



Facultad de Arquitectura,  
Planeamiento y Diseño.

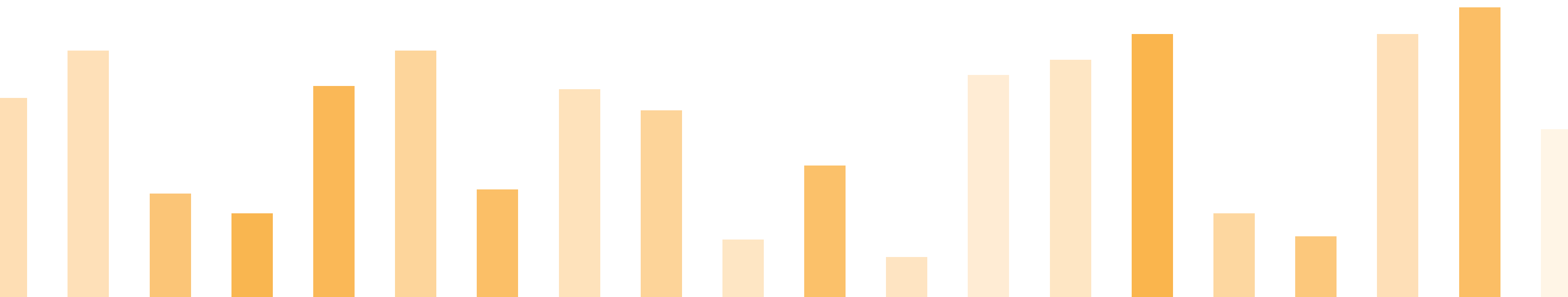
3, 4 y 5 de agosto  
**2022**

**Creta** XII Congreso Regional de  
Tecnología en Arquitectura

# Libro de ponencias

ISBN 978 - 987 - 702 - 617 - 7

| Universidad Nacional de Rosario, A&P Ediciones, 2022.



Povrzenic, Javier  
XII Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura : libro de ponencias / Javier Povrzenic;  
María José Panvini ; compilación de Javier Povrzenic ; María José Panvini ; Iván Cabrera. - 1a ed.  
- Rosario : UNR Editora, 2023.  
Libro digital, PDF  
  
Archivo Digital: descarga y online  
ISBN 978-987-702-617-7  
  
1. Arquitectura. I. Panvini, María José. II. Cabrera, Iván, comp. III.  
Título.  
CDD 720.7

ISBN 978-987-702-617-7



## Eje 2

### La autoevaluación como parte del proceso formativo

Juan Luis Marezi, María Consuelo Calvo Zarlenga, María Elisa Cremaschi, María Sofia Massa Formica, Adrian Saenz

65 » 69

### Laboratorio ambiental: experiencia organoléptica

César Altuzarra, Nélide Skindzier, Nora Díaz, Erica Lugo

70 » 74

### Revisando nuestro hogar en la cursada virtual de Acondicionamiento y Confort

María de la Paz Diulio, Agustina Barthes, Joanna Baffoni, Andrea Bujer

75 » 78

### El espacio vivencial personal como anclaje introductorio en el conocimiento de las solicitudes del medio en tecnología

Carlos Eduardo Fenoglio, Federico Moretti, Leonel Perez, Julia Alejandra Romero, Agustín Terra Loredo

79 » 82

### El vínculo entre la proyectualidad y la materialidad a partir del análisis de una obra referencial.

Julia Alejandra Romero, Carlos Eduardo Fenoglio, Federico Moretti, Leonel Perez, Agustín Terra Loredo

83 » 86

### Práctica Evaluada Globalizadora en tiempos de virtualidad

Gilma Beatriz Goity, Nicolás Hernan Oteiza, Maria Tatiana Villén

87 » 91

### Eficiencia energética-sustentabilidad ambiental-tecnológica de la construcción NO Convencional: la esencia de la cátedra CONSTRUCCIONES II-B (Matutina) de la FAU-UNNE

Guillermo José Jacobo, Herminia María Alías, Jorge Alejandro Álvarez, José Ariel Collman, Rocío Carolina Molina.

92 » 96

### Trayecto curricular de la Materia Optativa “Lógicas Ambientales para el Proyecto Arquitectónico”

Daniel Perone, Laura Bracalenti, Patricia Mosconi, Jorge Vazquez, Marcelo Graziani. Laura Mateos, Melina Duca, Franco Nocioni, Federico Vazquez, Federico Ferrari, Julieta Cremonte, Mariana Giaccone, Agustina Martinez Chaher

97 » 102

### Diseño estructural sostenible. Experiencia de enseñanza en el posgrado

Silvina Inés Prados, Guadalupe Álvarez

103 » 107

### Tecnologías de proceso en la enseñanza de producción de obras

Federico García Zúñiga, Gerardo Wadel, Diego Cremaschi

108 » 113

## Eje 1

**Entrepisos híbridos: avances tecnológicos en acero y hormigón armado**  
Guadalupe Álvarez, Gabriela Cristina  
**144 » 148**

**Componentes constructivos a base de RSU. Potencialidades del cartón corrugado de desecho para el hábitat**  
Samira Burgos, Alvaro Di Bernardo, Guillermo Jacobo  
**149 » 153**

**Predimensionado de entrepisos sin vigas en obras de hormigón armado en Argentina**  
Gerónimo Caffaro, Carolina Ponssa, Yohana Cicaré  
**154 » 158**

