

Placa para acondicionamiento térmico y acústico de viviendas a partir de residuos textiles: de los obstáculos a los desafíos técnicos

Board for thermal and acoustic conditioning of dwellings from textile waste: from obstacles to technical challenges

MARTA EDITH YAJNES^{1 y 2}
myajnes@unsam.edu.ar
ORCID 0000-0002-7169-9555

ABRAHAM BECERRA ARANEDA^{1 y 2}
abecerraaraneda@unsam.edu.ar
ORCID 0000-0002-5798-5870

ROBERTO BUSNELLI²
rbusnelli@unsam.edu.ar
ORCID 0009-0005-3063-8886

YANINA ARANDA²
yanina.aranda@fadu.uba.ar
ORCID 0009-0005-1985-0552

¹Universidad Nacional de San Martín, Instituto de Arquitectura y Urbanismo

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo

Recibido: 30-09-2023

Aceptado: 12-12-2023

RESUMEN

Este artículo se centra en un proyecto sobre el desarrollo de placas para aislación térmica y acondicionamiento acústico como materiales alternativos, fruto del reciclaje de residuos textiles. La investigación se ubica en el partido de General San Martín, en el Área Metropolitana de Buenos Aires.

A partir de los obstáculos que surgen durante las etapas de acondicionamiento del residuo, de fabricación del producto y de su certificación, se describen los desafíos técnicos asociados con el desarrollo de estos productos no tradicionales, que da como resultado una lista de buenas prácticas para incentivar su fabricación y certificación. La placa del proyecto aporta aislación térmica y acondicionamiento acústico para la envolvente de las construcciones mejorando el confort para sus habitantes y/o reduciendo el consumo de energía para alcanzarlo. Se orienta a resolver la problemática de los residuos sólidos generados por industrias de escalas media y grande dentro del ciclo de producción textil en la generación de telas por tejeduría plana.

PALABRAS CLAVE: residuos textiles, equidad, envolvente, empleo, calidad, ecología industrial.

ABSTRACT

This article focuses on a project regarding the development of panels for thermal insulation and sound conditioning as alternative materials, resulting from the recycling of textile waste. The research is located in the General San Martín district, in the Buenos Aires Metropolitan Area.

Based on the obstacles that arise during the stages of waste conditioning, product manufacturing, and certification, the technical challenges associated with the development of these non-traditional products are described, resulting in a list of best practices to encourage their manufacturing and certification. The project's panel provides thermal insulation and sound conditioning for the envelope of buildings, improving comfort for their inhabitants and/or reducing energy consumption to achieve it. It aims to address the issue of solid waste generated by medium and large-scale industries within the textile production cycle in the generation of fabrics by flat weaving.

KEYWORDS: textile waste, equity, envelope, employment, quality, industrial ecology.



Cómo citar: Yajnes, M. E., Becerra Araneda, A., Busnelli, R. y Aranda, Y. (2024). Placa para acondicionamiento térmico y acústico de viviendas a partir de residuos textiles: de los obstáculos a los desafíos técnicos. *Innovación y Desarrollo Tecnológico y Social*, 5, 040. <https://doi.org/10.24215/26838559e040>

Producto o proceso generado

Se generaron placas de diferentes medidas según la tipología constructiva general utilizada en la construcción y según la demanda. Tanto en el caso de sistemas de construcción en seco, con estructura de perfilería metálica liviana o de madera, como en sistemas de construcción húmeda donde la placa se destina a aislación térmica, la placa se ubica dentro de la cámara de aire mientras que para el acondicionamiento acústico se colocan las mismas sobre la superficie interior de la envolvente. Se resumieron los obstáculos que fueron surgiendo durante la fabricación y caracterización técnica de las placas. La evaluación de estos obstáculos produjo una serie de desafíos técnicos que enfrenta el desarrollo de estas placas en el contexto socio-económico de la Argentina.

Objetivos y actividades llevadas a cabo para el desarrollo del producto, proceso, prospectiva o propuesta

El proceso productivo se inicia con la recolección de residuos de fibras acrílicas de las industrias textiles de tejeduría plana. Luego, continúa con el corte y pesado de estas fibras en el cortador. A continuación, sigue el mezclado con una dosificación que incluye un porcentaje muy bajo de agua y cemento. Finalmente, se llenan moldes para su posterior curado y secado en estanterías. Una vez obtenida la placa, se estiba, embala y distribuye. En todas las etapas se incluyen procedimientos de control de stock y de calidad, que son útiles para identificar los obstáculos técnicos surgidos.

De acuerdo a cuál requerimiento se busca, térmico o acústico, la placa se instala y se caracteriza de las siguientes maneras:

- Como acondicionamiento acústico, se instala, pegada o atornillada, sobre

cualquier superficie del recinto a acondicionar, de esta manera se reducen los tiempos de reverberación obteniendo mejoras en el confort acústico, según ensayos realizados en el laboratorio especializado del Laboratorio de Acústica y Lumiotecnica del Centro de Investigaciones Científicas LAL CIC.

