra de la CEAMSE a partir de la enfermedad y muerte de sus hijos por la inhalación de tóxicos provenientes de la planta de dicho organismo en Villa Domingo, las cuales podrían haber sido evitadas si la CEAMSE hubiese respetado las normas básicas de protección ambiental (Ronis, M. P., & Palermo, M. C., 2010). Fuente: <https://www.redalyc.org/pdf/148/14815618004.pdf>

para la implementación de la Economía Circular en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, a través del diseño de una estrategia transversal a todas las áreas de Gobierno".

II.3 La práctica de los cartoneros y su papel en la recuperación de residuos

La actividad de los llamados "cirujas", "[...] ha coexistido, con diferentes niveles de rechazo, reconocimiento e integración, con los distintos mecanismos empleados por el estado para la disposición y eliminación de las basuras" (Schamber, 2006, p. 81 citados por Perelman, 2008) (La omisión es propia).

Dentro de las actividades del recuperador urbano, existen variantes específicas: El "cartonero" recolecta a lo largo de la vía pública. El "carrero" emplea un carro tirado por caballos. El "botellero" compra materiales u objetos a los vecinos, aunque actualmente casi no existen botelleros. Por último, el "quemero" realiza su actividad en un basural, aunque allí ya no se quemaba basura (Álvarez, 2011).

Al consolidarse durante el siglo XX la concepción patógena de los desechos, el trabajo de los recuperadores quedó signado por una doble idea de riesgo: la del riesgo sanitario y la del riesgo moral. Sin embargo, desde la crisis del año 2001 estas dos percepciones se vieron transformadas debido a un discurso ambiental de los desechos y al discurso social de las personas que realizaban la actividad (Dimarco, 2012).

En las ciudades del país el cartonerismo presenta una gran heterogeneidad de formas y prácticas. En general es una actividad individual dependiente de quien la realiza, sin la existencia de la figura del empleador o patrón. Los recuperadores obtienen sus ingresos a destajo, en función de la cotización sobre tipos y cantidades de materiales comercializables recogidos, encontrándose al margen de las obligaciones y beneficios de las leyes laborales (Schamber & Tagliafico, 2021).

La gestión iniciada a mediados de los años 70 fue sustentada por un régimen autoritario cuyas acciones, entre otras, fueron la erradicación de villas de emergencia en la ciudad, prohibiendo también el cirujeo. Además, prohibió "los depósitos de basura y/o de elementos recuperados

de la misma, sea en espacio abierto o cerrado", y "la realización de cualquier tipo de tarea de recuperación de residuos, aun por parte de quienes tengan la adjudicación de la concesión por recolección de residuos" (Suárez, 2001 citados por Schamber & Suárez, 2002).

En Argentina, la falta de una cultura de separación in situ de los residuos y de políticas para su gestión, influyó a lo largo de distintos períodos históricos, en el aumento de prácticas informales por parte de quienes quedaban excluidos del mercado formal de trabajo.

La CEAMSE no erradicó los basurales a cielo abierto, extendiéndose los mismos hacia los partidos periféricos del Conurbano, siendo ellos origen de recursos para el crecimiento del cirujeo (Paiva, 2006).

En el nacimiento del nuevo milenio, coinciden la crisis sufrida por el país en los años 2001 y 2002, con el desarrollo a nivel mundial de una visión que comienza a identificar los rellenos sanitarios como un peligro. Se gesta entonces una nueva mirada que vincula el tema ambiental con lo social (D'Annibali, 2015).

Se ponen de manifiesto en ese contexto las actuales relaciones de poder construidas alrededor de la basura en nuestro medio, a la vez que se incrementa la sensibilidad social hacia el fenómeno representado por los cartoneros, reconociendo el valor económico de los residuos reciclables y el beneficio ambiental de su recuperación. La aceptación social de esta actividad facilitó al gobierno la sanción de leyes presentes en forma de proyectos, pero que redundaron en políticas públicas recién a partir de esa etapa.

Desde la sanción de la Ley 992 por la Legislatura de la CABA el 12 de diciembre de 2002, se comienza a utilizar el término "recuperador urbano" para quienes recolectan basura de manera informal y, como se ha mencionado, se los incorpora a la recolección diferenciada en el servicio de Higiene Urbana.

II.4 Las cooperativas de cartoneros

A consecuencia de la crisis económica y laboral ocurrida hacia mediados de la década de 1990, se produjo un aumento significativo en la actividad de los cartoneros. Si bien la

recuperación seguía llevándose a cabo en los basurales y también en las veredas de la ciudad, revolviendo las bolsas de residuos, hizo su aparición un fenómeno sin antecedentes en el país: las cooperativas de recuperadores (Paiva, 2006).

A lo largo de una década, la recuperación de residuos generó distintas formas asociativas, creando estrategias para lograr insertarse en el mercado. Se concertaron acciones sociales, ambientales y políticas con diferentes organizaciones y con el Estado.

Se consolidaron dos tipos de organizaciones asociativas: cooperativas de clasificación y comercialización de residuos y cooperativas de recolección de RSU en la vía pública. La legislación que incluyó a recolectores y cooperativas en el sistema de higiene pública urbana favoreció el desarrollo de las capacidades organizativas de ese sector, permitiendo fortalecer sus actividades (Maldovan & Angélico, 2011).

Desde el año 2008 se estableció un acuerdo entre organizaciones de cartoneros y el GCBA existiendo oficialmente en la actualidad, 12 entidades cooperativas integrando un Sistema de Recolección Diferenciada. Estas organizaciones nuclean cerca de 5.500 recuperadores urbanos que recogen los residuos secos o inorgánicos, tanto domiciliarios como de grandes generadores, recolectando también los residuos en Puntos Verdes¹⁶. Se encargan asimismo de su gestión dentro de los Centros Verdes¹⁷. Comercializan con terceros los materiales de manera independiente y reciben del GCBA un pago para solventar gastos. Cada miembro recibe mensualmente un incentivo por presentismo (Schamber & Tagliafico, 2021).

Con el tiempo surgieron formas organizativas para articular a los cartoneros como sector y alcanzar el reconocimiento de sus derechos laborales básicos y del valor ambiental y social que conllevan sus tareas.

Por caso, la Federación Argentina de Cartoneros, Carreros y Recicladores (FACCyR 2023, en línea) nuclea a más de 100 cooperativas y 15.000 cartoneros del país. A su vez, es una de las

¹⁶ El Punto Verde es uno de los medios de captación con los que cuentan los vecinos y vecinas de la Ciudad para disponer los reciclables que separan en sus hogares. Están emplazados en espacios verdes y se encuentran distribuidos en todas las comunas de la Ciudad (Puntos Verdes, en línea).

¹⁷ Los residuos separados llegan a los Centros Verdes de la Ciudad para ser clasificados y reciclados; y luego vuelven al circuito productivo para ser reutilizados. En la CABA existen 16 Centros Verdes y un Centro de Reciclaje (Centros Verdes, en línea).

organizaciones que componen la Unión de Trabajadores y Trabajadoras de la Economía Popular (UTEP), defendiendo los derechos de los trabajadores cartoneros, impulsando la implementación de un sistema de reciclado público cogestionado entre el Estado y las cooperativas. Resulta aquí oportuno señalar que la Ley 20.337/73 (en línea) rige el funcionamiento de las cooperativas en Argentina.

II.5 Relación de la Educación Ambiental con la separación de residuos in situ

Para comenzar a tratar la relación de la Educación Ambiental (EA) con el aprovechamiento de los residuos urbanos, se destaca en primer lugar el Principio 19 del Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano (en línea, p. 5), llevada a cabo en Estocolmo en el año 1972, alentando a dirigir la EA tanto hacia jóvenes como hacia adultos, prestando especial atención a sectores de población menos privilegiada, inspirando el cuidado del ambiente en individuos, empresas y colectividades e instando a los medios de comunicación a difundir información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo.

De acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015 (Naciones Unidas 2015, en línea), se considera asimismo el ODS 11, el cual plantea "Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles".

También es preciso mencionar las leyes relacionadas con el tema en Argentina. A nivel nacional, la Ley 25.675, Ley General del Ambiente (en línea), sancionada y promulgada en 2002. En su artículo 14 manifiesta que la EA:

“[...] constituye el instrumento básico para generar en los ciudadanos, valores, comportamientos y actitudes que sean acordes con un ambiente equilibrado. En su Artículo 15 afirma que la EA “[...] constituirá un proceso continuo y permanente, sometido a constante actualización que, como resultado de la orientación y articulación de las diversas disciplinas y experiencias educativas, deberá facilitar la percepción integral del ambiente [...]” (La omisión es propia).

En ese artículo se dispone asimismo la coordinación entre las autoridades competentes y los Consejos Federales de Medio Ambiente (COFEMA) y de Cultura y Educación para la implementación de planes y programas en los sistemas de educación, formal y no formal.

El 28 de abril de 2005 el GCBA sanciona la Ley 1.687 (en línea). Su objeto es:

La incorporación de la EA en el sistema educativo formal, no formal y mediante modos alternativos de comunicación y educación, garantizando la promoción de la educación ambiental en todas las modalidades y niveles, en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Define a la EA como promotora de "procesos orientados a la construcción de valores, conocimientos y actitudes que posibiliten formar capacidades que conduzcan hacia un desarrollo sustentable basado en la equidad y justicia social, el respeto por la diversidad biológica y cultural".

La Ley nacional 27.592 o Ley Yolanda (en línea) sancionada el 17 de noviembre de 2020, tiene como objetivo garantizar la formación integral en Ambiente, con perspectiva de desarrollo sostenible y con especial énfasis en cambio climático, para las personas que se desempeñan en la función pública. Promueve que quienes se desempeñan en esa función "comprendan la transversalidad de los temas ambientales en el diseño, la planificación y la implementación de las políticas públicas".

El nombre de esta Ley es un homenaje a Yolanda Ortiz, primera secretaria de Recursos Naturales y Ambiente Humano de Argentina y de América Latina, designada durante el gobierno de Juan Domingo Perón en el año 1973.

A partir de la crisis ocurrida en el país a comienzos del nuevo siglo con los rellenos sanitarios y la explosión del fenómeno cartonero en la Ciudad, las ciencias sociales y ambientales comienzan a interesarse por el tema de los residuos. Se registra un aumento importante de papers y publicaciones a partir de investigaciones y programas en las universidades abordando el problema de la basura en relación a los municipios, los recuperadores y las cooperativas que los agrupan (Suárez & Schamber, 2019).

El Museo del Reciclado

En CABA, dentro de ese contexto de crisis, se fundó el Museo del Reciclado (MR), siendo la autora parte del grupo fundador¹⁸. Estaba dedicado a la transformación y valorización de los residuos urbanos a través de la Educación Ambiental (Ambiente y Espacio Público, s. f., en línea).

El grupo estaba formado por profesionales pertenecientes al Centro Experimental de la Producción, Arquitectura y Tecnología Apropriada a la Emergencia de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, en adelante CEP, dirigido por el arquitecto Carlos Levinton (CEP ATAE FADU UBA, s. f., en línea).

El Museo se inauguró en el año 2003, durante la jefatura de Gobierno de Aníbal Ibarra (La Nación 2003, en línea) y fue dado de baja en el año 2007 durante la jefatura de Gobierno de Mauricio Macri. Ocupaba un sector del predio del Museo de los Parques, dentro del Parque 3 de Febrero.

El Ecolaboratorio que formaba parte de las instalaciones, fue autoconstruido mediante el trabajo conjunto del grupo fundador, cooperativas de recuperadores y voluntarios, utilizando materiales 100% reciclados (Figura 3).

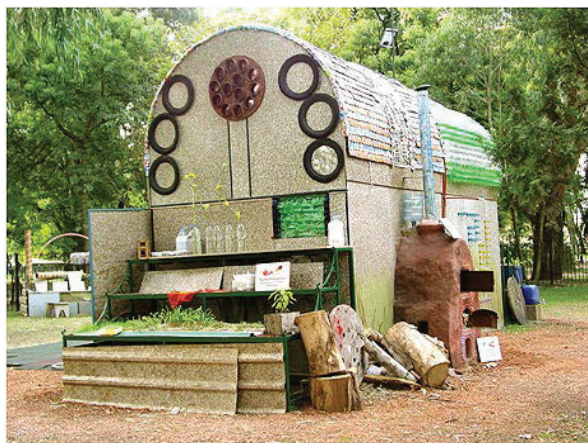


Figura 3. Ecolaboratorio del Museo del Reciclado construido con materiales 100% reciclados¹⁹

¹⁸ Arquitectos: Carlos Levinton, Liliana Amielli, Susana Caruso, Daniela Ipar, Dante Muñoz, Silvia Rossi y Lic. Florencia Breyter

¹⁹ Elaboración propia.

Al poco tiempo de su fundación el MR fue incluido dentro del Programa de Recuperadores Urbanos del GCBA, asociado con la FADU UBA a través del CEP. A dos años de la puesta en funcionamiento del MR, la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires sancionó la Ley de Educación Ambiental 1.687/2005 (en línea). El objeto de esta Ley resultó estar en total concordancia con los objetivos planteados en los programas del Museo.

En sus programas de EA²⁰, el MR apuntó a:

- La integración de los recuperadores urbanos (cartoneros) en formas organizadas y dignas de trabajo a través de encuentros y capacitaciones.
- La implementación de las tecnologías necesarias para poder separar, clasificar, trasladar, acopiar y reciclar las materias primas contenidas en los RSU.
- La concientización de las comunidades barriales en las tareas de gestión de los residuos a través de la capacitación en todos los niveles, edades y sectores, haciendo hincapié en la importancia de la separación in situ.

Para lograr esos objetivos desarrolló Visitas Guiadas, Exposiciones, Talleres, Cursos y Foros. Estas actividades se basaron en una concepción socio-interpretativa, teniendo como objeto la búsqueda de avances tanto en el compromiso ambiental como en el compromiso social y económico.

Respondiendo a la demanda de escuelas primarias, secundarias y otras instituciones educativas, se organizaron una serie de actividades de Educación no Formal con criterio de Aula Ambiental, adaptadas a los distintos niveles de los asistentes (Figura 4).



Figura 4. Charla luego de una visita guiada y Taller de Reciclado en el MR²¹

²⁰ Fuente: trabajo de campo de la autora.

El modelo logró promover la integración de profesionales y estudiantes de la FADU UBA dentro del esquema de producción de cooperativas, aportando a los conocimientos de la llamada Economía Social o Economía Solidaria.

El CEP trabajó desde el MR en coordinación con las Secretarías de Medio Ambiente y de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, para introducir esos contenidos dentro del currículo educativo. Esta experiencia llevada a cabo en un ámbito flexible y de comunicación horizontal, permitió confirmar la pertinencia del abordaje constructivista en Educación Ambiental, para enfrentar algunos de los retos que nos interpelan actualmente como Comunidad.

Lo visitaron más de 25.000 alumnos de establecimientos educativos públicos y privados, tanto de la CABA como del Conurbano, manifestando sin excepción, curiosidad y entusiasmo por el sitio en sí y por las actividades propuestas, expresando el interés y la preocupación de las nuevas generaciones por los desafíos ambientales del mundo donde se desarrollarían²².

Tanto el CEP como el MR fueron declarados de Interés Ecológico y Cultural por la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires el 8 de abril de 2005 (La Nación 2005, en línea).

Respecto a esta tesis, los conocimientos intercambiados, la posibilidad de reconocer y conocer múltiples actores relacionados con los residuos y el descubrimiento de las posibilidades de transformar desechos en productos valiosos, hicieron del MR una fuente de inspiración y significativo antecedente de posteriores hallazgos.

II.6 Conclusiones

La CABA comparte muchos problemas ambientales con otras grandes ciudades del llamado Primer Mundo. Uno de ellos es la abundante generación de residuos urbanos sumado a la complejidad para su adecuada gestión. Tal como ocurre en otras urbes de Latinoamérica, existe un número elevado de personas que deben encontrar sus medios de subsistencia en los materiales rescatados de la basura. Estos recolectores urbanos frecuentemente son

²¹ Elaboración propia

²² Fuente: trabajo de campo de la autora

relacionados con lo sucio y lo marginal, muchas veces sin reconocimiento del servicio ambiental aportado a la comunidad.

En la República Argentina el recuperador urbano sigue siendo un actor mayormente informal, expuesto a riesgos por falta de condiciones apropiadas de higiene y seguridad, con frecuentes situaciones de trabajo infantil y extenuantes jornadas en sus tareas de recolección. Si bien en CABA la ley 992 (en línea) integra a los recolectores como parte del Servicio de Higiene Urbana, falta aún transitar el camino hacia el pleno reconocimiento a nivel nacional de todos los recuperadores como trabajadores con acceso a plenos derechos y mejores condiciones laborales, ya que mediante su trabajo recobran el mayor porcentaje de RSU de las ciudades.

La separación obligatoria de los residuos, en este caso los RPC de obras, aumenta radicalmente las oportunidades para los recuperadores al evitarles tener que hurgar en la basura y así disponer en forma directa de un recurso valioso para su subsistencia.

La crisis ambiental pone de manifiesto las desigualdades y conflictos a nivel global y su abordaje implica actores con distintos grados de responsabilidad, desde Estados hasta ciudadanos comunes. Resulta entonces esencial incorporar la dimensión Ambiental con una perspectiva interdisciplinaria desde la educación no formal hasta la formación universitaria, corporativa e institucional, a través de valores que enfatizan la relación de los actos del presente con sus consecuencias en el futuro.

A lo largo de este Capítulo puede observarse la innegable vinculación de la basura con las relaciones de poder. También la indudable oportunidad de producir valor rescatando los elementos útiles que contiene, para crear nuevos productos y nuevas posibilidades de desarrollo.

Capítulo III

Normativa sobre materiales no tradicionales

III.1 Introducción

Frecuentemente se diseñan materiales basándose en el caso del peor escenario, o sea, en la peor circunstancia posible, para que siempre actúen con la misma eficacia, garantizando así alcanzar el mayor mercado para un determinado producto. (McDonough & Braungart, 2005). Esto sucede por ejemplo con los bloques de hormigón y los ladrillos cerámicos comunes o los huecos, que en numerosos casos podrían ser reemplazados en paredes no portantes por sus equivalentes más sustentables.

Es necesario también destacar que la mayoría de esos nuevos materiales suelen no cumplir con algunas de las exigencias requeridas a los tradicionales, aportando sin embargo otras propiedades muy valorables respecto al cuidado del ambiente. Tal es el caso por ejemplo de las construcciones con adobe, bambú, fardos de paja, cáñamo, ladrillos de tierra comprimida, entre otros.

En CABA, debido a la gran cantidad de bolsas de papel desechadas como residuo de construcción, podrían desarrollarse con éxito micro empresas que fabriquen materiales con ese insumo. Las escalas de producción y distribución pueden adaptarse con facilidad al entorno urbano.

Salir de los laboratorios y volcarse a un mercado que no sea masivo sino de nicho, podría generar empleo genuino y se aprovecharía un recurso que actualmente termina en relleno sanitario. Para poder lograrlo, el concepto de protección al ambiente debe estar guiado por la innovación y no por regulaciones que no siempre toman en cuenta este criterio.

A fin de comparar logros y dificultades y obtener información valiosa sobre el abordaje normativo para nuevos materiales, se analizan a continuación los casos de algunos países (III.2.1 Unión Europea y Reino Unido y III.2.2 América Latina y Estados Unidos). Se consideraron para el análisis aquellos materiales que, aunque no se elaboran con residuos de

obras, se asemejan por sus características a los productos de Papel Cemento: hormigón de cáñamo o *Hempcrete*, fardos de paja y paneles de residuos agrícolas.

Estos materiales, además de ser fabricados con residuos celulósicos, presentan cualidades similares en cuanto a disponibilidad local, bajo costo, liviandad, aislación térmica y acústica y regulación de la humedad interior, contribuyendo a los objetivos de descarbonización de los materiales constructivos. Comparten asimismo la dificultad o lentitud respecto a su aceptación por los organismos reguladores y por el mercado. Comparten también la desventaja de ser afectados por contacto directo con el agua, aunque este problema tiene distintas formas de ser abordado.

III.2 Estado Regulatorio para materiales sustentables en otros países

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Centro Yale para Ecosistemas+Arquitectura (Yale CEA) bajo la Alianza Global para Edificios y Construcción (*Global ABC*), elaboraron el informe denominado "Materiales de construcción y el clima: Construyendo un nuevo futuro".

Señala tres estrategias generales que deben aplicarse de manera conjunta:

1. Evitar la extracción y producción innecesarias.
2. Cambiar a materiales de construcción renovables.
3. Mejorar la descarbonización de los materiales de construcción convencionales.

Se espera que la aplicación de estas estrategias contribuya con la descarbonización de la construcción y con el cumplimiento de los objetivos climáticos mundiales (UNEP 2023, en línea).

III.2.1 Unión Europea y Reino Unido

La UE produce más de 2.200 millones de toneladas de residuos al año. Se trabaja actualmente en la reforma del marco legislativo para promover el cambio del modelo de gestión de residuos actual por el de una Economía Circular (Parlamento Europeo 2023, en línea). Apuesta por la eco innovación y el eco diseño de productos tendientes a optimizar la

eficiencia en el uso de recursos y materiales, con énfasis en su durabilidad, reparabilidad y posibilidad de reutilización (Guillén Navarro 2022, en línea).

El 12 de abril de 2024 la UE adoptó la Directiva relativa a eficiencia energética de los edificios, en relación al Pacto Verde Europeo (Comisión Europea 2024, en línea). Esta legislación tiene por objeto reducir al máximo las emisiones de GEI y el consumo de energía producida por ese sector en la UE desde el presente hasta el año 2030 y convertirlo en climáticamente neutro a partir de 2050 (Parlamento Europeo 2024, en línea).

Norma europea para la Construcción UNE-EN 15804:2012+AC:2021 (UNE 2021, en línea). Esta Norma establece regulaciones sobre Sostenibilidad en la Construcción, Declaraciones Ambientales de Producto (DAP)²³ y Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción (RPC), aunque no cubre la evaluación del comportamiento social y económico a nivel de producto (UNE 2020, en línea).

Estado regulatorio del Hormigón de cáñamo (Hempcrete) en la UE y Reino Unido

El cáñamo ha sido estigmatizado a lo largo de los años por su uso como droga ilícita, sin embargo, la variedad *cannabis sativa* no se emplea como psicoactivo y puede ser aprovechada en la industria para generar diversos productos, entre ellos, materiales para la construcción (Rios Tocua & Martínez Segura 2022, en línea).

Es un recurso renovable con propiedades para absorber gran cantidad de carbono a lo largo de su vida útil. Paralelamente, regula la humedad interior, garantizando una buena calidad del aire en los ambientes. Sin embargo, si se expone a la humedad, al ser un material higroscópico aparecen variaciones dimensionales, afectando también su comportamiento higratérmico (Benmahiddine *et al* 2020, en línea)²⁴.

²³ La DAP es una etiqueta estándar que recoge información sobre los ingredientes e impactos ambientales de un producto. Se basa en el Análisis del Ciclo de Vida que considera todas las etapas, desde la extracción de las materias primas hasta el final de la vida útil. Es adoptada de forma voluntaria.

Fuente: <https://ecointelligentgrowth.net/es/como-la-declaracion-ambiental-de-producto-puede-impulsar-tu-marca-hacia-el-futuro-sostenible-y-adaptado-a-la-normativa/>

²⁴ Texto original en Inglés.

En su sitio web, la Comisión Europea (s. f., en línea) manifiesta que la cantidad de carbono almacenada en el hormigón de cáñamo es superior a las emisiones generadas durante su producción, proceso que continúa durante toda la vida del edificio. Además el material contribuye a la mejora de la eficiencia energética en el sector de la construcción, colaborando con los objetivos establecidos en el Pacto Verde Europeo para alcanzar la neutralidad en carbono hacia el año 2050.

En Alemania existe una cláusula de la norma especial sobre el cannabis que puede dar lugar a responsabilidad penal del productor de cáñamo industrial, aún en presencia de porcentajes muy bajos de tetrahidrocannabinol (THC). El Ministro Federal de Alimentación y Agricultura anunció la próxima abolición de esta cláusula, que sumada a obstáculos burocráticos, dificulta el uso y el procesamiento del cáñamo industrial en el país (Conferencia Internacional del Cannabis 2024, en línea).

En Francia nunca fue prohibido y esto posicionó al país como uno de los líderes mundiales en empleo del cáñamo industrial. Principalmente a partir de fines del Siglo XX se han materializado diversas construcciones con cáñamo a lo largo del país (Perry F. 2023, en línea).

En España, la legislación considera al cáñamo industrial como cultivo agrícola permitido, siempre que su contenido de THC sea inferior a 0,3% y solo puede destinarse a la obtención de fibra, grano o semillas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (s. f.), en línea).

El Gobierno del Reino Unido anticipó en abril de 2024 la reforma del sistema de licencias que maximizará el potencial económico y ambiental del cultivo. Se pretende fomentar la inversión en la industria, sin dejar de regular el uso de drogas, siendo el cannabis considerado como de Clase B según la Parte 2 del Anexo 2 de la Ley de Abuso de Drogas de 1971 (Gobierno del Reino Unido 2024, en línea).

Estado regulatorio de la construcción con paja en la UE y Reino Unido

Según la ONU, la quema de desechos agrícolas es la mayor fuente mundial de carbono negro, un contaminante entre 460 y 1.500 veces más potente que el dióxido de carbono y gran productor de GEI, además de daños directos a la salud (Cousins 2024, en línea). Si se tiene en cuenta que según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de cereales se aproximará a los 2.854 millones de toneladas en 2024 (*Swissinfo* 2024, en línea), puede comprenderse por un lado el enorme daño que ocasionan esas quemaduras, pero por otro lado valorar la gran fuente de recursos disponibles, entre ellos la paja, que es un residuo de cultivos, como los cereales.

La paja se ha utilizado como material de construcción en todo el mundo a lo largo de los últimos 9.000 años, aportando confort a los edificios (Ghaffar, 2017). Puede brindar resistencia mecánica, aislamiento térmico y acústico, es resistente a la acción del fuego y regula la humedad interior (*EKOPANELY* 2019, en línea).

Francia es el mayor constructor con paja en Europa con más de 3.500 edificios y más de 500 nuevas construcciones censadas por año (Eco Ultravioleta 2024, en línea).

En España, las construcciones con paja necesitan los mismos permisos que cualquier otra edificación, aunque al no estar homologada, deberá justificarse su uso como material o técnica innovadora según el Código Técnico de la Edificación, Capítulo 2, Artículo 5.2.5, mediante una evaluación favorable de su idoneidad para el uso previsto (Red de Construcción con Paja, en línea). "De 2006 a 2016, en España se han construido más de un centenar de edificios con paja bajo la normativa del Código Técnico de la Edificación" (Cebada Sánchez 2017, p. 76, en línea).

En Reino Unido el Reglamento de Construcción no hace mención específica de la paja como material, aunque la construcción deberá siempre ajustarse a criterios de salud, seguridad, resistencia al fuego y eficiencia energética. Obtener el permiso depende de la autoridad local y del sitio elegido para construir (*Lowimpact.org*, en línea)²⁵.

²⁵ Texto original en Inglés.

En la página web de la *European Straw Building Association*, pueden encontrarse numerosos ejemplos de construcciones con paja en la UE y Reino Unido (*European Straw Building Association 2024*, en línea)²⁶.

Otra forma de aprovechar los desechos agrícolas locales es la fabricación de paneles para la construcción. En Europa surgieron en años recientes varias empresas que desarrollaron sistemas de prefabricación con estructura de madera y relleno de paja.

En República Checa, por ejemplo, una fábrica elabora tableros de partículas de paja prensada sin tratamiento superficial. Se utilizan para instalación permanente en construcciones con estructura de madera. Son no portantes, clase de uso 1 según EN 335 (en seco). Es un sistema de construcción certificado²⁷ y según sus fabricantes es asequible y de instalación rápida y sencilla.

Los paneles se venden en varios países y su página web menciona que se utilizaron en viviendas familiares de Bulgaria, Suecia, Argentina y Reino Unido. En República Checa se usó este material en más de 700 construcciones de madera (*EKOPANELY 2019*, en línea)²⁸.

III.2.2 América Latina y Estados Unidos

Estado regulatorio de la construcción con Hormigón de Cáñamo (Hempcrete) en América Latina

A pesar de que los marcos regulatorios están evolucionando en regiones como Europa y América del Norte, en los países en desarrollo la adopción de materiales de construcción a base de cáñamo enfrenta numerosas dificultades. Las leyes y reglas que rodean la producción y comercialización son a menudo complicadas debido a su asociación histórica con la marihuana (Gattupalli 2023, en línea).

Según la *Latin America Industrial Hemp Association*, actualmente países como Uruguay, Chile, Colombia, Paraguay, Perú, Ecuador, México, Argentina, Brasil y Panamá tienen algún

²⁶ Texto original en Inglés.

²⁷ <https://www.ekopanely.com/ekopanely-boards>

²⁸ Texto original en Inglés.

tipo de marco normativo respecto al cultivo del cannabis o a su empleo industrial. Por ejemplo, Colombia publicó el Marco Legal del Cáñamo Industrial (Ley 2204 del 10 de Mayo de 2022), que regula cultivo, transformación y comercialización del Grano y Fibra de Cáñamo con un contenido de THC igual o inferior al 0,3% (Castaño Coronado 2022, en línea).