**Consideraciones constructivas de las juntas en paredes exteriores, construidas con tecnología en seco. Reporte de una vivienda en S.M. de Tucumán**  
Nora Fajre, Enrique Elsinger, Marcela Doz Costa  
**159 » 163**

**Procesos proyectuales en clave multidisciplinar desde un pensar técnico. Caso: casa áurea**  
Ma. Graciela Imbach, Ma. Soledad Fritz, Florencia A. Cernigoi, Sandra F. Kernot, Nestor M. Lenarduzzi  
**164 » 167**

**Desarrollo de un sistema constructivo con maderas correntinas de bosques implantados para edificios eficientes energéticamente de viviendas unifamiliares**  
Guillermo José Jacobo, José Luís Mancuso, María de los Ángeles Lourdes Aguirre Correa  
**168 » 172**

**Producción de losetas de hormigón para protección de cables subterráneos en barrios populares de Mar del Plata**  
José Isaac Melian, Agustín Lautaro Terra Loredó, Sabine Asis, Luis Fernando Alza, Lelis René Fernandez Wagner  
**173 » 177**

**Pensamiento material como técnica proyectual**  
Margarita Trlin, Andres G. Milos Sucsdorf  
**178 » 182**

**Comportamiento sismorresistente de tipologías frecuentes en la ciudad de Córdoba: Un caso de estudio**  
Eduardo Rodríguez Cimino, Gustavo Gonzalez, Gabriela Asis Ferri, Julieta Mansilla, Eduardo Wuthrich, Raquel Fabre, Daniela Gilabert, Leonel Ghiglione, Horacio Altamirano  
**183 » 187**

Eje 2

**Impacto del uso en la eficiencia energética de viviendas del nordeste argentino**  
Herminia M. Alías, Guillermo J. Jacobo  
189 » 193

**Morteros cementicios con agregados de ceniza de origen vegetal**  
Fernando F. Arana Sema, Angel Marcelo Costilla, Hilda Kanan  
194 » 197

**Análisis del comportamiento térmico e higrotérmico de los muros de árido vertido implementados en la autoconstrucción de Mar del Plata**  
Kristina Atanasoska  
198 » 202

**Evaluación de tres jardines maternos municipales en la ciudad de Neuquén, su comportamiento higrotérmico y energético en verano**  
M. Belén Birche, Jorge D. Czajkowski, Analía F. Gómez, Julián Basualdo  
203 » 206

**Caracterización física y mecánica de los adobes producidos en el centro este de la provincia de Santa Fe**  
Santiago Cabrera, Santiago Nogueira, Ariel González  
207 » 210

**Memorias del agua. Interacciones entre los ciclos de inundación y el proceso de crecimiento urbano en la localidad de Puerto Vilelas, Chaco, Argentina**  
Victor Hugo Cabrera, Daniel Edgardo Vedoya  
211 » 216

**Certificación de eficiencia energética de edificios escolares en Tucumán. Análisis de la iluminación en aulas**  
Marta Susana Cisterna, Santiago Hernán Tadeo  
217 » 221

**La eficiencia energética edilicia como un problema complejo. Enfoque metodológico para abordar su investigación – proyecto**  
Laura Gisela Currie, Herminia María Alías  
222 » 226

**Comportamiento energético ambiental del centro de infancia de la familia CDIF “Santa Brígida”, en el partido de San Miguel, Provincia de Buenos Aires.**  
Jorge D. Czajkowski, Analía F. Gómez, Belén Birche, Roberto Berardi, David Basualdo, Julián Basualdo  
227 » 231

**Aplicación de residuos textiles en la producción de placas de fibro-cemento. Estudios Preliminares**  
Ma. Esther Fernández , Camila De Los Santos, Fernando Petrone, Ma. Eugenia Pereira, Holmer Savastano Júnior  
232 » 236

**Estrategias de diseño bioclimático en centros de salud en San Miguel de Tucumán**  
Amalita Fernandez, David Elsinger, Beatriz Garzón  
237 » 240

**Construcción del Año Base para el Subsector Salud**  
Santiago Tomás Fondoso Ossola, Pedro Joaquín Chévez, Irene Martini  
241 » 245

**Rehabilitación Bioclimatica. Análisis de los niveles de confort bajo las condicionantes de la eficiencia energética en el edificio el Cubo**  
Miguel Bossi, Leandro Fontanetto, Maria Victoria Tate  
246 » 249

**Prototipo de piel verde modular aplicado a Viviendas Procrear II de la Ciudad de Resistencia, Chaco**  
Floencia Belén Galizzi, Claudia Pilar, Daniel Vedoya  
250 » 254

**Etnografía y prácticas energéticas en culturas constructivas nómades desérticas. Casos de vivienda social de adobe en Lavalle y Valle del Draa**  
María Laura Giovino, Leticia Katzer  
255 » 260

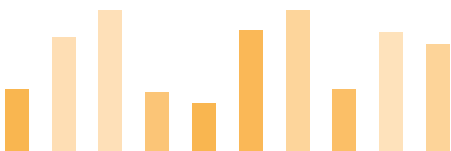
**Auditorías energéticas de edificios municipales en Argentina. Proyecto: Euroclima+**  
Jorge D. Czajkowski, Analía F. Gómez, Belén Birche, Roberto Berardi, David Basualdo, María de los Angeles Czajkowski, Julián Basualdo  
261 » 265