- Como aislación térmica, se instala, atornillada o pegada, en el interior de los muros construidos tanto por sistemas en seco (madera o perfiles de acero) o los sistemas tradicionales, aportando a la envolvente la aislación requerida según los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio del INTI. Durante esta caracterización y certificación de las placas, también se identificaron los obstáculos surgidos que tuvieron relación principalmente con la aplicación de estándares de productos tradicionales a productos no tradicionales basados en residuos. El ensayo de conductividad térmica (λ) según Norma IRAM 1860:2002 y sus equivalentes de ISO 8301:2010 / ASTM C518:2017 arrojó un resultado de $0,106 \text{ W/m K} \pm 3\%$. Sin embargo, se destaca que el método de ensayo requiere una nivelación llevando la densidad del material de 450 a 700 kg/m^3 , de lo que se deduce que el valor efectivo de conductividad resulta inferior aún.

Para el escalado del proyecto se ha trabajado en a) Optimización de moldes b) ajuste herramientas de producción, c) Desarrollo de equipamiento de curado y acopio, d) Ajuste del sistema de capacitación y transferencia, e) Diseño de estrategias en medios de difusión y f) Ajuste diseño del punto de venta para su comercialización.

Novedad u originalidad local en el conocimiento

Se trata de una iniciativa original y de carácter distintivo ya que el producto reinserta productivamente residuos de la

industria textil en la industria de la construcción con el desarrollo de estrategias de ecología industrial, de influencia directa para la vida cotidiana. Es un trabajo que se genera desde la sinergia entre dos universidades públicas (Universidad Nacional de San Martín UNSAM y Universidad de Buenos Aires UBA), la industria textil, los gobiernos locales, las cooperativas /asociaciones civiles, la industria de la construcción y la comunidad.

Los residuos involucrados son los conocidos como falso orillo y orillo, los cuales son imposibles de reducir, o eliminar, en el proceso productivo ya que el primero es generado por los telares, independientemente de su calidad y antigüedad, y el segundo resulta del emprolijado de las telas para alcanzar los productos.

La combinación de recursos de capital humano y fondos de dos universidades públicas, cercanas territorialmente, pero con planes de estudio y didácticas muy diferentes, se alcanza a partir de contar con parte del equipo investigando en ambas con pasantes de investigación que cursan una materia optativa en sus laboratorios.

Desde la economía circular a la ecología industrial la novedad de este trabajo se basa en que la reinserción de residuos atraviesa dos industrias diferentes. Se han desarrollado e implementado estrategias basadas en la economía circular para mejorar la gestión de residuos sólidos (Schroeder et al., 2019), mientras que la ecología industrial suma el concepto de tratar a los sistemas de producción industrial como ecosistemas naturales y toma principios y conceptos como el de simbiosis para diseñar estrategias de eficiencia (Fraccascia, 2018; Hess, 2010).

La simbiosis urbano-industrial basada en flujos de materiales, agua y energía como metabolismo es una herramienta para el desarrollo sostenible (Shah et al., 2020), que puede conducir a situaciones donde todos los actores involucrados se

benefician (Gibbs y Deutz, 2005). A la fecha las aplicaciones de ecología industrial se desarrollan principalmente en Asia y Europa (Fraccascia, 2018). En Latinoamérica se adopta principalmente la legislación sobre economía circular de otros contextos con una mínima adaptación a sus condiciones económicas y sociales (Fraccascia, 2018).

En general, existe una pobre conexión entre los enfoques de las ciencias sociales, la ingeniería y las ciencias naturales en la literatura de Ecología Industrial (Walker et al., 2021). Sin embargo, recientemente autores del presente trabajo exploraron el uso de residuos sólidos para una estrategia de desarrollo ecoindustrial que aborda la acumulación de residuos, el desempleo y la escasez de viviendas en el distrito suburbano de General San Martín (Tröger et al., 2023). Los principales desafíos reportados son la falta de conciencia, la subvaloración y la subestimación de la experiencia, la eficiencia de la clasificación y el procesamiento de residuos por parte de los recicladores informales y las organizaciones sin fines de lucro (cooperativas). La superación de tal desafío podría convertirse en una simbiosis urbana con el metabolismo industrial que ya se está produciendo (Gutberlet y Carenzo, 2020). Las experiencias actuales de economía social y solidaria en San Martín podrían ser útiles para apoyar las innovaciones desde abajo y así contribuir a las problemáticas socioecológicas abordadas. Estas innovaciones tendrían que estar respaldadas por una investigación e innovación responsables para adaptarse a la realidad social y económica (Carenzo, 2020). Esta estrategia ayudaría a comunicar de manera equilibrada los impactos de las innovaciones técnicas en las dimensiones económica, social y ambiental de la sostenibilidad, fomentando la confianza y la cooperación y dando orientación para la construcción de modelos de negocio relacionados (Carenzo y Sorroche, 2021; Madsen et al., 2022).

Desde la generación de empleo el aspecto novedoso se relaciona a la baja inversión inicial de capital y la factibilidad de lograr capacitaciones simples y veloces para la mano de obra.

La metodología del proyecto se basa en el testeado continuo de los prototipos para la introducción de mejoras y correcciones, el mismo se lleva adelante con todos los actores intervinientes en el proceso, desde los pasantes estudiantes, otros docentes de las casas de estudio y futuros distribuidores e instaladores.