En Argentina la producción de cáñamo tiene marco regulatorio desde el 4 de agosto de 2023 mediante el Decreto 405/2023²⁹ que aprueba la Reglamentación de la Ley N° 27.669³⁰. El Decreto señala que "la reconsideración del potencial del Cáñamo Industrial ha dado lugar al surgimiento de una industria dinámica que involucra iniciativas del sector público, privado y de organizaciones de la sociedad civil". En el Artículo 2 del Anexo 1 designa a la Agencia Regulatoria de la Industria del Cáñamo y del Cannabis Medicinal (ARICCAME) para supervisar la implementación de la ley.

Estado regulatorio de la construcción con Hormigón de Cáñamo (Hempcrete) en Estados Unidos

En Estados Unidos, la Ley Agrícola de 2018 legalizó el cultivo, procesamiento y comercialización del cáñamo industrial (Hunt 2020, en línea).

El *International Code Council's* (ICC)³¹, organismo en el cual se basan los códigos de construcción de los Estados Unidos, actualizó el Código Residencial Internacional (*International Residential Code*, IRC)³² al incluir en el mismo el Apéndice BL "Construcción con cal y cáñamo (*Hempcrete*)".

El IRC es la base del código residencial para viviendas unifamiliares, bifamiliares y adosadas adoptado en 48 estados de Estados Unidos (excepto Wisconsin y Arkansas). Luego de varios

²⁹ Decreto 405/2023. Fuente: <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/291621/20230807>

³⁰ Ley N° 27.669. Fuente: <https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=365303>

³¹ ICC [...] es la principal fuente mundial de códigos y estándares modelo y soluciones de seguridad para la construcción que incluyen evaluación de productos, acreditación, tecnología, capacitación y certificación. Los códigos, estándares y soluciones del Code Council se utilizan para garantizar comunidades y edificios seguros, asequibles y sostenibles en todo el mundo. Fuente: <https://www.iccsafe.org/about/who-we-are/>. Texto original en Inglés.

³² IRC <https://codes.iccsafe.org/content/IRC2024P1/preface>

años de gestiones de la *US Hemp Building Foundation* (USHBF)³³ en 2014 se logró la introducción del *Hempcrete* en los códigos de construcción residencial del país (Apéndice BL. Construcción con cal de cáñamo-hormigón de cáñamo) (IRC 2024, en línea). Permitirá el uso del material en viviendas de hasta dos pisos en regiones de bajo riesgo sísmico sin necesidad de ingeniería.

En Estados Unidos existen numerosas construcciones con cáñamo, algunos ejemplos pueden verse en Banks 2010, en línea; Lotus 2022 B, en línea; *US.Hemp.Building*, en línea.

Estado regulatorio de la construcción con paja en América Latina

Las normas de construcción con fardos de paja en América Latina pueden variar según el país y la región, aunque en general las dificultades regulatorias para su aceptación demoran la adopción de esta tecnología. En América, las experiencias con este material se hallan mayormente en Estados Unidos, Canadá, Chile y Argentina (Nitzkin & Termens 2010 citado por Viera Arroba 2023, en línea).

A falta de normativa específica, los criterios en lo que respecta a diseño y pautas estructurales pueden encontrarse en el Código de Construcción Internacional IBC (*International Building Code*)³⁴ y el Código Internacional Residencial IRC (Viera Arroba 2023, en línea).

En Argentina, país agrícola por excelencia, pueden encontrarse varios ejemplos de construcción utilizando paja de cultivos locales o regionales. Al no estar homologado, los profesionales responsables deben justificar su uso como material o técnica innovadora ante cada municipio.

Se encuentra información sobre varias casas construidas con paja en el sitio de la Red Argentina de construcción con fardos de paja (s. f., en línea).

³³ USHBF <https://www.ushba.org/post/hemp-lime-appendix-published-in-2024-us-model-residential-housing-codes>

³⁴ IBC <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2024P1>

Estado regulatorio de la construcción con paja en Estados Unidos

La bala o fardo de paja se comenzó a usar como material constructivo a finales del siglo XIX en Nebraska, Estados Unidos con la aparición de las máquinas empacadoras. Nacieron en esa época las confortables casas construidas por los colonos con esos fardos, sistema llamado en nuestros días precisamente Nebraska, en el cual los muros de fardos soportan la cubierta. Más adelante, con los avances de la industria, la paja fue cayendo en desuso, aunque desde hace unos años se la comenzó a revalorizar como material apto para bioconstrucción (Cebada Sánchez 2017, en línea).

Al igual que lo sucedido con la construcción con cáñamo, en Estados Unidos debieron transcurrir varios años de intensa labor de especialistas y entusiastas para que este tipo de material fuera incluido en los códigos de construcción. Recién se consiguió la aprobación de un apéndice específico en las Audiencias de Acción Final del ICC del año 2013, incluyéndose en el IRC el Apéndice AS en 2015. Los apéndices no forman parte del cuerpo del código y deben ser adoptados explícitamente por cada jurisdicción. El código se actualiza cada tres años (*Straw Bale* 2024-A, en línea).

Existe gran cantidad de casas construidas con fardos de paja en Estados Unidos, algunas pueden verse en el sitio *Straw Bale* (2024-B, en línea).

Estado regulatorio de la construcción con Papel Cemento (Papercrete) en Estados Unidos

Según la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), el total de residuos de papel y cartón de ese país en el año 2018 fue de 67,4 millones de toneladas³⁵, representando el 23,1 por ciento de la generación total de RSU. Más de la cuarta parte de esos residuos de papel (17.220 toneladas) se dispuso en vertederos (EPA 2023, en línea).

En Estados Unidos, país donde fue patentado por primera vez, el Papel Cemento o *Papercrete*, es fabricado mayormente de forma artesanal por auto constructores, salvo una

³⁵ 1US t = 0.90719 t. Fuente: https://www.metric-conversions.org/es/peso/toneladas-cortas-estadounidenses-a-toneladas-metricas.htm#google_vignette

compañía como *Mason Greenstar* (*Concrete Construction* 2013, en línea), que fabrica distintos modelos de bloques comerciales. Como en los casos del hormigón de cáñamo y de la construcción con paja, cada interesado debe presentar documentación de las propiedades del material ante la oficina municipal para su aprobación. El papel cemento aún no ha sido homologado por el ICC como material constructivo.

A pesar de las dificultades, una considerable cantidad de edificaciones han sido construidas con papel cemento en el país, sobre todo en la zona oeste. Algunos ejemplos pueden verse en el sitio web *Living in Paper* (2024, en línea).

III.3 Datos técnicos y Conceptos para promover la aprobación de materiales de Papel Cemento en la Ciudad de Buenos Aires

En el caso del Papel Cemento, material abordado en esta investigación, si bien cumplió satisfactoriamente con varios ensayos en el INTI (Tabla 1), como Densidad Óptica de Humos (IRAM 11912:1995 y ASTM E662), propagación de llama (IRAM 11910:1994, ASTM E162:1994 y NBR 9442/1986), resistencia a la compresión para ladrillos no portantes (IRAM 11561-4:1997), resistencia a la compresión para probetas cilíndricas (IRAM 1546:2013 e IRAM 12566:2005), conductividad térmica (ISO 8302:1991, ASTM C177:2013 e IRAM 11559:1995) y permeabilidad al vapor de agua (IRAM 1735), no cumple sin embargo los requerimientos de la Norma IRAM 12588 para la determinación de la capacidad de absorción por inmersión en agua fría en ladrillos, que exige un máximo de entre 13% y 15% según el ladrillo sea sin revestir o revestido.

No obstante, los ladrillos podrían ser protegidos de la humedad con un impermeabilizante al agua y así resultar aptos también para muros exteriores no portantes.

Se destaca que mediante ensayos en el INTI (Tabla 1) se pudo constatar que la permeabilidad al vapor de agua es muy similar tanto en probetas protegidas con este tipo de impermeabilizante como en probetas sin protección.

Tabla 1. Ensayos realizados en el INTI sobre materiales de Papel Cemento

Tipo de Ensayo	Tipo de Muestra	Cantidad de Muestras	Densidad Material kg/m3	Normas	Resultado
Densidad Óptica de Humos	Probetas 7,5cm x 7,5cm x 2cm	8	980	IRAM 11912:1995 ASTM E662	Nivel 1: Materiales que generan Baja cantidad de Humos. Densidad Óptica Corregida entre 1 y 136
Propagación de Llama	Probetas 45cm x 15cm x 2cm	6	980	IRAM 11910:1994 ASTM E162:1994 NBR 9442/1986	Clase RE2: Material de Muy Baja Propagación de Llama Clase A NBR 9442/1986
Resistencia a la Compresión en Ladrillos	Ladrillos 24cm x 12cm x 5,5cm	3	980	IRAM 11561-4:1997	2,5 Mpa
Resistencia a la Compresión en Probetas	Probetas cilíndricas Ø 10cm x alto 20cm	3	1037	IRAM 1546:2013 IRAM 12566:2005	2,9 Mpa
Conductividad Térmica (λ)	Probetas 60cm x 60cm x 8 cm	2	970	ISO 8302:1991 ASTM C177:2013 IRAM 11559:1995	0,23 W/m K \pm 3%
Permeabilidad al Vapor de Agua (δ)	Probetas 30cm x 30cm x 2cm	5	980	IRAM 1735	(3,2 \pm 0,3)10-2 g/m.h.kPa

Nota. Componentes de la mezcla (valores aproximados): Papel 10% - Cemento 35% - Arena 12% - Agua 43% + Carbonato de Calcio 2% del peso³⁶

Fuente: Elaboración propia.

³⁶ Las proporciones de los componentes pueden variar según la densidad requerida por la función de cada material.

Dado que, según ensayo experimental (Tabla 5. Anexo 1) tienen una buena estabilidad en sus dimensiones bajo condiciones de alta humedad, la cual mejoraría aún más al aplicar un hidrofugante, este punto podría ser reconsiderado. En tal caso sería posible hacer una comparación con los Bloques de Tierra Comprimida (BTC). Los BTC están definidos y regulados en España desde el año 2008 por la norma UNE 41410:2023 (en línea) y sus modificaciones, y son empleados para construir desde hace varios años con buenos resultados, aunque son afectados por el contacto directo con el agua, por lo cual requieren del correspondiente tratamiento hidrófugo.

Si tomamos el caso particular de esta tesis sobre materiales de Papel Cemento que no cumplan funciones estructurales ni estén expuestos a la humedad exterior, es posible suponer que no se requerirían para su puesta en obras realizadas en CABA, más que los controles de calidad exigidos por el Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires (CE) (2019, en línea), detallados en los siguientes puntos:

1.1.7 "Carácter de Orden Público"

[...] Podrán admitirse, previa conformidad de la Autoridad de Aplicación, soluciones constructivas no previstas expresamente en el presente Código cuando las mismas sean consideradas de aplicación equivalente, o bien, cumplan con mayores exigencias que las establecidas en el presente cuerpo legal (p. 9).

1.1.8 "Estructura Normativa del Código de Edificación"

[...] El presente Código será complementado por Reglamentos Técnicos, dictados por la Subsecretaría de Registro, Interpretación y Catastro o quien en el futuro la reemplace. Dichos reglamentos técnicos incluirán soluciones técnicas y soluciones técnicas alternativas generadas por los interesados. Las soluciones técnicas alternativas deberán cumplir los estándares mínimos del presente código, siendo estas, equivalentes o superiores a los resultados que se obtendrían por la aplicación de la normativa vigente; debiendo acreditar, según el caso, que la solución propuesta se encuentre avalada en otras jurisdicciones nacionales o internacionales de mayor exigencia normativa que la prevista en el presente Código y, a la vez, se demuestre su eficacia mediante métodos de verificación (pp 9-10).

3.9.1 "Del Ensayo y Calidad de Materiales a declarar en el Proyecto de las Obras"

Todos los materiales y productos de la industria serán de calidad apropiada a su destino y exentos de imperfecciones, a los fines de que respondan a las exigencias básicas de durabilidad, resistencia, seguridad y respondan a estándares sustentables de manera tal, que su aplicación en las obras no dañe el medio ambiente en forma inmediata ni a lo largo del tiempo. La Autoridad de Aplicación podrá impedir el empleo de materiales y productos de la industria que juzgue impropios, así como podrá obligar a efectuar la composición de mezcla y hormigones, con determinadas proporciones para asegurar la resistencia y calidad de materiales, mediante Reglamentaciones (p.290).

3.9.1.1 "Ensayo de materiales a iniciativa de la Autoridad de Aplicación"

La Autoridad de Aplicación puede disponer el ensayo de todo material de construcción e instalación a efectos de verificar su calidad y resistencia para un uso determinado (p. 290).

Respecto al apartado 4.4.7.3 "Residuos de obra" del CE, puede observarse la concordancia de este trabajo con los puntos a. y b.

4.4.7.3 "Residuos de obra"

Los residuos que se generen en la obra deberán ser clasificados y separados de acuerdo a sus características a los efectos de disminuir el impacto sobre el medio ambiente y reducir la cantidad de residuos destinados a recolección final. Deberá promoverse la reutilización y el reciclado de aquellos residuos que por sus características puedan ser aprovechados durante la ejecución de la obra.

El tratamiento de los residuos sólidos debe respetar las tres etapas:

- a. Almacenamiento en el lugar donde se produce el residuo y donde se realizará la separación y acopio diferenciado de aquellos residuos potencialmente reciclables o reutilizables, residuos orgánicos o húmedos, residuos peligrosos.
- b. Recolección y transporte diferenciado por tipo de residuo.
- c. Eliminación y disposición final (p. 347).

En cuanto al punto c. de este apartado, se propone la siguiente modificación:

c. Se realizarán las gestiones necesarias para el reaprovechamiento de los residuos de obra como materia prima de otros materiales, ya sea *in situ* o transfiriéndolos a una Cooperativa o Empresa que los incluya en un proceso de Economía Circular.

III.4 Conceptos para la elaboración de políticas y normativa aplicable a materiales no tradicionales en Argentina

Tomando en cuenta lo expuesto sobre la creciente aprobación y utilización de materiales no tradicionales en otros países, se considera indispensable la adopción a nivel nacional de normas aplicables a materiales de construcción más sustentables, que aunque no cumplan con todos los requerimientos exigidos a los tradicionales, presentan sin embargo otras valiosas características.

La Fundación Ellen Mac Arthur, es una organización sin fines de lucro que promueve la Economía Circular a nivel mundial. En su publicación "Objetivos Universales de Políticas para la Economía Circular" (Fundación Ellen Mac Arthur 2021, en línea), desarrolla diversos conceptos, varios de los cuales pueden servir de fundamento para la elaboración de políticas y normativa aplicables a materiales no tradicionales en Argentina.

En base a esos conceptos, pueden sugerirse a los formuladores de políticas públicas algunas medidas para mejorar el panorama de la Economía Circular:

- Favorecer la investigación y desarrollo de soluciones tecnológicas dirigidas a la promoción de productos de construcción de naturaleza circular.
- Estandarizar los materiales fabricados con insumos reciclados, promoviendo la credibilidad respecto a sus prestaciones y la conveniencia de su adopción.
- Privilegiar la contratación pública de materiales fabricados con insumos reciclados, creando demanda para los mismos y contribuyendo al fortalecimiento de las economías y cadenas de suministro locales o regionales.
- Establecer beneficios impositivos para la fabricación y adquisición de productos de la Economía Circular.

- Estimular la construcción y el reciclado de edificios con materiales más sostenibles, reciclables al final de su ciclo de vida, que permitan el ahorro energético y la descarbonización de la actividad.
- Promover la comunicación entre los actores de la economía y de la academia a través del intercambio de conocimientos, allanando el camino hacia los procesos de innovación.
- Impulsar la calidad en la gestión de residuos con un criterio de reutilización, orientando las prácticas actuales hacia un enfoque circular.

III.5 Conclusiones

El reciclaje de los papeles de obra, como cualquier otro residuo, necesita ser regulado por políticas públicas específicas y estrategias de separación in situ dirigidas a los responsables de obra y a las empresas del sector. Asimismo, la investigación y desarrollo de tecnologías deberían subsidiarse desde el Estado, apoyando a las empresas emergentes a través de capacitación gratuita, beneficios impositivos, promoción y adquisición de los productos para su aplicación en obras públicas.

Los investigadores de nuevos materiales con características más sustentables, que son de origen local, de bajo peso y con propiedades de regulación de la humedad interior, aislación térmica y acústica, encontramos que las normas suelen seguir criterios muy conservadores para elementos que no van a cumplir funciones estructurales o que determinan altos coeficientes de seguridad para elementos destinados a construir solamente uno o dos pisos.

Un avance importante es el surgimiento en el mundo de normativa aplicable a estos materiales, si bien muchas veces aún no están homologados y su uso debe autorizarse caso por caso, presentando ante la autoridad competente la justificación técnica respaldatoria. Argentina no es una excepción, aunque van siendo reconocidos, apreciados y aceptados de manera cada vez más frecuente.

CAPÍTULO IV

Investigación en la Universidad sobre fabricación de materiales con papeles desechados en obras de construcción y refacciones

IV.1 Introducción

El papel permite un sencillo proceso de reciclaje y ha sido objeto de numerosas investigaciones como material contemporáneo. La capacidad aislante de la celulosa, su liviandad y reciclabilidad, lo convierten en un material apto como insumo para diferentes productos de la construcción. Algunos de ellos son las aislaciones de celulosa proyectada y los ladrillos y bloques de papel reciclado.

El papel reciclado es un gran aislante térmico debido a su estructura interna de poro ocluso, cuyo tamaño permite determinar una mayor o menor capacidad de aislación. Además de proyectarse sobre muros, entresijos, cielorrasos, etc., puede utilizarse como alma de un panel aislante.

La reutilización del papel como materia prima para la conformación de bloques o ladrillos es muy común, presentando un comportamiento higrotérmico similar a la madera. Tiene como desafío su capacidad portante y su desempeño mecánico, inferior a los bloques cerámicos o a los de hormigón. Sin embargo, su resistencia mecánica puede mejorarse a través de la compactación. Normalmente se incorporan aditivos para otorgarle determinadas características siendo uno de los más comunes el cemento, el cual permite soportar mayores solicitaciones. Como cualquier otro muro de fábrica, puede armarse para responder a cargas o tensiones específicas (Prieto 2020, en línea).

Al emplear en este caso, fibras de celulosa (papel) para el desarrollo de materiales para la construcción, se valora que las fibras naturales son renovables, más económicas y fáciles de obtener respecto a las fibras sintéticas y también que el papel es un residuo abundante en zonas urbanas. Entre otras ventajas, la liviandad de estos materiales simplifica la gestión de la mano de obra, tanto en cargas y descargas como en las tareas constructivas.

Se considera altamente factible la instauración de un programa de separación en obra y recolección diferenciada de papeles de bolsas, para su utilización en emprendimientos productivos, los cuales además de cumplir con las leyes y reglamentaciones sobre separación y valorización de residuos, adhieran a varios de los ODS adoptados por las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015 (Naciones Unidas 2015, en línea). Estos Objetivos tienen como propósito "erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos", habiéndose establecido un plan de 15 años para alcanzarlos a partir de su aceptación, formando parte por lo tanto de la Agenda 2030.

La investigación que da origen a esta Tesis se orienta hacia la implementación de los siguientes ODS detallados en la Tabla 2:

Tabla 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible 8, 9, 12 y 13

ODS	Comentarios
8 - Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.	Desde la Universidad Pública se pretende promover la inclusión social y económica a través de la capacitación laboral y la formación en el cuidado del ambiente, aportando soluciones a problemas relacionados con la vivienda y la capacidad de generar empleo.
9 [...] promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.	Las innovaciones en nuevos materiales para la construcción desarrollados en la Universidad impulsan una industrialización más sostenible promoviendo el uso de residuos locales como materia prima, menor uso de energía, disminución del empleo de cemento, ahorro de agua y diseño de materiales que aporten mejores propiedades que otros similares. Dada la economía y sencillez de fabricación de los productos de cemento más papel o fibras naturales, un importante aporte a este ODS es la facilidad para la creación de empleos inclusivos mediante desarrollos industriales de baja o mediana complejidad. Con una capacitación breve y la fabricación o adquisición de moldes simples, puede ponerse en marcha, por ejemplo, una

	<p>producción de ladrillos o placas para revestimientos de pared.</p>
<p>12 - Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles</p>	<p>Por las razones expuestas para la implementación del ODS 9, se considera que esta investigación contribuye a garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles minimizando el uso de recursos naturales, la generación de materiales tóxicos y de emisiones contaminantes, disminuyendo además el enterramiento de residuos aprovechables.</p>
<p>13 - Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos</p>	<p>El Programa de Medio Ambiente 2022 de las Naciones Unidas refiere "los edificios y el sector de la construcción son responsables en la actualidad de aproximadamente el 37% de las emisiones de GEI liberados en la atmósfera". Asimismo, a nivel internacional se están implementando desde hace varios años, regulaciones dirigidas a este sector, para intentar reducir las emisiones asociadas a la actividad. Por otro lado, en relación a la certificación en sostenibilidad según las normas LEED³⁷ para Argentina, avalada por el <i>United States Green Building Council</i>, la misma evalúa y estimula el uso de materiales sostenibles en la construcción, así como la eficiencia en el consumo de agua y energía (Grinberg 2023, en línea).</p> <p>La contribución a este ODS radica en la promoción del uso de residuos locales no aprovechados en la actualidad, reduciendo el consumo de combustible y sus emisiones por traslado de materias primas o por su eventual envío a relleno sanitario. En el caso de traslados de cercanía se favorece también el ahorro de combustible al ser estos materiales más livianos respecto a otros similares. Previene la emisión de GEI generados durante su descomposición en basurales o rellenos sanitarios. Otra</p>

³⁷Leadership in Energy and Environmental Design.

ventaja significativa es el ahorro en acondicionamiento interior dada la capacidad de aislación térmica que aportan los materiales de papel cemento.

Fuente. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>

Por otro lado, si bien se utiliza cemento, que es actualmente responsable de alrededor del 8% de las emisiones totales de CO₂ en el mundo según el Foro Económico Mundial, 2023 (en línea), existen numerosas investigaciones y desarrollos orientados a la creación de cementos con bajas emisiones de CO₂, como se detalla más adelante.

Otra ventaja importante de la fabricación de materiales con cemento y papeles o fibras naturales comparados con los ladrillos comunes, bloques cerámicos, revestimientos de baldosas cerámicas o porcelanatos, es la ausencia de procesos de cocción, lo que facilita su transferencia y aplicación al ser una tecnología de baja complejidad.

IV.2 Descripción y fundamentación del problema investigado

Las obras de construcción, remodelación o refacción generan residuos de ciertos papeles como bolsas de cemento, cal, premezclas o aditivos en polvo, las cuales no son recogidas por los recuperadores urbanos pues las consideran "sucias" al presentar residuos por el contenido del material. En Argentina, estos papeles habitualmente son arrojados en los volquetes de obra y desechados luego en relleno sanitario, ocupando espacio y generando GEI durante su descomposición.

Un caso exitoso en la gestión de estos residuos a considerar como ejemplo, es el programa Sacos Verdes de la cementera colombiana Argos, la cual implementa desde el año 2013 un esquema de logística inversa, recolectando las bolsas de cemento usadas por sus clientes. Aplicando el concepto de Economía Circular, entrega esas bolsas a fabricantes de fibrocemento o cartón para ser utilizadas como insumo.

La iniciativa incluye el entrenamiento del personal en obra para su adecuado manejo y reciclaje (Grupo ARGOS 2022, en línea).

La experiencia de la autora como directora de un programa de investigación y Pasantía en el CEP FADU UBA, sobre la fabricación y testeo de materiales con papeles de obras, demuestra la factibilidad de recupero de estas bolsas como materia prima para distintos productos constructivos o de revestimiento.

Una forma de comenzar a visibilizar la utilidad de los materiales fabricados con este residuo en particular sería la creación de ladrillos, placas para revestimiento de paredes y/o bloques tipo celosía para separación de ambientes, en la propia obra (Figura 5), usando como insumo los residuos de papel generados en la misma.

Esto ayudaría a promover la toma de conciencia ambiental al demostrar la posibilidad de crear productos para la construcción a partir de un recurso local, evitando el costo y la contaminación por la adquisición y traslados de materiales vírgenes (Caruso & Yajnes, 2016).



**Figura 5. Bloques Celosía para separación de ambientes
Pasante de Diseño Industrial Florencia Roldán**

Se considera como antecedente en ese sentido la participación en la gestión de cascotes y poliestireno expandido provenientes de la demolición de una vivienda existente en el predio donde se iba a construir un edificio. Fue realizada a través de una Asesoría Técnica Rentada de la FADU UBA, conjuntamente con la arquitecta Marta Yajnes. Se trata de una obra del

Estudio Kozak (s. f., en línea), en la cual se llevó a cabo la producción de bloques para cerramientos exteriores y muros de balcones. Estos bloques fueron fabricados en la misma obra por dos operarios, quienes recibieron capacitación y asesoramiento durante todo el proceso, realizado en los tiempos y con los resultados previstos (Kozak *et al*, 2016).

En Argentina no existe aún una práctica establecida para la recolección diferenciada de cierto tipo de papeles sin valor de mercado, como envases de polipapel o residuos de obra tales como bolsas de papel para cemento, cal, yeso, morteros, premezclas, adhesivos, aditivos en polvo, etc.

Tanto la Ley N° 1.854 de Basura Cero, (en línea) como la Ley N° 25.916 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental en Materia de Residuos Domiciliarios (en línea) obligan a la valorización de los residuos y a la disminución de los enviados a relleno sanitario, a pesar de ello, los desechos de papel arriba mencionados continúan siendo totalmente desperdiciados al tratarse actualmente como no recuperables.

Si contemplamos solamente el consumo de cemento Portland en Argentina (AFCP 2023, en línea), vemos que en el año 2022 se despacharon 7.511.957 toneladas embolsadas (7.511.957.000 kg). Cada bolsa de cemento contiene 50 kg, representando la cantidad de 150.239.140 bolsas.

Las bolsas de cemento de papel Kraft pesan vacías aproximadamente 0,15 kg, con lo que, según cálculos propios, se obtendrían al reciclarlas 22.535.871 kg de papel, suficientes para fabricar 9.798.205 m² de placas para revestimiento o 1.985.540 m² de ladrillos (Caruso & Yajnes 2015, en línea).

"La transición hacia el camino de la Economía Circular implica cuatro pilares fundamentales: materiales y diseño de productos, nuevos modelos de negocio, redes inversas globales y condiciones propicias" (Lewandowski 2016, p. 1, en línea). El cambio hacia una Economía Circular depende de los responsables políticos y por otro lado de que las entidades comerciales introduzcan la circularidad en sus modelos de negocio³⁸.

³⁸ Texto original en Inglés.

Hipótesis de la Investigación sobre materiales utilizando Papel Reciclado o Fibras Naturales (Caruso & Yajnes, 2014)

Los materiales con baja proporción de cemento, utilizando Papel Reciclado o Fibras Naturales en su composición:

- Son más económicos que otros de usos similares (Ver Anexo 3).
- Poseen buena aislación térmica, buena resistencia al fuego y buena resistencia a agentes biológicos³⁹.
- Son aptos para emprendimientos productivos y vivienda de interés social por su economía y sencillez de fabricación.
- Los ladrillos y bloques tienen resistencia adecuada para ser utilizados en construcción de muros no portantes.
- Contribuyen a la disminución de la huella ambiental de la Construcción.

Una preocupación es el uso de cemento dentro de esta investigación debido a la elevada huella ambiental del mismo, aunque es importante considerar que permite la fabricación de materiales de una forma sencilla y económica, lo que favorece la creación de empleos, como se mencionó anteriormente. Una buena noticia es que existen investigaciones y avances recientes sobre la elaboración de cementos menos contaminantes o bien sobre productos que los reemplacen.

Avances en cementos más sustentables

La fabricación de cemento provoca la emisión de gran cantidad de GEI ya que es necesario calentar piedra caliza y otros materiales a muy altas temperaturas. Lo cual lo convierte en el segundo emisor industrial del mundo, superado únicamente por las industrias del hierro y el acero (Harvey & E&E News 2018, en línea). Sin embargo, el hormigón es el material de construcción más utilizado a nivel mundial por sus reconocidas cualidades, siendo el cemento su principal componente. Evitar totalmente su empleo no aparece como una opción viable en la actualidad.

³⁹ Según ensayo experimental propio enterrando una pieza de papel cemento en espacio exterior a la intemperie durante 4 meses, sin haber presentado signos de deterioro por moho o insectos.

A continuación, se mencionan algunos avances en la obtención de cementos más sustentables.

- Si se tiene en cuenta el valor de los residuos originados por distintas actividades productivas, los generados por la agroindustria ocupan un sitio importante. La combustión de su biomasa como valoración energética para distintos procesos industriales producen cenizas que pueden contener compuestos químicos y minerales aprovechables en materiales cementantes para la construcción. "La adición de estas cenizas a la matriz cementante podría modificar la microestructura y la alcalinidad del sistema aglomerante, por lo que las correspondientes mezclas cementantes serían de interés para el desarrollo de compuestos de fibras naturales (por ejemplo, fibrocemento)" (Mendes *et al.* 2017).
- Es posible combinar carbono y calcio para producir un biocemento utilizando bacterias no modificadas en lugar de cemento Portland. El carbono y el calcio se combinan para producir un material de piedra caliza formado biológicamente que no requiere altas temperaturas ni combustibles fósiles. Con aproximadamente un 85% de árido natural y un 15% de caliza de cultivo biológico se fabrican placas para revestimiento de pisos y paredes (Austin-Morgan 2022, en línea).
- Diversas exploraciones para el reemplazo del cemento Portland hacen foco en la tecnología de geopolímeros que emplea desechos industriales y urbanos, con un uso mucho menor de energía en su producción. "La geopolimerización se está convirtiendo en un método cada vez más aceptado para preparar aglutinantes con bajo contenido de dióxido de carbono, otros productos y materiales a partir de diversos subproductos industriales" (Weber, s. f., en línea).