**Producción de viviendas de BTC a partir de tierras de excavación.**  
Stella Maris Latina, Mirta Eufemia Sosa, María Alejandra Sosa Latina, Irene Cecilia Ferreyra  
266 » 271

**Propuestas de mejoras de iluminación en aulas prototipo para las escuelas nuevas construidas en Tucumán, Argentina**  
S. Gabriela Márquez Vega, Cecilia F. Martínez  
272 » 276

**Evaluación funcional-ambiental de modernización de espacio peatonal en localización de clima cálido-húmedo**  
Cecilia F. Martínez, Cintya L. Villa  
277 » 281

**Empleo de placas de residuos de desmote de algodón y resina urea-formaldehído para el mejoramiento de envolventes horizontales en viviendas**  
Agustina Trevisan, Luciano Massons, Florencia Benítez, María Fernanda Carrasco, Rubén Marcos Grether  
282 » 286



Samira Burgos  
Alvaro Di Bernardo  
Guillermo Jacobo

Estructuras II

FAU — UNNE, Resistencia, Argentina

—  
ssbusp@gmail.com

# COMPONENTES CONSTRUCTIVOS A BASE DE RSU. POTENCIALIDADES DEL CARTÓN CORRUGADO DE DESECHO PARA EL HÁBITAT.

## RSU-BASED CONSTRUCTION COMPONENTS. POTENTIALITIES OF WASTE CORRUGATED CARDBOARD FOR THE HABITAT.

### RESUMEN

Se exponen los resultados de los ensayos mecánicos, térmicos y acústicos de un “Componente Constructivo Tipo” (CCT) que incorpora, como alma del panel, multicapas de cartón corrugado recuperados de los RSU. Se ensaya mecánicamente al CCT evaluando su deformabilidad en el tiempo, frente a un esfuerzo de flexión. Con el ensayo térmico, se busca determinar la conductividad del cartón de desecho. Mientras que, con el acústico, se evalúa el poder aislante de un tabique de cartón corrugado. Estos ensayos permitieron dar cuenta que sucesivas capas de cartón corrugado no colaborarían estructuralmente con dos placas conjuntas de contrachapado fenólico en componentes sometidos a flexión. Contrariamente, los ensayos térmicos y acústicos permitieron reconocer un enorme potencial de aislamiento en estas dos variables. Los resultados obtenidos permiten imaginar posibilidades para este material de descarte que le otorgan un valor constructivo significativo como posible sustituto de productos más costosos o de mayor impacto ambiental.

### ABSTRACT

The results of the mechanical, thermal and acoustic tests of a “Type Construction Component” (TCC) that incorporates, as the core of the panel, multilayers of corrugated cardboard recovered from MSW, are exposed. The CCT is mechanically tested, evaluating its deformability over time, against a bending stress. With the thermal test, it is sought to determine the conductivity of the waste cardboard. While, with the acoustic, the insulating power of a corrugated cardboard partition is evaluated. These tests allowed to realize that successive layers of corrugated cardboard would not collaborate structurally with two joint plates of phenolic plywood in components subjected to bending. On the other hand, the thermal and acoustic tests allowed us to recognize an enormous insulation potential in these two variables. The results obtained allow us to imagine possibilities for this discarded material that give it a significant constructive value as a possible substitute for more expensive products or those with a greater environmental impact.

PALABRAS CLAVES: economía circular – reutilización – residuo – tecnología

KEY WORDS: circular economy – reuse – waste – technology

## INTRODUCCIÓN

Se presentan los avances alcanzados en el estudio de las potencialidades que tiene el cartón recuperado de los RSU para su utilización en la conformación de componentes constructivos para el hábitat. Un recurso abundante en el Área Metropolitana del Gran Resistencia donde, según estimaciones, se desechan cerca de 2000 toneladas al mes con una tasa de recuperación superior al 40%; producto de las políticas implementadas por el Municipio y de los esfuerzos particulares de recuperadores urbanos y centros de clasificación familiares que lo utilizan como medio de subsistencia (Burgos, 2022). Al no contar la Provincia con plantas de reciclaje, el 100% del volumen recuperado se comercializa y envía a otras plantas del país. La indagación en posibles formas de reuso, como alternativa al reciclaje, que puedan agregarle valor a este recurso y distribuir renta de manera local, forman parte de los objetivos que persigue este trabajo.

Asimismo, se aboga por una solución constructiva sustentada en la reutilización inteligente del residuo cartón, que permita sustituir algunos materiales tradicionales utilizados en la construcción (EPS, lana de vidrio, poliuretano proyectado, entre otros). De esta manera, desde un enfoque circular (Ellen MacArthur Foundation, 2013), se concibe al cartón desechado no como un residuo, si no como materia prima “alimentaria” para producir tecnologías alternativas para el hábitat con un mínimo gasto energético, reducción de residuos y minimización de emisiones de CO<sub>2</sub> sobre el medio ambiente. Así, al tiempo que se busca alargar la vida útil del material cartón, con sus consecuentes beneficios ambientales, se pretende diseñar una alternativa constructiva viable desde lo tecnológico-constructivo, energéticamente eficiente y económicamente accesible.