Grado de relevancia

La industria textil está identificada como una de las que más contaminan al ambiente, tanto por la cantidad de residuos que se generan, por la dificultad de reinserter dentro de la misma empresa sus residuos y por la falta de reconocimiento de la propia industria de la problemática ambiental involucrada. Según Yajnes (2022) se detectan 6 modelos de gestión de residuos sólidos textiles en el partido de General San Martín, con solo 2 de ellos incluyendo criterios de economía circular mientras que otros 3 están vinculados con disposición final de los mismos, ya sea en forma de vertederos como de envío a rellenos sanitarios y el restante con la no generación de residuos (ver figura 1=.



Figura 1. Modelos de Gestión de Residuos Sólidos Textiles en el partido de General San Martín.
Figure 1. Textile Solid Waste Management Models in the General San Martín district.

Del análisis del funcionamiento de la gestión surge que el residuo no es lo único que fluye, se incluyen además dinero y conocimiento científico tecnológico y de vinculaciones. De las diferentes combinaciones, surgen seis modelos diferentes de gestión de residuos sólidos textiles. De estos modelos tres involucran disposición

final (1)-(2)-(3), mientras que en otros dos hay alguna acción vinculada a la economía circular con reinserción productiva de residuos (4)-(5) y por último un modelo (6), que sería el horizonte a buscar con Residuo Cero.

En el modelo 4 las industrias venden y/o donan residuos a cooperativas o a

emprendedores mientras que en el modelo 5 los reinsertan en la producción o reutilizan en algún formato.

Desde nuestro rol en las universidades públicas involucradas con el territorio y sus actores, buscamos solucionar al mismo tiempo, el problema de la generación de residuos industriales, la falta de calidad de las envolventes de las construcciones, las deficiencias en la calidad de vida de los habitantes del partido, la falta de puestos de trabajo, la falta de actualidad de las normativas vinculadas a este rubro industrial y la desconexión entre los actores intervinientes.

Grado de pertinencia

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos a los que se sometió el material hablan del grado de pertinencia del producto generado.

El material fue testeado en ensayos de propagación de llama y densidad óptica de humos, conductividad térmica, y permeabilidad y succión capilar, en todos los casos con resultados satisfactorios en los laboratorios del INTI. Una vez visualizada la posibilidad de su empleo como acondicionamiento acústico se realizaron ensayos de absorción acústica en el LAL CIC, con diferentes terminaciones, resultando sus mediciones similares a productos ya instalados en el mercado.

Como ejemplo de aplicación de estas placas cementicias con residuos textiles, para acondicionar un aula de 48 m², dentro del perímetro de muros, se requerirían 9 bolsas de cemento standard (CP40) de 50 kilos y se rescatarían de disposición final 112 kilos de residuos textiles, que se producirían con un equipo integrado por 6 personas en 8 media jornadas de trabajo.

Otro indicio de su pertinencia es contar con un registro de modelo industrial para placas con dos terminaciones.

Grado de demanda

El proyecto fue seleccionado para el catálogo y la exposición del Concurso Innovar 2022 y 2023, en los rubros Investigación Aplicada y Diseño Innovador (aún en carrera) (MinCyT, 2022).

El proyecto desató interés en industrias textiles que generan otro tipo de residuos (entre ellas la empresa Lakeland) dedicada al ciclo completo para ropa ignífuga.

Una empresa de amplia trayectoria local en la venta y distribución de productos y materiales para sistemas constructivos de estructura metálica y placas de roca yeso, está interesada en generar vínculos para la comercialización, distribución y promoción de las placas.

La consultora de gestión estratégica ambiental Kolibri preseleccionó el proyecto para participar en el evento "Oportunidades circulares para la industria textil 2023".

Se realizó una presentación para la convocatoria de la Comisión de investigaciones científicas, Ideas Proyecto de investigación, desarrollo y transferencia (IP2023) del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires junto con el equipo de investigadores del Laboratorio de Acústica y Luminotecnia para pruebas piloto en aulas de escuelas de La Plata y un centro de primera infancia del Partido de General San Martín.

Integrantes de este proyecto dirigen e intervienen en el proyecto FITBA "Sistema de vinculación y trazabilidad para la transformación de residuos industriales no especiales en insumos de nuevos procesos productivos". Ministerio de Producción, Ciencia e Innovación Tecnológica, Subsecretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación y tiene como objetivo promover el desarrollo de tecnologías bonaerenses. Fue importante para alcanzar este logro, el desarrollo por parte del equipo del relevamiento de la industria textil de General

San Martín y el haber alcanzado un producto concreto fruto de nuestra investigación.

Presentaciones en Jornadas científicas de ambas universidades sedes de los proyectos y de la Universidad Nacional de la Plata en formatos *paper*, poster y videos.

Desarrollo del producto

Se generaron placas de diferentes medidas según la tipología constructiva general utilizada en la construcción, en todos los casos con el mismo material constitutivo, una masa alcanzada por la vinculación de fibras acrílicas con aglutinantes cementicios.

Se estudiaron las dimensiones óptimas de las placas en función del sistema constructivo en el que se instalarán. Por ejemplo, para las construcciones en seco con estructura de perfilera metálica liviana, como en construcciones húmedas, donde la placa destinada a aislación térmica se ubica dentro de la cámara de aire entre las capas, se diseñó un modelo que tiene 0,40 x 0,60 x 0,032 mts, para utilizar como acondicionamiento acústico se colocan las placas a la vista, sobre la superficie

interior de la envolvente, en este caso se utiliza también este mismo modelo. En el caso de construcciones en seco con estructura de madera el modelo tiene 0,34 x 0,57 x 0,032 mts, que se mantienen con módulos de 1,22 x 2,44 mts, pero en este caso las piezas de estructura son de mayor espesor por lo que se reducen las medidas de las placas.