Un geopolímero se define como un material sólido formado con aluminosilicatos y por activación de silicatos alcalinos como precursores. Los geopolímeros también suelen ser descritos en la literatura como polímeros minerales y polímeros inorgánicos. El concreto geopolimérico basado en residuos como cenizas, con bajo contenido de calcio y curado térmicamente, resiste adecuadamente el ataque de sulfatos y ácidos. De cualquier manera, si bien esta tecnología se presenta como muy promisoría, todavía debe afianzarse desde el punto de vista científico y comercial (Martínez González 2022, s. p., en línea).

Un caso interesante en ese sentido es el proyecto *WOOL2LOOP*, el cual utiliza lana mineral proveniente de residuos de construcción y demolición (RCD). En Europa se generan cada año alrededor de 2,5 millones de toneladas de RCD de ese producto, desechándose en vertederos casi en su totalidad. La lana mineral es un excelente aislante térmico y acústico gracias a una muy baja densidad, motivo por el cual sus residuos pueden convertirse en un problema al ocupar un gran espacio en vertederos. El proyecto *WOOL2LOOP*, llevado a cabo por un consorcio de 15 socios, entre ellos empresas como *Saint-Gobain Finland*, una ONG e instituciones de investigación, desarrolla procesos de geopolimerización o activación alcalina de este residuo, para fabricar productos como paneles de fachada, adoquines, láminas acústicas, y áridos para impresión 3D (Weber, s. f., en línea).

- La escoria subproducto de la fabricación del acero, puede reemplazar al cemento como aglutinante en la elaboración de bloques, que luego son curados con CO₂ en una cámara de absorción sellada. En este proceso de carbonatación, se captura el CO₂ que se convierte en carbonato de calcio, dando resistencia al hormigón. Genera emisiones netas negativas con el secuestro de CO₂ que se mineraliza en el curado del producto. El proceso tarda 24 horas, durante las cuales el hormigón alcanza su máxima resistencia. Estos bloques resultan más económicos que los tradicionales de hormigón (*Carbcrete*, s. f., en línea).
- Aprovechando tecnología de Captura Directa de Aire (DAC, por sus siglas en inglés), es posible inyectar CO₂ en el agua recogida del lavado de camiones de hormigón. Al momento de inyectarlo, el CO₂ reacciona con el cemento contenido en el agua y se mineraliza, estabilizándolo. El agua así tratada se utiliza luego en nuevas mezclas de hormigón. Este tratamiento contribuye a reducir significativamente la huella de carbono de la construcción, ya que almacena permanentemente el CO₂ en el cemento (*CarbonCure 2023*, en línea).

Estos avances en la gestión de las emisiones de CO₂ del cemento, sumados a las mencionadas propiedades de los residuos de papel o de fibras naturales en las mezclas, favorecerán de manera significativa la innovación en soluciones sostenibles para el entorno construido.

IV.3 Tipos de papeles desechados en obras de construcción y refacciones

Las bolsas de productos en polvo se fabrican generalmente con papel *Kraft*, que en alemán significa fuerza. Este papel tiene propiedades de resistencia a la tracción, al alargamiento, al reventamiento, a la rotura y al plegado (Cámara Argentina del Papel y Afines, s. f., en línea).

Es necesario destacar que a diferencia de estas bolsas, que se desechan habitualmente en relleno sanitario, los embalajes de cartón de electrodomésticos, artefactos diversos, pastinas, cerámicos, etc., son rescatables siempre que se separen in situ sin mezclarse con restos de materiales o materia orgánica. Si bien al igual que las bolsas, estos cartones son perfectamente aptos para fabricar materiales constructivos o de revestimiento, también son de interés para los recuperadores por su posibilidad de empleo en la industria del papel reciclado, no así las bolsas que contienen productos en polvo, como ya se ha señalado.

IV.4 Antecedentes en el tema

Como se menciona en el Marco Teórico, existen varios productos comerciales fabricados con residuos de celulosa de procesos industriales, restos de cultivos o cultivos específicos. Asimismo, a nivel mundial pueden encontrarse numerosas investigaciones y algunas patentes sobre el tema. A continuación, algunos ejemplos.

Artículos sobre el uso de residuos de papel y morteros con fibras naturales

- En el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la *Arizona State University*, Jorge L. Santamaría, Barry J. Fuller y Apostolos Fafitis, llevaron a cabo diversos ensayos sobre papel cemento y evaluaron una serie de construcciones realizadas a lo largo de varios años utilizando ese material en Estados Unidos. En un artículo publicado en el año 2007, se refieren a la necesidad en el país de miles de viviendas y consideran al papel cemento, o *papercrete*, como un material asequible y con una tecnología fácilmente apropiable. Según datos del año 2.000 de la Agencia de Protección Ambiental (*EPA*), Estados Unidos, calcularon que alrededor de los 55% o 48 millones de toneladas de papel que se desechaban o terminaban en vertederos equivalían al volumen de una pared de 48 pies de alto y 1 pie de

ancho, alrededor de todo el perímetro de los Estados Unidos. Se justificaba entonces ampliamente el uso de esos desechos como materia prima para construir viviendas.

En búsqueda de evidencia empírica, ya que el material no se hallaba incluido en ningún código de edificación, visitaron una serie de construcciones de papel cemento en distintos lugares del país con diferentes climas y características geográficas, entrevistando a los profesionales responsables. Muchas de esas edificaciones llevaban varios años en pie. Hallaron incluso ejemplos de bóvedas y cúpulas de papel cemento sobre muros sin refuerzo de ningún tipo.

Recabaron las siguientes informaciones sobre las características del material: buena calidad de absorción acústica, retardante de llama y hongos, resistencia a insectos, roedores y plagas. Al ser muy ligero, lo consideran un material ideal para paredes interiores en edificios de gran altura en zonas sísmicas, reduciendo además el calibre de la estructura de acero y la profundidad de los cimientos. Es fácil de instalar y contribuye a reducir significativamente costos de materiales, mano de obra y energía.

Concluyeron que es un material seguro y práctico para la construcción residencial de hasta dos pisos, y que el principal problema es la falta de investigación sistematizada sobre el tema (Santamaria, Fuller & Fafitis 2007).

- Investigadores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid; del Departamento de Arquitectura y Artes y del Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil, estos dos últimos de la Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador, elaboraron un artículo presentando una evaluación experimental de compuestos reforzados con fibras cortas de bagazo de caña de azúcar, conglomerados con Cemento Portland Ordinario y Yeso, que contienen cenizas finas provenientes de la combustión de cáscara de arroz, aptos para la construcción autónoma rural. Investigaron las propiedades físicas y mecánicas de componentes y composites.

Destacan la numerosa cantidad de nuevos trabajos publicados en los últimos años, lo que confirma el aumento en el interés por estos materiales, no solamente para construcciones económicas, sino a nivel general. Abordan en este caso el empleo de las fibras de bagazo dada

su abundancia, sobre todo en regiones tropicales y sus apreciables características mecánicas y de durabilidad.

Para el desarrollo de su investigación, recogieron fibras de bagazo en vertederos de pequeñas industrias azucareras rurales. Los materiales compuestos fabricados resultaron resistentes, permeables al aire y al vapor de agua, con buenas propiedades de aislación acústica, de baja densidad y conductividad térmica. No fueron atacados por hongos o insectos ya que el bagazo recibió un tratamiento previo de lechada de agua con cal apagada que diluyó los azúcares presentes, mejorando además la compatibilidad entre la fibra vegetal y la matriz de cemento.

Si bien los autores declaran que se necesita más investigación en el tema, consideran que es factible la fabricación de materiales compuestos para la construcción, incorporando una cantidad razonablemente alta de fibras vegetales provenientes del bagazo de caña de azúcar (Hernández-Olivares *et al* 2020, en línea).

- Siguiendo la misma dirección investigativa, en la *University of East London*, 2024 (en línea), se desarrollaron bloques intertrabados utilizando bagazo de caña de azúcar y aglutinantes minerales. Los bloques tienen una huella de carbono seis veces menor que los ladrillos de arcilla tradicionales. Son aislantes y resistentes al fuego. Podrían usarse en paneles aislantes, muros de carga y losas estructurales para pisos y techos. El compuesto se llama *Sugarcrete*.

Según los investigadores, la caña de azúcar es el cultivo más abundante del mundo en volumen de producción, y se realiza en su mayoría en los países del Sur global. Con la intención de beneficiar a estos países, el *Sugarcrete* no ha sido patentado. Es de acceso libre y el fin es producir nuevos materiales de construcción sostenibles, principalmente en las zonas donde se cultiva la caña de azúcar. El proyecto ha sido ganador de diversos premios y reconocimientos.

- Estudiantes del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), crearon el *BLACBrick*, un ladrillo más económico, que no contamina y no requiere cocción ya que se endurece a temperatura ambiente por un proceso químico provocado por sus propios componentes. Es fabricado con un 70% de cenizas provenientes de restos de papel y cartón reciclado, hidróxido

de sodio, extracto de lima y una pequeña cantidad de arcilla. Uno de los objetivos del proyecto es reducir la contaminación y el agotamiento del suelo ocasionados por la industria del ladrillo en India. Además, pretenden abordar el problema de las grandes cantidades de cenizas generadas por las fábricas de papel, que se envían a los vertederos ocupando tierras de cultivo. Una vez comprobadas sus cualidades de resistencia, se proponen desarrollar viviendas de bajo costo en centros urbanos de la India (Jurado 2015, en línea).

En Argentina:

- Un artículo publicado por Guido Gubinelli en el año 2014 (en línea), da cuenta de que durante ese año los ingenieros industriales, Álvaro Montaldo y Nazareno Tontarelli, presentaron en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) San Nicolás, el proyecto de un material formado por un 85% de papel de periódicos reciclados con el agregado de sales de bórax, que podría permitir la sustitución de importaciones en aislantes de celulosa y servir eventualmente para la construcción de viviendas. Estudios supervisados por la UTN demuestran que el material resiste el ataque de hongos e insectos. Determinaron además que es un excelente aislante térmico y acústico, controlando también la condensación y el riesgo de incendio. Es biodegradable, no provoca emisiones tóxicas y su fabricación consume muy poca energía eléctrica.
- Durante una Jornada de Investigadores Tecnológicos organizada por la UTN, Melisa S. Romano y Federico N. Andrés (2013, en línea), pertenecientes a la regional Santa Fe, Argentina, presentaron un paper donde se analizan los residuos generados por una planta que elabora pasta de celulosa reciclada. Estos residuos están compuestos en su mayoría por papeles, papeles plastificados, plásticos y otros materiales en menor proporción.

Para caracterizar un material creado con estos desechos, realizaron la aglomeración de esos residuos mezclados con cemento en varias dosificaciones, fabricaron distintas muestras y evaluaron disminución del contenido de agua a través del tiempo, resistencia a la compresión y densidad, concluyendo que es posible elaborar elementos alternativos para la construcción con mezclas de cemento y papel reciclado.

Patentes internacionales relativas a Papel Cemento

Existe una variedad de patentes relativas al uso de papeles empleados en materiales y mezclas para la Construcción. A continuación, se citan tres ejemplos representativos.

1 - Método de construcción para producir bloques constructivos ligeros a partir de fibra de celulosa:

Esta invención tiene como objetivo proporcionar un material novedoso para ser utilizado en la producción de componentes empleados en la industria de la construcción tales como bloques de construcción, paneles de pared, tejas y tejados, dinteles y cualquier otro producto que pueda utilizar este novedoso material. El nuevo material es un hormigón de papel elaborado con entre un 50% y un 90% de papel reciclado en la mezcla base. Esta invención también tiene como objetivo proporcionar un proceso novedoso para fabricar un bloque de construcción con la mezcla base de hormigón de papel. El proceso para fabricar bloques de construcción livianos con este hormigón de papel tiene tres pasos principales con dos etapas cada uno. La mezcla base para el hormigón de papel está esencialmente relacionada con el proceso de fabricación de este bloque de construcción. Los dos primeros pasos del proceso son cruciales para lograr la mezcla base y el siguiente paso es crucial para lograr un bloque de construcción. A partir de entonces, existen posibilidades de producir estos bloques con diferentes colores agregando pigmento a la pulpa de papel en la etapa 1 y agregando moldes artísticos a la máquina para fabricar bloques en la etapa 6 (Zavala, J. R. 2017, p. 1, en línea)⁴⁰.

2 - Aislamiento con capacidad portante y método de fabricación y uso:

Material de construcción que comprende cemento, aditivos y fibras de celulosa, se utiliza en la fabricación de ladrillos, paneles u otros productos de construcción. La fabricación de este material se logra mediante la adición de agua, papel, un repelente del agua compuesto por estearato de calcio y silicato de sodio que actúa como retardante de fuego. La mezcla es entonces empastada con cemento y un segundo lote de aditivos de hormigón incluyendo un superplastificante compuesto de un poliéster poli acrílico poliol y una resina incorporadora de aire o surfactante para crear un material ocluido al aire, viscoso para colar en un molde o extruir a través de una prensa, formando materiales de

⁴⁰Texto original en Inglés.

construcción portantes y aislantes. El producto resultante puede ser formado como bloques o paneles y los paneles pueden ser revestidos con una capa de Poliuretano/poliurea para ser a prueba de balas y de explosiones (Hargrove & Rabon 2011, p. 1, en línea)⁴¹.

3 - Mezcla seca de papel cemento:

Una mezcla seca de papel cemento se forma preparando una pulpa de papel de diario y arena fina mezclando la arena, el material fibroso y agua en un mezclador continuo, secando la pulpa a un contenido de humedad debajo de lo que causaría una reacción con el cemento Portland y adición de arena y/o cemento Portland y piedra pómez. La mezcla seca que resulta puede ser manejada entonces, almacenada y usada en la manera convencional para hormigón. La mezcla seca de papel cemento también puede ser aplicada vertiéndola en un molde en estado seco e inyectando agua hasta que esté suficientemente húmeda, sin mezclar de la forma común para el hormigón. Módulos estructurales y una técnica para unirlos en una estructura son particularmente apropiados para el uso de esta aplicación seca de papel cemento (Brock, 2018, p. 1, en línea)⁴².

IV.5 Estrategias de investigación aplicadas

Metodología de la Investigación sobre materiales con residuos de papel

- Luego de una revisión de bibliografía sobre el tema, se trazó un plan de acción basado en los principios del CEP relativos a una forma sencilla y económica de generar empleo mediante la elaboración de productos más sustentables para la construcción. Las tecnologías empleadas debían ser además fácilmente apropiables por cooperativas y micro emprendedores.
- Se obtuvieron los fondos para la investigación aplicando a subsidios UBACyT⁴³ y a Proyectos de Vinculación y Transferencia Tecnológica del Ministerio de Educación.

⁴¹Texto original en Inglés.

⁴²Texto original en inglés.

⁴³ Universidad de Buenos Aires Ciencia y Técnica

- Se convocaron los recursos humanos necesarios a través de pasantías de investigación FADU UBA. Se favoreció la producción colaborativa, a través de la cual los pasantes no solamente incorporaron los fundamentos básicos de la investigación, sino que aportaron sus ideas y los conocimientos de sus respectivas disciplinas en la elaboración de distintos productos.
- Se probaron diferentes dosificaciones utilizando papel, cemento y arena, para fabricar ladrillos, bloques, placas y diversos objetos de diseño.
- Se efectuaron ensayos preliminares en ladrillos de papel cemento según se describe en el punto Resultados de Investigación Aplicada.
- Se realizaron varios ensayos en el INTI sobre muestras de papel cemento para caracterizar sus propiedades.

IV.6 Resultados de investigación

IV.6.1 Teórica

Dentro del marco conceptual del CEP, se considera la investigación en materiales innovadores más sustentables, como una alternativa que permita reformular conceptos, introduciendo nuevas tecnologías para resolución de viejos problemas. Se apunta a crear programas participativos e inclusivos, intentando propiciar la incorporación de municipios como adoptantes y promotores de estos desarrollos.

Siguiendo estos criterios, la búsqueda hizo foco en conceptos como la importancia creciente en el mundo del aprovechamiento de residuos para la fabricación de materiales, las metodologías para lograr la transferencia de resultados, la apropiación de conocimientos por sectores menos favorecidos, y los métodos de industrialización de baja y mediana complejidad.

En relación a lo mencionado, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Al momento de abordar el tema específico, se realizó una extensa revisión bibliográfica referente a materiales de papel cemento y de cemento con fibras naturales, además de una indagación sobre cementos más sustentables.
- A través de la investigación en sitios académicos, patentes y páginas comerciales de fabricantes, se obtuvieron datos relevantes relacionados con el ahorro de cemento en las mezclas, aditivos naturales, desechos industriales de papel, aditivos provenientes de residuos de procesos industriales, preservación de las fibras, nuevos productos de mercado y patentes relativas a hormigones con papel y fibras naturales.
- Se desarrollaron asimismo una Simulación Teórica para la instalación de un taller productivo de placas de papel cemento con etiquetas desechadas de una embotelladora de cerveza, operado por una cooperativa, (Caruso & Yajnes, 2014) y varios lay outs para la instalación de esos talleres (Caruso, 2017). También se realizó una Estimación de Factibilidad para la fabricación en Obra de revestimientos de papel cemento a partir de sus propios residuos de papel y cartón (Caruso & Yajnes, 2016).

IV.6.2 Aplicada

Luego de experimentar con diferentes mezclas utilizando distintos papeles y aglomerantes, se eligieron aquellas que a priori aparentaban más resistencia y se realizaron los siguientes ensayos preliminares sobre ladrillos de papel cemento (Anexo 1) (Caruso & Yajnes, 2014):

- *Mecanizado:* Pruebas de clavado, atornillado, taladrado y serruchado. No se presentaron inconvenientes en ninguna de las cuatro operaciones.
- *Resistencia al Fuego:* Se realizó en una parrilla doméstica generando abundante fuego con carbón, ramas, maderas y hojas secas, de manera que llegara a envolver las piezas y manteniéndolo constante durante todo el desarrollo de la prueba. Luego de 2 horas, se constató que el ladrillo ensayado de baja densidad formó brasa en su interior pero no llama. En cambio otro ladrillo de alta densidad no formó brasa ni llama (Anexo 1, p. 107).

Se deduce que la resistencia al fuego está dada por el cemento, cuanto menor es la cantidad de cemento y mayor la cantidad de papel, menor es la resistencia.

- *Absorción de Agua y Estabilidad Dimensional bajo Humedad:* Ladrillos de distintas densidades y un ladrillo común se pesaron en seco con balanza digital y se sumergieron en una bañera con 8 cm de agua. Pasadas 24 horas se retiraron del agua, se secaron con un paño y se volvieron a pesar. Los porcentajes de absorción de agua en las mezclas de distintas densidades analizadas hasta el momento, fueron muy superiores a las del Ladrillo Común. Sin embargo, un dato interesante es que en casi todos los casos estudiados, las dimensiones se mantuvieron sin variación, a pesar de la gran absorción, lo que demuestra la excelente estabilidad dimensional de ladrillos de papel cemento bajo condiciones de alta humedad. (Tabla 5 en Anexo 1, p.109).

- *Transmisión del Calor:* Se apoyaron 2 ladrillos de papel cemento de dos densidades diferentes y 1 ladrillo común, contra la tapa de vidrio de un horno eléctrico. El horno había sido previamente calentado durante 15 minutos, graduado a 200 °C. El ensayo duró 1 hora, se midió la temperatura entre inicio y final del ensayo de todas las piezas. Se pudo constatar la mejora en la aislación térmica que otorga una mayor proporción de papel en la mezcla y la importante ventaja comparativa en ese aspecto respecto al ladrillo común (Anexo 1, p. 113).

Definición del método para el Ensayo a la Compresión. Dificultades y hallazgos

Para la definición del método de ensayo, fueron sumamente valiosos los datos obtenidos de la empresa fabricante de bloques de papel cemento *Mason Greenstar (The Center for Alternative Building Studies 2005, en línea)*, asociada a la *Texas Tech University*, para aclarar conceptos respecto al resultado del primer ensayo a la compresión sobre ladrillos de papel cemento realizado en el INTI. Durante su desarrollo, las piezas sufrieron un notable aplastamiento, pero no rotura catastrófica. El informe expresó que no se recomendaba su uso en mampostería. Lamentablemente el laboratorio no tomó en cuenta, por falta de experiencia en el ensayo de nuevos materiales, que a la par de medir la resistencia a la compresión se debería medir el grado de deformación sufrida y relacionarlo con la compresión aplicada, para poder determinar realmente las propiedades del material. Al indagar más a fondo sobre los motivos de este resultado adverso, un informe que incluye un ensayo a la compresión

publicado en la página web de *Mason Greenstar*, resumido más abajo, permitió ajustar el método aplicado por el INTI, comprobando que la fórmula de papel cemento ensayada cumplía con las características exigidas para bloques no portantes (Caruso & Yajnes, 2016).

Ensayo a la Compresión. Configuración Experimental

En el ensayo se aplicó una carga de compresión uniaxial creciente a una velocidad constante, distribuida uniformemente con el fin de desarrollar la curva de esfuerzo vs. deformación y determinar la rigidez del material.

(...) El fallo fue definido por criterios de deformación en vez de carga debido a que la magnitud de la fuerza de compresión no disminuye. El material no es quebradizo y no exhibe rama descendente en la curva esfuerzo-deformación (*The Center for Alternative Building Studies* 2005, s. n., en línea)⁴⁴ (La omisión es propia).

Tomando como base este informe, la autora sugirió una nueva forma de ensayo a la Compresión Simple y Deformación Plástica, a fin de obtener conclusiones válidas. Se ensayaron en el Centro Construcciones del INTI, ladrillos de papel cemento de densidad 980 kg/m³. Se realizaron marcas en las piezas y se efectuaron mediciones iniciales en cada una de las marcas (Figura 6).

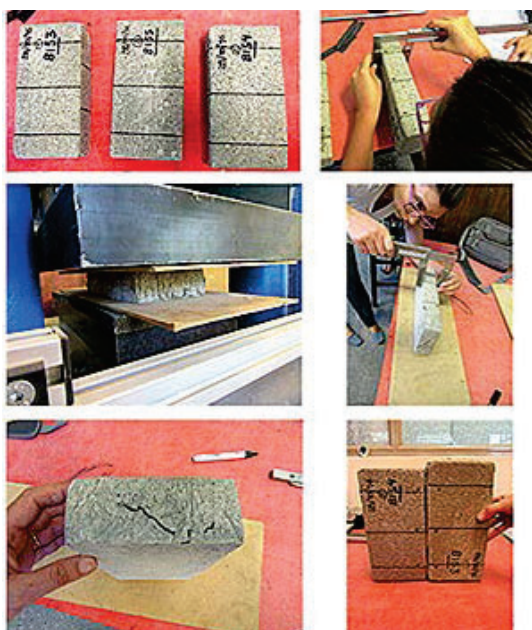


Figura 6. Ensayo a la Compresión Simple y Deformación Plástica⁴⁵

⁴⁴ Texto original en inglés.

⁴⁵ Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se procedió a aplicar una velocidad de carga de 0,05 MPa/s, deteniendo el ensayo cada 20 kN. En cada pausa, se midieron las dimensiones señaladas, es decir se evaluó la deformación plástica remanente en cada uno de las instancias de carga, tanto en altura como lateral. Se examinaron los ladrillos y se indicó la carga para la cual aparecieron las primeras fisuras.

El ensayo se detuvo a los 115 kN, por observarse un estado de aplastamiento (contracción en altura) mayor del 15%. Según el Informe del INTI, pudo comprobarse que para la fórmula ensayada la carga de rotura promedio fue de 2,5 Mpa, valor mínimo considerado por la Norma IRAM 11561-4:1997 para bloques no portantes (Caruso, 2017).

A los efectos de confirmar estos resultados y determinar un incremento en la resistencia a la compresión al emplear un 15% más de cemento, se ensayaron en el laboratorio del Centro de Caucho INTI, probetas cilíndricas de papel cemento de 100 mm de diámetro, 200 mm de altura y densidad de 1.037 kg/m³ (Figura 7).



Figura 7. Ensayo a la Compresión en probetas⁴⁶

⁴⁶Elaboración propia.

El ensayo se realizó según los lineamientos de la Norma IRAM 1546: 2013. De acuerdo al informe del INTI, se fueron registrando los desplazamientos de los cabezales de ensayo que, para este tipo de material pueden considerarse sin errores significativos, los acortamientos de la probeta. Para el cálculo de la resistencia a compresión se consideró el valor de la carga máxima. En este caso el resultado obtenido para resistencia a la compresión fue de 2,9 Mpa.

Comentarios sobre los siguientes ensayos realizados en el INTI:

- *Propagación de Llama y Densidad Óptica de Humos*: el resultado para una densidad de 980 kg/m³ fue "Nivel 1"- Materiales que generan Baja cantidad de Humos. Densidad Óptica corregida entre 1y 136", corroborando la buena resistencia al fuego observada en los ensayos preliminares.
- *Conductividad Térmica*: el ensayo para una densidad de 970 kg/m³ arrojó como resultado 0,23/WmK. De acuerdo a la Norma IRAM 11601:2002, el material es mejor aislante que otros de similar densidad como Placas de Yeso, Hormigón normal con escoria de alto horno, Hormigón de arcilla expandida, Hormigón celular, Hormigón con poliestireno expandido, Fibrocemento y algunos tipos de Madera.
- *Permeabilidad al Vapor de Agua*: el resultado para una densidad de 980 kg/m³ fue $(3,2 \pm 0,3) 10^{-2}$ g/m.h.kPa. Según Norma IRAM 11601:2002, similar a la de Maderas en general.

Los resultados se resumen en la Tabla 1, página 47 (Ver Informes de Ensayos en el Anexo 1).

Lo ensayos sobre las fórmulas adoptadas demuestran que el papel cemento es resistente al fuego, tiene una resistencia a la compresión apta para materiales no portantes, posee propiedades de aislación térmica y una permeabilidad al vapor de agua similar a maderas de densidad media.

Fabricación de Placas de Papel Cemento

Son comparables a las placas de yeso, con la ventaja de que no se pudren al contacto con el agua en el caso de ocurrir una filtración. Pueden usarse como placas para cielorraso y revestimiento de paredes interiores (Figura 8).

Pueden ser aplicadas directamente sobre la pared o bien ser montadas sobre perfiles metálicos o listones de madera, reemplazando el revoque y ahorrando así material y mano de obra. Se pueden clavar, atornillar, taladrar y serruchar.

Las juntas quedan aparentes y forman parte de la estética del muro, sin necesidad de vendas y masilla para las uniones, las que en placas de yeso se evidencian con frecuencia. Aceptan cualquier tipo de pintura. Se pueden fabricar tanto lisas como con relieves, perforaciones, o inclusiones decorativas de diversos materiales.

La mezcla se logra licuando el papel con agua, agregando cemento en la proporción adecuada al material a fabricar, arena y un secativo de origen natural como el carbonato de calcio, para acelerar el tiempo de desmolde. Se incluye doble malla interna para soportar los esfuerzos de flexión, esta malla puede ser metálica, de fibra de vidrio o de plásticos reciclados. Se aplica compactación manual o mecánica a medida que se llena el molde.

Existe la posibilidad de incorporar color en la etapa de fabricación de manera simple y económica espolvoreando con ferrite seco el molde antes de verter la mezcla. En tal caso, una vez fraguada la placa, se aplica una protección superficial con sellador o laca al agua. Los moldes empleados en esta investigación son de desarrollo propio y fueron realizados mayormente con residuos de obra tales como poliestireno expandido (EPS), maderas, fenólicos y fibrofácil para el cuerpo principal del molde y cápsulas de café usadas, restos de caños o botellas de PET⁴⁷, para lograr las perforaciones en el caso de placas caladas o bloques huecos (Figura 8).

⁴⁷ El Polietileno Tereftalato, también conocido por su sigla PET, es un tipo de plástico comúnmente utilizado en envases y botellas de gaseosa, agua y aceite, entre otros. Fuente: <https://buenosaires.gob.ar/sumaverde/pet>

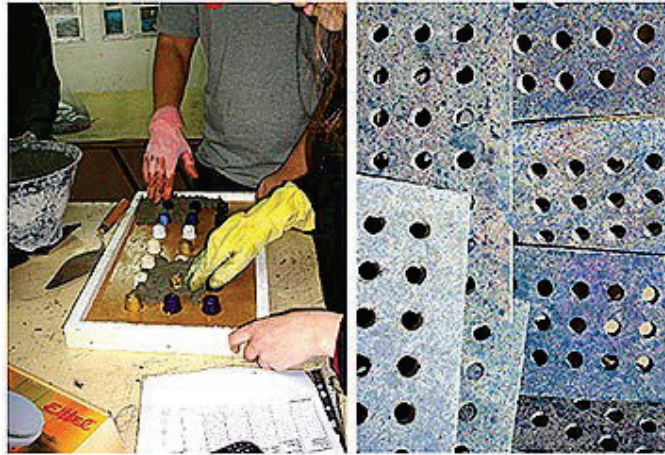


Figura 8. Molde con cápsulas de café recicladas y placas perforadas⁴⁸

En la búsqueda de posibilidades expresivas, se idearon sistemas sencillos y económicos para transferir diseños a través de estenciles, sellos de goma eva y rodillos texturados, aplicando pintura acrílica sobre la superficie, como así también se emplearon técnicas de bajo relieve utilizando distintas piezas generadoras de textura (Figura 9) (Caruso, 2017).



Figura 9. Transferencia de diseños y texturas a las placas⁴⁹

⁴⁸Elaboración propia.