En términos generales, la idea del sistema constructivo que se formula desde este trabajo se basa en un conjunto de paneles prefabricados livianos que puedan ensamblarse en obra mediante uniones en seco. Se trata de un sistema constructivo que busca aprovechar la disponibilidad del recurso cartón recuperado diariamente en Resistencia, haciendo uso de este tal como es obtenido, es decir, sin aplicarle transformaciones sobre su forma o materia. En este sentido, es necesario trabajar con los tamaños y espesores variables de sus planchas en la conformación de un “componente constructivo tipo” (en adelante CCT) que pueda utilizarse, indistintamente, en envolventes verticales (muros y tabiques divisorios) y horizontales (pisos y techos) de una vivienda de una sola planta. A partir de estas premisas, se diseñó un CCT que

se encuentra conformado, en cada una de sus caras, por dos placas de contrachapado fenólico de 18 mm de espesor y un alma de 100 mm constituido por sucesivas capas pegadas de cartón corrugado (Fig. 1).

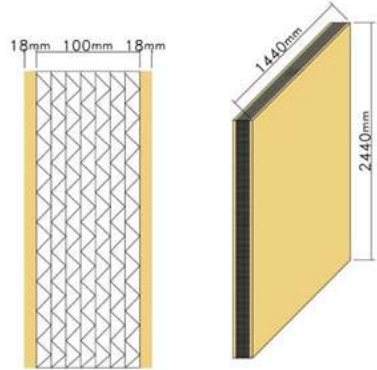


Fig. 1: Axonométrica y detalle constructivo del CCT. | Fuente: Elaboración propia.

Dicho panel, según su ubicación dentro del sistema constructivo (pared, piso, techo, etc.), deberá complementarse con otros materiales (revestimientos exteriores/interiores, pinturas, protecciones hidráulicas, etc.) capaces de protegerlo de las inclemencias climáticas, de posibles riesgos de incendio, del tránsito o le brinde una terminación estética final (Fig. 2).

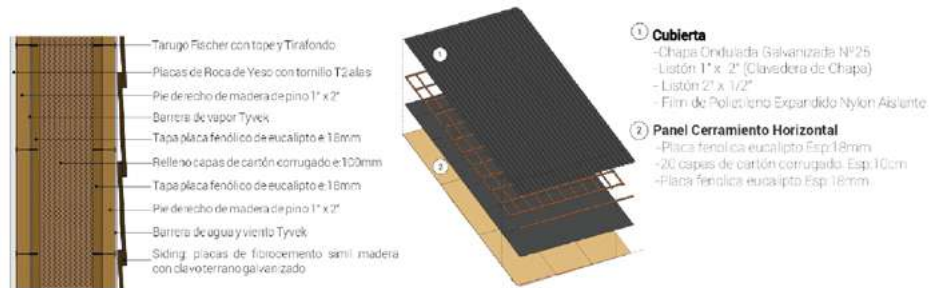


Fig. 2: Posibles combinaciones con otros materiales en pared y techo. | Fuente: Elaboración propia.

Como hipótesis de diseño, se espera que este CCT pueda acondicionar térmica y acústicamente el interior de una vivienda, al mismo tiempo que actúe como elemento estructural capaz de admitir y canalizar las cargas verticales (gravitatorias y de succión), como de rigidizar al sistema constructivo ante cargas horizontales (vientos, por ejemplo). Su diseño se fundamenta en la idea de que el aumento de sucesivas capas de cartón corrugado incrementaría proporcionalmente las propiedades mecánicas, térmicas y acústicas de dicho panel, mientras pueda controlarse su porcentaje de humedad en el tiempo. Se exponen los resultados de los ensayos mecánicos, térmicos y acústicos realizados tendientes a corroborar/refutar preliminarmente esta hipótesis.

## METODOLOGÍA

Para la evaluación experimental del CCT se idearon tres ensayos orientados a reconocer sus prestaciones mecánicas, térmicas y acústicas. Cabe aclarar que, en los tres casos, se tratan de ensayos indicativos o exploratorios con baja precisión, puesto que el objetivo del trabajo busca reconocer el potencial que tiene la propuesta tecnológica y no la determinación rigurosa de sus diferentes propiedades. Por ello, en la descripción de cada ensayo, se mencionan posibles factores de error que pueden distorsionar la precisión de los resultados obtenidos.

### Ensayo Mecánico

Con el ensayo mecánico se pretende evaluar si sucesivas capas de cartón corrugado, como alma del CCT, pueden colaborar con la estabilidad estructural del sistema constructivo, prescindiendo de un sistema estructural independiente que canalice las cargas verticales del techo a los cimientos (columnas y vigas, o montantes y soleras). En este sentido, se decidió evaluar mecánicamente al CCT en su deformabilidad en el tiempo frente a una carga estática permanente que le genere un esfuerzo de flexión, como al que se encontraría sometido en una envolvente horizontal (piso o techo). Asimismo, estos resultados se consideraron adecuados para reconocer el grado de colaboración que tendría el alma de cartón en la deformabilidad del CCT ante un posible pandeo, producto de un esfuerzo de compresión sobre una envolvente vertical (pared). Para el ensayo, se construyeron dos probetas del CCT en escala 1:6, de 400 x 200 mm:

- La “Probeta 1” (probeta de referencia) representa al CCT sin alma de cartón, para el que se utilizaron dos placas de madera contrachapada de 3mm.
- La “Probeta 2” representa al CCT completo, para el que se utilizaron dos placas de madera contrachapada de 3mm y 17mm de sucesivas capas de cartón corrugado vinculadas con cola vinílica (Fig. 3).