No se aconseja el corte en obra de las piezas, por los desprendimientos de polvo que nos resultan poco sustentables, por lo que prevemos la fabricación de piezas a medidas al tiempo que promovemos la modulación constructiva.

En cuando al espesor, se consideró un espesor que resuelve los requerimientos térmicos para la zona de Buenos Aires, al tiempo que conlleva un equilibrio entre peso y consistencia primordial en especial cuando actúa como revestimiento acústico. Se pueden desarrollar placas de mayor espesor en caso de ser necesario por exigencias climáticas.

Se ha desarrollado un kit de promoción, que incluye un folleto comercial, una hoja técnica, un formulario de preguntas frecuentes y una tabla de testeo múltiple del producto (ver figura 2).



Figura 2. Kit de promoción folleto comercial, hoja técnica y testeo del producto.
 Figure 2. Promotion kit commercial brochure, technical sheet and product testing.

Dentro del proceso se destacan los resultados alentadores de los diferentes ensayos a los que se sometió el material como cálculo de conductividad térmica, permeabilidad, succión capilar, propagación de llama, densidad óptica de humos y absorción acústica. En este caso se ha hecho un ensayo de piso sobre el material base y luego se testeó en ensayos de Kundt para una batería de variantes tanto constitutivas como de terminaciones, siempre

con la misma base de fibras acrílicas y aglutinantes. Este trabajo hace hincapié en el sorteo de los diferentes obstáculos encontrados en el proceso de transformación del residuo en producto. Se abordaron los obstáculos y desafíos encontrados en las etapas de: acondicionamiento de residuos, la fabricación de las placas, el ensayo de las mismas en el taller y su certificación para el mercado en Argentina, según Yajnes y Busnelli (2023) (figura 3).



Figura 3. Esquema del proyecto con las etapas del desarrollo de un producto basado en residuos textiles. Figure 3. Scheme of the project with the stages of the development of a product based on textile waste.

Figura 4. Desafíos, soluciones y obstáculos analizados en el acondicionamiento de residuos y la fabricación del producto. Figure 4. Challenges, solutions and obstacles analyzed in waste conditioning and product manufacturing.

ETAPA	DESAFÍOS	SOLUCIONES	RESULTADOS Y OBSTÁCULOS
ACONDICIONAR	1. Tamaño y forma del residuo	A. Pequeño	Lentitud
		B. Mediano	Mala vinculación
		C. Intermedio A	Enganche paleta al usar mezcladora
		D. Intermedio B	Óptimo
	2. Fraccionar el residuo	A. Tijera común	Lentitud, lesiones
		B. Tijera para telas	Lentitud, desgaste
		C. COT2 hoja metal	Arrastre de telas
		D. COT2 hoja telas	Óptimo
FABRICAR	3: Integración (dosificar, capas y superficial)	A. Dosificación volumen, bicapa	Diferencia pesos placas, lentitud
		B. Dosificación por peso bicapa	Lentitud
		C. Dosificación por peso, unicapa	Óptimo
	4. Tipo de molde y conformación de la pieza	A. Madera y films	Lentitud, dificultad traslado, bordes débiles, porosidad cara inferior
		B. Madera y tela baner conformada	Lentitud, dificultad traslado
		C. Molde termoformado	Óptimo
	5. Condiciones de curado y secado	A. Al sol	Resquebrajado
		B. Sombra	Demora
		C. Sombra aireada	Óptimo

Desafíos durante el acondicionamiento de residuos y la fabricación del producto

La figura 4 resume los principales obstáculos y soluciones planteadas surgidos en las etapas de acondicionamiento del residuo textil y fabricación de las placas con los resultados obtenidos.

Desafío 1: ¿En qué tamaño y formato insertar el residuo?

Los residuos llegaron secos y limpios al taller porque son retirados directamente desde la fábrica. De otro modo, se corre el riesgo de contaminar los residuos textiles, lo cual dificultaría su trabajado posterior. En lo relacionado al **tamaño** de los

residuos, para usar en el producto, se comenzó con lo que se consideró que sería una medida ideal de largo. Alcanzar esta medida demoraba mucho el proceso, por lo cual se cortaron piezas textiles de un largo máximo. Sin embargo, esto generaba una muy mala vinculación en la mezcla por lo cual se fue reduciendo hasta llegar a valor intermedio de largo. En este caso, de utilizarse una mezcladora, el material aún seguía enganchándose en las paletas mezcladoras. Por lo tanto, se ajustó nuevamente el largo de las piezas para pasar a la etapa siguiente de mezclado. Esto muestra la naturaleza iterativa, prueba y error, del proceso de ajuste de las dimensiones de las piezas textiles a incluir.

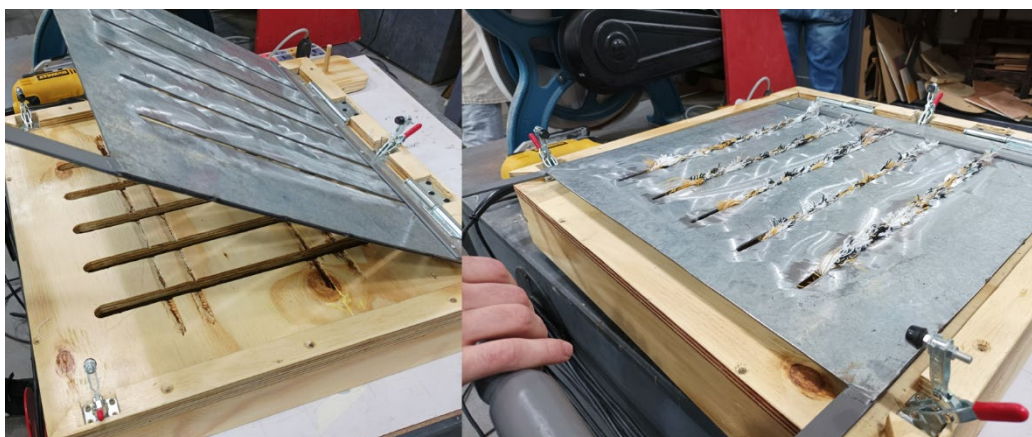


Figura 5. Cortador de residuos textiles en orillos y falsos orillos COT2 v2
Figure 5. Textile waste cutter for selvages and false selvages COT2 v2

Desafío 2: ¿Con qué herramienta fraccionar el residuo?

En cuanto a la elección de la **herramienta de corte** de los residuos, se comenzó utilizando una tijera común. Esto ocasionaba lesiones en las manos de las cortadoras y una lentitud en el proceso, por lo cual la segunda opción fue adquirir una tijera especial para telas. Si bien se redujeron los tiempos de corte, estos aún superaban lo esperado y las tijeras sufrían un rápido desgaste de sus filos. Una tercera opción se alcanzó con la participación de dos pasantes de diseño industrial quienes

diseñaron un artefacto denominado COT2, que consiste en un cajón con tablas de madera y metal con seis caladuras que permiten el ingreso de una caladora convencional. Si bien fue una buena opción, se producía en simultáneo un arrastre de las telas y poca cantidad de telas cortadas. Para resolver estos dos obstáculos, se cambiaron las sierras de dentado chico con destino de metales filos especiales para materiales blandos. También, se introdujo dentro del mecanismo una superficie de lija y se realizó un ajuste en la altura de la caja de contención de las telas para ajustar la masa de tela cortada

por vez. En este momento, se está incorporando un sistema especial para el ovillado y una fila más de perforado para paso de canal con lo cual se evitó el problema de los pedazos largos que quedaban en los cortes sobre los bordes. Las ventajas de este sistema son la fácil elaboración del artefacto y el uso de una herramienta de corte convencional y disponible en ferreterías industriales (figura 5).

Desafío 3: ¿Cómo dosificar, cuáles aglutinantes y cuántas capas para el producto final?

Un aspecto fundamental fue conseguir la **integridad superficial** para evitar un desprendimiento de polvo debido al uso de cemento común como aglutinante. Este obstáculo tuvo distintas soluciones, las cuales se encuentran actualmente en proceso de evaluación (físico, acústico y económico) que van desde el uso de pinturas, ya sea aplicadas a pincel o por aerosol, el sumergido en impermeabilizante y el empleo de una capa superficial con cemento blanco. Se está evaluando al mismo tiempo la sustentabilidad de todas estas opciones (figura 6).



Figura 6. Proceso fabricación placas.
Figure 6. Plate manufacturing process.

Desafío 4: ¿En qué molde preparar la mezcla para curado y secado?

Para la conformación de la pieza del **molde** utilizado para fabricar las placas, se optó en primera instancia por el uso de un perímetro de madera y films de polietileno. Sin embargo, esta opción resultó en: un proceso de llenado lento, bordes débiles, porosidad de la cara inferior de la placa y cierta dificultad en el traslado. Por estos motivos, se pasó a reemplazar el film por una tela de banner conformada reduciendo, pero no superando, los obstáculos. Para salvar completamente este

obstáculo, se optó por el empleo de moldes termoformados de plástico, que se compraron a una micro empresa local dado que nuestros laboratorios no cuentan con una máquina termoformadora.

Desafío 5: ¿Cómo es el proceso de curado y secado?

Otro de los aspectos a resolver estuvo vinculado con los procesos de **curado y secado** de las placas. Esto implicó decidir el lugar y el tipo de procesos. Se comenzó con una exposición al sol de las placas, resultando en un rápido secado, pero con

ocurrencia de resquebrajaduras superficiales. Por lo cual, se pasó posteriormente a ubicar las placas a la sombra con la consiguiente demora en el proceso. Para salvar este obstáculo, se optó por continuar con el secado y curado a la sombra, pero pasando las placas a las 24 horas a una

bandeja calada sobre superficie acanalada. Una vez alcanzada la consistencia deseada, la placa se coloca en vertical según el modelo diseñado para continuar con el secado y curado hasta ser posible el embalaje de a 4 placas (figura 7).

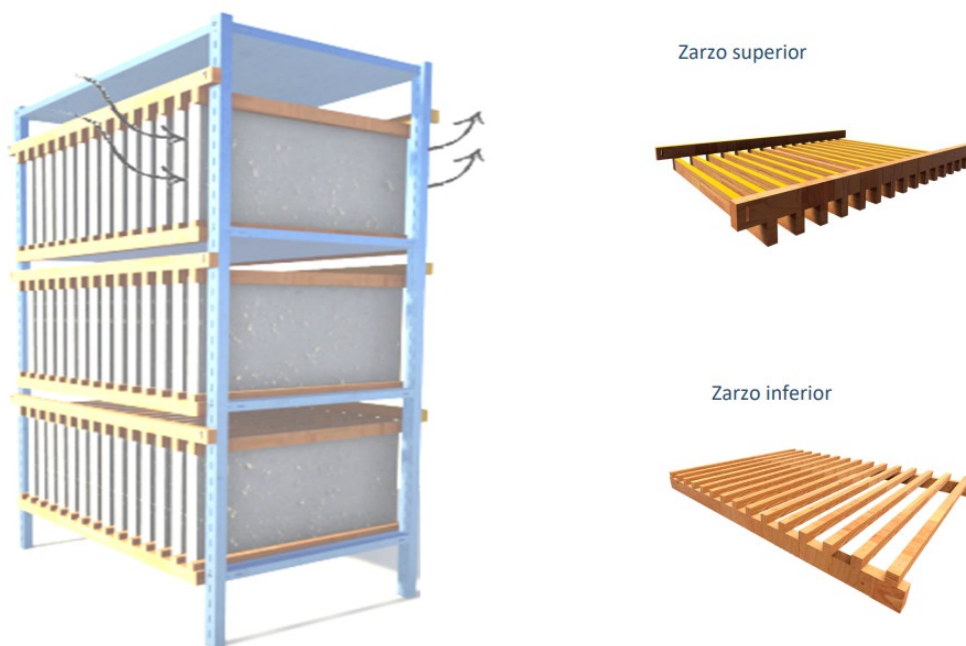


Figura 7. Estantería de Secado. Autoría Lucio Laumann pasante de investigación.
Figure 7. Drying Rack. Author Lucio Laumann research intern.

Desafíos durante el testeo y la caracterización del producto

La figura 8 resume los desafíos surgidos en las etapas de ensayo y certificación y las respectivas soluciones planteadas. Las soluciones planteadas fueron complementarias y apuntaron a resolver desafíos que involucran la participación de varios actores.

Desafío 6: ¿Cómo reducir los costos de la certificación?

Diversos esfuerzos para desarrollar productos basados en residuos se encuentran en una fase preliminar y no van más allá del "bricolage". Por lo tanto, no se genera rentabilidad ni la escalabilidad de los

productos (Zapata, 2020; Carengo, 2020; Cozzens y Sutz, 2014). La pobre caracterización técnica de estos productos es una barrera para certificar y así introducir productos en el mercado (Becerra y Busnelli, 2021; Asdrubali et al., 2015). Esta caracterización es un objetivo bastante claro entre los tecnólogos y entre las empresas privadas interesadas en el desarrollo de nuevos productos, de ahí que dispongan de un presupuesto adaptado a esta necesidad. Sin embargo, los altos costos que implica esta certificación son a menudo inasequibles para otros actores como cooperativas de recicladores urbanos y para algunos grupos de investigación. En un intento por superar esta situación, los autores de este trabajo

desarrollaron en otro artículo (Yajnes et al., 2022) una metodología con “ensayos de anticipación” sencillos y de bajo costo para caracterizar las placas basadas en

residuo textil. Los resultados obtenidos permitieron anticipar y ajustar los prototipos finales que luego si fueron ensayados con los métodos y normativas habituales.

ETAPA	DESAFÍOS	SOLUCIONES A BUSCAR	OBSTÁCULOS A SORTEAR
TESTEAR	6. Reducir costos	A. Testear producto en taller	Falta de equipamiento específico, desconocimiento de estándares, consensuar tiempos de ensayos y dedicaciones pagas por universidades
		B. Ensayos de anticipación	Adaptar estándares y dificultad para comprender lenguaje técnico
		C. Asesorarse	Elevado costo si no se cuenta con personal propio
	7. Fraccionar el residuo	A. Colaborar con universidades	Lenguaje técnico-científico muy específico
		B. Apoyo desde empresas	Poco interés en financiar investigación, falta de normativa sobre la gestión de residuos industriales no peligrosos
		C. Divulgar y demostrar	Entornos específicos y reducida transdisciplinariedad
CERTIFICAR	8. Hoja de ruta cuando hay residuos	A. Certificado Técnico	Residuos textiles no cubiertos por algunos estándares tradicionales
		B. Certificador / laboratorios de ensayos	Diferentes instituciones, difícil acceso para iniciar pruebas, desconfianza generalizada, dificultad para ensayar
		C. Presentar ante actores de interés	Desconfianza por la presencia de residuos
		D. Determinar presupuesto	Ensayos caros, inflación, burocracia, demora en resolución de subsidios y entrega de fondos
	9. Confianza sobre el producto	A. Demostrar resistencia al fuego	Ensayos caros y dificultad para dialogar con técnicos de laboratorios
		B. Caracterizar residuos	Información técnica escasa sobre residuos recibidos
C. Reuniones de divulgación		Problemas de logística y tiempos acotados	

Figura 8. Desafíos, soluciones y obstáculos analizados en el testeo y la certificación.

Figure 8. Challenges, solutions and obstacles analyzed in testing and certification.

Desafío 7: ¿Cómo recibir asesoramiento técnico con un presupuesto acotado?

Se aprovecharon espacios para divulgar y demostrar las cualidades de este proyecto y así producir visibilidad entre actores interesados. La colaboración y cooperación con universidades fue fundamental para recibir asesoramiento técnico, pero a veces fue difícil superar la barrera que impone el lenguaje tecno-científico que usan

los investigadores interesados. Si bien las empresas tienen interés en entregar sus residuos para fabricar nuevos productos, es escasa o nula la financiación en el desarrollo de tales productos.

Desafío 8: ¿Cómo lograr la certificación del producto?

La certificación de productos para la construcción en Argentina se realiza siguiendo los lineamientos del Certificado de Aptitud

Técnica (CAT), que se rige por el Reglamento aprobado por Resolución SVOA N° 288/90. El CAT exige el cumplimiento de una serie de requisitos esenciales relacionados con la aplicación de materiales y sistemas de construcción. Se observó que el CAT se centra únicamente en criterios tecnocientíficos, por lo que no puede ponderar los impactos ambientales y sociales que implica el desarrollo de estos productos basados en residuos. Se encontraron obstáculos para adaptar aspectos geométricos intrínsecos de los residuos a los alcances de algunos estándares técnicos, tal como ocurrió con un producto basado en botellas PET (Becerra y Busnelli 2021). Esta situación también se observa en el mercado europeo cuando los productos no están totalmente cubiertos por un estándar armonizado (hEN: *harmonised European standard*), según el Reglamento (UE) 305/2011. Ante esto, los fabricantes de productos no tradicionales pueden solicitar una Evaluación Técnica Europea (ETA: *European Technical Assessment*) (<https://www.eota.eu/what-is-an-eta>), que propone una vía hacia el mercado europeo. Por otro lado, la crisis económica que enfrenta el país sumado a la burocracia detrás del procedimiento para solicitar ensayos técnicos hizo difícil estimar un presupuesto para las tareas de certificación. Esto podría frenar el desarrollo de este tipo de productos y convertirlo en otro proyecto fallido sin escalabilidad ni uso en la industria.

Desafío 9: ¿Cómo aumentar la confianza sobre el producto?

Este desafío apareció luego de evidenciar el obstáculo “Desconfianza en el comportamiento del producto” en el desafío 8. Esta probeta podría inflamarse y producir fuego difícil de controlar, lo cual dañaría la integridad del horno utilizado en el ensayo. La mayor experiencia en obra de las materialidades de productos tradicionales genera confianza entre los organismos

certificadores. En cambio, las materialidades basadas en residuos requieren construir esta confianza a base de ensayos adicionales, lo cual incrementa los costos para certificación.

Guía de buenas prácticas

La figura 9 resume un listado de buenas prácticas que buscan resolver los desafíos mostrados en este trabajo cuando se desarrolla un producto basado en residuos. Estas prácticas pueden aplicarse para otros tipos de productos utilizando diferentes ligante y residuos como agregado. Además, se destacan las siguientes máximas que deberían seguirse durante todas las etapas de desarrollo del producto:

1. Evaluar siempre el estado y las características de los residuos recibidos antes de acondicionarlos. Empresas privadas tienen bastante interés en entregar sus residuos para que sean recuperados. Sin embargo, no siempre proporcionan información sobre las características físico-químicas y estado de deterioro de sus residuos.
2. Reutilizar equipos, componentes y materiales tanto como sea posible durante las etapas de desarrollo del producto. El objetivo es minimizar insumos, recuperar y reducir costos durante todo el proceso.
3. Evaluar el estado de limpieza de los objetos a reutilizar para evitar la incorporación de sustancias no deseadas al producto. Estas sustancias podrían modificar el comportamiento mecánico, físico y químico del producto, lo cual dificulta su certificación.

ETAPA	DESAFÍO	BUENAS PRÁCTICAS
ACONDICIONAR	1. Forma y tamaño	Determinar un tamaño y forma óptimo del residuo para usarlo luego en la mezcla ligante
	2. Fraccionar	Elegir un método acorde a la práctica anterior
FABRICACIÓN	3. Integración	Elegir la materialidad del molde según el tipo de mezcla ligante.
	4. Conformación	Ajustar las dimensiones del producto según los requerimientos en la construcción argentina
	5. Curado y secado	Evitar la exposición directa al sol y lugares sin ventilación
TESTEO	6. Reducir costos	Identificar puntos débiles del producto. Testeos sencillos y baratos
	7. Asesorarse	Participar en eventos relacionados. Buscar apoyo desde universidad y privados. Desarrollar discursos "ganar-ganar"
CERTIFICACIÓN	8. Hoja de ruta	Buscar cooperación desde entes certificadores. Asesorarse. Presupuestar considerando crisis
	9. Confianza	Divulgar avances e involucrar a la comunidad interesada

Figura 9. Buenas prácticas para el acondicionamiento, fabricación, testeo y certificación de un producto basado en residuos.

Figure 9. Good practices for the conditioning, manufacturing, testing and certification of a waste-based product.

Información sobre el patentamiento o registro de la innovación o desarrollo

Diseño y modelo industrial N 102884 y 102885.

Financiamiento

El proyecto está financiado desde el UBACyT 200201900100089BA 2020-2024 "Sistemas constructivos sustentables con aplicación de economía circular desde la industria hasta la generación de empleo, con el aprovechamiento de residuos, fibras naturales y bioplásticos aptos para certificación CAT" y desde el "Proyecto Atlas de Residuos Sólidos industriales de San Martín" dirigidos por los autores de este proyecto. EL proyecto UBACyT se trata de un proyecto de la máxima categoría dentro de su tipo originalmente de 3 años de duración extendido a 5 a causa de las dificultades consideradas por UBA Ciencia y Técnica a causa del

covid-19. Por otro lado, tanto la UBA FADU como UNSAM EHyS IA a través del Proyecto Atlas de Residuos Sólidos industriales de San Martín, aportan sus instalaciones, equipamiento y recursos humanos para el desarrollo de las tareas.

Agradecimientos

Agradecemos a las empresas que nos proveen sus residuos textiles que piden confidencialidad y ambas casas de estudio incluyendo sus alumnos pasantes con crédito académico, de investigación y voluntarios. A los profesionales del LAL CIC, a los ingenieros en electrónica, Carlos Posse y Alejandro Armas y al diseñador en Comunicación Visual Daniel Tomeo, que llevaron adelante las mediciones acústicas en cámara y tubos de Kundt.

Referencias bibliográficas

- Asdrubali, F., D'Alessandro, F. y Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2015.05.002>
- Becerra, A. y Busnelli, R. (2021). Characterization of new insulators for architectural envelopes with non-traditional materials. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 1 (11), 14–24. <http://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/2778/2098>.
- Carenzo, S. (2020). Contesting informality through innovation “from below”: epistemic and political challenges in a waste pickers cooperative from Buenos Aires (Argentina). *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/25729861.2020.1788775>.
- Carenzo, S. y Sorroche, S. (2021). The politics of waste picking: reflections from the upscaling of a comanagement model for recyclable waste in Buenos Aires (Argentina). *Geocarrefour*, 95 (1). <https://doi.org/10.4000/geocarrefour.16682>
- Cozzens, S. y Sutz, J. (2014) Innovation in informal settings: reflections and proposals for a research agenda. *Innovation and Development*, 4 (1), 5-31. <https://doi.org/10.1080/2157930X.2013.876803>
- Fracascia, L. (2018). Industrial symbiosis and urban areas: a systematic literature review and future research directions. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 5 (2), 73–83.
- Gibbs, D. y Deutz, P. (2005). Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA. *Geoforum*, 36 (4), 452–464. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.07.009>
- Gutberlet, J. y Carenzo, S. (2020). Waste pickers at the heart of the circular economy: a perspective of inclusive recycling from the global south. *Waste: Journal of Interdisciplinary Studies*, 3 (6), 1–14. <http://dx.doi.org/10.5334/wwwj.50>
- Hess, G. (2010). The ecosystem: model or metaphor? *Journal of Industrial Ecology*, 14 (2), 270–285. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2010.00226.x>
- Madsen, S., Miørner, J. y Hansen, T. (2022). Axes of contestation in sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 45, 246–269. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.11.001>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2022). Innovar 2022. 17º Concurso Nacional de Innovaciones. MinCyT.
- Schroeder, P., Anggraeni, K. y Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the sustainable development goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23, 77–95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>
- Shah, I. H., Dong, L. y Park, H. (2020). Tracking urban sustainability transition: an eco-efficiency analysis on eco-industrial development in Ulsan, Korea. *Journal of Cleaner Production*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121286>
- Walker, A. M., Vermeulen, W. J., Simboli, A. y Raggi, A. (2021). Sustainability assessment in circular inter-firm networks: An integrated framework of industrial ecology and circular supply chain management approaches. *Journal of Cleaner Production*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125457>
- Yajnes, M. E., Becerra A. A., Berardino, M., Bruzzo, A., Caruso, S. I., Busnelli, R. R. y Aranda, Y. (25 de octubre de 2022). *Caracterización como herramienta educativa y promotora de desarrollo sostenible: ensayos de anticipación* [Ponencia]. XXXVI Jornadas de Investigación y XVIII Encuentro Regional de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, SI + Categorías, Buenos Aires, Argentina.
- Yajnes, M. E., y Busnelli, R. R. (2023). Conurbano sostenible, residuos textiles,

empleo y vivienda digna. En A. Bidiña et. al. (Eds.) *¿En qué conurbano queremos vivir? Obra colectiva de las universidades del conurbano* (pp. 136-165). Ediciones Asociación Argentina para el progreso de las ciencias.

Yajnes, M. E. (2022). *Circuitos de residuos de la industria textil generados en el Partido de General San Martín: desconexión o conexión sustentable: período 2007-2016* [Tesis de maestría]. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.

Zapata M. J., Careno S., Kain, J. K, Oloko, M., Reynosa, J. P. y Zapata, P. (2021). Inclusive recycling movements: a green deep democracy from below. *Environment and Urbanization*, 33 (2), 579-598. <https://doi.org/10.1177/0956247820967621>