Otros resultados de la Investigación

- Fabricación de máquinas, herramientas, moldes y un prototipo de molino múltiple para procesar materiales reciclados. Un aspecto muy importante de investigaciones y transferencias son esas máquinas y herramientas materializadas con la colaboración de pasantes, ya que especialmente en el caso del papel cemento, se trata de tecnologías aún no desarrolladas en el país. Se trabajó bajo la premisa de la sencillez en su fabricación y en la transferencia del know how, para acercar al usuario la forma más simple posible de procesar los residuos para convertirlos en materia prima.
- Fabricación de ladrillos, bloques divisorios de ambientes, placas de revestimiento y diversos objetos de diseño (Figura 10).



Figura 10. Materiales con Papel Cemento desarrollados en la Pasantía ⁵⁰

- Se realizó un Estudio de Caso aplicando placas de papel cemento en el cielorraso y en una pared del pasillo de acceso (semi cubierto) a un PH en CABA (Figura 11). Las placas

⁴⁹Elaboración propia.

⁵⁰Elaboración propia.

fueron fabricadas en clase por pa santes del Proyecto de Investigación, quienes armaron también los moldes. Las placas de cielorraso se instalaron en el año 2015 y las de pared en el año 2017, encontrándose en perfecto estado hasta el presente.



Figura 11. Estudio de Caso sobre aplicación de placas de papel cemento en paredes y cielorraso en una vivienda en CABA⁵¹

- Elaboración de muestras con lana de oveja y agujas de pino (Figura 12), usados como agregados a las mezclas, ampliando el panorama de fibras naturales alternativas, con potencial para continuar su desarrollo a futuro (Caruso & Yajnes, 2014).

⁵¹ Elaboración propia.



Figura 12. Ladrillo con lana de oveja (izq.) - Ladrillo con agujas de pino (der.)⁵²

- Creación de un nuevo material (Figura 13) sin agregado de cemento, usando como materia prima solamente etiquetas de cerveza desechadas por una embotelladora y un compuesto con bórax. Se pudo observar que presenta propiedades de liviandad, cohesión y aislación térmica, siendo a la vez resistente al fuego (Caruso & Yajnes, 2014).



Figura 13. Aislante térmico con etiquetas de cerveza desechadas⁵³

- Como otro aporte a esta investigación centrada en el desarrollo de materiales más sustentables y cubriendo la necesidad de aditivos en mezclas, sustancias de recubrimiento y protección sin derivados del petróleo, se abordó el uso de bioplásticos (Iñiguez 2023, en línea). Se prestó especial atención a los fabricados con residuos (industria alimenticia, restos de podas y cultivos, desechos domiciliarios, etc). En base a datos y experiencias difundidos en sitios de Internet especializados (Materiom, en línea; Otero 2022, en línea) se elaboraron membranas y barnices a partir de diversos desechos de origen natural aplicándose sobre muestras de papel cemento, con resultados promisorios.

⁵²Elaboración propia.

⁵³Elaboración propia.

Entre las variables investigadas se consideraron las posibilidades de la Celulosa Bacteriana (Caruso & Becerra Araneda 2020, en línea). Los resultados obtenidos en las pruebas experimentales efectuadas indican el potencial de este tipo de productos para ser aplicados en materiales de construcción (Iñíguez 2023, en línea).

Difusión y transferencia de los resultados

En la actualidad el desarrollo económico y social depende en forma creciente del acceso al conocimiento. En ese sentido, la investigación aplicada produce resultados con posibilidad de ser adoptados por el sector productivo, implementando los conocimientos generados en ámbitos académicos para la creación de empleo y el progreso económico de un país.

En línea con estos conceptos, al abordar en la FADU UBA la investigación en materiales con residuos, se intentó crear espacios multidisciplinarios para la interacción de alumnos de grado, pasantes de investigación de las distintas carreras, profesionales de otras universidades y voluntarios, quienes en trabajo conjunto con cooperativas y micro emprendedores aportaran soluciones habitacionales y laborales desde una visión inclusiva considerando aspectos sociales, económicos y ambientales.

Se estima muy importante la promoción de cualquier innovación para lograr su aceptación por consumidores o adoptantes, en consecuencia los resultados obtenidos se fueron difundiendo a través de publicaciones, asistencia a congresos, jornadas y exposiciones (ORCID Caruso 2023, en línea).

La transferencia se llevó a cabo mediante asesoramiento y dictado de talleres a cooperativas y de talleres participativos de libre asistencia para interesados en la temática.

A pesar del apoyo económico aportado por la UBA y el Ministerio de Educación, aún hace falta completar la etapa de comercialización de los productos desarrollados. Para lograrlo sería indispensable la participación de organismos de transferencia tecnológica con el objeto de poner en contacto y orientar tanto a investigadores como a futuros adoptantes en la gestión, administración y comercialización de los avances originados dentro de la propia Universidad. Se generarían de este modo productos, procedimientos y conocimientos técnicos

potencialmente patentables derivados de la innovación tecnológica, listos para su ofrecimiento en el mercado.

Como ejemplo de gestión exitosa en transferencia tecnológica de materiales empleando desechos de papel, se puede mencionar a Zach Rabon, fundador de la empresa *Mason Greenstar*, productora de ladrillos y bloques de papel cemento. Cuando desarrolló *Greenstar BLOX*, un ladrillo compuesto principalmente por celulosa reciclada, ofreció a la Universidad Tecnológica de Texas la propiedad accionaria a cambio de recursos para su empresa. Mientras la facultad de ingeniería sometía a ensayos el ladrillo, Kelli Frías, profesora asistente de marketing de la Universidad, ayudó a Rabon a encontrar financiación y a desarrollar un modelo de negocio, conectándolo también con inversionistas e interesados en ese tipo de productos. Rabon reconoció a esa ayuda como fundamental para el posicionamiento de su empresa en el mercado (Lundberg 2017, en línea).

IV.7 Conclusiones

A lo largo de la investigación se logró la creación de fórmulas de papel cemento aptas para bloques y ladrillos no portantes, placas de revestimiento y diversos objetos de diseño. También moldes, máquinas y herramientas experimentales necesarias para la ejecución de las tareas, adaptándose a las características de procesamiento del material.

Se efectuaron pruebas experimentales sobre varias mezclas. Se realizaron diversos ensayos en el INTI verificando las buenas cualidades del papel cemento. Las mezclas de cemento con papel se revelaron, así como aptas para contribuir a una construcción más sustentable, con amplias posibilidades de desarrollo posterior. Se abren en consecuencia nuevas líneas de investigación no solamente para el uso de residuos de papeles sino también para el de otras fibras naturales.

Se logró constituir grupos humanos con actores de distinta procedencia, como pasantes de varias disciplinas, profesionales, cooperativistas y voluntarios, los cuales trabajando de manera colaborativa contribuyeron a los resultados descriptos.

Se espera que la exploración de diversas variantes expresivas en materiales de papel cemento a través del diseño, contribuyan a la aceptación por el mercado de los productos fabricado con residuos.

Sin embargo, a pesar de haber realizado un extenso proceso de difusión y transferencia de conocimientos, es necesario aún hacer llegar esos productos al mercado. La innovación necesita de asesoramiento, contactos e inversión para convertir el fruto de la investigación académica en creación de empleo y desarrollo de industrias nacionales.

Capítulo V

Propuesta para la Separación y Recolección de Residuos de papel y cartón en obras de la Ciudad de Buenos Aires. Cuantificación y Posibilidades de inserción en el Mercado para productos fabricados con esos Residuos

V 1. Introducción

La Unión Europea refiere a la “Economía Circular” en su Informe Especial “Economía Circular. Transición lenta de los Estados miembros a pesar de la acción de la UE”:

El término «Economía Circular» se refiere al concepto de conservar el valor de los productos, materiales y recursos durante el mayor tiempo posible y minimizar los residuos. Este enfoque difiere del ciclo tradicional de «extraer, fabricar y tirar», y presenta importantes ventajas en lo que atañe a la sostenibilidad. Para los ciudadanos, da lugar a productos que duran más o son más fáciles de reparar, actualizar, volver a fabricar, reutilizar o reciclar. Para las empresas, ofrece varias ventajas potenciales, como una mayor eficiencia en el uso de los recursos y una menor exposición a la volatilidad de los precios (Tribunal de Cuentas Europeo 2023. p.7, en línea).

El *Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular* (Comisión Europea 2020, en línea), considera a la Economía Circular como uno de los principales pilares del Pacto Verde Europeo (Comisión Europea 2019, en línea). Pretende reducir la presión sobre los recursos

naturales y crear crecimiento y empleo sostenibles, contribuyendo a lograr la neutralidad climática de la UE para 2050 y a detener la pérdida de biodiversidad.

Este plan favorece procesos de diseño que contemplen todo el ciclo de vida del producto, fomenta el consumo sostenible, promueve la reducción al mínimo de los residuos y la conservación de los recursos utilizados dentro de la economía el mayor tiempo posible.

En el punto 2.3 *Circularidad en los procesos productivos* del plan, se propone "facilitar la Simbiosis Industrial mediante el desarrollo de un sistema de presentación de informes y certificación dirigido por la industria y permitir la implementación de la Simbiosis Industrial".

Al respecto, en el curso virtual dictado por Page, 2023 (en línea) se menciona: "La parte de la Ecología Industrial conocida como Simbiosis Industrial involucra a entidades (tradicionalmente separadas) en un enfoque colectivo hacia la ventaja competitiva que implica el intercambio físico de materiales, energía, agua y subproductos".

De acuerdo a estos conceptos, la industria de la Construcción se beneficiaría de vínculos de Simbiosis Industrial con empresas elaboradoras de productos utilizando desechos de obra como insumos, en este caso específico, Residuos de Papeles y Cartones. Por otro lado, cada vez son más los profesionales e inversores de los rubros Arquitectura, Construcción e Inmobiliario, interesados en promover y posicionar sus emprendimientos como sustentables y obtener certificados ambientales por la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición.

Aprovechar un recurso abundante como son los RPC para fabricar algunos productos *in situ*, e instalarlos en la propia obra, puede contribuir al logro de estos objetivos difundiendo a la vez las ventajas de materiales más sustentables.

Otro beneficio de la gestión de los RPC de obras es la contribución a su Trazabilidad, la cual es una valiosa fuente de información sobre origen, tratamiento y disposición de residuos.

V 2. Propuesta para implementar un método de separación *in situ* de los papeles desechados en obras de construcción y refacciones en la CABA y su cuantificación

La coordinación del retiro de los RPC de la obra, por el Municipio, cooperativas o Pymes, generará un círculo virtuoso de ahorro en los costos de disposición, aprovechamiento de los residuos y difusión de las ventajas y posibilidades productivas del reciclado. Un dato importante es que una eficiente gestión de residuos de obra suma puntos LEED (*U.S. Green Building Council 2024*, en línea). "Los proyectos LEED promueven el uso de materiales reciclados y locales, así como la reducción y manejo adecuado de residuos durante la construcción y operación del edificio" (Seguridad 360, 2023 en línea). Otras certificaciones disponibles en Argentina, como EDGE⁵⁴ y WELL⁵⁵, otorgan también créditos por la gestión de residuos.

Para lograr metas de Economía Circular e incluir cuando corresponda objetivos de Simbiosis Industrial, es indispensable como primera medida, la elaboración de un Plan de Gestión de RPC adaptado a cada obra en particular. Resulta necesario en principio, identificar el problema central del cual partimos y los objetivos esperados.

El Enfoque del Marco Lógico (Ortegón *et al*, 2005), permite elaborar un Árbol de Problemas y otro de Objetivos. El análisis de ambos facilitará determinar medios para alcanzar los fines previstos.

En el Árbol de Problemas (Figura 14) aparecerán los efectos de una mala Gestión, como nulo recupero de RPC de obras, desperdicio de materiales aprovechables como insumo en procesos industriales e incumplimiento de leyes sobre gestión de residuos.

La evaluación detallada de las causas de estos Problemas llevará a identificar mediante el Árbol de Objetivos (Figura 15), los medios necesarios para desarrollar un sistema de recolección de RPC de obras en CABA.

⁵⁴ EDGE: <https://edge.gbci.org/home?language=es>

⁵⁵ WELL: <https://www.wellcertified.com/certification/v2/>

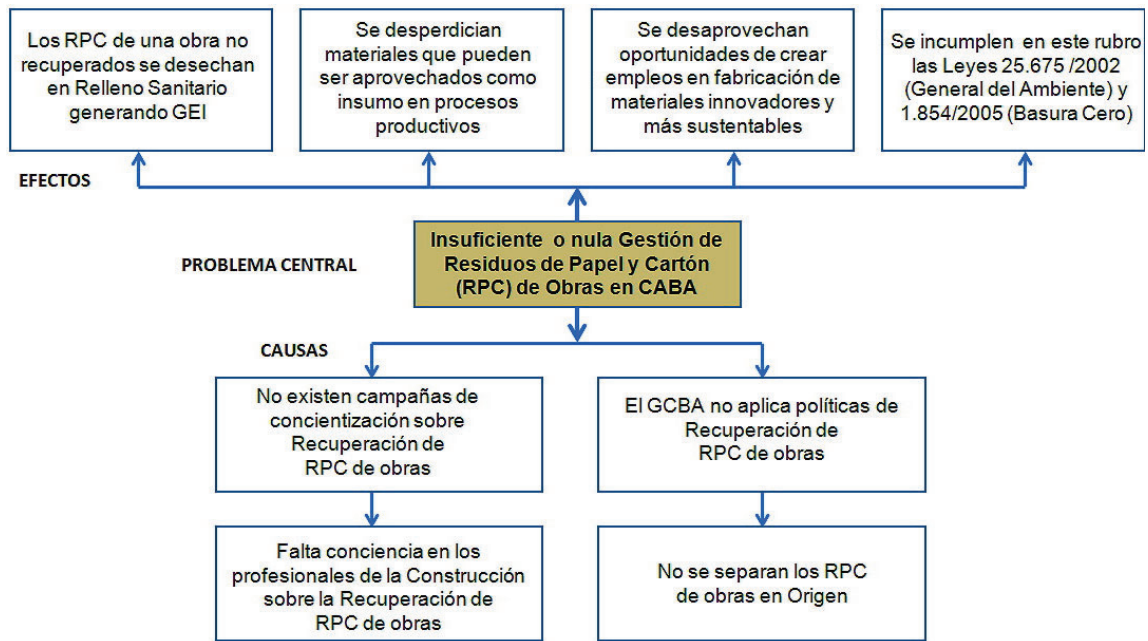


Figura 14. Árbol de Problemas⁵⁶

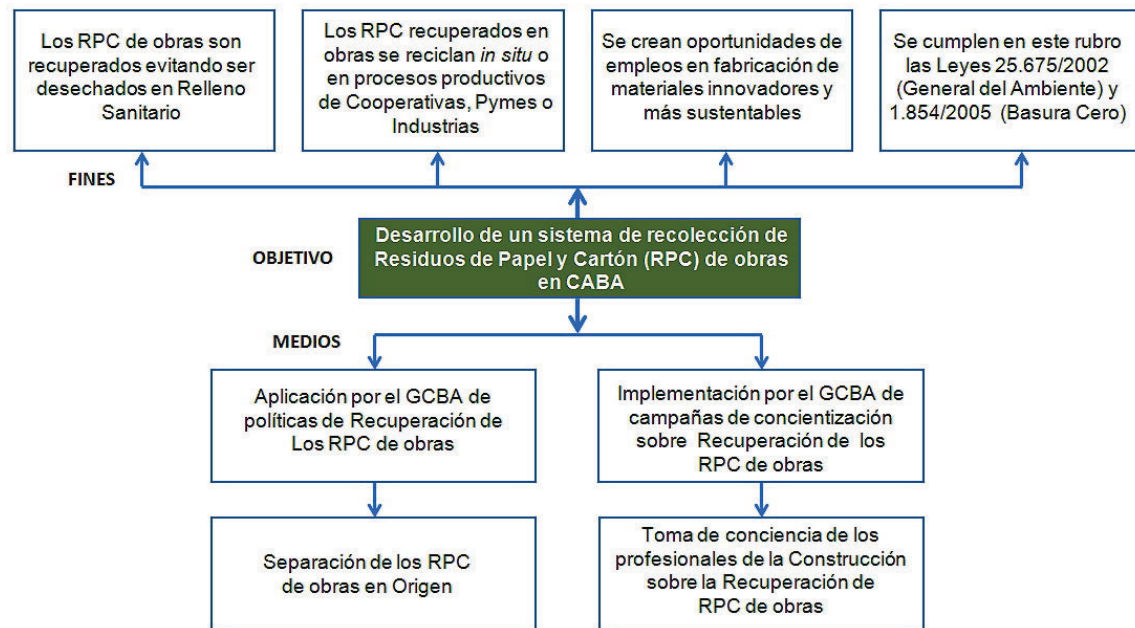


Figura 15. Árbol de Objetivos⁵⁷

⁵⁶ Elaboración propia.

⁵⁷ Elaboración propia.

Plan de Gestión de Residuos de Papel y Cartón en la Obra

- 1) Capacitar al personal y al encargado de control de Gestión.
- 2) Elaborar el Manual de Procedimientos de Gestión de RPC.
- 3) Diseñar e imprimir cartelería con instrucciones para las tareas a desarrollar.
- 4) Estimar la cantidad de RPC producidos en la obra expresada en m³ para un determinado período, posibilitando la reserva del espacio necesario para el almacenamiento, permitiendo así calcular la frecuencia del retiro de los residuos o la cantidad de materia prima disponible para su valorización *in situ*, por etapas. La opción de valorización *in situ* requerirá reservar un espacio especialmente dedicado a esa actividad y montar la infraestructura correspondiente.
- 5) Estimar el costo previsto para la Gestión.
- 6) Desarrollar infraestructura y provisión de equipamiento. El área de emplazamiento del punto limpio debe ser accesible para los carros o vehículos destinados a los residuos, sin interferir el desarrollo normal de la obra.
- 7) Separar y recolectar diferenciadamente los RPC.
- 8) Diferenciar las bolsas conteniendo restos de materiales en polvo habitualmente rechazadas por los recuperadores, de los residuos de cartón tales como embalajes de electrodomésticos, cajas de equipamiento, entre otras, o cartones corrugados, factibles de ser recuperados para fabricar papel reciclado. La elaboración de una Planilla (Tabla 3) facilitará la separación y cuantificación de cada residuo y las tareas de disposición y/o revalorización.
- 9) Establecer conexión con el Municipio y/o Cooperativas y/o Empresas locales para el retiro del material.
- 10) Realizar un seguimiento continuo con apoyo a las actividades por parte de los responsables de Gestión de Residuos de la Obra.
- 11) Difundir los Resultados alcanzados.

Tabla 3. Planilla para Cuantificación de papeles y cartones recuperados en obra

Material Recupera- do	Bolsas de Cemento Común	Bolsas de Cemento de Alba- ñilería	Bolsas de Cal	Bolsas de Yeso	Bolsas de adhesivos, aditivos en polvo y premezclas	Cajas de revesti- mientos, griferías, pastinas, etc.	Embala- jes de cartón	Cartón Corru- gado
Unidad de Medida	M ³ o unidad				M ³ o kg			
Destino	Cooperativas/ Industria/ Municipio/Valorización <i>in situ</i>							

Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones para la Separación Diferenciada de los RPC

Bolsas de materiales en polvo

- Vaciar completamente las bolsas, teniendo en cuenta que el producto se acumula en las esquinas.
- Aplanarlas manualmente.
- Apilarlas sobre un pallet o similar.
- Formar fardos atando las bolsas con soga. Como referencia, un fardo de 50 bolsas tendrá un peso aproximado de 7,5 kg.
- Estibar en lugar seco.

Cajas y embalajes de cartón. Cartón corrugado en rollo

- Es conveniente proveer contenedores separados para cajas y embalajes de cartón por un lado y de cartón corrugado en rollo por otro, facilitando su disposición.

Resulta de suma importancia evitar la contaminación de los RPC, así como otros residuos potencialmente reciclables, con cualquier sustancia como materia orgánica, pinturas, barnices, aceites, materiales fraguados, residuos peligrosos, etc.

Actores principales del Plan de Gestión de Residuos de Papel y Cartón

La elaboración de un Tablero de Comando (Tabla 4) permitirá determinar las posibles interacciones entre los actores principales del Plan de Gestión.

Tabla 4. Tablero de Comando de Relaciones entre Actores

Actores Acciones y Herramientas	Respon- sables Obra	GCBA	Coopera- tivas	Empre- sas y Pymes	Univer- sidades	Labora- torios de Ensayos Certif.	ONGs
1- Capacitación							
2- Manual de Procedimientos							
3- Cartelería							
4- Cuantificación de RPC							
5- Estimación del costo de Gestión de RPC							
6- Infraestructura y Equipamiento en Obra							
7- Separación Diferenciada en Obra							
8- Recolección Diferenciada							

9- Ensayos de Productos				
10- Seguimiento Plan de Gestión				
11- Difusión				

Fuente: Elaboración propia.

Este gráfico ayuda a visualizar las posibilidades de interacción entre Actores. La columna de la izquierda aparece completa en su totalidad por tratarse de una gestión diseñada, llevada a cabo y controlada por los responsables de la obra. Sin embargo, hay tareas que podrían compartirse o delegarse en otros actores, contribuyendo a la creación de sinergias positivas.

1 - Capacitación:

Si bien esta etapa puede realizarse totalmente bajo la órbita del responsable de Gestión de Residuos de la obra, es posible complementarla con capacitaciones gratuitas y visitas del GCBA a su Centro de Reciclaje (GCBA, s. f., en línea) y otras brindadas por las Cooperativas, Empresas o Pymes que aprovecharán los residuos de la obra y Universidades dentro de programas específicos, Laboratorios de Ensayos y ONGs. Como se observa, es un tema que puede considerarse transversal a todos los actores intervinientes.

2 - Manual de Procedimientos:

El Manual contendrá la información necesaria para permitir a los operarios realizar sus tareas de la manera más eficiente. La intervención en su elaboración por parte de las Cooperativas, Empresas o Pymes que aprovecharán los RPC de la obra, puede redundar en una relación más fluida entre las partes, estableciendo el acuerdo previo sobre las tareas y procedimientos a desarrollar. Existe la posibilidad, además de contar con el asesoramiento de ONGs dedicadas a temas de sustentabilidad y reciclado. Se pueden mencionar algunas como ARCA, Abuela Naturaleza, CESUS (las tres en línea), entre otras.

3 - Cartelería:

Puede desarrollarse la elaboración conjunta con alumnos avanzados de carreras de Diseño Gráfico, mediante convenios dentro de programas específicos de una Universidad.

4 - Cuantificación de residuos de papel y cartón en la Obra:

Con ayuda de la Tabla 3 es posible elaborar una Planilla para determinar tipos y cantidades de RPC generados en la obra. El establecimiento de convenios con una Universidad o la solicitud de asesoramiento a una ONG especializada puede facilitar la tarea y proveer acceso a conceptos y procedimientos actualizados.

5 - Estimación del costo de Gestión de RPC en la Obra:

Como se menciona en el punto anterior, procesos de colaboración con una Universidad y/o el asesoramiento de una ONG, pueden facilitar el trabajo, además de promover vínculos a futuro.

6 - Infraestructura y Equipamiento en la Obra:

El establecimiento de un punto limpio para la separación, tratamiento y acopio temporal de los Residuos, accesible para los carros o vehículos encargados de retirarlos; responderá a un re corrido claro sin interferir en el desarrollo de la obra. Podría ser conveniente reubicar estos puntos a medida que avance la misma. Es necesario prever herramientas, mesas de trabajo y recipientes adecuados para la separación diferenciada. También balanzas si la cuantificación de algún residuo va a realizarse por peso. Se presenta aquí la oportunidad para establecer acuerdos con cooperativas o empresas interesadas en RPC, en cuanto a características de Infraestructura y Equipamiento para facilitar su labor de Recolección Diferenciada, iniciando así un incipiente proceso de Simbiosis Industrial.

7 - Separación Diferenciada en Obra:

También en este caso, los procesos de colaboración con una Universidad y/o el asesoramiento de una ONG, pueden facilitar el trabajo, además de promover vínculos a futuro.

8 - Recolección Diferenciada:

En este punto se inicia la tarea que marca el comienzo del reaprovechamiento de los RPC de la obra. Esos residuos, separados y clasificados están en condiciones de transformarse en insumo para otros procesos industriales. Se activa entonces la conexión con el GCBA y/o Cooperativas / Empresas para su recolección. También es posible establecer un acuerdo de Recolección Diferenciada con Universidades que necesiten determinada clase y cantidad de RPC para fines de investigación.

9 - Ensayos de Productos:

Si se decide valorizar en obra los RPC fabricando materiales constructivos o de revestimiento, es necesario disponer un lugar dedicado exclusivamente a esa actividad, cercano en lo posible al Punto Limpio donde se separan y acopian estos residuos. Los ensayos preliminares de los materiales pueden realizarse *in situ* para luego dar lugar a los ensayos definitivos en laboratorios certificados como el INTI, Universidades o laboratorios privados.

10 - Seguimiento del Plan de Gestión:

El responsable del Plan de Gestión de Residuos de la obra tiene como misión definir y comunicar claramente las tareas a realizar, quiénes y cómo las ejecutarán. Supervisará la ejecución y el progreso del Plan, ayudando al equipo a cumplir con los tiempos y el presupuesto, identificando posibles problemas e implementando cambios cuando sea necesario. Es también su función propiciar la comunicación favoreciendo la sinergia entre los distintos actores.

11 - Difusión:

Como puede observarse en la Tabla 4, al igual que la Capacitación, este tema también es transversal a todos los actores intervinientes, contribuyendo a transmitir el concepto del reciclado de RPC y el reciclado en general, no solamente a actores productivos y académicos, sino a la sociedad de manera más amplia.

Además de la posibilidad de lograr acuerdos directos con cooperativas y/o empresas para el retiro y aprovechamiento de los RPC, sería deseable en un futuro, el retiro por el GCBA y tratamiento de las bolsas de papel de obras en el Centro de Reciclaje de la Ciudad. Este

Centro cuenta con cinco plantas de tratamiento y tiene el objetivo de valorizar los residuos reciclables para re introducirlos en diferentes industrias (GCBA, s. f., en línea).

Actualmente papeles, cartones, plásticos, vidrios y metales recolectados de los contenedores verdes para reciclables de la Ciudad, van al Centro Verde Automatizado. Estos reciclables son procesados por una máquina separadora, luego se enfardan según el tipo de material y finalmente son entregados a cooperativas de Recuperadores Urbanos para ser comercializados (GCBA, s. f., en línea).

V 3. Importancia del Diseño en la creación de empleo

El Diseño puede ir más allá de la forma, la textura, el color y la funcionalidad. En este caso particular, esos atributos intentan transmitir un mensaje al transformar basura en recursos, promoviendo materiales innovadores con nuevos modos de producción. Como en los procesos de funcionamiento de los seres vivos, los residuos de un sistema pueden convertirse en alimento para otros, proceso descrito por Janine Benyus, como Biomimetismo (citada por Senge & Carstedt 2001, P: 28, en línea⁵⁸).

William McDonough, arquitecto y Michael Braungart, químico, expresan que para encarar los problemas medioambientales creados por la Revolución Industrial se utilizan generalmente soluciones de "final de tubo", tratando los residuos como si fueran efectos colaterales de la producción. Productos fabricados con recursos cuya extracción y elaboración requirieron esfuerzo y grandes inversiones, terminan en vertederos sin posibilidad de recuperación o en el mejor de los casos, reciclados utilizando más recursos aún en ese proceso, que no es más que una parada en su camino a la disposición final (McDonough & Braungart, 2005).

En la Cumbre para la Tierra de 1992⁵⁹ McDonough y Braungart, creadores del concepto "de la cuna a la cuna", plantean eliminar el criterio de Residuo y reemplazarlo por el de Diseño. Destacan que los problemas del ambiente deben abordarse en esa primera etapa y si bien

⁵⁸ Texto original en Inglés.

⁵⁹La Conferencia, conocida como Cumbre para la Tierra, se celebró en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992. Fue un momento decisivo en las negociaciones internacionales sobre las cuestiones del medio ambiente y el desarrollo. Fuente: <https://www.un.org/spanish/conferencias/cumbre&5.htm#:~:text=La%20Conferencia%2C%20conocida%20como%20Cumbre,medio%20ambiente%20y%20el%20desarrollo>

reconocen que toda actividad económica tiene algún impacto, existen diseños que desde sus fundamentos mejoran radicalmente el rendimiento ambiental de la Economía (McDonough & Braungart, 2005). En este Proyecto en particular, el Diseño intervino no solo en la creación de varios materiales con RPC de obras, sino en el desarrollo de fórmulas, procedimientos, moldes, máquinas y herramientas (Figura 16) además de *Layouts* para espacios de trabajo, intentando favorecer la Innovación, el surgimiento de emprendimientos personales y el impulso al empleo formal.



Figura 16. Algunos prototipos de materiales, moldes, máquinas y herramientas ⁶⁰

⁶⁰ Elaboración propia.

Los materiales de papel cemento, además de presentar ventajas sobre productos de mercado de uso similar, cumplen con el concepto "de la cuna a la cuna" ya que al final de su vida útil pueden ser incorporados sin problema como parte de nuevas mezclas.

Se aplicaron distintos formatos, texturas y colores con el objetivo de explorar las posibilidades expresivas del material, buscando ampliar a través del Diseño las oportunidades de inserción en el mercado (Figura 17).



Figura 17. Algunos de los productos desarrollados⁶¹

El Diseño Gráfico también estuvo presente en el proyecto de folleto comercial para un separador de ambientes modular tipo "hágalo usted mismo" formado por placas de papel cemento y bastidor de madera.

El prototipo comercial de este panel fue fabricado en clase y montado en la vivienda de una de las pasantes diseñadoras, comprobándose la pertinencia del diseño en cuanto a funcionalidad y facilidad y rapidez en el armado (Figuras 18 y 19).

⁶¹ Elaboración propia.



Figura 18. Folleto comercial para módulo divisor de ambientes. Pasantes Eliana Rizzo (Diseño Gráfico) y Lucía Rey (Diseño Industrial)



Figura 19. Montaje del panel separador con placas de papel cemento⁶²

⁶² Elaboración propia.

La creación de empleo es clave para el desarrollo económico y social de un país. Emprendimientos utilizando un desecho local de costo mínimo, adaptados a espacios pequeños usando herramientas sencillas y asequibles, aplicando técnicas de baja complejidad, favorecen la evolución comunitaria, disminuyen la incidencia de la pobreza y pueden actuar como disparadores de la Innovación, indispensable para dar respuesta a los complejos desafíos de nuestra época.

En concordancia con estos conceptos se aprovecharon las oportunidades de vinculación del mundo académico y el productivo, en especial con cooperativas, micro emprendedores y beneficiarios de planes sociales, para difundir los conocimientos teóricos y las capacidades técnicas desarrolladas (Figura 20).



Figura 20. Capacitación a beneficiarios de planes sociales IA- UNSAM⁶³ ⁶⁴

⁶³ Elaboración propia.

⁶⁴ Instituto de Arquitectura UNSAM: <https://unsam.edu.ar/institutos/ia/>

El Diseño así aplicado, motoriza la concepción de pautas y modelos para el montaje de talleres productivos con relativa sencillez. De esta forma, a un modo de producción adaptable se agrega la posibilidad de lograr productos de nicho, donde el cliente pueda transformarse en co-creador de sus materiales según requerimientos específicos, sumando una nueva ventaja a esta modalidad de trabajo.

V 4. Organización y montaje de un taller productivo - Talleres Modulares

Durante el transcurso de la Investigación, la Pasantía recibió alumnos de todas las carreras de la FADU, aunque se presentó un número considerablemente mayor de pasantes de Diseño Industrial, quienes a través de sus conocimientos específicos contribuyeron al desarrollo del tema Fábricas y Talleres Productivos para materiales de papel cemento. Se diseñaron distintos *Layouts* aplicables tanto a contenedores marítimos (Talleres Modulares), como a espacios reducidos o a naves industriales, abarcando una amplia gama de posibilidades (Figuras 21, 22 y 23). En Diseño e Ingeniería Industrial, el concepto de *Layout* implica la disposición adoptada en la implantación física de los procesos (Payseo Díaz, s. f., en línea).

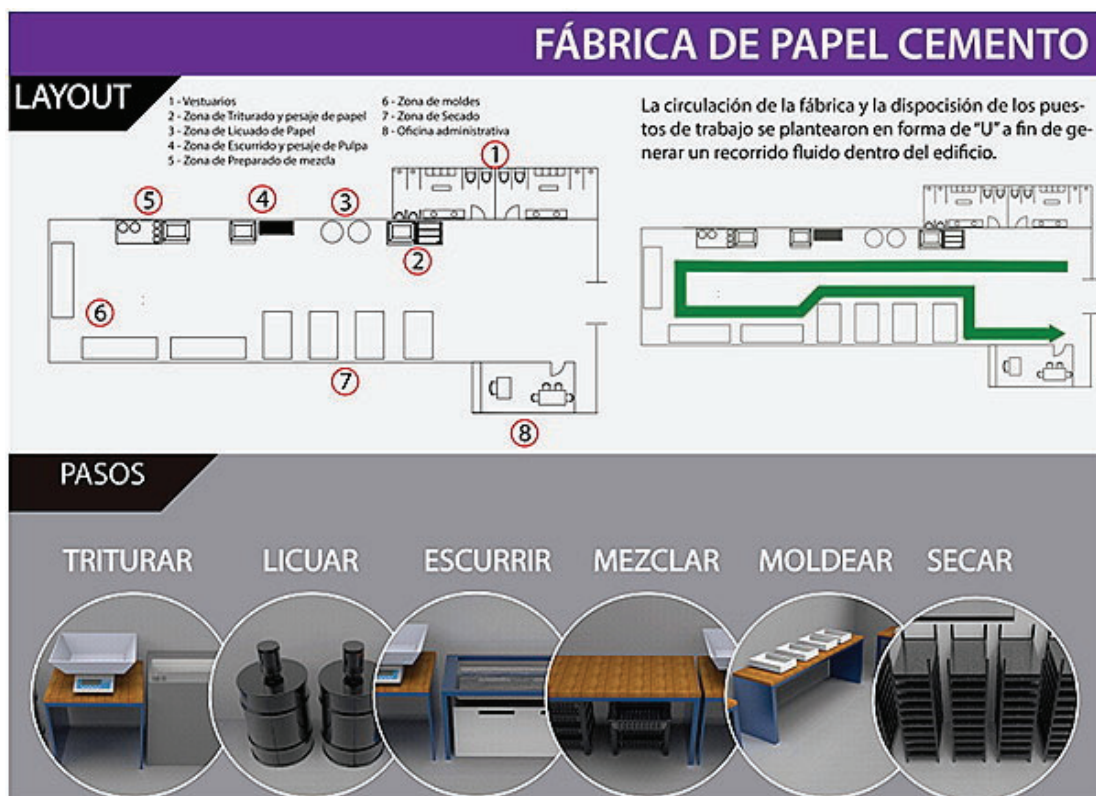


Figura 21. Fábrica de Papel Cemento. Pasante Diseño Industrial Emiliano Huerta

Se tomaron en cuenta las características de un *Layout* bien diseñado, tales como optimizar el espacio, disminuir la probabilidad de accidentes, minimizar retrasos en la producción, facilitar la supervisión y aumentar la productividad. Para ello se valoraron aspectos como Flujo de procesos, materiales y productos, Distribución del equipamiento, Posición y Flujo de los operarios. Se adoptó en todos los casos un esquema de flujo unidireccional, evitando así los cruces entre distintas etapas de la producción.



Figura 22. Taller Modular: Pasante Diseño Industrial Gonzalo Kaiser Rojo

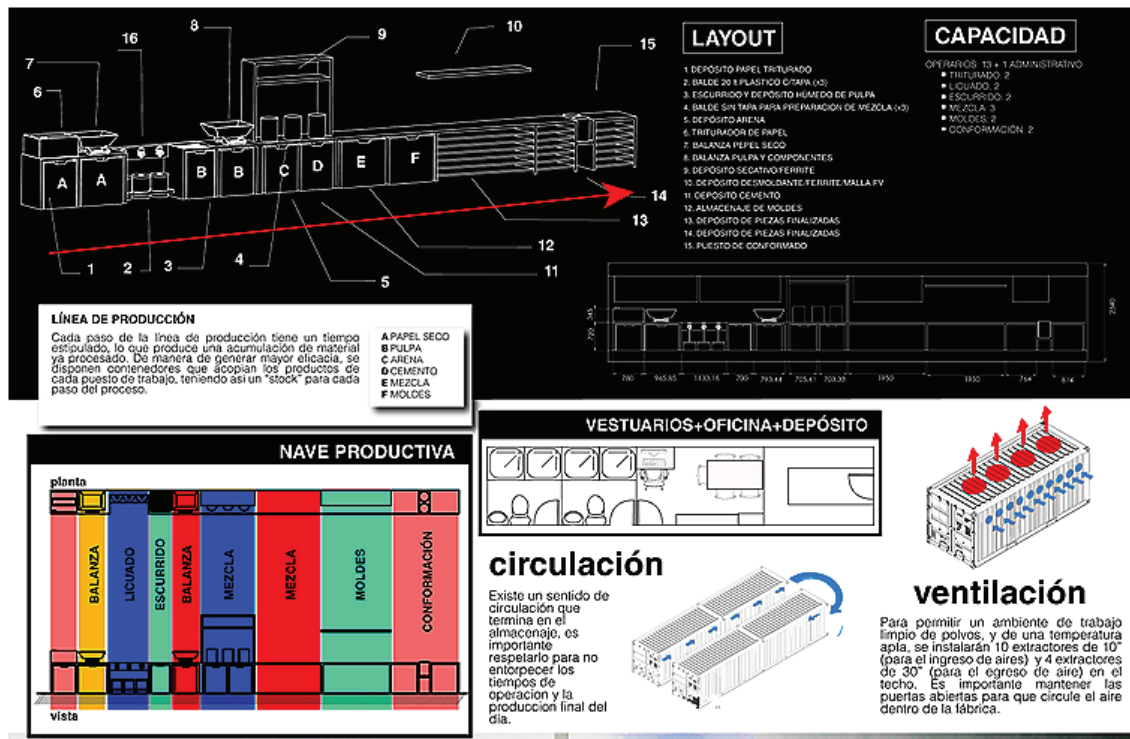


Figura 23. Taller Modular: Lay Out. Pasante Diseño Industrial Gonzalo Kaiser Rojo

El concepto de Taller Modular fue pensado para ser desarrollado mediante la combinación de contenedores marítimos que han finalizado su vida útil. Según Evans & de Schiller 2015, en línea) "Los contenedores tienen una vida máxima de 15 años y, posteriormente, por norma internacional, deben ser retirados de circulación". Pueden adosarse y/o apilarse con relativa facilidad para realizar las ampliaciones necesarias.

La utilización de estos contenedores reduce la huella ambiental de la Construcción pues su contenido energético representa solamente el 28 % de una construcción convencional de similar superficie, ejecutada con losa de hormigón, columnas, vigas de encadenado y cimientos, muros de bloques de hormigón celular curado en autoclave y revoque interior y exterior. La superficie interior útil de un contenedor típico es de 28,27 m² y el peso sin carga de 3,700 kg. Son fabricados en acero COR-TEN resistente a la corrosión y el piso es de madera terciada de calidad marina, resistente a la humedad (Evans & de Schiller 2015, en línea).

Una de las ventajas de utilizar contenedores es el corto tiempo de finalización de obra en comparación con una construcción tradicional, sumando a esto la mayor economía del producto final.

Al estar contruidos en acero, los contenedores necesitan la colocación de aislación térmica y agregar barrera de vapor para evitar condensaciones. Si adicionalmente se decidiera usar como revestimiento interior placas de papel cemento, se añadiría la ventaja de regulación de la humedad ambiente brindada por este material más un plus de aislación térmica.

Es importante considerar la distancia a los puntos donde se acumulan contenedores, para incluir en los cálculos el costo de su transporte y evaluar si conviene su uso o es necesario recurrir a otro tipo de sistema constructivo. Los puntos de acumulación, además del puerto de Buenos Aires, se encuentran en puertos de la Costa Atlántica y del litoral argentino (Evans & de Schiller 2015, en línea).

En el Anexo 2 se presentan los Requerimientos mínimos para el montaje de un espacio o taller productivo.

Fabricación de materiales in situ con RPC

Según la experiencia ya mencionada sobre la fabricación en obra de bloques constructivos con residuos de la propia demolición, sabemos que es posible elaborar una pequeña cantidad de materiales *in situ* si se capacita adecuadamente al personal asignado. En el caso del papel cemento, la fabricación de estos materiales conlleva a su vez un proceso de Economía Circular. Revestimientos de cielorrasos y paredes, guardas decorativas o bloques celosía colocados en espacios comunes, resultarán visibles para usuarios y visitantes, contribuyendo a la toma de conciencia ambiental y demostrando la viabilidad de fabricar materiales con amplias posibilidades de diseño a partir de un desecho local.

El tiempo de capacitación en obra y seguimiento inicial del proceso de fabricación por un profesional se calcula en 3 días, uno para capacitación y 2 para seguimiento. Para lograr óptimos resultados y al tratarse de un material innovador, se destaca la importancia de la

formación inicial en obra, el seguimiento del proceso de fabricación, el control de las condiciones de estiba y fragüe y la correcta manipulación de las piezas.

Como referencia, si se elige fabricar placas de revestimiento, el tiempo se calcula en 2 jornadas con 2 operarios para moldear 15 m² de placas, una vez dispuestos materiales y equipamiento en el sitio (Caruso & Yajnes, 2016).

V 5. Consideraciones para lograr la competitividad económica de los materiales constructivos y de revestimiento fabricados con papeles y cartones residuales de obras respecto a materiales de mercado similares

Es necesario tener en cuenta que si bien los RPC son de bajo costo y origen local, materiales como cemento, arena y aditivos tienen un costo variable en función de las cantidades a adquirir, a mayor cantidad, mayores descuentos.

Los valores (estimados en el Anexo 3, p. 137), corresponderían a la fabricación llevada a cabo por una cooperativa social de 4 trabajadores, equipada mediante subsidio estatal, que facilite también el espacio de trabajo.

Mediante la aplicación de la normativa correspondiente, a un generador de residuos de papel y cartón no reciclables obligado a pagar a una empresa especializada para su disposición, posiblemente le convendría más costear el flete hasta el taller de la cooperativa y así obtener el certificado de disposición por esos residuos. La cooperativa ahorraría de esta forma el costo de recolección y traslado del material (Caruso & Yajnes, 2016).

V 6. Consideraciones para la inserción de los productos en el Mercado

Al iniciar la fabricación de materiales a partir de RPC en un taller productivo mediano o pequeño, no se trata de intentar alcanzar en principio un volumen de producción similar a grandes fábricas sino dirigirse a nichos de mercado dentro de los rubros Arquitectura, Decoración y Refacciones, o sea, un futuro cliente interesado en productos sustentables, adaptándose ese modo de producción a las posibilidades de una Cooperativa pequeña o una

Pyme. En cualquier caso, será necesario lograr mantener precios y calidades competitivos respecto a materiales de mercado similares (Caruso & Yajnes, 2016).

Por fortuna, dada la difusión mediática y la concientización en ámbitos académicos sobre diferentes temas ambientales y conflictos asociados, la demanda de productos más sustentables por parte de los consumidores va en aumento a nivel mundial, sobre todo en el caso de las jóvenes generaciones.

No solo las características de sustentabilidad sino la originalidad, el buen diseño, y la flexibilidad para adaptarse a requerimientos de los clientes, son valores agregados relevantes a la hora de introducir estos productos en el mercado. Por otro lado, los volúmenes de producción acotados facilitan la posibilidad de brindar un servicio personalizado. Se presenta por lo tanto una buena oportunidad para promover a un costo relativamente bajo, la innovación en materiales que cumplan con esa demanda (Caruso & Yajnes, 2016).

La difusión en redes y los canales de venta en línea facilitan sin duda el acercamiento al público y permiten comprobar a través del intercambio virtual con interesados y compradores, si la utilidad, calidad y precios de los productos son los esperados.

Por último, conviene tomar en cuenta la competencia en el mercado con materiales de funcionalidades similares ya instalados en las preferencias del público (ladrillos, cerámicas, porcelanatos), y que será necesaria una estudiada campaña de promoción destacando precisamente las cualidades diferenciales propias de estos productos, sin dejar de mencionar sus menores precios relativos.

V 7. Conclusiones

A lo largo de este capítulo se intentó presentar posibilidades para diseñar, fabricar e introducir en el mercado materiales elaborados con RPC de obras, apuntando a la oportunidad de crear empleo, sobre todo para cooperativas de recuperadores las cuales poseen ya una logística de recolección, acopio y comercialización de papeles y cartones. Se procuró demostrar que una adecuada gestión de esos residuos puede cumplir objetivos de Economía Circular y de

Simbiosis Industrial, actuando además en concordancia con la Ley 1.854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y la Ley 6.468 de Economía Circular de la CABA.

La Ley 1.854 en su Artículo 6° "fija un cronograma de reducción progresiva de la disposición final de residuos sólidos urbanos que conllevará una disminución de la cantidad de desechos a ser depositados en rellenos sanitarios". Paralelamente en el Artículo 10 - Punto 2, promueve entre otras acciones, "La separación y el reciclaje de productos susceptibles de serlo" y en su Punto 4 "La promoción de medidas tendientes al reemplazo gradual de envases descartables por retornables y la separación de los embalajes y envases para ser recolectados por separado a cuenta y cargo de las empresas que los utilizan".

El establecimiento de normativa por parte del GCBA determinando la obligatoriedad de recuperar RPC de obras, evitaría el método actual de disposición que implica la pérdida de recursos valiosos y la generación de GEI en relleno sanitario.

Capítulo VI

Conclusiones Finales

VI.1 Recapitulación de los principales hallazgos

A través de un proceso de investigación en la FADU UBA, se logró desarrollar con residuos de papel un material novedoso en Argentina, que puede dar impulso a otros adelantos similares.

Aún cuando se utilizó un desecho como materia prima, se obtuvieron productos con buenas aptitudes técnicas y posibilidades expresivas. Este hallazgo dio lugar al propósito de reaprovechar un residuo local valioso, no reciclado en la actualidad, como son los RPC de obras.

Otro hallazgo relevante es la actual normativa de Estados Unidos sobre construcción con hormigón de cáñamo que constituye un incentivo para la homologación de materiales más sustentables fabricados a partir de celulosa en Argentina. Luego de varios años de prohibiciones, desde 2024 se permite su uso para viviendas de hasta dos pisos en regiones de bajo riesgo sísmico. Esta normativa y otras similares que van siendo adoptadas en diversos países, representan un importante antecedente.

VI.2 Cumplimiento de Objetivos

Como resultado del trabajo desarrollado en la tesis sobre los RPC en obras de la CABA, se logró elaborar una Propuesta para implementar un método de separación *in situ*, se definió un Planteo para su aprovechamiento productivo y se formularon Consideraciones para promover la adopción de normas para su separación obligatoria *in situ*, su cuantificación y recolección diferenciada, normas que además de aplicarse en la CABA, impulsen asimismo la creación de normativa para nuevos materiales de construcción con características más sustentables en Argentina.

VI.3 Nuevas preguntas de investigación

La celulosa es la base para la elaboración de diferentes productos. En el ámbito de la Construcción, siendo de interés aquella proveniente de residuos de papeles aunque también la obtenida de residuos agrícolas tan abundantes en distintas regiones de Argentina. Asimismo es de interés la celulosa bacteriana (CB) cultivada en laboratorio. Se realizaron investigaciones experimentales sobre CB y otros bioplásticos con residuos orgánicos bajo dirección de la autora durante el dictado de la Pasantía en el CEP FADU UBA. Estas investigaciones dieron como resultado recubrimientos protectores experimentales para materiales de papel cemento en reemplazo de productos derivados del petróleo.

En relación a esos resultados, sería por lo tanto relevante plantear esta nueva pregunta de investigación:

- ¿Puede desarrollarse un producto comercial basado en celulosa bacteriana o en bioplásticos elaborados con residuos orgánicos, que sirva como protección superficial de materiales de papel cemento o similares, en reemplazo de los derivados del petróleo?

En relación al abordaje del principal inconveniente que presentan las fórmulas de papel cemento respecto a la alta absorción de agua, podría formularse la siguiente pregunta:

- El agregado de un hidrófugo inorgánico a las mezclas ¿logrará disminuir o detener la absorción de agua en materiales de papel cemento?

Respecto a la posibilidad de creación de empleo genuino aprovechando la disponibilidad de recursos locales y la sencillez de fabricación de los productos de papel o fibras naturales con el agregado de cemento:

- ¿Se puede incentivar la creación de empresas productivas a nivel nacional mediante la aplicación a casos concretos de las nuevas tecnologías para materiales más sustentables, a través de programas conjuntos entre universidades e institutos de investigación con apoyo de organismos del Estado?

Se espera que futuras instancias de investigación puedan responder estas nuevas preguntas.

VI.4 Nuevos escenarios y desafíos

Actualmente Internet y las redes sociales tienen una enorme influencia en la difusión de todo tipo de contenidos. Entre otros temas, influyen en el desarrollo de la innovación a partir del intercambio de ideas, conocimientos y tecnologías.

La UNESCO (s. f., en línea) promueve el conocimiento de acceso abierto digital para cualquier persona, sin restricciones. Es posible de este modo evitar elevados costos y derechos de autor que dificultan la difusión de información científica.

Este trabajo de tesis y la investigación académica que lo inspiró, se basaron en gran medida en información obtenida en Internet y en intercambios desarrollados en las redes.

Se puede reflexionar a partir de estos factores, en la importancia de fomentar desde el Estado, mediante plataformas digitales colaborativas de carácter multidisciplinar, la interrelación entre el ámbito científico-académico, el productivo y el de organizaciones de la Economía Social para favorecer el rápido avance y adopción de las nuevas tecnologías aquí planteadas.

VI.5 Algunas recomendaciones para el área de Gestión u organismos interesados

Se considera indispensable el apoyo de organismos de gestión estatal para establecer incentivos de Investigación, Desarrollo e innovación (I+D+i) y para la puesta en marcha de emprendimientos productivos aplicando nuevas tecnologías en materiales más sustentables.

Específicamente se podrían mencionar Organismos como el CONICET para proveer apoyo científico a la investigación sobre materiales para la construcción a base de celulosa, el INTI para ensayos sobre materiales innovadores y el INTA para facilitar información y acceso a residuos de cultivos que resulten aptos para la fabricación de materiales en diferentes regiones del país.

VI.6 Conclusiones Finales

Distintos organismos internacionales destacan la necesidad de la descarbonización de los materiales constructivos para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas en el sector de la construcción hacia mediados del siglo XXI.

Es importante destacar que tanto los materiales descriptos en este trabajo fabricados con RPC de obras, como los mencionados a base de fibras vegetales, utilizan como insumo la celulosa, materia prima que es cultivable, renovable y no proviene de procesos extractivos. También subrayar las oportunidades productivas que implica la recuperación de residuos valorizables.

En relación al tema de esta tesis, si se determinara la obligatoriedad de recuperar RPC de obras y se lograra la aceptación en el mercado de materiales elaborados con esos residuos, se incentivaría la creación de empleo genuino en el país. Su apropiada gestión además de cumplir objetivos de Economía Circular y de Simbiosis Industrial, operaría de conformidad con la Ley N° 1.854 de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y a la Ley N° 6.468 de Economía Circular.

Muchos recuperadores urbanos podrían abandonar la informalidad y obtener un medio de subsistencia digno, recogiendo esos RPC separados *in situ*, ya sea para venderlos o para crear su propio emprendimiento de materiales de papel cemento, sin necesidad de hurgar en un contenedor o en un volquete.

Se espera que los aportes realizados contribuyan a visibilizar las ventajas de los nuevos materiales más sustentables y que la adopción de normativa específica en Argentina, tal como ocurre en otros países, facilite su desarrollo y aplicación.

Anexo 1
Ensayos Realizados

Ensayos Experimentales (transcriptos de Caruso & Yajnes, 2014)

- *Clavado, atornillado, taladrado y serruchado en ladrillos de papel cemento con fórmulas de alta y baja densidad*

No presentaron problemas en ninguna de las cuatro operaciones (Figura 24).

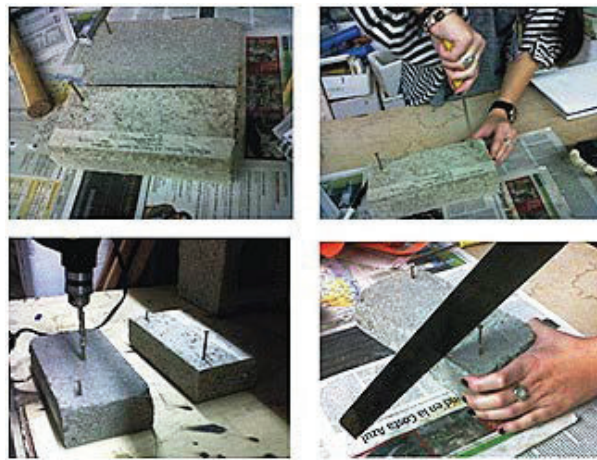


Figura 24. Pruebas de clavado, atornillado, taladrado y serruchado⁶⁵

- *Ensayo de Resistencia al Fuego* (Se realizó en una parrilla doméstica, Figura 25).

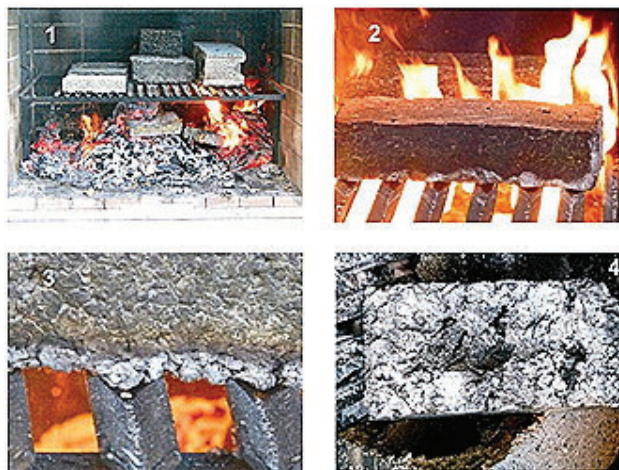


Figura 25. Ensayo de Resistencia al Fuego⁶⁶

⁶⁵ Elaboración propia

Descripción del ensayo: Fecha 12/2/14. Hora de comienzo 18:25.

Se generó abundante fuego con carbón, ramas, maderas y hojas secas, de manera que llegara a envolver las piezas, tratando de mantenerlo constante durante todo el desarrollo de la prueba.

1- Ladrillo de Papel, Cal y EPS Densidad 360 kg/m³

Temperatura superficial antes de la prueba 26°

18:47 en fuego directo se fracciona y forma llama. Conclusión, este ladrillo que es el más liviano y poroso de los estudiados, aún llevando EPS en su composición, tarda 22 minutos en formar llama.

2 - Ladrillo de Papel Cemento Densidad 650 kg/m³

Temperatura superficial antes de la prueba 26.9°

18:35 en fuego directo no forma llama, luego de 1 hora se desgrana un poco en su cara expuesta a fuego directo.

20:25 se lo retira del fuego, se lo parte al medio con una pala y se ve que forma brasa en su interior pero no llama. El ladrillo luce entero y cuesta trabajo partirlo. Conclusión, este ladrillo no forma llama.

3 - Ladrillo de Papel Cemento Densidad 1.340 kg/m³

Temperatura superficial antes de la prueba 26.2°

18:35 en fuego directo no forma llama, luego de 1 hora se desgrana un poco en su cara expuesta a fuego directo, aunque menos que el de baja densidad.

20:25 se lo retira del fuego, se lo parte al medio con una pala y se ve que no forma brasa en su interior. El ladrillo luce entero y cuesta mucho más trabajo partirlo que el anterior. Conclusión, este ladrillo no forma llama ni brasa

Conclusión

La resistencia al fuego es otorgada por la cal o el cemento que contienen las mezclas. A menor cantidad de cal o cemento y mayor cantidad de agregados livianos, menor es la

⁶⁶ Elaboración propia

resistencia al fuego. Se pudo observar que, aún en el caso del material que tomó fuego más rápidamente de los tres estudiados, aún conteniendo EPS, la medición fue de 22 minutos.

- **Ensayo Experimental de Absorción de Agua durante 24 horas en ladrillos de Papel Cemento**

Tabla 5. Datos comparativos sobre absorción y deformación entre un ladrillo común y ladrillos de papel cemento de distintas densidades* sumergidos 24 horas en agua fría

Material y densidad	Peso seco gr	Peso húmedo gr	Dif. de peso en gr	Absorción de agua %	Deformación luego de 24 hs de inmersión
1 - papel licuado y escurrido, cemento, sellador al agua, agua Densidad: 398 kg/m ³	501	1.000	499	99,6	No se deforma a la presión con los dedos en las caras. Se deforma muy levemente en las aristas bajo presión intensa.
2- papel licuado y escurrido, cemento, adhesivo para porcelanato, agua Densidad: 661 kg/m ³	833	1.543	710	85,23	No se deforma a la presión intensa con los dedos en las caras. Se deforma muy levemente en las aristas bajo presión intensa, con desgranamiento de bordes bajo presión extrema. No varía en sus dimensiones.
3 - papel seco, cemento, adhesivo vinílico, agua	1.174	1.701	527	44,89	No se deforma a la presión con los dedos en caras ni aristas. No

Densidad: 932 kg/m ³					varía en sus dimensiones.
4 - papel licuado y escurrido, cemento, adhesivo para porcelanato, agua.	1.339	1.886	547	40,85	No se deforma a la presión con los dedos en caras ni aristas. No varía en sus dimensiones.
Densidad: 1.063 kg/m ³					
5 - papel seco, cemento, arena, agua					Este ladrillo fue fabricado con el papel sin licuar, cortado en piezas de aprox. 3 x 3 cm y arena como aditivo. Una vez fraguado presentaba trozos de papel muy visibles y algunos se podían arrancar. Aumentó sus dimensiones 3mm en el largo, 2mm en el ancho y 1,5 mm en el espesor. Se hunde levemente a la presión intensa en las caras, más en la superior y se desgranar con facilidad los bordes.
Densidad: 1.217 kg/m ³	1.533	2.097	564	36,79	
6 - papel licuado y escurrido, cemento, arena, agua	1.705	2.031	326	19,12	No se deforma a la presión con los dedos en sus caras. Se

Densidad: 1.350 kg/m ³ "Ladrillo de arena"						desgrana con facilidad en sus aristas. Las dimensiones varían 10 mm en el largo y 3 mm en el ancho. El espesor no varía.
7 - papel seco, cemento, arena, agua Densidad: 1.355 kg/m ³	1.751	2.088	337	19,25		No se deforma a la presión con los dedos en caras ni aristas. No varía en sus dimensiones. Fue fabricado con el papel sin licuar, cortado en piezas de aprox. 1,5 cm x 1,5 cm y arena como aditivo.
Ladrillo Común Densidad: 1.780 kg/m ³	2.245	2.384	139	6,19		No se deforma

Fuente: Elaboración Propia.

* Si bien al principio de la investigación se usaron en algunas mezclas aditivos como adhesivos y selladores para mejorar sus características, más adelante se decidió emplear solamente un aditivo secativo como el Carbonato de Calcio, que eventualmente puede obtenerse de fuentes renovables, evitando productos derivados del petróleo.

Observaciones:

- Se observa que los porcentajes de absorción de agua son notablemente superiores a los de un ladrillo común, tanto en las fórmulas de mayor como de menor densidad.

- En casi todos los casos, las dimensiones se mantienen con poca o ninguna variación, a pesar de la gran absorción de agua, lo que demuestra la excelente estabilidad dimensional bajo condiciones de alta humedad.
- En las fórmulas tanto de alta como de baja densidad, las caras no se deforman a la presión de los dedos. En las fórmulas de baja densidad se deforman medianamente en los bordes bajo presión intensa de los dedos.
- El ladrillo de alta densidad fabricado con piezas de papel sin licuar de aprox. 3 x 3 cm, con arena como aditivo, que fraguado presentaba trozos de papel muy visibles, aumentó unos milímetros sus dimensiones durante la prueba y se deformó levemente a la presión intensa en las caras, desgranándose con facilidad en los bordes. No obstante, sorpresivamente, fue el que presentó menor porcentaje de absorción de agua.
- El ladrillo que contiene mayor proporción de arena en relación al cemento ("Ladrillo de arena"), a pesar de la cantidad de áridos, se desgranó con la presión en las aristas y aumentó un poco sus dimensiones.

Conclusiones

- La mayoría de las piezas presentan escasa deformación bajo condiciones de absorción de humedad.
- En el caso de ocurrir un humedecimiento total de la masa, el aumento de peso es muy notable: (40,85 %) en la muestra nº 4, que en principio aparece como la más adecuada por su relación peso / resistencia, lo que pone de manifiesto la necesidad de una eficaz protección de los muros de carga contra la humedad, sobre todo en climas lluviosos. También la conveniencia de efectuar una fundación impermeable que sobresalga varios centímetros de la cota del terreno.
- No obstante, en ninguna de las muestras analizadas el peso llegó a igualarse con el del ladrillo común, ya sea en seco o en húmedo. Es más, el ladrillo húmedo más pesado de papel cemento es más liviano que el ladrillo común seco.
- Se los podría equiparar a los ladrillos de adobe o de suelo cemento, destacando que los ladrillos de papel cemento no se deforman ni se desgranar bajo humedad extrema, como sí ocurre con los anteriores.
- Se deduce de estas pruebas que los ladrillos de menor densidad serían más adecuados para tabiques interiores, presentando mejores condiciones que un ladrillo hueco en

cuanto a peso, aislación térmica y aislación acústica (esta última pendiente de ensayo), pudiendo quedar a la vista por su buena terminación, ya sea en su estado original o pintados, ahorrando así el costo del revoque.

- **Ensayo de transmisión del calor**

Se usa un horno eléctrico como fuente de calor comparando 3 ladrillos de distintas fórmulas con un ladrillo común (Figura 26) (Procedimientos 1, 2 y 3).

1. Se enciende el horno en máximo y se deja prendido 15 minutos.
2. Se toma la temperatura de los 2 primeros ladrillos a ensayar.
3. Se toma la temperatura inicial de la puerta del horno.
4. Se apoyan los ladrillos a ensayar contra la puerta de vidrio templado del horno.
5. Se dejan en esa posición durante 1 hora.
6. Transcurrida la misma se toma la temperatura de la cara exterior de los ladrillos, luego se voltean y se toma la temperatura de la cara en contacto con la fuente de calor.
7. Se repite el procedimiento con los demás ladrillos.

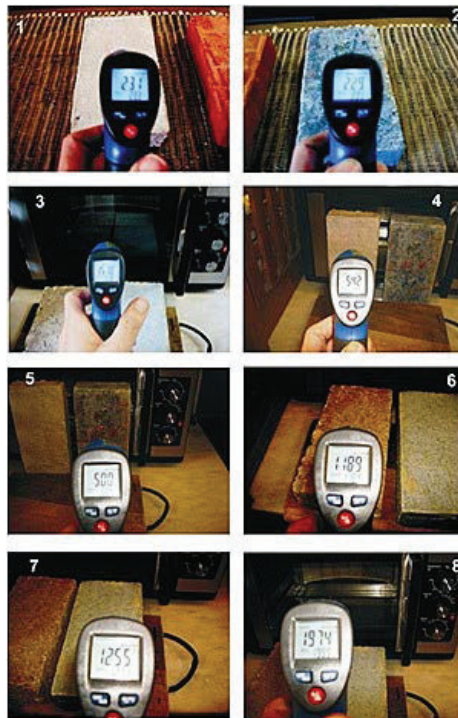


Figura 26. Medición de Temperatura⁶⁷

⁶⁷ Elaboración propia.

Procedimiento 1: Comparación entre Ladrillo de Baja Densidad y Ladrillo Común

Ítem	Peso Ladrillo gr	Temperatura Inicial cara externa	Temperatura final cara externa	Temperatura final cara en contacto con calor	Diferencia de temperatura en la cara externa entre inicio y final ensayo	Diferencia de temperatura entre la cara externa y la cara en contacto con el calor ambas al final del ensayo
Ladrillo						
Densidad 739 kg/m ³	1.109	20.2°	39.7°	162.6°	19.5°	122.9°
Ladrillo Común						
Densidad 1.780 kg/m ³	2.000	20.7°	52.6°	147.1°	31.9°	94.5°
Puerta horno	-	197.4°	208.2°	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento 2: Comparación entre dos Ladrillos de Alta Densidad

Ítem	Peso Ladrillo gr	Temperatura Inicial cara externa	Temperatura final cara externa	Temperatura final cara en contacto con calor	Diferencia de temperatura en la cara externa entre inicio y final ensayo	Diferencia de temperatura entre la cara externa y la cara en contacto con el calor ambas al final del ensayo
Ladrillo						
Densidad 1.063 kg/m ³	1.339	22.9°	50°	125.5°	27.1°	75.5°

Ladrillo						
Densidad	1.751	23.1°	54.2°	118.9°	31.1°	64.7°
1.355						
kg/ m ³						
Puerta	-	157.8°	197.4°	-	-	-
horno						

Fuente: Elaboración Propia.

Procedimiento 3: Comparación entre Ladrillo de Alta Densidad y Ladrillo Común

Ítem	Peso Ladrillo gr	Temperatura Inicial cara externa	Temperatura final cara externa	Temperatura final cara en contacto con calor	Diferencia temperatura en la cara externa entre inicio y final ensayo	Diferencia temperatura entre la cara externa y la cara en contacto con el calor ambas al final del ensayo
Ladrillo "de arena"						
Densidad	1.705	20.5°	52°	123.1°	31.5°	71.1°
1.350						
kg/ m ³						
Ladrillo común						
Densidad	2.000	22°	53.6°	141.1°	31.6°	87.5°
1.780						
kg/ m ³						
Puerta	-	150.5°	193°	-	-	-
horno						

Fuente: Elaboración Propia.

Observaciones

- Al final del ensayo, la temperatura de la cara del ladrillo que no está en contacto con la fuente de calor, la cual representaría la cara interna de una construcción, es menor cuanto menos densa es la fórmula. Se concluye que cuanto mayor es la cantidad de papel en la mezcla, mejor es la aislación térmica.
- Observamos que casi no hay diferencia entre el ladrillo común y el de papel cemento de la fórmula de mayor densidad, con una pequeña diferencia a favor sin embargo, del ladrillo de papel cemento.
- El ladrillo que contiene mayor proporción de arena en relación al cemento tuvo un comportamiento térmico casi igual al ladrillo común.

Conclusión

Cuanto menos densa es la fórmula del ladrillo, es decir, cuanto menos cemento y más papel contenga la mezcla, lo que implica también más celdas de aire interiores, el ladrillo presenta una mayor capacidad de aislación térmica.

Informes de Ensayos realizados en el INTI

- *Propagación de Llama y Densidad Óptica de Humos*

INFORME DE ENSAYO

Solicitante: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

O.T.: 101/25851

Dirección: Viamonte 444

Pág.: 1/3

(1053) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Fecha: 07/09/2015

Informe: Único

1. OBJETIVO

- Determinación de la **Densidad Óptica de Humos**.
- Clasificación de acuerdo al **Índice de Propagación de Llama**.

2. MATERIAL

Una (1) muestra de papel cemento, identificada por el solicitante como: "CLC 1".

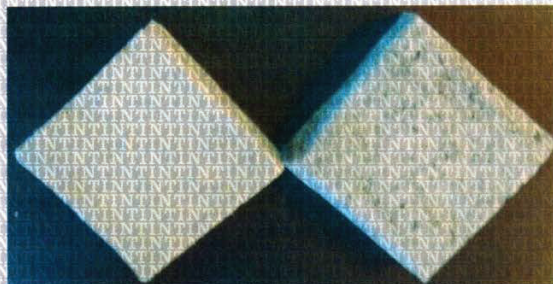
3. MÉTODO EMPLEADO

- El ensayo de Determinación de la Densidad Óptica de Humos se realizó de acuerdo a las indicaciones de la **Norma IRAM 11912:1995 "Método de determinación de la densidad óptica del humo generado por combustión o pirodescomposición de materiales sólidos"**. Coincide con la norma ASTM E662 "Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials"
- El ensayo de Propagación Superficial de Llama se realizó de acuerdo a la **Norma IRAM 11910-3:1994 "Materiales de Construcción, Reacción al fuego, Determinación del índice de propagación de llama – método del panel radiante"** (coincide con los métodos de ensayo de la Norma NBR 9442:1986 y ASTM E162:1994).

La muestra fue recibida el día 24/07/2015 y ensayada el día 04/09/2015.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

Determinación de la Densidad Óptica de Humos



CS

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004

Parque Tecnológico Miguelete
Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Buenos Aires, Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6200
E-mail construcciones@inti.gov.ar

INFORME DE ENSAYO

Solicitante: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

O.T.: 101/25851

Dirección: Viamonte 444

Pág.: 2/ 3

(1053) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Fecha: 07/09/2015

Informe: Único

	Ensayo sin llama	Ensayo con llama
Probetas	3	3
Densidad óptica 1 min (D ₁)	2	1
Densidad óptica 1.5 min (D _{1.5})	2	2
Densidad óptica 2 min (D ₂)	2	2
Densidad óptica 3 min (D ₃)	2	2
Densidad óptica 4 min (D ₄)	2	2
Transmitancia mínima (T%)	85	85
Densidad óptica específica máxima (Dm)	9	9
Transmitancia residual (Tr%)	97	95
Densidad óptica de corrección (Dc)	2	3
Tiempo de ocurrencia	20 min	20 min
VOS4	6	6
Densidad óptica específica máxima corregida (Dmc)	7	6

De acuerdo al valor obtenido de *Densidad óptica específica máxima corregida*, y teniendo en cuenta la Clasificación propuesta por la Unidad Técnica Tecnología en Incendios, el material denominado: "CLC 1" se clasifica como: "Nivel 1" – **Materiales que generan Baja cantidad de Humos. Densidad óptica corregida entre 1 y 136".**

Clasificación propuesta por la Unidad Técnica Tecnología en Incendios:

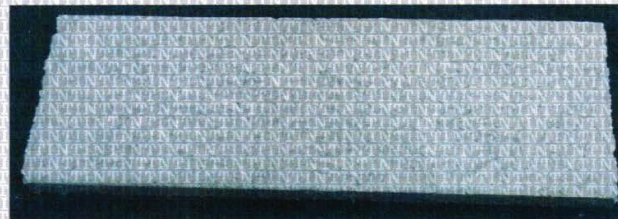
Nivel 1: Materiales que generan Baja cantidad de Humos.
Densidad óptica corregida entre 1 y 132.

Nivel 2: Materiales que generan Mediana cantidad de Humos.
Densidad óptica corregida entre 133 y 264.

Nivel 3: Materiales que generan Alta cantidad de Humos.
Densidad óptica corregida entre 265 y 396.

Nivel 4: Materiales que generan Muy Alta cantidad de Humos.
Densidad óptica corregida mayor a 396.

Determinación del Índice de Propagación de Llama



CS

INFORME DE ENSAYO

Solicitante: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

O.T.: 101/25851

Dirección: Viamonte 444

Pág.: 3/ 3

(1053) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Fecha: 07/09/2015

Informe: Único

F(promedio):	1
Q(promedio):	4.59
I(promedio):	4.59

Teniendo en cuenta la Tabla de Clasificación de la Norma IRAM 11910-1 del año 1994, el Índice de Propagación de Llamas (I) hallado del material denominado: "CLC 1" se clasifica como:

"Clase RE 2: Material de Muy Baja propagación de llama"

(A esta clase pertenecen los materiales con un índice entre 0 y 25)

Coincide con la Clase A de la Norma brasileña NBR 9442/1986

Referencias para el ensayo de determinación de la propagación superficial de llama

Clase	Clase ABNT	Denominación	Norma IRAM	Criterio de clasificación
RE 1	-	Incombustible	11910-2	Anexo A de la norma
RE 2	A	Muy baja propagación de llama	11910-1	Índice: 0 a 25
RE 3	B	Baja propagación de llama	11910-1	Índice: 26 a 75
RE 4	C	Mediana propagación de llama	11910-1	Índice: 76 a 150
RE 5	D	Elevada propagación de llama	11910-1	Índice: 151 a 400
RE 6	E	Muy elevada propagación de llama	11910-1	Índice mayor a 400

Definiciones:

Un factor derivado de la rapidez de propagación del frente de llama (F) y otro relativo al calor liberado por el material ensayado (Q) son combinados para proveer el índice de propagación superficial de llama (I).

I: Índice de propagación superficial de llama.

F: Factor de propagación de llama.

Q: Factor de evolución de calor

CS


 Arq. BASILIO HASAPOV
 COORDINADOR
 DE TECNOLOGÍA EN INCENDIOS
 INTI-CONSTRUCCIONES


 Arq. INÉS DOLMANN
 DIRECTORA TÉCNICA
 INTI - Construcciones

Nota:

De acuerdo a reglamentaciones internacionales, estos ensayos deben considerarse para medir y describir el comportamiento del material bajo condiciones controladas, pero no se puede estimar cuál será el comportamiento del mismo si se modifican total o parcialmente las condiciones de ensayo.

- **Resistencia a la Compresión en Ladrillos**

INFORME DE ASISTENCIA TÉCNICA

Solicitante: **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

O.T. Nº: **101/27020**

Domicilio: **Viamonte 444**
Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Página: **1 de 6**

Fecha: **13/02/17**

Informe: **UNICO**

Objetivos: Determinación de la resistencia a la compresión simple de bloques de papel cemento

Material: 3 (tres) bloques macizos de papel cemento (ver anexo fotográfico):

Número UT TH	Identificación del usuario	Fecha de moldeo	Fecha de recepción	Dimensiones nominales [mm]
8153	1	28/10/16	22/12/16	120x240x55
8154	2			
8155	3			

Método empleado

Lineamientos de la Norma IRAM 11561-4:1997 Bloques de hormigón para mampostería. Métodos de ensayo

Informe

El ensayo se realizó en presencia del usuario. Para la ejecución del mismo, se emplearon bases no adheridas de madera terciada. Los bloques fueron ensayados según su posición normal de uso, de acuerdo con lo indicado por el usuario, según se muestra en Foto 1.

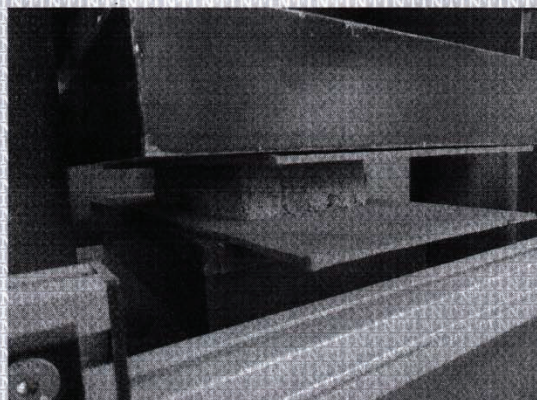


Foto 1. Posición de ensayos de ladrillos de papel

Previo a la ejecución del ensayo se realizaron marcas en el ancho, largo y altura de los bloques, las mismas se ilustran en las Fotos 2 y 3.

AA

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004

Parque Tecnológico Miguelete

Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Buenos Aires, Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6200
E-mail construcciones@inti.gov.ar

INFORME DE ASISTENCIA TÉCNICA

Solicitante: **UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**

O.T. Nº: **101/27020**

Página: **2 de 6**

Fecha: **13/02/17**

Informe: **UNICO**

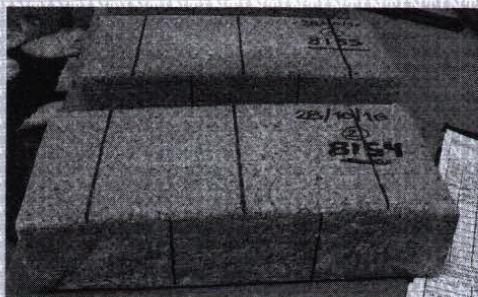


Foto 2. Marcas en ladrillos

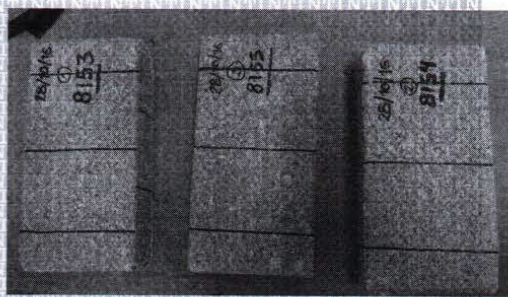


Foto 3. Marcas en ladrillos

Se realizaron mediciones iniciales de cada una de las marcas. Seguidamente, se procedió a ensayar a compresión simple a cada bloque, a una velocidad de carga de 0,05 MPa/s, deteniendo el ensayo en escalones de 20 kN. En cada pausa, se midieron las dimensiones señaladas, es decir se evaluó la deformación plástica remanente en cada uno de los escalones de carga, tanto la deformación plástica en altura como la deformación plástica lateral. Se examinaron los bloques en busca de fisuras y se indicó la carga para la cual aparecieron las primeras. El ensayo se detuvo a los 115 kN, por observarse un estado de aplastamiento (contracción en altura) mayor del 15%.

Cabe aclarar que debido a la pequeña altura del ladrillo no se pudo realizar la determinación del módulo de elasticidad de los elementos y que no se dispone del equipamiento apropiado para la determinación instantánea de los valores de deformación real.

Asimismo se informan los valores registrados de carga y deformación plástica en las Tablas 1 a 3 y en los gráficos tensión vs deformación plástica en altura y tensión deformación plástica lateral, para cada uno de los escalones indicados y para cada uno de los ladrillos de papel (Gráficos 1 a 6) de acuerdo con la metodología ya indicada.

AA

- **Resistencia a la Compresión en Probetas**

Reemplazo de Informe Técnico

R - OT N°: 101-27863 - Único

Página 1 de 2

Fecha de Informe: 12/02/2019

“El presente informe anula y reemplaza en su totalidad al informe “OT N° 101- 27863 -Único” de fecha 02/03/2018”

Solicitante: **Universidad de Buenos Aires**
Viamonte 444 - CABA

Elemento: Pasta de papel con cemento y adiciones, pisones, cucharas provistos por el usuario

Determinaciones requeridas: Caracterización de material cementicio innovador. Moldeo de probetas, determinación de la resistencia a la compresión y humedad al momento de ensayo

Fecha de recepción: 14/12/17

Fecha de ensayo: las indicadas en el informe

Método empleada: Lineamientos de norma IRAM 1546:2013

Informe

Con fecha 14/12/17 en los laboratorios de la Unidad Técnica Tecnología del Hormigón, se procedió al moldeo de 3 probetas de material compuesto de cemento, agua, pasta de papel y adiciones según lo declarado por el usuario. Los componentes de la mezcla estaban ya dosificados para la ejecución de cada una de las probetas.

Todas las probetas moldeadas fueron cilíndricas de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura.

El primer mezclado de pasta se realizó a mano, y se moldeó la probeta de acuerdo con una metodología propia (8 capas con 10 golpes de pisón de cocina).

El segundo moldeo se decidió realizarlo con una mezcladora eléctrica.

El tercer moldeo fue realizado primero a mano y luego con la mezcladora eléctrica.

En Tabla 1 se pueden observar los valores de pesos iniciales de las probetas y de Peso de la unidad de volumen (PUV) de las pastas ejecutadas.

Tabla 1. Probetas ejecutadas, Pesos iniciales y PUV de las pastas.

Denominación UTTH	Peso Inicial [g]	PUV pasta [kg/m ³]
2283	-	-
2284	2407,3	1520
2285	2380,9	1530

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004
Facebook INTIArg
Twitter @INTIArgentina
LinkedIn INTI

Sede Parque Tecnológico Miguelete

Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Prov. de Buenos Aires, República Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6350
E-mail construcciones@inti.gov.ar

Una vez ejecutadas las probetas se dejaron en ambiente de laboratorio hasta el día de ensayo. Cumplidos los 28 días de edad se determinó la resistencia a compresión en el laboratorio de ensayos físicos del Centro de Caucho de INTI. Durante el ensayo se fueron registrando los desplazamientos de los cabezales de ensayo que, para este tipo de material pueden considerarse sin errores significativos, los acortamientos de la probeta. Para el cálculo de la resistencia a compresión se consideró el valor de la carga máxima soportado para cada probeta. Los resultados obtenidos de resistencia y la humedad de las probetas al momento del ensayo se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de ensayos, Pesos finales de probetas, Humedades y Resistencia a compresión.

Denominación UTTH	Peso Final [g]	Humedad [%]	Altura [mm]	Diámetro medio [mm]	Resistencia a compresión [MPa]	Promedio [MPa]
2283	1674,60	-	200	101,3	3,0	2,9 +/- 0,2
2284	1636,62	47	200	100,4	2,7	
2285	1610,28	48	200	100,7	2,1*	

Fecha ensayo: 11/01/18

(*) El valor no fue tenido en cuenta para el cálculo del promedio ya que no se considera representativo de las muestras ensayadas.

Como parte complementaria de este informe se debe tener en cuenta el informe del Centro Caucho INTI en el cual se indican los desplazamientos de los cabezales, que se adjunta al mismo.

Observaciones:

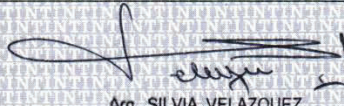
1. De acuerdo con los resultados y dispersión obtenida, inicialmente se puede inferir que la metodología de ensayo es apta para la evaluación de este tipo de material.
2. Los resultados obtenidos hasta al momento se pueden comparar con la resistencia especificada para ladrillos cerámicos no portantes, requisito establecido en la norma IRAM 12566:2005.
3. Se recomienda la re evaluación del proceso productivo de tal manera que no sea manual.
4. Se recomienda la prosecución de ensayos para confirmar los resultados obtenidos, determinar otras características del material en función de los posibles usos y a partir de esto realizar elementos con las dimensiones definitivas.

Preparó: AR - Revisó: AB - Aprobó: ID

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

Fin del Informe


ING. ALEJANDRA BENITEZ
Coord. U.T. Tecn. del Hormigón
INTI - Construcciones


Arq. SILVIA VELAZQUEZ
COORDINADORA U.T.
PATOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN
INTI - CONSTRUCCIONES

- **Conductividad Térmica**

Informe de ensayo

O.T. N° -101/27588 Tipo ÚNICO
Página 1 de 3

Fecha de Informe: 23/10/2017

Solicitante

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Domicilio: Viamonte 444 (1063) – C.A.B.A.

Elemento

Un (1) par de probetas de 0,80m por 0,80m, tomadas de la misma colada, de material cementicio con agregados celulósicos.

Identificación del usuario (IU): "Material cementicio con agregados celulósicos"

Identificación de la probeta por el laboratorio (L); C-70001-17 y C-70002-17

En la Foto N° 1, se puede observar una de las muestras analizadas como ejemplo




FotoN°1

Determinaciones requeridas: Conductividad Térmica a 24°C de temperatura media

Fecha de Recepción: 18/07/2017

Fecha de estabilización: Desde el 08/09/2017 hasta el 10/10/2017

Fecha de ensayo: Desde el 11/10/2017 hasta el 12/10/2017


Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004
Facebook/INTI
Twitter @INTIArgentina

Sede Parque Tecnológico Miguelete
Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Prov. de Buenos Aires, República Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6350
E-mail construcciones@inti.gov.ar

Metodología empleada

La determinación de la Conductividad Térmica del material suministrado se efectuó de acuerdo al método de ensayo de las propiedades de la transmisión del calor en régimen estacionario mediante el medidor de caudal térmico, siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas:

- ISO 8302:1991 (Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties. Guarded hot plate apparatus),
- ASTM C177:2013 (Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by means of the Guarded Hot Plate Apparatus),
- IRAM 11559:1995 (Determinación de la conductividad térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda).

Condiciones de ensayo:

Acondicionamiento higrotérmico.

Se determina el peso (M₁) de la probeta en condiciones de recepción. Luego, se inicia el proceso de secado de la misma, a una temperatura de 70°C ±1°C, hasta que se verifique la constancia en la masa (M₂). Seguidamente las introduce en el equipo de medición condiciones.

Cambio de masa.

Se calcula el cambio relativo de masa de la probeta luego de los procesos de secado (m_r), de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$m_r = \frac{M_1 - M_2}{M_2}$$

Ensayo de conductividad térmica.

Las mediciones fueron efectuadas luego de haberse establecido el régimen permanente de temperaturas, a intervalos sucesivos de una hora, durante un período de cuatro horas como mínimo.

El material ensayado estaba constituido por dos probetas idénticas de 0,60m x 0,60m, aproximadamente

- Superficie sobre la que se efectuó la medición: 0,36 m².
- Orientación de la probeta: Horizontal
- Dirección de la transferencia de calor.....: Vertical

Resultados

Acondicionamiento higrotérmico.

Tiempo de secado: 768 horas

Identificación del Laboratorio	Masa de la Probeta		Cambio Relativo de Masa de la Probeta
	M ₁ (kg)	M ₂ (kg)	m _r (%)
C - 70001 - 17	35,78	32,22	11,1
C - 70002 - 17	41,87	38,93	13,4

5/14

O.T. N° -101/27569 Tipo ÚNICO
Página 3 de 3

Ensayo de conductividad térmica.

Material: Material cementicio con agregados celulósicos.

(IU): "Material cementicio con agregados celulósicos".

(IL): "C-70001-17 y C-70002-17"

	Muestra superior	Muestra inferior
Densidad aparente de la muestra.....:	1008,5 kg/m ³ ±0,1kg/m ³	931,3 kg/m ³ ±0,1kg/m ³
Espesor promedio en la medición.....:	0,0970m ±0,0001m	0,0945m ± 0,0001 m
Densidad aparente promedio de la muestra:	: 969,9 kg/m³ ±0,1kg/m³	

Temperatura media 24°C

	Muestra superior	Muestra inferior
Temperatura de Placa Caliente :	35,8°C ± 0,1 °C	35,9°C ± 0,1 °C
Temperatura de Placa Fría :	12,1 °C ± 0,1 °C	11,9 °C ± 0,1 °C
Diferencia de temperatura entre placas :	23,7 °C ± 0,1 °C	24,0°C ± 0,1 °C
Temperatura Media :	24,0 °C ± 0,1 °C	23,9°C ± 0,1 °C

Potencia Media Suministrada a la Resistencia Calefactora

Tensión: 11,01 V±1% Corriente: 0,99 A ±1%

Densidad del flujo de calor: 114,5 W/m² ± 1%

Temperatura media promedio: 24,0 °C ± 0,1 °C

Conductividad Térmica (λ): 0,23 W/m K ±3%


Observaciones


El valor de Conductividad Térmica obtenido en el ensayo, corresponde al promedio de las mediciones efectuadas sobre las dos probetas de ensayo.


Condiciones ambientales del laboratorio		
Temperatura Ambiente	Humedad Relativa	Presión Atmosférica
22,4°C	49%	103,0 kPa

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

Fin del Informe


Tco. José Víctor Moruga
UT Habitabilidad
INTI Construcciones


Ing. Vicente Volantino
Coordinador UT Habitabilidad
INTI Construcciones


Arq. INÉS DOLMANN
DIRECTORA TÉCNICA
INTI - Construcciones

- *Permeabilidad al Vapor de Agua sin protección superficial*

Informe de Ensayo

O.T. N° -101/27993 Tipo Unico
Página 1 de 2

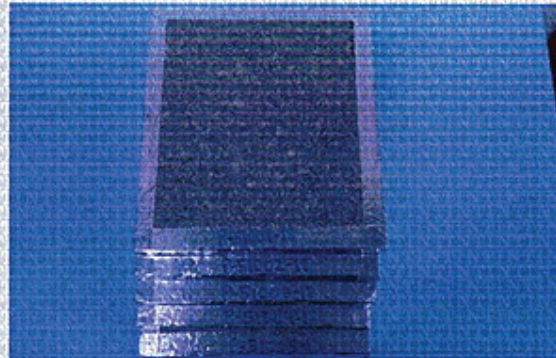
Fecha de informe: 30/08/2018

Solicitante:

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Domicilio: Viamonte 444 (CP 1053) – Ciudad Autónoma de Buenos Aires

Elemento

1 (una) muestra cementicia con agregado celulósico, identificada por el usuario (IU) como: "Cemento con agregado celulósico". Identificación del Laboratorio (IL): P-51001-18 al P-51005-18(Foto).



Foto

Determinaciones requeridas: Permeabilidad al vapor de agua

Fecha de recepción: 12 de Mayo del 2018
Fecha de estabilización: 23 de Julio al 20 de Agosto del 2018
Fecha de ensayo: 22 de Agosto del 2018

Metodología Empleada.

El método de ensayo utilizado sigue los lineamientos establecidos en las normas IRAM 1735 "Materiales de Construcción - Método de Ensayo de la permeabilidad al vapor de agua".

Condiciones de Ensayo:

Método de ensayo: Campo seco (dry - cup) utilizando desecante
Sustancia higroscópica: Gel de Silice (granulometría entre 0,6 mm y 2,36 mm)
Disposición de la probeta : Normal a la dirección del flujo de vapor.
Sentido del flujo de vapor : Entrante por la cara superior de la probeta
Posición de la probeta.....: Horizontal
Resolución de la balanza : ± 0,01g

Condiciones ambientales de la cámara de ensayo requerido por norma:

Temperatura del aire..... : 23,0 °C ± 0,5 °C
Humedad relativa del aire : 50 ± 2%

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización escrita del INTI. Los resultados consignados se refieren exclusivamente a los elementos recibidos, el INTI y su Centro de Investigación y Desarrollo en Construcciones declinan toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de este informe.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial

www.inti.gov.ar
consultas@inti.gov.ar
0800 444 4004
Facebook/INTI
Twitter @INTIArgentina

Sede Parque Tecnológico Miguelete
Avenida General Paz 5445
Casilla de Correo 157
B1650WAB San Martín,
Prov. de Buenos Aires, República Argentina
Teléfono (54 11) 4724 6350
E-mail construcciones@inti.gov.ar

O.T. N° -101/27993 Tipo Unico
Página 2 de 2

RESULTADOS

Muestra: Cementicia con agregado celulósico.

IU: "Cemento con agregado celulósico".

IL: P-51001-18 al P-51005-18

Cámara de ensayo: valores ambientales promedio

Temperatura: 23°C
Presión: 103,0kPa

Humedad relativa: 48%
Tiempo de ejecución: 8 Horas.

Probetas (valores medios):

Espesor Aparente : (0,0217 ± 0,0004) m
Densidad aparente de la muestra : (978,8 ± 24,8) kg/m³
Área de ensayo : 0,0645 m²

Densidad de flujo de vapor de agua(g)
Promedio
1,7 g/m²h

DATOS OBTENIDOS POR PROBETA (g/m²h)				
1	2	3	4	5
1,6	1,8	1,5	1,6	1,8

Resistencia a la difusión de vapor de agua (R_w): (67,8 ± 5,1) 10⁻² m² h kPa / g

Permeancia al Vapor de agua Δ: (1,5 ± 0,1) g/m² h kPa

Permeabilidad al Vapor de agua (δ): (3,2 ± 0,3) 10⁻² g/m h kPa

Espesor de aire equivalente (e_a): (46,9 ± 3,6) 10⁻² m

Factor de resistencia a la difusión (μ): 21,6 ± 1,7

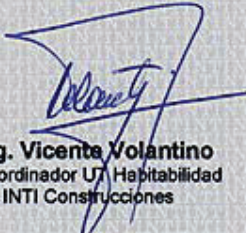
Observación

Los resultados se obtuvieron habiendo efectuado el promedio sobre las probetas ensayadas.

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

Fin del Informe


Tco. Diego Cruz
UT Habitabilidad
INTI Construcciones


Ing. Vicente Volantino
Coordinador UT Habitabilidad
INTI Construcciones


Arq. INÉS DOLMANN
DIRECTORA TÉCNICA
INTI - Construcciones

- **Permeabilidad al Vapor de Agua con protección de sellador al agua en todas sus caras**



Informe de ensayo

O.T. N° 224-1832 ÚNICO
Página 1 de 3

Fecha de Informe: 30/11/2021

Solicitante:

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES.

Domicilio: Viamonte 444 - C.P. 1053 – Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Elemento

Una (1) muestra cementicia con agregado celulósico.

Identificación del usuario (IU): "Placas PC con impermeabilizante transparente en cara externa" (Foto)

Identificación de la probeta por el laboratorio (IL): TV-51001-21 al TV-51005-21



Foto

Determinaciones requeridas: Permeabilidad al vapor de agua.

Nombre y dirección de la UO responsable del informe:

Departamento de Materiales y Sistemas Constructivos – Dirección Técnica Evaluación y Rehabilitación Edilicia –Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura.

Edif. N°33 PTM

Fecha de recepción: 22/10/2021.

Fecha de estabilización: 22/10/2021 al 8/11/2021

Fecha de ensayo: 09/11/ 2021.

Metodología Empleada.

El método de ensayo utilizado sigue los lineamientos establecidos en las normas IRAM 1735 "Materiales de Construcción - Método de Ensayo de la permeabilidad al vapor de agua".

Condiciones de Ensayo:

Método de ensayo: Campo seco (dry - cup) utilizando desecante.

Sustancia higroscópica: Gel de Sílice (granulometría entre 0,6 y 2,36 mm).

Disposición de la probeta : Normal a la dirección del flujo de vapor.

Sentido del flujo de vapor : Entrante por la cara superior de la probeta.

Posición de la probeta: Horizontal.

Resolución de la balanza : 0,01g.

Condiciones ambientales de la cámara de ensayo requerido por norma:

Temperatura del aire..... : 23,0 °C ± 0,5 °C.

Humedad relativa del aire..... : 50% ± 2%.

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

www.inti.gov.ar

consultas@inti.gov.ar

0800 444 4004

INTIArg

@INTIArgentina

INTI

@intiergentina

canalinti

IF-2021-117017059-APN-SOCE#INTI

Página 1 de 3

RESULTADOS

Cámara de ensayo: valores ambientales promedio.

Temperatura: 23,0°C

Humedad relativa: 51,8%

Presión atmosférica: 101,5kPa

Tiempo de ejecución: 8 horas.

Probetas (valores medios):

Espesor Aparente: 0,0218 m

Densidad aparente de la muestra: 991,2 kg/m³

Área de ensayo: 0,0845 m²

IDENTIFICACION			DENSIDAD DE FLUJO DE VAPOR DE AGUA (g/m ² h)	
INTI	SOLICITANTE	LABORATORIO		
1832	Placas PC con impermeabilizante transparente en cara externa	TV-51001-21	1,738	1,903
		TV-51002-21	1,880	
		TV-51003-21	2,108	
		TV-51004-21	2,062	
		TV-51005-21	1,752	

Resistencia a la difusión de vapor de agua (R_v): 0,63 (m².h.kPa) /g

Permeancia al vapor de agua Δ : 1,6 g/(m².h.kPa)

Permeabilidad al vapor de agua (δ): 3,5⁻² g/(m.h.kPa)

Espesor de aire equivalente (e_a): 0,44 m

Factor de resistencia a la difusión (μ): 20

Observación

Los resultados se obtuvieron habiendo efectuado el promedio sobre las probetas ensayadas.

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a las condiciones en las que se realizaron las mediciones y/o ensayos.

El presente Informe/Certificado está firmado digitalmente mediante Gestión Documental Electrónica (GDE) cumpliendo con los estándares internacionales de seguridad adoptados por la Infraestructura de Firma Digital de la República Argentina (IFDRA).

Ver cláusulas aplicables a este informe al final del documento

www.inti.gov.ar

consultas@inti.gov.ar

0800 444 4004

INTIArg

INTIArgentina

INTI

@intiergentina

canalinti

IF-2021-117017059-APN-SOCHI#INTI

Página 2 de 3

CLÁUSULAS APLICABLES A ESTE INFORME:

1. Los solicitantes podrán difundir los contenidos de este informe en la medida que su reproducción sea completa y exacta, citando al INTI como ejecutor de la tarea. El INTI no será responsable por el uso incompleto o inexacto de la información incluida en este documento.
2. Los resultados incluidos en este informe se refieren exclusivamente a los obtenidos en relación con el/los elemento/s ensayado/s y/o los servicios de asistencia tecnológica que hayan sido expresamente acordados con el solicitante.
3. El INTI no asume responsabilidad alguna respecto de la eventual extensión de los resultados informados a otro/s producto/s o elemento/s, diferente/s al/los ensayado/s (excepto que el muestreo previo haya sido realizado por el propio INTI) o a servicios que difieran de los expresamente acordados.
4. El INTI mantiene la confidencialidad respecto de la información generada durante el desarrollo de los ensayos, análisis, estudios o de todo otro servicio de asistencia, reservándose el derecho de utilizar los resultados obtenidos a partir de los mismos sólo con fines estadísticos, para su uso interno o para la divulgación genérica de sus actividades, adoptando en dichos casos las medidas de resguardo necesarias para preservar la propiedad de esa información y evitar la identificación de su origen.
5. Cuando la información a la que se refiere el punto anterior le sea requerida legalmente por una autoridad competente y/o por una autoridad judicial, el INTI informará de tal situación al propietario de la misma antes de ponerla a disposición del requirente.
6. En caso de violación de la cualquiera de las presentes cláusulas, el INTI adoptará las medidas legales correspondientes e iniciará las acciones administrativas y/o judiciales que se encuentren a su alcance.

Fin del Informe



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
2021 - Año de Homenaje al Premio Nobel de Medicina Dr. César Milstein

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico firma conjunta

Número: IF-2021-117017059-APN-SOCRI#INTI

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Jueves 2 de Diciembre de 2021

Referencia: OT 224-1832 TVA UBA (Caruso)

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 3 pagina/s.

Digitally signed by Victor Menga
Date: 2021.12.01 02:21:58 -03:00

Victor Menga
Técnico Mecánico
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by Alonso Germán Rosé
Date: 2021.12.01 11:12:47 -03:00

Alonso Germán Rosé
Técnico Profesional
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by Velázquez Silvia Beatriz
Date: 2021.12.02 09:21:25 -03:00

Velázquez Silvia Beatriz
Coordinadora
Subgerencia Operativa de Construcciones e Infraestructura
Instituto Nacional de Tecnología Industrial

Digitally signed by
Date: 2021.12.02 09:26:29 -03:00

Referencias

Caruso S. & Yajnes M. (2014). Paper *Proyecto SI TRP 18 - Mezclas con baja proporción de Cemento u otros ligantes aplicables a Materiales y Técnicas Constructivas utilizando Papel Reciclado y Fibras Naturales en su Composición*. Actas del X Encuentro Regional de Investigación y XXVIII Jornadas de Investigación FADU UBA, 25 y 26 de septiembre de 2014.

Anexo 2

Montaje de un módulo productivo semilla de 4 operarios para la elaboración de placas de Papel Cemento por una Empresa Social subsidiada

Se considera el montaje de un módulo productivo semilla mínimo, de 4 operarios, para la puesta en marcha de la actividad. Este módulo podrá ser ampliado o replicado por la misma Empresa Social o Cooperativa a medida que se afiance la producción y comercialización de las placas (Estimación de Factibilidad Económica en Anexo 3).

Material a fabricar: Placas de Papel Cemento para revestimientos interiores

Pueden ser aplicadas sobre pared como una cerámica, reemplazando el revoque y ahorrando así el material y mano de obra en ese rubro, o ser atornilladas sobre listones de madera o perfilera de acero galvanizado. Son pintables, serruchables, atornillables y clavables.

Existe la posibilidad de agregarles terminaciones en color en la etapa de fabricación de manera simple y económica espolvoreando con ferrite seco antes de llenar el molde. Se pueden realizar inclusiones de distintos materiales (venecitas, piedras, cuentas de vidrio,

maderas, fibras vegetales) para personalizar el resultado (Figura 26). Es recomendable aplicar protector hidrófugo al agua al producto terminado.

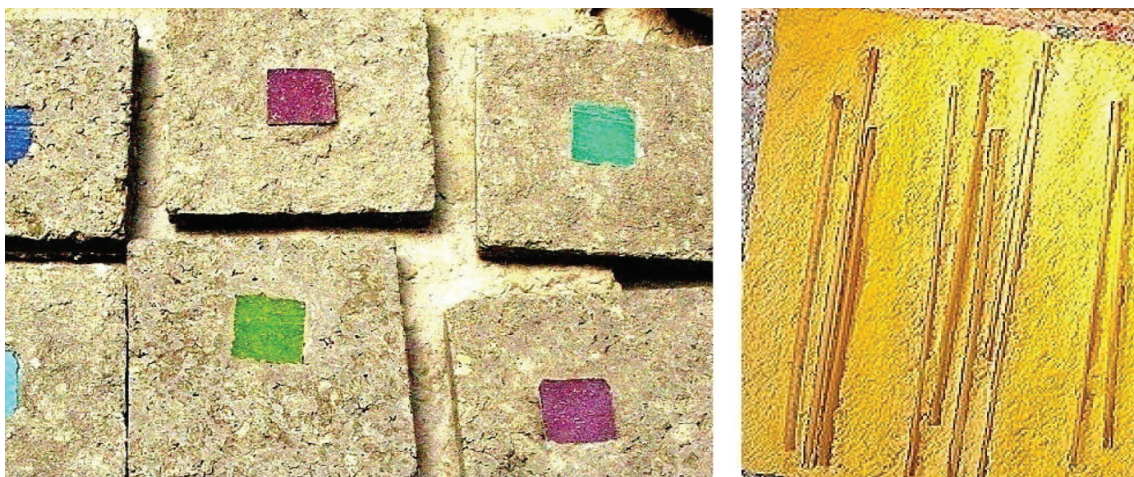


Figura 26 . Placas con inclusiones de venecitas y fibras naturales⁶⁸

Para un taller productivo pequeño es aconsejable fabricar placas para cielorrasos y paredes, bloques celosía, molduras, rosetones y guardas decorativas. Si se decide fabricar con papel cemento ladrillos o bloques para muros divisorios, será necesario contar con espacio de acopio de materiales y piezas terminadas, propios de emprendimientos de mayor envergadura.

Propuesta para la puesta en marcha de Proyecto Productivo con apoyo de la Universidad Pública (Caruso & Yajnes, 2016)

Se considera la creación de una Empresa Social (ES) gestionada por una Cooperativa donde gran parte del equipamiento sea fabricado por los cooperativistas, en su mayoría con materiales donados o reciclados. Contarán con el asesoramiento y la capacitación brindados por integrantes de Proyectos de Investigación de la FADU UBA y Programas de Extensión de la UBA, para la fabricación de materiales con residuos de papeles y cartones de la construcción.

Se parte del supuesto de que la fábrica estará armada y equipada con el aporte de subsidio estatal y/o donaciones, al momento de comenzar la producción y que el local será cedido en

⁶⁸ Elaboración propia.

préstamo por un lapso estimado y establecido previamente, tal que permita a la ES alcanzar la independencia de los subsidios y la auto suficiencia.

Los papeles a utilizar como insumo provendrían de las bolsas de materiales en polvo de obras en CABA. Se supone que, mediante la aplicación de la normativa correspondiente, el generador estaría obligado a pagar a una empresa especializada para su disposición final y posiblemente le convendría más costear el flete hasta el taller de la ES, obteniendo el certificado de gestión de residuos. La cooperativa ahorraría por su parte, el costo de recolección y traslado del material.

- Pasos Necesarios previos a la etapa de Fabricación
 - Pasantes de Diseño Industrial asesorarán en aspectos de su especialidad respecto al lay out del espacio de trabajo y la fabricación o adquisición de máquinas y herramientas.
 - Durante el tiempo que dure la puesta a punto del lugar de trabajo se realizará paralelamente la capacitación de los operarios por integrantes del Proyecto de Investigación de la FADU UBA.
 - Como contraparte de los subsidios obtenidos y de la capacitación brindada por la Universidad, los futuros trabajadores se encargarán de montar el lay out y fabricar moldes, mesas, estanterías, etc.
 - Bajo programas de Extensión de la UBA se realizará el Marketing elaborando un informe sobre el tipo de usuario al cual se dirigen los productos y su grado de aceptación, para realizar ajustes si fueran necesarios y lanzar la campaña de posicionamiento en el mercado. También bajo los mismos programas la ES recibirá asesoramiento impositivo.
- Requerimientos Físicos mínimos del taller
 - Conexión eléctrica preferentemente trifásica.
 - Conexión de agua.

- Área de fabricación mínima estimada: 15 m². Incluye espacio de guardado de materiales, moldes y herramientas.
 - Área de estiba mínima estimada: 10 m²
 - Área de fraguado bajo techo a determinar según disponibilidad y forma de disposición (ver abajo Fraguado y forma de Estiba).
- Moldeo y Desmolde

Los moldes pueden ser de EPS, Polyfan, chapa galvanizada, plástico ABS o plástico Alto Impacto, estos dos últimos moldeados en distintas texturas. Estos materiales pueden utilizarse para la auto fabricación de los moldes. Si se decide utilizar moldes comerciales, se los puede adquirir en empresas que faciliten formas de pago. Algunas de ellas asesoran además a sus clientes sobre la manera de formar un emprendimiento.

Luego del moldeo las piezas necesitan compactación manual pero no vibrado. Pueden desmoldarse en un tiempo breve gracias al agregado de entre un 2% a un 5% de carbonato de calcio calculado en relación al peso.

- Fraguado y forma de Estiba

El tiempo de fraguado es de 28 días. Los materiales pueden estibarse de las siguientes formas:

- en piso, preferentemente sobre papel o cartón corrugado
- sobre pallets superpuestos para ahorrar espacio
- en carros bandejeros
- en estanterías *ad hoc*

- Materiales y Herramientas Básicos

- Bolsas de obra usadas,
- Cemento, arena, carbonato de calcio, malla de fibra de vidrio, desmoldante, protector hidrófugo al agua
- 1 mesa autofabricada con madera recuperada de 1 m x 2,00 m
- 1 cizalla tamaño A3 para corte del papel

- 2 herramientas de licuado (varillas roscadas de 8 mm con disco helicoidal de chapa galvanizada atornillado)
- 2 taladros de 1200 RPM
- 2 baldes recuperados de 20 l para licuado del papel
- 2 baldes recuperados de 20 l para almacenar pulpa de papel
- 2 baldes recuperados de 20 l para realizar la mezcla;
- 2 cucharas de albañil
- 16 moldes
- Tacos de madera recuperada para compactar la mezcla
- 1 Estantería autoconstruida con madera recuperada

Referencias

Caruso S. I. & Yajnes M. E. (2016). *PIA TRP 01: Avances en la gestión de papeles de obra orientados a la producción de materiales in situ. Análisis de criterios y normas aplicables a los ensayos sobre esos materiales en Argentina*. En Actas de las XXX Jornadas de Investigación SI+ Configuraciones, Acciones y Relatos, FADU UBA 6 y 7 de octubre de 2016.

Anexo 3

Estimación de Factibilidad Económica para la elaboración de placas de Papel Cemento por una Empresa Social subsidiada, en un módulo productivo semilla de 4 operarios, al 14 de agosto de 2024 (Ver Anexo 2) (Caruso & Yajnes, 2016)

Los cálculos realizados son meramente orientativos, considerando que la factibilidad económica de un emprendimiento depende de múltiples factores, muchos de ellos de carácter coyuntural. Se cotizan los materiales al por mayor, los áridos en bolsa para la etapa inicial de puesta en marcha y adaptación. Una vez que la Empresa Social alcance su máximo estado de

productividad, los áridos se adquirirán a granel para disminuir los costos. El equipamiento básico se describe en la Tabla 6.

Tabla 6. Equipamiento básico. Precios por mayor IVA incluido

Material	Precio Unitario/\$	Total/\$
2 herramientas de licuado	50.000,00	100.000,00
1 cizalla tamaño A3 para cortar papel	35.000,00	35.000,00
1 Mesas de 1m x 2 m autoconstruida con madera recuperada (se considera solo el costo de clavos y tornillos)	500,00	500,00
16 Moldes de goma símil piedra 27cm x 50cm x 1,5cm	15.000,00	240.000,00
6 Baldes de 20 l recuperados, para licuar el papel, almacenar el papel procesado (pulpa) y realizar la mezcla	0,00	0,00
1 Estantería autoconstruida con madera recuperada (se considera solo el costo de clavos y tornillos)	1.000,00	1.000,00
Herramientas varias (estimado)		80.000,00
Fletes (estimado)		10.000,00
INVERSIÓN INICIAL		466.500,00

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se realiza el cálculo del Precio de Venta al Público de 1m² de Placa de papel Cemento Símil Piedra de 1,5 cm de espesor (Tabla 7).

Tabla 7. Cálculo del Precio de Venta para 1 m² de placa de 1,5 cm de espesor
Precios de insumos por mayor, incluyen IVA

Ítem	Cantidad	Costo/\$
Papel seco (los costos de gestión de RPC en obra y flete son asumidos por el generador, los costos de electricidad y agua para licuado son cubiertos por el subsidio inicial)	1,74 kg	0,00
Cemento (bolsa 50 kg \$ 6.000)	6,45 kg	774,00
Arena (bolsa 30 kg \$ 1.500)	2,23 kg	111,50
Malla fibra de vidrio 5mm x 5mm (rollo ancho 1m, largo 50 m \$ 40.000)	1 m ²	800,00
Carbonato de Calcio (bolsa de 25 kg \$ 12.000)	0,40 kg	192,00
Desmoldante (balde 20 l \$ 50.000)	0,05 l	125,00
Protector hidrófugo transparente al agua (bidón 20 l \$ 70.000)	0,08 l	280,00
Mano de obra en base a tarifa horaria para Oficial Albañil Especializado Zona "A" UOCRA ⁶⁹ de \$ 3.616 (licuar papel, preparar mezcla, llenar moldes, compactar, desmoldar, proteger, estibar)	30'	1.808,00
Subtotal 1		4.090,05
Gastos Varios (seguros, limpieza, fletes, imprevistos)	5 % de Subtotal 1	204,50
Costo/m² (Subtotal 1 + Gastos Varios)		4.294,55
Ganancia por m ²	15 %	644,18
Subtotal 3		4.938,73
IVA Venta	21 %	1.037,13
PRECIO DE VENTA POR M²		5.975,86

Fuente: Elaboración Propia.

⁶⁹ Fuente: https://www.infozona.com.ar/sueldo-de-albanil-cuanto-cobra-por-hora/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwnqK1BhBvEiwAi7o0X8unnJul8Z0ytYziYJbduLM34u8D2dKkWpbrS-MbqHLUGQVWGb41GLxoCm34QAvD_BwE

Para evaluar la competitividad económica de las placas de Papel Cemento como revestimiento de pared, se promediaron los 3 precios más económicos de los materiales con los que podrían competir: placas de yeso, cerámicos y porcelanatos (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación de precios por m² al 14/08/24

Material / m²	Precio Venta/\$
Estimación promedio de 3 precios más económicos	
Placa de yeso 1,5 cm (solo precio de la placa)	8.000,00
Revestimiento Porcelanato	15.000,00
Revestimiento Cerámico Pared	6.700,00
Revestimiento de Cemento Símil Piedra	17.300,00
Placa papel cemento	5.975,86

Fuente: Elaboración Propia.

Es interesante observar que, además de ser un material más económico que todos los de usos similares, presenta una gran diferencia de precio con el Revestimiento Símil Piedra de Cemento, siendo que puede moldearse sin dificultad en Papel Cemento con ese patrón, resultando muy competitivo respecto a los Símil Piedra de mercado. Además de ser mucho más económico, brinda la ventaja de sus propiedades de mayor liviandad, aislación térmica y regulación del vapor de agua en interiores.

Resultados Económicos

Los siguientes resultados se alcanzarían una vez que la Empresa Social logre su óptimo funcionamiento y se comercialice toda la producción mensual (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados Económicos

Ítem	Resultado
Rendimiento Diario en m ² de placas por operario: 2 m ² /h x 8 h	16 m ² /día
Rendimiento Mensual en m ² de placas por 4 operarios: (16 m ² /día x 4) x 20 días	1.280 m ² /mes
Facturación mensual: 1.280 m ² /mes x \$ 5.975,86/ m ²	\$ 7.649.100,8/mes
Ganancia mensual por operario: \$ 28.928/día x 20 días/mes	\$ 578.560/mes
Ganancia mensual para la Empresa Social : \$ 644,18/m² x 1.280 m²/mes	\$ 824.550,40/mes

Fuente: Elaboración Propia.

Conclusión

La ganancia mensual estimada puede utilizarse en todo o en parte para mejorar los sueldos, amortizar los costos de equipamiento, invertir en máquinas, herramientas, mejoras, ampliación, etc. O puede ahorrarse para inversión a futuro. Considerando que el objetivo de una Empresa Social es principalmente pagar los salarios de sus participantes y afrontar los gastos de la actividad, aún sin obtener esta ganancia el objetivo quedaría cumplido.

Dado que el precio resulta muy competitivo comparado con el de placas símil piedra de mercado, existiría la posibilidad de aumentar el margen de ganancia de acuerdo a la complejidad del molde utilizado o a encargos de diseños personalizados.

Un objetivo del Emprendimiento, además de lograr la subsistencia económica de los 4 operarios originales, es poder alcanzar la independencia de los subsidios y convertirse en una empresa formal generadora de nuevos puestos de trabajo.

Referencias

Caruso S. I. & Yajnes M. E. (2016). *PIA TRP 01: Avances en la gestión de papeles de obra orientados a la producción de materiales in situ. Análisis de criterios y normas*

aplicables a los ensayos sobre esos materiales en Argentina. En Actas de las XXX Jornadas de Investigación SI+ Configuraciones, Acciones y Relatos, FADU UBA 6 y 7 de octubre de 2016.

Bibliografía

- Abuela Naturaleza Asociación Civil (s. f.). <https://www.abuelanaturaleza.org.ar/>
- ACLIMA. (2022). *CERIC-ERIC contribuirá al desarrollo de nuevos materiales para la Economía Circular*. <https://aclima.eus/ceric-eric-contribuira-al-desarrollo-de-nuevos-materiales-para-la-economia-circular/>
- AFCP - Asociación de Fabricantes de Cemento Portland. (2023). *Estadísticas*. <http://afcp.info/ESTADISTICAS/DATOS-DEFINITIVOS/202312-ProDesp/estadistica03.html>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2024). *Ahora es el momento de acelerar la transición hacia una Europa más circular*. <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/ahora-es-el-momento-de-acelerar>
- Álvarez, R. N. (2011). *La basura es lo más rico que hay: relaciones políticas en el terreno de la basura: el caso de los queremos y los emprendimientos sociales en el relleno norte III del CEAMSE*. Editorial Dunken.
- Ambiente y Espacio Público. (s. f.). *El Museo del Reciclado*. https://buenosaires.gob.ar/areas/med_ambiente/recuperadores/museo.php
- Anaya Martínez P. 2020. *Contribución del SDE 2012 al proyecto de viviendas sostenibles*. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid. No editado. Accesible en https://oa.upm.es/57897/1/TFG_20_Anaya_Martinez_Paloma.pdf.
- ARCA. Centro de Reciclado y Ecología Urbana Asociación Civil. (s. f.). https://www.facebook.com/arcacentro.org.ar/?locale=es_LA
- Arteaga, L. (1985). Higienismo y ambientalismo en la medicina decimonónica. *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam*, 5, 417-425.