Fig. 3: Probeta 1 (izquierda) y Probeta 2 (derecha). | Fuente: Elaboración propia.



Se aplicó una carga estática de 8 kg sobre el centro de cada probeta durante 39 días. Las deformaciones se fueron midiendo y registrando, de manera manual, cada 24 horas con una precisión de fracción de milímetro mediante la ayuda de un calibre. Simultáneamente, con la intención de evaluar si la humedad ambiente tiene influencia en la resistencia mecánica del cartón corrugado, se registró diariamente la Humedad Relativa máxima tomada en el aeropuerto de Resistencia, publicada por el Servicio Meteorológico Nacional. Dentro de los factores de error que puedan distorsionar los datos registrados, se reconocen:

- La precisión de las mediciones que, al tratarse de algo manual, no se encuentra exento del error humano.
- El armado de las probetas con materiales de descarte (cartón corrugado y papeles), los que pueden presentar calidades diferentes.

### Ensayo Térmico

Con este ensayo se determinó una aproximación al comportamiento térmico del alma del CCT (Transmitancia, Retardo y Amortiguamiento Térmico). Para ello, se construyó un recinto adiabático constituido por tabiques de 50 mm de espesor de Poliestireno Expandido de 10 kg/m<sup>3</sup> de densidad, dividido en dos cámaras por un tabique del material a ensayar. Una de las cámaras contuvo una fuente de energía térmica (lámpara incandescente de 25 W) y la otra actuó como sumidero (Fig. 4).

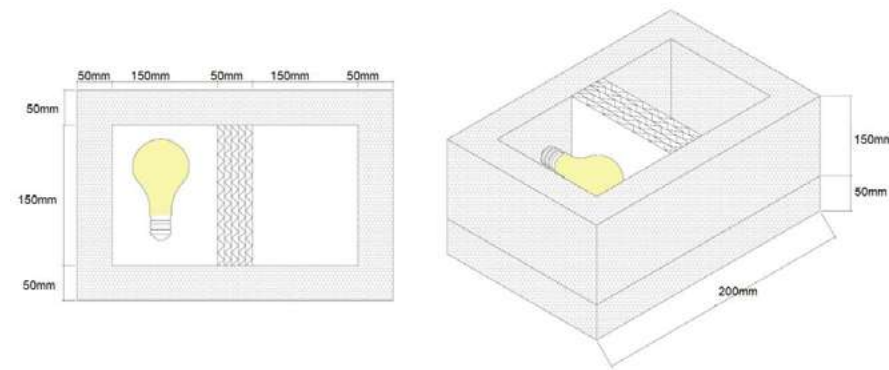


Fig. 2: Posibles combinaciones con otros materiales en pared y techo. | Fuente: Elaboración propia.

Ambas cámaras contaron con sensores de temperatura del tipo Hobo Data Logger programados para registrar los cambios térmicos de cada cámara cada 30 segundos. Finalmente, como probeta de ensayo se utilizó un tabique de 50 mm de multicapa de cartón corrugado, equivalente a la mitad del aislante del CCT (Fig. 5).



Fig. 5: Imagen del recinto adiabático con los sensores de temperatura. | Fuente: Elaboración propia.

Dentro de los factores de error que pueden distorsionar los datos registrados se reconocen:

- El tiempo de aplicación de la fuente de calor, que se extendió por un período de una hora y quince minutos (1.15hs), interrumpiéndose de manera arbitraria sin poder alcanzar el estado de régimen debido a la falta de un instrumento externo de observación. Situación que presenta como imprecisión a los valores de temperaturas máximas registradas en cada cámara (T<sub>f</sub> y T<sub>s</sub>), probablemente inferiores a las de un estado de régimen.
- La determinación del Calor Transmitido (Q<sub>t</sub>) a través del tabique. Para su estimación se tomaron ciertos supuestos teóricos (no verificables empíricamente) que consideran el rendimiento calorífico de la lámpara ( $\eta_t$ ) y las pérdidas producidas por las paredes del recinto (Q<sub>1</sub>), al no tratarse de un recinto perfectamente adiabático.
- Las filtraciones por las juntas de la probeta. Al tratarse de una probeta de superficie pequeña la incidencia de las condiciones de borde sobre la superficie útil bajo ensayo tiene una relevancia significativa.

### Ensayo Acústico

Por último, con el ensayo acústico se buscó evaluar experimentalmente el poder aislante que le otorgaría el cartón corrugado al CCT, ensayándose únicamente el alma del panel en dos instancias diferentes. En la primera instancia se midió el nivel de ruido que transmite una fuente emisora en un espacio abierto (Fig. 6) mientras que, en una segunda instancia, se registró el nivel de ruido que transmite esta misma fuente emisora dentro de un cubo conformado por multicapas de cartón corrugado de 75mm de espesor (Fig. 7). Como fuente emisora y receptora se utilizaron dos dispositivos de telefonía móvil distanciados a 35 cm. La fuente emisora, a volumen constante, emitió sonidos a diferentes frecuencias (500hz, 963hz, 2000 hz, 3000hz y 4000hz), mientras que la fuente receptora registraba los decibelios (dB) correspon-

dientes a través de un software específico (Sonómetro) que funciona bajo el sistema operativo Android.



Fig. 6: Ensayo acústico en un espacio abierto. | Fuente: Elaboración propia.



Fig. 7: Ensayo acústico con cubo de cartón mediante. | Fuente: Elaboración propia.

Como factores de error que pueden distorsionar los datos registrados, se reconocen:

- La conformación de la probeta o cubo de cartón que pudo presentar resquicios que presentarían menores resistencias al paso del sonido.
- El sonido ambiente, registrado en 45 dB.
- La sensibilidad de los micrófonos del dispositivo receptor, los que están alineados a la voz humana, en donde los valores máximos están limitados por el dispositivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Comportamiento Mecánico del CCT

Se presentan los resultados obtenidos del ensayo mecánico aplicado sobre el CCT. En el siguiente gráfico (Fig. 8) se sintetizan las deformaciones obtenidas en milímetros, en períodos de 24 hs, ante la solicitación de una carga estática permanente de 8kg sobre el centro de cada una de las probetas, las que se encontraron sometidas a un esfuerzo de flexión. En línea de puntos, sobre el eje secundario de la ordenada aparecen los valores máximos de Humedad Relativa (HR) registrados en el aeropuerto de Resistencia.



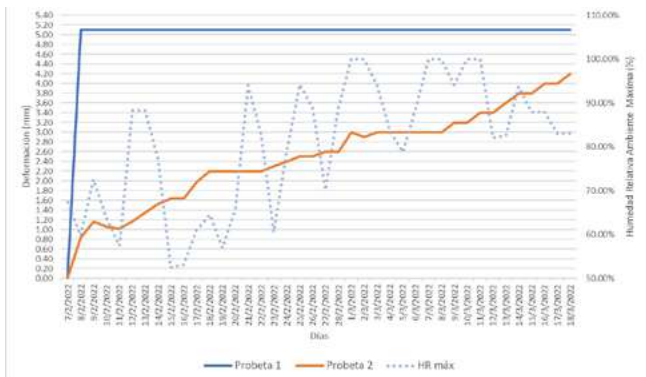


Figura 8: Gráfico temporal (días) de deformaciones (mm) de las probetas sometidas a flexión.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico se observa que la “Probeta 1” (sin alma de cartón) ante la aplicación de la carga estática adopta una deformación instantánea de 5,1 mm, que se mantiene constante a lo largo del ensayo (39 días). La “Probeta 2” (CCT completo), en cambio, ante la aplicación de la carga estática adopta una deformación inicial de 0,84 mm, significativamente menor a la “Probeta 1”, equivalente a 16,4% de esta última. Este resultado permite suponer, de manera preliminar, que el alma de cartón corrugado colaboraría estructuralmente con la resistencia del panel, otorgándole mayor altura al componente y, con ello, una mayor inercia al conjunto que conforma con las placas fenólicas. La observación de su comportamiento en el tiempo evidencia, por otro lado, que la probeta se sigue deformando lentamente con el pasar de los días. Se identifican mesetas en donde la flecha parece estabilizarse, hasta que nuevamente retoma el proceso de deformación, situación que podría asociarse con un aumento en la humedad del cartón y su consecuente pérdida de resistencia mecánica. La tendencia indica que la deformación de la “Probeta 2” tiende a igualar o a acercarse a la flecha máxima de la “Probeta 1”.

Estos resultados permiten inferir, en consecuencia, que un alma compuesta por sucesivas capas de cartón corrugado no colaboraría estructuralmente con las dos placas conjuntas de contrachapado fenólico ante una carga estática aplicada de forma permanente, en componentes constructivos solicitados a la flexión. De esta manera, se refuta unos de los supuestos iniciales de diseño aplicados sobre el CCT, asociados con la posibilidad de prescindir de un sistema estructural independiente que canalice las cargas verticales del techo a los cimientos, como pueden ser el conjunto de columnas y vigas utilizados tradicionalmente en las construcciones de esta región, o de montantes y soleras propios de los sistemas constructivos en seco.

### Comportamiento Térmico del CCT

En cuanto al comportamiento térmico, en el siguiente gráfico (Fig. 9) se expresa la evolución térmica en el interior de cada una de las cámaras del recinto adiabático (“cámara fuente” y “cámara sumidero”), registradas cada 30 segundos, las que encuentran separadas por la probeta de ensayo: un tabique de 50 mm de multicapa de cartón corrugado, equivalente a la mitad del alma del CCT.

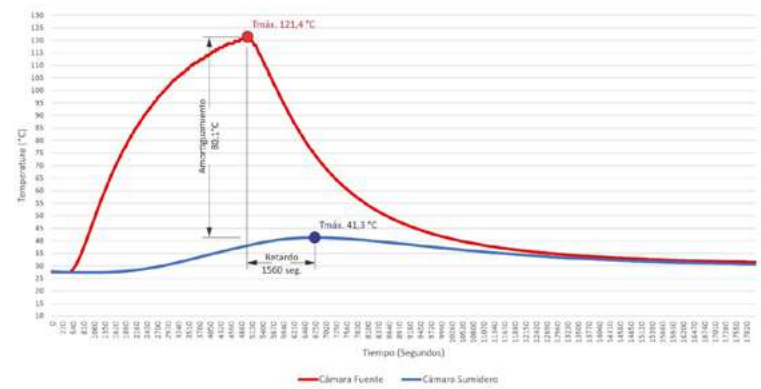


Fig. 9: Evolución térmica de la “cámara fuente” y de la “cámara sumidero”.

Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico se puede observar que al inicio del ensayo ambas cámaras se encontraban a una temperatura de 27,5°C. Aplicada la fuente de calor, a los 480 segundos, la “cámara fuente” de manera instantánea inicia un aumento acelerado de su temperatura que alcanza los 121,4°C a los 4980 segundos de iniciado el ensayo, momento en el que se interrumpe la fuente de calor. A partir de entonces, la “cámara fuente” inicia un descenso de su temperatura a una velocidad casi constante, perdiendo energía por los distintos tabiques que envuelven a esta cámara (Fig. 10). La amplitud térmica registrada en la “cámara fuente” fue de 93,9°C.

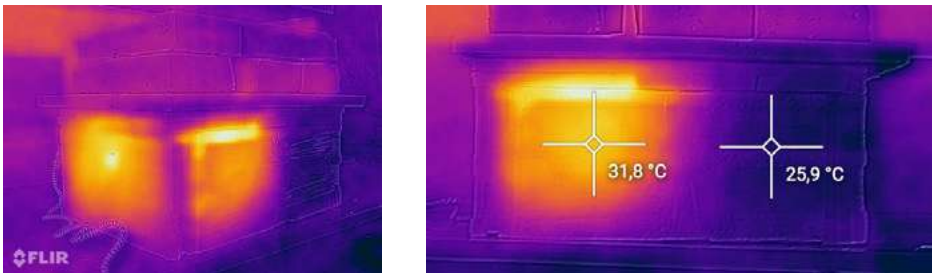


Fig. 9: Evolución térmica de la “cámara fuente” y de la “cámara sumidero”.

Fuente: Elaboración propia.

La “cámara sumidero”, en cambio, empezó a registrar una variabilidad térmica a los 1530 segundos de iniciado el ensayo, 1050 segundos posterior al inicio de la fuente de calor. A diferencia de la “cámara fuente”, la “cámara sumidero” presentó un aumento más moderado de su temperatura registrando un pico máximo de 41,3°C a los 6540 segundos, con una amplitud térmica que alcanza los 13,8°C. De esta manera, el amortiguamiento térmico provocado por el tabique divisor multicapa de cartón corrugado entre la máxima temperatura de la “cámara fuente” y la “cámara sumidero” fue de 80,1°C; mientras que el retardo térmico fue de 1560 segundos. Estos resultados preliminares permiten inferir, en consecuencia, que el tabique multicapa de cartón corrugado presentaría propiedades térmicas adecuadas, como material aislante alternativo, para resistir al paso del calor; puesto que logra amortiguar en tres veces el pico térmico de la “cámara fuente”. Ambas cámaras se equilibraron térmicamente aproximadamente a los 13500 segundos de iniciado el ensayo.

Con la intención de determinar la capacidad aislante del tabique multicapa de cartón corrugado de 50 mm de espesor y compararlo con otros materiales de la construcción, se realizó una aproximación teórica a su Coeficiente de Transmitancia (“K”) y Conductividad Térmica (“λ”) obteniéndose como resultados los valores de 4,32W/m<sup>2</sup>°C” y de 0,22 W/m°C, respectivamente. Cabe aclarar que el valor de Conductividad Térmica obtenida de manera teórica, a partir de los resultados del ensayo, dista en 3,4 veces respecto al valor de 0,065 W/m°C calculado en Gutiérrez y González (2012). Esta discrepancia puede deberse a los factores de error señalados en el apartado “Metodología” que pudieron haber distorsionado los datos registrados y utilizados para el cálculo. Por otro lado, el cartón corrugado utilizado en Gutiérrez y González (2012) para la determinación del coeficiente de conductividad no fue el recuperado de los RSU, sino uno nuevo del tipo comercializado en pinturerías.

Aún así, a pesar de las fuentes de incertidumbre señaladas, el ensayo exploratorio realizado revela un comportamiento térmico superior del cartón corrugado respecto a otros materiales habituales de la construcción en cuestiones de aislación: 7,4 veces respecto al hormigón (1,63 W/m°C), 3,7 veces al ladrillo común (0,81 W/m°C) y una conductividad térmica similar a las maderas naturales macizas (Tabla 1). Este resultado permite dar cuenta, entonces, del potencial que tiene este material de desecho como aislante térmico en la edificación, el cual cuenta con la ventaja de poder ser reutilizado de modo directo en la conformación de un componente constructivo tipo, sin la necesidad de aplicarle transformaciones sobre su forma o materia.

Material	Densidad (kg/m3)	Conductividad térmica (W/m²K)	Fuente
Hormigón normal con agregados petreos	2400	1,63	Norma IRAM 11601/02
Ladrillo cerámico macizo	1600	0,81	Norma IRAM 11601/02
Madera de pino spruce (perpendicular a las fibras)	400 - 600	0,13 – 0,19	Norma IRAM 11601/02
Cartón corrugado de RSU	variable	0,22	Elaboración Propia
Cartón corrugado nuevo	47	0,065	Gutiérrez y González (2012)
Lana de vidrio en fieltro	11-14	0,043	Norma IRAM 11601/02
Poliestireno Expandido en plancha	15	0,037	Norma IRAM 11601/02

Tabla 1: Tabla comparativa de densidades y conductividad térmica de materiales de la construcción.

Fuente: Elaboración propia.