- Asociación de Construcción de Cáñamo de EE. UU. (2024). *Apéndice de cáñamo y cal publicado en 2024. Códigos residenciales modelo de EE. UU.* <https://www.hempbuildmag.com/home/irc-hemp-lime>
- Asociación de Fabricantes de Cemento Portland Recuperado el 11/09/2021 de <http://afcp.info/Anuarios/Anuario-2020.pdf>
- Austin-Morgan T. (2022). *Could bacteria-grown bricks 'cure the disease' of cement industry emissions?* Institution of Mechanical Engineers. <https://www.imeche.org/news/news-article/could-bacteria-grown-bricks-'cure-the-disease'-of-cement-industry-emissions>
- Banks G. (2010). *The house made of hemp.* <https://newatlas.com/first-us-hemp-house/17115/>
- Benmahiddine F., Bennai F., Cherif R., Belarbi R., Tahakourt A., Abahri K. (2020). Experimental investigation on the influence of immersion/drying cycles on the hygrothermal and mechanical properties of hemp concrete. *Journal of Building Engineering*, Volume 32. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235271022033391X>
- Brock, J. (2018). *Dry application papercrete.* U.S. Patent No 10,150,705, 11 Dic. 2018. <https://patents.google.com/patent/US10150705B2/en>
- Cámara Argentina del Papel y Afines. (s.f.). *Tipos y usos del papel.* <https://www.camarapapel.org.ar/capa.php?Id=121&n=TIPOS+Y+USOS+DEL+PAPEL&c=Actualidad&sc=El+Papel>
- Carbicarete. (s. f.). *Tecnología.* <https://carbicarete.com/technology-2/>
- Carboncure. (2023). *CarbonCure Technologies, Central Concrete and Heirloom Achieve First-Ever Concrete Storage of Atmospheric CO₂ Captured By Direct Air Capture.* <https://www.carboncure.com/news/carboncure-technologies-central-concrete-and-heirloom-achieve-first-ever-concrete-storage-of-atmospheric-co2-captured-by-direct-air-capture/>

- Caruso S. & Yajnes M. (2014). *Proyecto SI TRP 18 - Mezclas con baja proporción de Cemento u otros ligantes aplicables a Materiales y Técnicas Constructivas utilizando Papel Reciclado y Fibras Naturales en su Composición*. Actas del X Encuentro Regional de Investigación y XXVIII Jornadas de Investigación FADU UBA, 25 y 26 de septiembre de 2014.
- Caruso S., Yajnes M. (2015). *Rehabilitación de una vivienda familiar en Buenos Aires, Argentina, utilizando materiales fabricados con residuos reciclados*. Actas del II Congreso Internacional sobre Construcción Sostenible y Soluciones Eco-Eficientes (CICSE), 25 a 1 27 de Mayo de 2015. Sevilla. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=577126>. Páginas 209 a 221
- Caruso S. I. & Yajnes M. E. (2016). *PIA TRP 01: Avances en la gestión de papeles de obra orientados a la producción de materiales in situ. Análisis de criterios y normas aplicables a los ensayos sobre esos materiales en Argentina*. En Actas de las XXX Jornadas de Investigación SI+ Configuraciones, Acciones y Relatos, FADU UBA 6 y 7 de octubre de 2016.
- Caruso S. (2017). " Avances en la investigación de hormigones con papeles recuperados y fibras naturales". En Actas de las XXXI Jornadas de Investigación y XIII Encuentro Regional SI + (des)naturalizar & (re)construir. FADU UBA 28 y 29 de septiembre de 2017.
- Caruso S. & Becerra Araneda A. (2020). Paper *Potencialidad de la celulosa bacteriana como protección de revestimientos en construcción*. Actas de las XXXIV Jornadas de Investigación y XVI Encuentro Regional, SI + Herramientas y procedimientos. Instrumento y método; FADU UBA 27 a 1 30 de octubre de 2020. <http://www.publicacionescientificas.fadu.uba.ar/index.php/actas/article/view/2389/2553>
- Castaño K. (2022). *Cáñamo en América Latina*. <https://laiha.org/canamo-en-america-latina/>

Castaño Coronado K. (2022). *Ley del Cáñamo en Colombia*. <https://laiha.org/2022/05/24/ley-del-canamo-en-colombia/>

CEAMSE. (s. f.). <https://www.ceamse.gov.ar/nuestra-historia/>

Cebada Sánchez, M. (2017). Construir con balas de paja. Innovación y sabiduría popular. *Cercha: revista de la Arquitectura Técnica*, (132), 74 -77. <https://www.riarte.es/bitstream/handle/20.500.12251/560/CERCHA%20132%20MAYO%2017.%20pp.%2074-77.%20Construir%20con%20balas%20de%20paja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Centros Verdes. (2022). <https://ciudadverde.gob.ar/centros-verdes/>

CEP ATAE FADU UBA. (s. f.). <https://www.instagram.com/cepatae/?hl=es>

CESUS. Centro de Sustentabilidad para Gobiernos Locales (2024). <https://cesus.org/>

Código de Edificación de la Ciudad de Buenos Aires. (2019). <https://buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/nuevo-codigo-de-edificacion>

Colegio de Ingenieros Civiles de la Provincia de Córdoba (s. f.). *El ingeniero civil y “la Ingeniería Sanitaria”*. <https://civiles.org.ar/institucional/el-ingeniero-civil-y-la-ingenieria-sanitaria/>

Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo establece cómo hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro en 2050, impulsando la economía, mejorando la salud y la calidad de vida de los ciudadanos, protegiendo la naturaleza y no dejando a nadie atrás*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/es/ip_19_6691/IP_19_6691_ES.pdf

Comisión Europea. (2020). *Un nuevo Plan de Acción para la Economía Circular: una Europa más limpia y competitiva*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

Comisión Europea. (s. f.). *Cáñamo*. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_es

Comisión Europea. (2024). *Se ha adoptado la Directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios, con el fin de reducir las facturas de energía y las emisiones*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_24_1965

Conferencia Internacional de Cannabis. (2024). *Cambio importante: se espera que la "cláusula de intoxicación" del cáñamo alemán termine pronto*. <https://internationalcbc.com/major-shift-german-hemp-intoxication-clause-expected-to-end-soon/>

Cousins S. (2024). Los paneles de paja 'OSE' afrontan la quema de cultivos en Asia. *RIBA Journal*. <https://www.ribaj.com/products/straw-ose-construction-boards-crop-burning-indonesia-sustainability-ecolution>

D'Annibali, S. (2015). *De cirujas a recicladores urbanos. Transformación de los residuos y el reciclaje*. VIII Jornadas de Jóvenes Investigadores. Instituto Gino Germani, UBA, 4, 5 y 6 de noviembre de 2015.

Decreto-ley 8782 de 1977 [Municipalidad de la Ciudad de Bs.As. y la Provincia de Buenos Aires]. Por el cual aprueban el Convenio entre la Municipalidad de la Ciudad de Bs.As.y la Provincia por el cual se constituye la Sociedad del Estado, Cinturón Ecológico (CEAMSE). <https://normas.gba.gob.ar/ar-b/decreto-ley/1977/8782/1201>

Decreto-ley 8981 de 1978 [Municipalidad de la Ciudad de Bs.As. y la Provincia de Buenos Aires]. Por el cual aprueban el Convenio ampliatorio celebrado entre la Municipalidad de la Ciudad de Bs.As.y la Provincia de buenos aires, ref.: Cinturón Ecológico Área

Metropolitana Sociedad del Estado (CEAMSE).<https://normas.gba.gob.ar/ar-b/decreto-ley/1978/8981/1054>

Decreto-ley 9111/1978. Regulando la disposición final de la basura en los partidos que conforman el Área Metropolitana. (CEAMSE) (Residuos Sólidos Urbanos) (DL:9111/78). (17 de julio de 1978). B oletín Oficial, 26 de julio de 1978. <https://normas.gba.gob.ar/ar-b/decreto-ley/1947/9111/950>

Defensoría del Pueblo. (2020). https://defensoria.org.ar/archivo_noticias/en-defensa-de-los-recuperadores/

Díaz A. (2023). Caso de estudio: pequeña casa de madera sustentable, materialidad para una nueva arquitectura. *Arquitecto*, N° 21, 2023. https://www.researchgate.net/publication/372330829_Caso_de_estudio_pequena_casa_de_madera_sustentable_materialidad_para_una_nueva_arquitectura

Dimarco S. (2012) Entre riesgo social y beneficio ambiental: transformaciones sociohistóricas en la construcción social del riesgo de la clasificación de residuos. *Quid 16*, (2) : 161-180

Eco Ultravioleta. (2024). *La construcción con paja, la fibra social*. <https://ecoultravioleta.coop/la-construccion-con-paja-la-fibra-social/>

EKOPANELY. (2019). *Declaration of Performance No. 04/2019* https://www.ekopanely.com/wp-content/uploads/2022/11/05_Ekopanely-declaration-of-performance-EKOPANELY-04-2019.pdf

EPA (2023). *Papel y cartón: datos específicos de cada material*. <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/paper-and-paperboard-material-specific-data>

ESPINOSA, William Javier Mora, VALENCIA, Bladimir Azdrubal Ramón, CONTRERAS, Gonzalo G. Moreno. 2019. "Fibras Naturales como alternativa de refuerzo en

- materiales compuestos. Una revisión". *BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 17(2), 60-72.
- Estudio Kozak. (s. f.). *Edificio Olaya*. <https://www.estudiokozak.com/olaya.php>
- Evans, J. M., & de Schiller, S. (2015). De contenedores a vivienda: reutilización, impacto y sustentabilidad. Análisis, mediciones y recomendaciones. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, 19, 13-21.
- FACCyR. (2023). *Federación Argentina de Cartoneros, Carreros y Recicladores*. <https://faccyr.org.ar/>
- Fiquepron, M. R. (2017). Los vecinos de Buenos Aires ante las epidemias de cólera y fiebre amarilla (1856-1886). *Quinto sol*, 21(3), 1-22.
- Foro Económico Mundial. (2023). *Este nuevo material podría reducir un 40% las emisiones de CO2 del cemento de aquí a 2030*. <https://es.weforum.org/agenda/2023/11/este-nuevo-material-podria-reducir-en-40-las-emisiones-de-co2-del-cemento-de-aqui-a-2030/#:~:text=El%20cemento%2C%20el%20pegamento%20que,de%20las%20econom%C3%ADas%20en%20crecimiento>
- Forvia. (s. f.). <https://www.forvia.com/en/press/forvia-receives-recognition-its-environmental-social-and-governance-esg-performance>
- Fundación Ellen MacArthur. (2021). *Objetivos Universales de Políticas para la Economía Circular*. <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/ES-Objetivos-universales-de-poli%CC%81ticas-para-la-economi%CC%81a-circular.pdf>
- Gattupalli A. (2023). El futuro de la arquitectura y los materiales de construcción de cáñamo: Revolucionando la industria. *ArchDaily Colombia*. (Trad. Rojas, Piedad). <https://www.archdaily.co/co/1003723/el-futuro-de-la-arquitectura-y-los-materiales-de-construccion-de-canamo-revolucionando-la-industria>

- GCBA (2024). *Primera Estrategia de Economía Circular de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. 2024-2028*. <https://documentosboletinoficial.buenosaires.gob.ar/publico/PE-DEC-AJG-AJG-220-24-ANX.pdf>
- GCBA. (s. f.). *Centro de Reciclaje de la Ciudad*. <https://buenosaires.gob.ar/centro-de-reciclaje-de-la-ciudad>
- Ghaffar S. (2017). Straw fibre-based construction materials. *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction*. Pages 257-283. Woodhead Publishing.
- Greenpeace (s.f.). *Ley de Basura Cero: más de 14 años de metas incumplidas*. <https://www.greenpeace.org/argentina/involucrate/con-incineracion-no-hay-basura-cero/ley-de-basura-cero-mas-de-14-anos-de-metas-incumplidas/#:~:text=La%20ley%201854%20de%20Gesti%C3%B3n,Sin%20embargo%2C%20no%20se%20cumple>.
- Grinberg C. (2023). *Inversiones en edificios sustentables: ¿es posible hoy en la Argentina?* Argentina Green Building Council. <http://www.argentinagbc.org.ar/?articulos=inversiones-en-edificios-sustentables-es-posible-hoy-en-la-argentina>
- Grupo Argos. (2022). *Programa Sacos Verdes de Cementos Argos: apostándole a la sostenibilidad y al cuidado del medio ambiente en todo el país*. <https://www.grupoargos.com/sacos-verdes-cementos-argos/>
- Gobierno del Reino Unido. (2024). *Los cambios en las licencias de cáñamo ayudarán al crecimiento de la economía del Reino Unido*. <https://www.gov.uk/government/news/hemp-licensing-changes-will-help-grow-uk-economy>
- Gubinelli G. (2015). *Novedoso proyecto nacional de aislación térmica mediante celulosa reciclada*. Energía Estratégica. <http://www.energiaestrategica.com/novedoso-proyecto-nacional-de-aislacion-termica-mediante-celulosa-reciclada/>

- Guillén Navarro, N. A. (2022). Claves básicas para entender el presente y futuro de la Economía Circular en la unión europea. *Revista Aragonesa de Administración Pública N° Extra 23*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8750146>
- Hernández F. (2019). *Arquitectos declaran emergencia climática y de biodiversidad*. <https://centrourbano.com/revista/arquitectura-2/arquitectos-emergencia-climatica/>
- Hunt K. (2020). Edificios más ecológicos con Hempcrete. *ASTM*. <https://sn.astm.org/esp/features/edificios-mas-ecologicos-con-hempcrete-ma20.html>
- Hargrove, J. & Rabon, Z. (2011). *Load bearing insulation and method of manufacture and use*. U.S. Patent No 7,867,432, 11 E ne. 2011. <https://patents.google.com/patent/US7867432B2/en>
- Harvey & E & E News. (2018). *Cement Producers Are Developing a Plan to Reduce CO2 Emissions*. <https://www.scientificamerican.com/article/cement-producers-are-developing-a-plan-to-reduce-co2-emissions/>
- Hernández-Olivares F., Medina-Alvarado R., Eduardo Burneo-Valdivieso X., Zúñiga-Suárez A. (2020). Short sugarcane bagasse fibers cementitious composites for building construction, *Construction and Building Materials*, Volume 247, 2020. <https://www.un.org/es/chronicle/article/objetivo-11-las-ciudades-desempenaran-un-papel-importante-en-la-consecucion-de-los-objetivos-de>
- Honext. (2024). <https://honextmaterial.com/es/empresa/>
- Ihobe. (s. f.). *Etiqueta Ecológica Europea*. [https://www.ihobe.eus/ecoetiqueta-europea#:~:text=La%20Etiqueta%20Ecol%C3%B3gica%20Europea%20\(EEE,que%20respetan%20el%20medio%20ambiente.](https://www.ihobe.eus/ecoetiqueta-europea#:~:text=La%20Etiqueta%20Ecol%C3%B3gica%20Europea%20(EEE,que%20respetan%20el%20medio%20ambiente.)
- Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Humano. (1973). <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n73/039/07/pdf/n7303907.pdf?token=U3NN4mVzgWJNgeUKo6&fe=true>

- Innova. (2024). *Comprar ladrillos ecológicos en España*.
<https://innovaextremadura.es/bloques-sostenibles-de-tierra-comprimida-btc-solbloc/>
- Iñiguez A. (2023). *Fabricar materiales con residuos: Investigando componentes cultivables para reemplazar a los derivados del petróleo en Argentina*. ArchDaily.
<https://www.archdaily.cl/cl/996640/fabricar-materiales-con-residuos-investigando-componentes-cultivables-para-reemplazar-a-los-derivados-del-petroleo-en-argentina>
- International Code Council. (s. f.). *Who we are*. <https://www.iccsafe.org/about/who-we-are/>
- IRC. (2023). *Apéndice AS Construcción con pacas de paja*. Versión diciembre 2023 en Español. <https://codes.iccsafe.org/content/IRCSP2021P1/appendice-as-construccion-con-pacas-de-paja>
- IRC. (2024). *Apéndice BL. Construcción con cal de cáñamo (hormigón de cáñamo)*.
<https://codes.iccsafe.org/content/IRC2024P2/appendix-bl-hemp-lime-hempcrete-construction>
- Jurado M. (2015). *BlacBrick, el ladrillo del futuro*.
<https://www.elmundo.es/economia/2015/07/02/5592de5f22601df5048b456b.html>
- Kozak, D.; Mühlmann, S.; Yajnes, M.; Caruso, S.; Kozak A. (2016). Paper *Avances en la gestión y producción de materiales con criterios de sustentabilidad en viviendas multifamiliares en la ciudad de Buenos Aires*. Actas de las XXX Jornadas de Investigación SI+ Configuraciones, Acciones y Relatos FADU UBA 6 y 7 de octubre de 2016.
- La Nación (2003). *Inauguran el Museo del Reciclado*.
<https://www.lanacion.com.ar/sociedad/inauguran-el-museo-del-reciclado-nid492099/>
- La Nación (2005). *Ecología. Basura, un tema sin desperdicio*.
<https://www.lanacion.com.ar/arquitectura/actualidad-nid697416/>

- Lewandowski, M. (2016). Designing the business models for circular economy. Towards the conceptual framework. *Sustainability*, 8, 3-28.
<https://www.mdpi.com/journal/sustainability>
- Ley 20.337 de 1973. *Cooperativas. Nuevo Régimen*. 2 de mayo de 1973. Boletín Oficial 15 de mayo de 1973. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-20337-18462>
- Ley 25.675 de 2002. *Ley General del Ambiente. Política ambiental nacional. presupuestos mínimos para gestión sustentable*. 6 de noviembre de 2002. Boletín Oficial. 28 de noviembre de 2002. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25675-79980/texto>
- Ley 992 de 2002. *Declara “servicios públicos” a los servicios de higiene urbana de la C.A.B.A., incorpora, en esta categoría, a los recuperadores de residuos reciclables, crea el registro de recuperadores, y de cooperativas y pequeñas y medianas empresas*. 21 de enero de 2003. Boletín Oficial 29 de enero de 2003. <https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/normativaba/norma/31157>
- Ley 25.916 de 2004. *Gestión de Residuos Domiciliarios. Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental*. 4 de agosto de 2004. Boletín Oficial 7 de septiembre de 2004. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25916-98327/texto>
- Ley 1.854 de 2005. *Basura Cero. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. 4 de enero de 2006. Boletín Oficial 12 de Enero de 2006. <https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/normativaba/norma/81508>
- Ley 1.687 de 2005. *Ley de Educación Ambiental, Adquisición de conocimientos sobre el Ambiente; Ética ambiental; Incorporación al Sistema Educativo, Educación Formal, No Formal, Informal*. 31 de mayo de 2005. Boletín Oficial 6 de junio de 2005. <https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/normativaba/norma/72059>
- Ley 27.592 de 2020. *Ley Yolanda. Garantizar la formación integral en ambiente, con perspectiva de desarrollo sostenible y con especial énfasis en cambio climático para*

- las personas que se desempeñen en la función pública*. 17 de noviembre de 2020. Boletín Oficial 15 de diciembre de 2020.
<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/238505/20201215>
- Ley 6.468 de 2021. *Ley Marco de Economía Circular*. 1° de diciembre de 2021. Boletín Oficial 06 de diciembre de 2021.
<https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/normativaba/norma/578709>
- Living in Paper. (2024). *Vivir en Papel - 2024*. <http://www.livinginpaper.com/index.htm>
- Lotus J. (2022). *El hormigón de cáñamo está aprobado para los códigos de construcción residencial de EE. UU.* <https://www.hempbuildmag.com/home/hempcrete-approved-for-us-residential-building-code-update>
- Lotus J. (2022) B. *Spotlight: 3 New Hemp Houses in the USA*.
<https://www.hempbuildmag.com/home/3-hemp-houses>
- Lowimpact. org. (s. f.). *Straw-bale building*. <https://www.lowimpact.org/categories/strawbale-building>
- Lundberg N. (2017). *Funding for the Future*. Texas Tech University.
<https://www.depts.ttu.edu/research/eureka/posts/Spring2017/funding-future.php>
- Made, M. E. (2019). *La gestión integral de los residuos sólidos urbanos: el caso de la ley Basura Cero en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2005-2019*. Tesis de Maestría. Universidad de San Andrés.
- Maldovan, J., & Angélico, H. (2011). *Asociatividad y redes: la disputa por la participación de los cartoneros en el sistema público de higiene urbana de la CABA*. Actas del 10° Congreso Nacional de Estudios del Trabajo. Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires

- Martínez González G. (2022). *Geopolímeros y sus aplicaciones. Tecnológico Nacional de México en Celaya*. <https://celaya.tecnm.mx/geopolimeros-y-sus-aplicaciones/>
- Concrete Construction. (2013). *Mason Greenstar - Greenstar Blox*. https://www.concreteconstruction.net/products/mason-greenstar-greenstar-blox_o
- Materiom. (s. f.). *The commons for biomaterials innovators*. <https://materiom.org/commons>
- McDonough & Braungart (2005). *Cradle to Cradle (De la Cuna a la Cuna)*. *Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L. Madrid.
- Mendes R., Vilela A., Farrapo C., Mendes J., Denzin Tonoli G., Mendes L. (2017). Lignocellulosic residues in cement-bonded panels, *Sustainable and Nonconventional Construction Materials using Inorganic Bonded Fiber Composites*, Woodhead Publishing, 2017, Pages 3-16.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (s. f.). *Nota informativa sobre el cultivo del cáñamo*. https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/notainformativasobreeelcultivodecanamo_tcm30-560351.pdf
- Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires. (1977, 3 de agosto). Ordenanza 33691/77. <https://boletinoficial.buenosaires.gob.ar/normativaba/norma/30355>
- Naciones Unidas. (2015). Objetivo 11—*Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/#:~:text=El%20Objetivo%2011%20pretende%20lograr,mitad%20viven%20en%20zonas%20urbanas.>
- Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Nitzkin R. & Termens M. (2010). *Casas de Paja Una guía para autoconstructores*. EcoHabitar ediciones. <https://ecohabitar.org/producto/casas-de-paja-nueva-edicion-actualizada-yampliada/>
- ORCID Caruso S. (2023). <https://orcid.org/0009-0002-5600-4097?lang=en>
- Ortegon E., Pacheco J. F., Prieto A. (2005). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. CEPAL. Naciones Unidas.
- Otero, A. (2022). Cocinas, residuos e impresión 3D. Biomateriales con cáscaras de huevo y conchas de mejillón. *INMATERIAL. Diseño, Arte y Sociedad*, 7(13), 55-74. <https://www.inmaterialdesign.com/INM/article/view/145/307>
- PAGE. (2023). Curso Foros Capacitar. *Simbiosis industrial, beneficios y oportunidades en la agenda ambiental*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023_programa_simbiosis_industrial.pdf
- Paiva, V. (2006). De los "huecos" al "relleno sanitario". Breve historia de la gestión de residuos en Buenos Aires. *Revista Científica de UCES*, 10(1), 112-134.
- Paiva, V. & Perelman M. (2008). Re colección y recuperación informal de residuos. La perspectiva de la teoría ambiental y de las políticas públicas. *Cuaderno Urbano*; Vol. 7, Núm. 7; 35-54.
- Papel Cemento. (2024). <http://papelcemento.blogspot.com/>
- Parlamento Europeo. (2023). *Economía Circular: definición, importancia y beneficios*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>.
- Parlamento Europeo. (2024). *Eficiencia energética de los edificios: nueva ley para descarbonizar el sector*. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press->

- room/20240308IPR19003/eficiencia-energetica-de-los-edificios-nueva-ley-para-descarbonizar-el-sector#:~:text=De%20acuerdo%20con%20esta%20nueva,requisitos%20m%C3%ADnimos%20de%20eficiencia%20energ%C3%A9tica.
- Payseo Díaz F. J. (s. f.). *Capítulo 6: Diseño del nuevo layout. Universidad de Sevilla.*
https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/5411/fichero/08_CAP%C3%8DTULO6_DISE%C3%91O_DEL_NUEVO_LAYOUT.pdf
- Perelman, M. D. (2008). De la vida en la Quema al Trabajo en las calles: El cirujeo Ciudad de Buenos Aires. *Avá*, (12), 117-136
- Perry F. (2023). *Las ventajas que tienen las casas construidas con cannabis.*
<https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-65949134>
- Petrocelli, S. P. (2020). Intervenciones urbanísticas en clave higienista: la Ciudad de Buenos Aires de fines del siglo XIX. *ARQUISUR REVISTA*. AÑO 10 // N° 17 // JUN – NOV 2020 // PÁG. 74 – 87
- Plantd. (2024). *Dentro lo nuevo, fuera el árbol.* <https://www.plantdmaterials.com/product>
- Prieto N. (2020). *El papel como material constructivo en arquitectura.* Tectónica.
<https://tectonica.archi/articles/el-papel-como-material-constructivo-en-arquitectura/>
- Prignano, A. (1998). *Crónica de la Basura Porteña*, Buenos Aires, Junta de Estudios Históricos de San José de Flores.
- Puntos Verdes. (2022). <https://buenosaires.gob.ar/ciudadverde/noticias/para-acompanar-la-puesta-en-marcha-de-la-ciudad-los-puntos-verdes-ubicados-en>
- Red Argentina de construcción con fardos de paja. (s. f.). *Casas en Argentina.*
<https://construpajaargentina.wordpress.com/casas-de-fardo-existentes-en-argentina/>

- Red de Construcción con Paja. (s. F.). *Preguntas frecuentes. ¿Se puede construir legalmente con paja?* <https://www.casasdepaja.org/construir-con-paja/preguntas-frecuentes/>
- Rios Tocua, J. & Martínez Segura, J. (2022). *Estudio de viabilidad para desarrollar un emprendimiento, enfocado en la creación de una empresa productora de ladrillos ecológicos hechos con fibra de cáñamo en el departamento del Cauca*. Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium. Cali. <https://repository.unicatolica.edu.co/handle/20.500.12237/2280>
- Romano, M. S., & Andrés, F. N. (2013). *Residuos de la industria de celulosa moldeada. Producción de paneles de relleno para la construcción*. Jornada de Investigadores Tecnológicos, Universidad Tecnológica Nacional, año 2013. http://www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/jit2013/FR-SANTA_FE/SF15residuos.pdf
- Ronis, M. P., & Palermo, M. C. (2010). La relación sociedad-naturaleza en la sociedad del riesgo: El caso del relleno sanitario "Villa Domingo". *ScriptaEthnologica*, 32, 45-58.
- Saidón M. & y Verrastro E. (2017). Residuos Sólidos Urbanos y nuevas políticas en el territorio metropolitano de Buenos Aires: 2002-2015. *ESTUDIOS SOCIOTERRITORIALES. Revista de Geografía* | N° 22 julio-diciembre 2017 | p. 65-83.
- Salas-Ruiz Adela & Barbero-Barrera María Mar. (2018). Implementación de tecnologías constructivas con fibras vegetales que sean sostenibles en contextos de precariedad. En *Actas del IV Congreso Internacional de Estudios del Desarrollo Córdoba, España. 12-14 de diciembre 2018*.
- Santamaria G., Fuller B. and Fafitis A. (2007). *Structural Properties of a New Material Made of Waste Paper*. En 13th International Conference on Computational Methods and Experimental Measurements. Págs. 557-567. Prague, Check Republic.

- Schamber, P. & Suárez, F. (2002). Actores sociales y cirujeo y gestión de residuos. Una mirada sobre el circuito informal del reciclaje en el conurbano bonaerense. *Realidad Económica*, 190 (16), 12.
- Schamber, P. (2012). De la represión al reconocimiento. Derrotero de la política pública hacia los cartoneros en la CABA (2002-2011). *Revista Perspectivas de Políticas Públicas*, 2(3), 148-176.
- Schamber, P. J., & Tagliafico, J. P. (2021). *El Sistema de Recolección Diferenciada en el territorio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Características inéditas de la participación de cartoneros en la gestión de los residuos urbanos secos*. *Laboreal*, 17(Nº2).
- Schávelzon, D. (2017). El Bajo Belgrano como borde urbano: una historia de rellenos y basurales. *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas*. Mario J. Buschiazzo, 47(1), 83-98.
- Senge P. M., Goran Carstedt P. (2021) Innovating Our Way to the Next Industrial Revolution. *MIT Sloan Management Review*. Winter 2001; 42, 2; ABI/INFORM Global pg. 24. https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1182804950453_151557719_7013/MITSloanManagementRev_2001_42_24.pdf
- Seguridad 360. (2023). *Guía Completa para Obtener la Certificación LEED: Beneficios y Pasos Clave para Edificios Sostenibles*. <https://revistaseguridad360.com/noticias/certificacion-leed/U.S.>
- Green Building Council. (s. f.). <https://www.usgbc.org/leed>
- Straw Bale. (2024) A. *Códigos de construcción: cómo obtener la aprobación para las casas de balas de paja*. <https://strawbale.com/straw-bale-building-codes/>
- Straw Bale. (2024) B . *Galerías de fotos destacadas*. <https://strawbale.com/photo-gallery-favorite-images/>

- Suárez F. (2016). *La Reina del Plata. Buenos Aires: sociedad y residuos*. Ediciones UNGS.
- Suárez F., Schamber P. (2019). Los residuos en su encrucijada: alcances y desafíos en la gestión de los residuos en la Región Metropolitana de Buenos Aires. *FARN, Informe Ambiental Anual 2019*, pp.107-119.
- Swissinfo. (2024). *La producción mundial de cereales alcanzará su máximo histórico en 2024, según la FAO*. <https://www.swissinfo.ch/spa/la-produccion-mundial-de-cereales-alcanzar-su-mximo-historico-en-2024-seg-un-la-fao/82796288>
- Tekstur. (2024). *Paper Composite Panels*. <https://tekstur.com/materials/paper-composite/>
- The Center for Alternative Building Studies. (2005). *Papercrete. Engineering Research Report*. Recuperado el 4 de julio de 2015 de <http://www.masongreenstar.com/index.php/products-homeowner>
- Tribunal de Cuentas Europeo. (2023). *Economía circular Transición lenta de los Estados miembros a pesar de la acción de la UE*. https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17_ES.pdf
- UNE. (2020). UNE-EN 15804:2012+A2:2020. *Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0063508>
- UNE. (2021). UNE-EN 15804:2012+AC:2021. *Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-en-15804-2012-a2-2020-ac-2021-n0067399>
- UNE. (2023). *41410:2023*. UNE Normalización Española. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0072146>

- UNEP. (2023). *Materiales de construcción y el clima: Construyendo un nuevo futuro*.
<https://www.unep.org/es/resources/informe/materiales-de-construccion-y-el-clima-construyendo-un-nuevo-futuro>
- UNESCO. (s. f.). *Una puerta abierta hacia los conocimientos de la UNESCO*.
<https://www.unesco.org/es/open-access#:~:text=El%20acceso%20abierto%20ofrece%20una,difusi%C3%B3n%20de%20la%20informaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica>.
- University of East London. (2024). *Sugarcrete*. <https://uel.ac.uk/sugarcrete>
- U.S. Green Building Council. (2024). *LEED rating system*. <https://www.usgbc.org/leed>
- US. Hemp.Building. (s. f.). <https://www.facebook.com/US.Hemp.Building/>
- Viera Arroba, L. (2023). *Factibilidad constructiva de viviendas con muros portantes de fardos de paja energéticamente eficientes y sismo resistentes en la zona andina del Ecuador* (Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de València).
<https://riunet.upv.es/handle/10251/196654?show=full>
- Weber (s. f.). *Reemplazar el cemento con desechos: adoptar la Economía Circular con tecnología de polímeros*. <https://www.hk.weber/en/blog/product-information/replacing-cement-waste-embracing-circular-economy-polymer-technology>
- Zavala, J. R. (2017). *Building method to produce lightweight building blocks from cellulose fibre*. U.S. Patent No 9,724,853. 8 Ago. 2017.
<https://patents.google.com/patent/US20150375431A1/en>