Comportamiento Acústico

Finalmente, respecto al comportamiento acústico del CCT, en la siguiente tabla (Tabla 2) se detallan en la primera columna las distintas frecuencias sonoras de la fuente emisora a las cuales fue realizado el ensayo acústico, a un nivel constante de volumen. En la segunda columna, el nivel de ruido que transmite dicha fuente emisora en un espacio abierto. En la tercera columna, se sintetiza el nivel de ruido medido desde esta misma fuente emisora dentro de un cubo conformado por multicapas de cartón corrugado de 75mm de espesor, equivalente a 3/4 del alma del CCT. Las diferencias entre ambas mediciones con el porcentaje de reducción se resumen en la cuarta y quinta columna, respectivamente.

Frecuencia Sonora	Nivel de Ruido en espacio abierto	Nivel de Ruido dentro de la probeta	Diferencias de dB dentro/fuera de la probeta	Porcentajes de Reducción
500 hz	79 dB	65 dB	14 dB	17,72%
963 hz	76 dB	60 dB	16 dB	21,05%
2000 hz	73 dB	57 dB	16 dB	27,91%
3000 hz	78 dB	64 dB	14 dB	17,95%
4000 hz	66 dB	50 dB	16 dB	24,24%

Tabla 2: Diferencias de dB de una fuente emisora entre un espacio abierto y uno mediado por la probeta.

Fuente: Elaboración propia.

Las diferencias percibidas en el nivel de ruido de la fuente emisora, entre el espacio abierto y mediada por la probeta de cartón corrugado de 75mm de espesor, rondan entre los 14 y 16 dB, equivalentes a un porcentaje de reducción que se encuentra entre 17,72% y 27,91%, según la frecuencia evaluada. En cualquiera de los casos, estos resultados, dan cuenta del potencial que tiene este material de desecho como aislante acústico en la edificación; sobre todo considerando su bajo costo y los impactos ambientales favorables

de su recuperación, respecto a los que presentan los materiales aislantes disponibles en el mercado. En una analogía sencilla, este nivel de aislación podría permitir pasar de un ambiente ruidoso, en torno a los 70 dB, equivalente a una conversación en voz alta, a una oficina con gente, o a un tráfico urbano moderado, hacia un ambiente tranquilo de 55 dB, equivalente al límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud (2018) para un sonido saludable. Aislación que se vería incrementada considerablemente si se tomara al CCT completo, es decir, con ambas placas de contrachapado fenólico de 18mm y el alma de multicapa de cartón corrugado de 100mm de espesor.

CONCLUSIONES

El desafío de este trabajo centrado en analizar formas de reuso del cartón corrugado recuperado de los RSU, sin reciclaje o sin aplicarle transformaciones sobre su forma o materia, llevó a reconocerlo desde sus distintas propiedades mecánicas, térmicas y acústicas, en la conformación de un componente constructivo tipo para viviendas. La hipótesis de diseño que se puso a prueba con los distintos ensayos exploratorios tenía por intención reconocer si este material de descarte podría colaborar estructural, térmica y acústicamente en un sistema constructivo liviano y/o complementar los sistemas tecnológicos convencionales de la edificación.

Estos ensayos permitieron dar cuenta que, en elementos sometidos a un esfuerzo de flexión, un panel conformado por sucesivas capas de cartón corrugado no colaboraría estructuralmente con las dos placas conjuntas de contrachapado fenólico ante una carga estática aplicada de forma permanente. De esta manera, su uso como complemento estructural no permitiría prescindir de un sistema estructural independiente que canalice las cargas verticales del techo a los cimientos. Contrariamente, en los ensayos térmicos y acústicos, aun teniendo presente factores de error que distorsionaron las mediciones, se reconoció un enorme potencial de aislamiento en estas dos variables, comparables a las prestaciones que presentan los materiales convencionales utilizados para tales fines en la construcción (EPS, lana de vidrio, espuma de poliuretano, etc.).

Los resultados obtenidos de los ensayos permiten imaginar un abanico de posibilidades para este material de descarte que le otorgan un valor constructivo significativo como posible sustituto de otros productos más costosos o con mayor impacto ambiental, como los derivados del petróleo o de grandes procesos industriales. Además, la diversificación de la reutilización del cartón recuperado, como alternativa al reciclaje, podría traer aparejado un impacto positivo a nivel social ya que reivindicaría el oficio de los recupera-

dores urbanos de Resistencia.

A pesar de todas las bondades encontradas, el estudio efectuado se considera aún incipiente para concluir o demostrar fehacientemente las inferencias realizadas sobre este material de descarte. No obstante, deja abierta una línea de investigación en la cual se seguirá profundizando en futuras investigaciones, con ensayos más precisos y estudios que abarquen las posibles amenazas a las que puede someterse este material en la edificación como incendios, ataques biológicos o efectos de la humedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

· Burgos, S. (2022). Diseño de sistemas constructivos flexibles a base de cartón para el hábitat, en el marco de la Economía Circular. Informe Final del trabajo de investigación (inédito), Beca de Pregrado de la Secretaría General de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional del Nordeste.

· Ellen MacArthur Foundation (2013). Towards the Circular Economy Vol. 1 – An Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Isle of Wight, UK: Ellen MacArthur Foundation.

· Gutiérrez, J. y González, A. (2012). Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 16, 41-48.

· Norma IRAM 11601/2002. Acondicionamiento Térmico de Edificios. Método de Cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

· Organización Mundial de la Salud (2018). Environmental noise guidelines for the European Region. Recuperado el 7/10/2021 de [https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf)