

RESTBUILT



**Proyecto de investigación del reciclaje del colchón
fuera de uso para materiales de construcción.**

DOCUMENTO DE RESULTADOS



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
ACTIVIDAD 1/ INVESTIGACIÓN INICIAL	
1.1 CONTACTO CON OTRAS INICIATIVAS	5
1.2 ESPACIO RESTBUILT	14
1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA	17
1.4 VISITA A TIENDAS Y ENCUESTAS	25
1.5 CTR DE VALLADOLID	38
1.6 DOCUMENTO INICIAL	45
1.7 CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN INICIAL: LÍNEAS DE INV.PRINCIPALES	50
ACTIVIDAD 2/VALORIZACIÓN DE COLCHONES/ OBTENCIÓN DEL RESIDUO	
2.1 COLABORACIÓN CON FCC MEDIOAMBIENTE	53
2.2 OBTENCIÓN DEL RESIDUO: CTR ALICANTE	66
2.3 CONCLUSIÓN	70
ACTIVIDAD 3/ DESARROLLO DE PROTOTIPOS	
3.1 INTRODUCCIÓN	74
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ETSAVA UVA	76
3.3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN UBU	87
ACTIVIDAD 4/SEGUIMIENTO Y DIVULGACIÓN DE RESULTADOS	
4.1 CONGRESO RESTBUILT	90
4.2 COLABORACIÓN CON MÁSTER DE ARQUITECTURA ETSAVA / EXPOSICIÓN REFUGIO SIMBÓLICO	104
4.3 ARTÍCULO EN LA REVISTA SUSTAINABILITY	112
4.4 LIBRO DE ACTAS DEL CONGRESO RESTBUILT	118
4.5 LIBRO "SILENCIOS DEL ARLANZA"	122
4.6 REDES SOCIALES	126
4.7 PRENSA, RADIO Y OTROS MEDIOS	130
4.8 TRABAJO DE FIN DE GRADO	135
Anexo. RESULTADOS LÍNEA INVESTIGACIÓN UNIVERSIDAD DE BURGOS	139

INTRODUCCIÓN.

Este documento constituye el informe final del proyecto RESTBUILT, desarrollado en el marco del convenio de colaboración suscrito entre el Ayuntamiento de Valladolid y la Fundación Universidad de Valladolid (Fundación UVA), dentro del proyecto europeo CIRCULAR ECOSYSTEMS, financiado por el programa INTERREG POCTEP 2021-2027. En él se recogen, estructuran y ponen en valor todas las actividades realizadas a lo largo del periodo de ejecución del piloto, cuya finalidad ha sido evaluar el potencial de reutilización de residuos de colchones como materiales aplicables en el ámbito de la construcción.

A lo largo del desarrollo del proyecto, se ha trabajado desde un enfoque sistémico y multidisciplinar que ha incluido: la caracterización de los residuos disponibles, el análisis de viabilidad técnica y normativa, la experimentación en laboratorio con componentes recuperados, el diseño y prototipado de soluciones constructivas, la valoración ambiental y económica mediante análisis de ciclo de vida, y la diseminación de resultados a través de múltiples formatos: artículos científicos, presentaciones públicas, trabajos académicos y acciones de sensibilización.

Este documento es, por tanto, la síntesis final del trabajo desarrollado durante el año 2025, y aspira no solo a documentar los logros alcanzados, sino también a evidenciar el valor añadido que este tipo de iniciativas puede aportar al ecosistema urbano e industrial de Valladolid. RESTBUILT representa un ejemplo concreto de cómo los principios de la economía circular pueden trasladarse al campo de la construcción a través de la reutilización de flujos de residuos complejos, como los colchones, generando oportunidades para la innovación, la sostenibilidad y la creación de nuevos modelos productivos.

La información contenida en este informe servirá de base para futuras réplicas, ampliaciones o implementaciones a escala territorial, contribuyendo al objetivo común de avanzar hacia una ciudad más circular, climáticamente neutra y socialmente responsable.

El contenido de esta memoria se estructura en torno a cuatro actividades principales, que responden a la misma organización establecida en el convenio firmado entre el Ayuntamiento de Valladolid y la Fundación UVA:

Actividad 1. Investigación inicial: se ha llevado a cabo una revisión del estado del arte y un análisis del contexto local en Valladolid, incluyendo la caracterización del residuo de colchones y su problemática actual en la gestión de residuos voluminosos.

Actividad 2. Valorización de colchones. Obtención del residuo: se han desarrollado tareas de identificación, recogida, desmontaje y clasificación de materiales procedentes de colchones desechados, con el objetivo de evaluar su potencial de uso como materia prima secundaria.

Actividad 3. Desarrollo de prototipos: a partir de los materiales recuperados, se han diseñado y testado diversas soluciones constructivas, desarrollando prototipos y realizando ensayos en condiciones controladas.

Actividad 4. Seguimiento y divulgación de resultados: se ha impulsado la transferencia de conocimiento mediante exposiciones, artículos científicos, charlas, actividades académicas y colaboración con actores clave del ecosistema local, integrando además acciones de evaluación y seguimiento del impacto del proyecto.

RESTBUILT



ACTIVIDAD 1/ INVESTIGACIÓN INICIAL

RESTBUILT



1.1 CONTACTO CON OTRAS INICIATIVAS



03/2025 – 11/2025

1.1.1. INTRODUCCIÓN

Como punto de partida fundamental para el desarrollo del proyecto RESTBUILT, consideramos imprescindible establecer contacto directo con agentes clave del sector del reciclaje de colchones. Esta decisión respondía a la necesidad de comprender a fondo el funcionamiento de una cadena de valor particularmente compleja, en la que convergen residuos voluminosos, tecnologías específicas, normativas restrictivas y una creciente presión ambiental. Antes de formular cualquier propuesta desde la arquitectura, era fundamental sumergirse en las lógicas reales de quienes gestionan estos residuos día a día, desde su recogida hasta su posible transformación en nuevos productos.

Con este objetivo, se diseñó una estrategia de aproximación a empresas y entidades de diferentes escalas y contextos, abarcando el ámbito local, nacional e internacional. En primer lugar, se ha investigado la situación actual del reciclaje de colchones en España, identificando las principales prácticas y limitaciones técnicas del sistema de recogida y tratamiento de residuos voluminosos. En paralelo, se han analizado experiencias europeas consolidadas que presentan marcos normativos más desarrollados y soluciones técnicas más avanzadas, así como referentes norteamericanos donde se han implementado modelos de gestión integrados con resultados significativos en términos de recuperación de materiales.

Este trabajo exploratorio ha permitido recopilar información de gran valor sobre los procesos industriales actuales, las tecnologías empleadas, los niveles de recuperación material alcanzados y las dificultades que enfrenta el sector. Nos ha permitido comprender cómo se abordan los pasos clave del reciclaje: recogida, desmontaje, separación de componentes, procesado, y en algunos casos, transformación en nuevos productos. Igualmente, se han identificado barreras importantes, como la falta de infraestructura especializada, la elevada complejidad técnica del colchón como residuo compuesto, la ausencia de normativas específicas para su reutilización en el sector de la construcción o la escasa demanda actual por parte de la industria.

En el caso español, se constata que la mayoría de los colchones recogidos son tratados como residuos no peligrosos, pero su volumen y composición dificultan su manejo y procesamiento. Muchas veces acaban incinerados o en vertedero, sin opciones reales de recuperación. En contraste, otros contextos europeos y americanos muestran modelos más avanzados, donde la automatización del desmontaje, la clasificación precisa de materiales y el aprovechamiento de espumas y metales permiten cerrar el ciclo del colchón dentro de la economía circular.

El contacto con los agentes del sector no solo ha sido enriquecedor desde el punto de vista técnico, sino que también ha abierto posibilidades de colaboración directa para el desarrollo del proyecto. A lo largo de esta fase se han establecido vínculos que facilitarán el acceso a información técnica, muestras de materiales, y posibles visitas técnicas con estudiantes. Este tipo de cooperación resulta esencial para garantizar que las soluciones propuestas desde el ámbito académico estén alineadas con las realidades y capacidades del sector productivo, aumentando así la viabilidad y el impacto de la investigación.

A continuación, se presentan de forma detallada los diferentes agentes con los que se ha mantenido contacto durante esta fase, así como las aportaciones específicas de cada uno de ellos al desarrollo del proyecto.

1.1.2. ESPAÑA

PIKOLÍN

En primer lugar, se estableció contacto por vía electrónica con una de las principales firmas fabricantes del sector del descanso en España. Aunque por motivos de privacidad y política interna no pudieron compartir información técnica detallada ni documentación específica sobre procesos de fabricación o reciclaje, el intercambio fue igualmente útil para obtener una visión general sobre el mercado actual del colchón.



CICLO DE VIDA DEL COLCHÓN <https://www.zfoam.com/analisis-de-ciclo-de-vida-de-nuestras-espumas-que-es-y-por-que-lo-calculamos/>

Desde la empresa se aportaron algunas aclaraciones relevantes sobre la evolución de las tipologías más comercializadas, la creciente diversificación de materiales empleados y las dinámicas de renovación del producto por parte del consumidor. También se señaló la dificultad que implica la separación eficiente de los componentes de un colchón al final de su vida útil, debido a la combinación de espumas, tejidos, muelles y adhesivos, lo que reafirma la complejidad del residuo y la necesidad de soluciones innovadoras para su valorización. Este primer contacto sirvió, por tanto, para enmarcar el resto de la investigación en un panorama comercial realista, reconociendo tanto las limitaciones actuales del sistema como las oportunidades de transformación que existen en el cruce entre diseño, industria y economía circular.



PIKOLIN MAYOR FABRICANTE DE COLCHONES DE ESPAÑA <https://www.facebook.com/PikolinOficial/>

RECYPUR

Durante la fase de investigación identificamos a la empresa Recypur, ubicada en la Comunidad Valenciana, cuyo modelo de trabajo nos resultó especialmente relevante por su enfoque integral en la gestión del residuo colchón. Esta empresa cubre todo el ciclo de reciclaje: desde la recogida y desmontaje de colchones hasta la valorización del 100 % del poliuretano (PUR) y del metal contenidos en los productos tratados. Su planta en Carlet (Valencia) ha sido reconocida como una de las más innovadoras de Europa en este ámbito, y fue recientemente visitada por una delegación de la Red de la Unión Europea para la Aplicación y el Cumplimiento de la Legislación Medioambiental (IMPEL). Cada año, evita que unas 4.500 toneladas de espumas de poliuretano acaben en vertederos, transformándolas en nuevas materias primas secundarias aplicables a diversos sectores.

Uno de los productos más significativos que obtienen a partir del residuo reciclado son los paneles acústicos y térmicos, así como núcleos para nuevos colchones, con propiedades incluso mejoradas respecto al material original. Este proceso no solo responde a principios de economía circular, sino que también contribuye directamente a la reducción de emisiones: por cada kilogramo de espuma reciclada, se evita la emisión de 4 kilogramos de CO₂ a la atmósfera. Por ello, Recypur se ha convertido en la primera y única empresa española con el certificado AENOR de circularidad, al acreditar un proceso industrial completo y trazable, alineado con las directivas europeas de residuos y sostenibilidad.

Este caso permitió contrastar las hipótesis académicas con un modelo industrial en funcionamiento, y al mismo tiempo visibilizó las dificultades aún existentes en la gestión de ciertas fracciones del colchón, como los textiles, cuya composición mixta dificulta su separación y reciclaje. La experiencia de Recypur fue especialmente enriquecedora para el desarrollo del proyecto RESTBUILT, al demostrar que la transformación del residuo colchón en material útil para la construcción no solo es posible, sino que ya se está produciendo en contextos industriales cercanos y replicables.



PANELES ACÚSTICOS USANDO ESPUMA DE COLCHÓN RECICLADO <https://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/recypur-talento-valenciano-resuelve-problema-colchones-desuso-20231113005259-nt.html>

ECOLCHÓN

Contactamos con el equipo responsable del proyecto Ecolchón, de reciente creación y proceso de implantación en Castilla y León impulsado por la empresa tecnológica Ecoaqua, quienes compartieron con nosotros su experiencia y visión en el ámbito del reciclaje integral de colchones. En un primer encuentro, nos informaron en detalle sobre los orígenes del proyecto, los desafíos técnicos asociados al tratamiento de este tipo de residuo y, sobre todo, las soluciones tecnológicas que han desarrollado y patentado tras años de investigación aplicada. Su sistema de separación por ultrapresión hidráulica —600 bares de presión mediante agua a chorro controlado— permite descomponer colchones y otros residuos voluminosos sin emisión de gases contaminantes ni generación de polvo en suspensión. Este proceso, derivado del programa europeo Urbanrec (H2020), permite separar eficazmente los componentes (espumas, fibras, muelles, tejidos) conservando su valor y funcionalidad para posteriores fases de reutilización o reciclaje.

Una de las particularidades de esta tecnología es su elevada eficiencia energética y medioambiental, ya que reutiliza el 95 % del agua empleada en cada ciclo y permite alcanzar una valorización del 100 % de los materiales, sin dejar residuos secundarios que requieran tratamiento adicional. Además, su diseño compacto y modular facilita la instalación en núcleos de tamaño medio, como es el caso de la futura planta de Melgar de Fernamental (Burgos), donde se prevé implantar el sistema con una inversión inicial de 2 millones de euros. Esta planta se convertirá en la primera instalación de este tipo en Castilla y León, y permitirá tratar los más de 120.000 colchones que se generan anualmente en la comunidad.

Posteriormente, contamos con su participación como ponentes invitados en el Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular, organizado por nuestro equipo en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valladolid, donde ofrecieron una comunicación clara y enriquecedora sobre el funcionamiento de su sistema, su implantación en Castilla y León, y las posibilidades que abre en términos de sostenibilidad territorial, empleo inclusivo e innovación tecnológica. Su intervención fue un verdadero ejemplo de cómo es posible construir puentes efectivos entre industria, investigación y compromiso social.

La combinación de tecnología puntera, visión territorial y economía social que representa Ecolchón constituye un referente inspirador.



ECOLCHÓN Imagen de la presentación de Ecolchón en el Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular

OTRAS

Además de los contactos directos ya establecidos con empresas del sector, esta fase inicial de investigación ha incluido un análisis detallado de diversas iniciativas relevantes dentro del panorama nacional, con el fin de comprender mejor el estado actual del reciclaje de colchones en España y las distintas estrategias empleadas para su gestión. Este trabajo de observación y contraste ha sido clave para identificar modelos técnicos, operativos y normativos que pueden servir como referencia o inspiración en el desarrollo de soluciones arquitectónicas basadas en materiales reciclados.

Entre estas entidades, destaca el caso de **Servicios Medioambientales de Valencia (SMV)**, cuya actividad se centra en la recogida, transporte y tratamiento de colchones usados tanto a escala doméstica como institucional. Uno de los aspectos más relevantes de su modelo operativo es la apuesta por una estrategia de “deconstrucción” del colchón, mediante la cual se fragmentan y clasifican sus distintos componentes — espumas, muelles, textiles— con el objetivo de maximizar su aprovechamiento posterior. Según la empresa, cerca del 90 % de los materiales que componen un colchón son técnicamente reciclables o reutilizables, lo que pone de manifiesto el potencial oculto de este residuo cuando se cuenta con procesos adecuados. Esta aproximación ofrece un puente entre la recogida convencional de residuos voluminosos y su transformación en materiales de segunda vida con aplicaciones potenciales en la construcción.

En el ámbito de la gestión pública, resulta especialmente interesante la iniciativa de la Mancomunidad de Servicios **COMSERMANCHA**, en Castilla-La Mancha, que ha incorporado el reciclado de colchones a su infraestructura regional de tratamiento de residuos. A través de su red de puntos limpios y centros de gestión, COMSERMANCHA realiza la recogida selectiva, separación y tratamiento de los colchones, apostando por un modelo de economía circular desde lo público. Este enfoque demuestra que las soluciones al problema del residuo colchón no dependen exclusivamente del sector privado, sino que pueden surgir también desde estrategias territoriales de escala media, coordinadas desde mancomunidades o consorcios. El caso de COMSERMANCHA abre así un espacio interesante para pensar cómo la arquitectura puede dialogar no sólo con la industria, sino también con políticas locales de sostenibilidad y estructuras de gobernanza pública que hacen posible la transformación material del residuo en recurso.

Estos casos, junto con otros observados como **Recicolchón**, **RECPUR** (Puertollano) o **ACTECO** (Alcorcón), conforman un ecosistema diverso y en transformación, que ha servido como base real. Este análisis no solo enriquece el trabajo técnico y académico, sino que permite situar nuestras propuestas dentro de un marco operativo concreto, conectando universidad, territorio e innovación industrial.



SMV Valencia <https://www.smv.es/category/noticias-tratamiento-residuos/>

1.1.3. EE. UU

MATTRESS RECYCLING COUNCIL

En el marco de nuestra investigación sobre el reciclaje de colchones y su posible aplicación como material constructivo, uno de los referentes internacionales más significativos ha sido el Mattress Recycling Council (MRC), una organización sin ánimo de lucro con sede en Estados Unidos, cuya trayectoria ha sido clave para comprender las posibilidades reales de establecer sistemas estructurados de recogida, desmontaje y valorización de colchones a gran escala. El MRC ha constituido un modelo pionero y replicable, cuya experiencia ha servido de inspiración directa en el desarrollo conceptual del proyecto RESTBUILT, especialmente en lo relativo a la articulación de actores, la trazabilidad de los materiales y la responsabilidad ampliada del productor.

Según sus propios datos, el MRC estima que más de 50 000 colchones son descartados cada día en Estados Unidos. De cada colchón, se calcula que más del 75 % de sus componentes (metal, espuma, madera, tejidos) pueden reciclarse o reutilizarse. Además, durante la última década el programa del MRC ha logrado reciclar más de 15 millones de colchones y somieres, lo que se traduce en más de 227 000 toneladas de materiales desviados del vertedero.

Más allá de los datos de volumen, el MRC también ha impulsado investigaciones técnicas de alto impacto que resultan de gran interés para nosotros. Por ejemplo, ha financiado un estudio de viabilidad titulado *“Biodegradable Composites Made with Recycled Mattress Cotton”*, en el que se emplearon fibras textiles procedentes de colchones retirados junto con polímeros biodegradables para crear materiales compuestos

que se descomponen rápidamente en un entorno de compostaje sin producir subproductos nocivos. Otro desarrollo clave que hemos identificado es el uso de la espuma de poliuretano reciclada para crear composites de alto rendimiento —mediante investigación universitaria asociada— que superan incluso a la espuma virgen en resistencia a la flexión y otras propiedades mecánicas, lo que abre la puerta a su aplicación en barreras acústicas de carreteras, mobiliario urbano o elementos constructivos ligeros. Además, el MRC promueve también soluciones logísticas e industriales, como un remolque de compresión para reducir el volumen del colchón retirado en el transporte, lo que mejoró los costes de transporte en una planta piloto en California hasta un 26 %.

Para nuestro equipo, el MRC representa algo más que un ejemplo técnico: constituye un modelo sistémico de gestión circular, donde la colaboración entre la industria, las administraciones y los ciudadanos permite articular soluciones sostenibles, económicamente viables y ambientalmente responsables. Su sistema no sólo recoge colchones, sino que establece criterios de separación, logística inversa, certificación de plantas, seguimiento estadístico y formación de operarios, generando una infraestructura integral y transparente que demuestra que el reciclaje de colchones puede dejar de ser un problema y convertirse en una oportunidad.

En este sentido, el MRC nos ha servido de guía para pensar el proyecto RESTBUILT no únicamente como una experimentación material, sino como una estrategia de investigación aplicada que debe dialogar con políticas públicas, estructuras logísticas y marcos normativos, más allá del laboratorio o del aula universitaria.

1.1.4. EUROPA

A medida que avanzábamos en la investigación, resultaba imprescindible ampliar la mirada más allá del contexto español, para entender cómo se está abordando el reciclaje de colchones en otros países de nuestro entorno. Por ello, realizamos un análisis detallado de algunas de las iniciativas más relevantes a escala europea, con el objetivo de identificar modelos de referencia, estrategias innovadoras y tecnologías emergentes que pudieran servirnos como fuente de inspiración y contraste. Este mapeo internacional ha sido clave para situar nuestras propuestas en un marco técnico más amplio, y para anticipar tanto las oportunidades como las limitaciones que presenta este campo en pleno desarrollo.

Uno de los referentes más significativos ha sido el programa **RENUVA™**, impulsado por Dow, que plantea una solución de reciclaje químico de colchones a través de la recuperación de espuma de poliuretano (PU) para la producción de nuevo polioli, materia prima esencial para la fabricación de espumas flexibles. Esta tecnología, ya en fase industrial en Francia, permite obtener una espuma de alta calidad con hasta un 100 % de contenido reciclado en el polioli, lo que representa una reducción del 54 % en las emisiones de CO₂ respecto a los procesos tradicionales. Este modelo demuestra que es posible cerrar el ciclo del colchón desde un enfoque químico, generando un producto de calidad industrial a partir de residuos posconsumo.

Otra de las experiencias más consolidadas en Europa es la de **RetourMatras**, una empresa con sede en los Países Bajos que gestiona el reciclaje de más de 2 millones de colchones al año, operando con líneas de desmontaje altamente mecanizadas. Su sistema permite la separación precisa de los distintos materiales —espumas, metales, textiles— para su posterior reutilización o reciclaje. La espuma de poliuretano, por ejemplo, es transformada en nuevos productos como paneles aislantes o bloques para mobiliario. Lo relevante del caso de RetourMatras es su capacidad de operar a gran escala dentro de un marco regulado, combinando eficiencia técnica con cumplimiento normativo y colaboración con fabricantes, lo que ha permitido estructurar un sistema de reciclaje sostenible y económicamente viable.

En paralelo, hemos observado el trabajo conjunto de **BASF y NEVEÓN**, dos actores industriales que han establecido una línea de colaboración para desarrollar colchones completamente reciclables. En sus pruebas piloto, han conseguido fabricar espumas con hasta un 80 % de contenido reciclado en el componente de poliuretano, manteniendo las prestaciones técnicas exigidas por el mercado. Esta línea de trabajo plantea la posibilidad de un diseño de producto desde el origen que contemple su desensamblaje y reciclaje al final de su vida útil, lo que se alinea plenamente con los principios de la economía circular. Además, plantea interrogantes relevantes sobre el papel de la arquitectura como agente de demanda: ¿cómo incorporar materiales reciclados en nuestros sistemas constructivos sin comprometer la calidad, la trazabilidad ni la salud ambiental?

El seguimiento de otras entidades europeas como **Recyc-Matelas Europe**, **JBS Fibre Recovery**, o el **Furniture Recycling Group** en el Reino Unido, ha aportado también una perspectiva valiosa sobre la diversidad de soluciones que se están explorando actualmente. Algunas de estas iniciativas apuestan por la mecanización avanzada del desmontaje, otras por la valorización energética de ciertos componentes, y otras por alianzas con el sector textil o automotriz para reintroducir materiales recuperados en productos de alta exigencia técnica. En todos los casos, hay un elemento común: la necesidad de establecer sistemas estructurados, apoyados en políticas públicas, incentivos económicos y colaboración entre sectores, para que el reciclaje de colchones deje de ser un problema logístico y se convierta en un recurso viable y deseado.



VERTEDERO DE COLCHONES <https://recypur.es/un-gran-problema-medioambiental-el-90-de-los-colchones-fuera-de-uso-acaban-en-el-vertedero/>

La observación de estos casos europeos ha sido fundamental para RESTBUILT, no sólo como ejemplo técnico, sino como guía estratégica. Nos ha permitido entender que las soluciones no se limitan a la recogida o al reciclaje puntual, sino que requieren una visión de sistema, en la que la arquitectura también tiene un papel activo. Desde el diseño de productos reciclables, hasta la demanda de materiales secundarios en proyectos reales, pasando por la estandarización de procesos y la educación sobre economía circular, el papel de las escuelas de arquitectura puede ser clave para acompañar —y acelerar— esta transformación.

RESTBUILT



1.2 ESPACIO RESTBUILT



INICIO PROYECTO – FINAL

1.2.1 ¿QUÉ ES?

Uno de los apoyos más significativos recibidos durante el desarrollo del proyecto RESTBUILT ha sido la cesión de un espacio físico permanente dentro de la **Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid**, que ha permitido dotar a la investigación de un lugar propio para el trabajo diario, la experimentación y la visibilización del proceso. Esta iniciativa ha sido posible gracias al Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Ingeniería del Terreno, Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras, que ha facilitado el uso de una sala en desuso, permitiéndonos no solo recuperarla, sino también darle una segunda vida coherente con los principios fundamentales del proyecto: reutilización, reactivación y sostenibilidad aplicada.

El espacio, bautizado como Espacio RESTBUILT, ha sido acondicionado y rehabilitado por el propio equipo, convirtiéndose progresivamente en un pequeño laboratorio de investigación, un ámbito de trabajo colectivo, y un lugar donde exponer de forma continua los avances del proyecto. Desde el inicio del curso, este lugar ha servido como plataforma de experimentación con materiales reciclados, punto de encuentro para el desarrollo de ideas, y superficie de pruebas para ensayos a escala. La posibilidad de contar con un espacio físico propio ha permitido consolidar una dinámica de trabajo más continuada, propiciando el intercambio entre estudiantes, investigadores y docentes involucrados en la iniciativa.

Además de su función como taller de trabajo y laboratorio, el Espacio RESTBUILT ha asumido un papel expositivo y pedagógico dentro de la propia escuela. A lo largo del proceso, se han ido presentando públicamente los avances del proyecto mediante paneles, maquetas, prototipos y documentación en curso, generando así una narrativa abierta y compartida del trabajo en desarrollo. Esta visibilidad ha favorecido la impregnación progresiva del espíritu del proyecto en el entorno académico, despertando el interés de otros alumnos y profesores, y contribuyendo a ampliar el debate sobre la sostenibilidad y la economía circular en la enseñanza de la arquitectura.

En este sentido, el Espacio RESTBUILT no es solo un recurso logístico, sino también un símbolo de cómo activar desde lo cotidiano los principios que definen el proyecto. Su recuperación y puesta en uso ilustran, en pequeña escala, la lógica del reaprovechamiento de recursos infrautilizados, demostrando que también desde dentro de nuestras instituciones se puede intervenir con creatividad, compromiso y responsabilidad ambiental. Así, la sala se ha consolidado como un núcleo vivo del proyecto, desde el cual irradiar ideas, prácticas y valores hacia el conjunto de la escuela.

El **espacio ResBuilt** se ha consolidado a lo largo del proyecto como un entorno de trabajo, difusión y aprendizaje en torno al reciclaje de materiales y la economía circular aplicada a la construcción. A lo largo del curso, ha sido visitado por numerosos grupos de estudiantes de diferentes titulaciones y niveles, acompañados por sus profesores, en el marco de sesiones específicas dedicadas a la sensibilización y reflexión sobre el ciclo de vida de los materiales y las posibilidades de valorización de residuos como los colchones. El espacio ha sido ambientado con una serie de paneles gráficos ilustrativos, diseñados e instalados en colaboración con los alumnos del **Máster en Arquitectura** de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, con quienes además se desarrolló una presentación introductoria al proyecto que sirvió de punto de partida para el posterior trabajo académico: la **propuesta de un refugio simbólico** utilizando materiales reciclados, en clara conexión conceptual con los objetivos del proyecto RESTBUILT.



IMÁGENES del espacio RESTBUILT en la ETSAVA

RESTBUILT



1.3 ANÁLISIS DEL PROBLEMA



INICIO PROYECTO – FINAL

1.3.1 INTRODUCCIÓN

El conocimiento es la base de toda innovación significativa, especialmente cuando se trabaja en ámbitos poco explorados como la valorización de residuos complejos. En el caso del proyecto RESTBUILT, centrado en la reutilización de colchones desechados como materia prima para la construcción sostenible, la necesidad de una búsqueda de documentación exhaustiva ha sido un requisito desde el primer momento. A diferencia de otros sectores más consolidados, el reciclaje y valorización de colchones representa un territorio difuso, técnicamente desafiante y con muy poca experiencia previa en el contexto académico o arquitectónico. Por este motivo, y dado que el equipo de trabajo partía de cero en cuanto a conocimientos específicos sobre este sector, el proceso de documentación ha sido una labor crucial y constante a lo largo del proyecto.

Esta investigación documental no ha sido un ejercicio puntual, sino un proceso evolutivo que ha acompañado todas las fases del trabajo. Desde las primeras reuniones del equipo RESTBUILT, se comprendió que cualquier avance en la dirección correcta debía estar respaldado por una sólida base de información técnica, legislativa, industrial y científica. La escasez de fuentes específicas, la diversidad de materiales que componen un colchón, los límites normativos o la falta de estándares claros sobre su reciclaje han hecho imprescindible rastrear información en múltiples niveles —nacionales e internacionales—, desde informes técnicos hasta estudios de casos reales, pasando por la observación de iniciativas públicas y privadas, tanto en Europa como en América.

Para facilitar su análisis y exposición, este proceso de documentación se ha estructurado en tres fases diferenciadas, que responden a una lógica progresiva: comenzar desde una visión general del sector, consolidar unos primeros criterios de análisis, y finalmente centrar el foco en los aspectos concretos relacionados con los objetivos del proyecto.

En la primera fase, se abordó la obtención de conocimientos generales sobre el residuo colchón: su composición material, su ciclo de vida, el volumen de generación anual, así como las problemáticas medioambientales asociadas a su abandono o a su gestión inadecuada. Esta etapa ha permitido entender la dimensión global del problema y familiarizarse con los elementos clave que lo caracterizan, sentando una base común para todo el equipo investigador.

La segunda fase consistió en una lectura más crítica de la información recopilada. Gracias a los conocimientos adquiridos previamente, fue posible identificar patrones, contradicciones o puntos de oportunidad. Se analizaron las tecnologías existentes de separación, las distintas iniciativas de reciclaje mecánico y químico, y se revisaron experiencias piloto que apuntaban a caminos alternativos, como la creación de nuevos productos a partir de espumas recicladas o la fabricación de elementos aislantes, acústicos o térmicos.

Por último, la tercera fase implicó un filtrado riguroso de todo el conocimiento anterior para seleccionar únicamente aquella información relevante para los objetivos específicos de RESTBUILT: la utilización de materiales derivados de colchones para sistemas constructivos. Esta etapa incluyó desde el estudio de normativas aplicables en el sector de la edificación hasta la evaluación de soluciones constructivas innovadoras con criterios de sostenibilidad, bajo impacto ambiental y viabilidad técnica.

En conjunto, este proceso de documentación ha sido mucho más que una tarea previa al diseño: ha funcionado como brújula del proyecto, como espacio de aprendizaje colectivo y como motor de propuestas. Solo conociendo a fondo los límites y posibilidades del residuo colchón se ha podido transformar en una

oportunidad arquitectónica, y esta transformación ha comenzado —como todo buen proyecto— por la información.

1.3.2. ENTENDER EL PROBLEMA: APROXIMACIÓN GENERAL AL RESIDUO DEL COLCHÓN.

La primera fase del proceso de documentación tuvo como objetivo construir una base de conocimiento general en torno al colchón como objeto industrial y como residuo complejo. Al tratarse de un sector desconocido para el equipo de trabajo, resultaba imprescindible entender qué es un colchón, cómo ha evolucionado históricamente, de qué materiales se compone hoy en día, qué lugar ocupa en el mercado y por qué supone un reto ambiental de primer orden. Esta fase inicial fue esencial para asentar un lenguaje común, identificar los elementos clave del problema y comprender la dimensión real del residuo colchón dentro de los sistemas de producción y consumo contemporáneos.

El punto de partida fue una revisión histórica de la evolución del colchón, desde sus formas más primitivas —sacos de hojas, lana o crin animal— hasta los sistemas industrializados que se consolidaron a partir del siglo XX. Este repaso permitió observar cómo el colchón ha pasado de ser un objeto de fabricación artesanal y local a convertirse en un producto de consumo masivo, con ciclos de vida cada vez más cortos y materiales más complejos. La llegada de los polímeros sintéticos, las espumas técnicas y los tejidos multicapa ha generado una enorme variedad tipológica, pero también ha dificultado su desmontaje y reciclaje, ya que muchos de los materiales actuales no están pensados para ser separados ni reutilizados fácilmente.

A partir de ahí, se abordó un análisis de las tipologías de colchones más vendidas en el mercado actual, clasificándolas según su sistema constructivo (colchón de muelles, viscoelástico, espuma HR, híbrido, de látex, etc.) y observando qué materiales predominan en cada uno. Este estudio permitió identificar que las espumas de poliuretano (PU) y los muelles metálicos son los elementos más comunes, junto con una gran variedad de textiles, adhesivos y acolchados. La composición heterogénea de estos productos, unida a su densidad y volumen, hace que sean muy difíciles de reciclar mediante procesos mecánicos tradicionales. Además, muchos de los componentes están unidos mediante colas y adhesivos que impiden su separación sin dañar los materiales.

Dentro de esta fase se realizó también un análisis de mercado actualizado, con datos sobre la producción, importación y venta de colchones en España y Europa. Se constató que en los últimos años ha habido un crecimiento sostenido del sector, con una importante diversificación de formatos y canales de distribución (venta online, colchones enrollados, entrega exprés, etc.), lo que ha incrementado notablemente el número de unidades que se descartan anualmente. En paralelo, se investigaron las tendencias futuras del sector, observando un lento pero creciente interés por colchones reciclables, de larga durabilidad o con materiales más naturales, aunque aún representan una porción muy reducida del mercado.

Una vez entendido el producto, se abordaron las problemáticas específicas que plantea el reciclaje del colchón. Se revisaron informes técnicos e institucionales que señalan al colchón como uno de los residuos voluminosos más difíciles de gestionar: su tamaño y peso dificultan el transporte, su composición impide la separación automática, y los procesos de tratamiento actuales son lentos, costosos y poco rentables si no se realiza una recogida eficiente. A todo ello se suma la falta de regulación específica, la carencia de sistemas generalizados de responsabilidad ampliada del productor (EPR) y la escasa existencia de plantas

especializadas. En la mayoría de los casos, los colchones terminan almacenados en vertederos, quemados en incineradoras o abandonados en espacios públicos, generando impactos visuales, ambientales y sanitarios.

Otro aspecto crucial tratado en esta fase fue el coste económico que representa la gestión de los colchones fuera de uso. Se analizaron datos de empresas y entidades locales que estiman que el tratamiento unitario de un colchón puede suponer entre 8 y 15 euros por unidad, dependiendo del sistema de recogida, la tecnología de separación y la disponibilidad de canales de valorización. Esta cifra, multiplicada por los millones de colchones desechados cada año, da cuenta del peso económico que este residuo representa para los sistemas públicos y privados de gestión de residuos. En muchos casos, la falta de infraestructura adecuada hace que las administraciones asuman este coste de forma ineficiente.

Por último, se abordó el impacto ambiental asociado al ciclo de vida del colchón, desde su fabricación hasta su eliminación. A través de estudios de análisis de ciclo de vida (ACV), se identificaron los puntos críticos: la extracción de materias primas (petróleo, metales), la producción de espumas sintéticas, el uso de adhesivos no reciclables y, especialmente, el final de vida. Se estima que un colchón convencional puede tardar más de 100 años en degradarse en un vertedero, y su incineración contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. A esto se suma el desperdicio de materiales que podrían tener una segunda vida útil si existieran canales de recuperación eficaces.

En resumen, esta primera fase documental permitió al equipo RESTBUILT entender la complejidad del residuo colchón en toda su dimensión técnica, económica y ecológica, y sentó las bases para avanzar hacia propuestas más concretas en fases posteriores. Lejos de tratarse de un residuo trivial, el colchón representa un verdadero reto sistémico, que exige enfoques innovadores desde múltiples disciplinas, incluida la arquitectura.



FABRICACIÓN EN CADENA DE COLCHONES <https://www.brickellmattress.com/mattress-blog/evolution-luxury-mattress/>

1.3.3. IDENTIFICAR POSIBILIDADES: ANÁLISIS CRÍTICO Y PRIMEROS ENFOQUES.

Una vez adquirido un conocimiento general suficiente sobre el colchón como producto industrial y como residuo problemático, el equipo RESTBUILT pudo adentrarse en una segunda fase de documentación centrada en el análisis crítico de soluciones existentes y el estudio de experiencias reales, tanto a nivel internacional como en el contexto europeo y nacional. Esta etapa ha resultado fundamental para identificar qué caminos se han explorado ya en la gestión del residuo colchón, qué tecnologías están en marcha, qué agentes lideran estos procesos y, sobre todo, qué posibilidades concretas podrían trasladarse al ámbito de la arquitectura y la construcción.

El foco principal de esta fase estuvo puesto en el trabajo del Mattress Recycling Council (MRC), organización estadounidense sin ánimo de lucro que representa uno de los modelos más estructurados y avanzados en la gestión del residuo colchón. A lo largo de esta fase se realizó un estudio intensivo de sus materiales técnicos, informes, publicaciones, y sobre todo de las investigaciones financiadas por el propio consejo, centradas en nuevos usos para los materiales recuperados. Entre ellas destacan el desarrollo de composites biodegradables a partir de algodón reciclado, el uso de espumas de colchón en mezclas para mobiliario o aislamiento, la exploración de aplicaciones energéticas de algunos componentes, y el diseño de sistemas mecanizados para el desmontaje automático de colchones, lo que permitiría reducir los costes operativos y aumentar la eficiencia de la recuperación de materiales.

Este trabajo de documentación nos permitió comprender el colchón como un sistema de materiales interrelacionados, y nos llevó a pensar en términos de diseño inverso: si el colchón es difícil de reciclar por su complejidad, ¿podemos imaginar arquitecturas que aprovechen esa complejidad en lugar de evitarla? A partir de esta idea, comenzamos a ver ciertos componentes como recursos útiles —espumas, muelles, textiles técnicos— que podrían ser aplicables a soluciones constructivas ligeras, desmontables o de bajo impacto, como las propuestas que se estaban ensayando en el proyecto de refugios.

En paralelo, se estudiaron casos europeos y españoles de empresas vinculadas al reciclaje de colchones, que han servido como referencia técnica y contextual para el desarrollo del proyecto. Entre ellas, destaca la empresa Recypur, con sede en Valencia, especializada en la recogida y reciclaje de colchones y espumas de poliuretano, y que ha desarrollado procesos para la creación de paneles acústicos y térmicos a partir de espumas recicladas. También se analizó la experiencia de Acteco, cuya actividad abarca desde la gestión de residuos industriales hasta el reciclado de plásticos y espumas, trabajando con tecnologías que permiten cerrar el ciclo de ciertos materiales técnicos. Asimismo, se revisó el caso de Purman, empresa nacional centrada en la valorización de residuos postindustriales y el reaprovechamiento de espumas en nuevos productos.

Estos ejemplos han proporcionado al equipo RESTBUILT una visión más clara de la estructura productiva existente en España y Europa, así como de las limitaciones y oportunidades que presenta la reutilización de materiales de colchones a gran escala. Ha sido especialmente relevante constatar que, si bien existen ya empresas capaces de recuperar materiales útiles, el salto hacia aplicaciones arquitectónicas o estructurales aún no está suficientemente explorado. Esta constatación reforzó el sentido del proyecto: buscar un espacio nuevo entre el reciclaje industrial y el diseño arquitectónico experimental.

En esta segunda fase se consolidaron así las primeras conclusiones estratégicas: identificar los materiales con mayor potencial arquitectónico (espumas flexibles, muelles metálicos, textiles técnicos), detectar las tecnologías de recuperación existentes y sus límites, y comprender que cualquier aplicación en el ámbito de la construcción requerirá adaptar el material a condiciones normativas y de comportamiento específicas. A partir de este punto, el equipo pudo empezar a construir criterios propios de selección y ensayo, que serían decisivos para la siguiente fase de trabajo, mucho más centrada ya en los objetivos concretos de RESTBUILT.



MUESTRA DE COMPOSITE VO.17-INFORME RECICLAJE DE TEXTILES

1.3.4. ENFOCAR EL OBJETIVO: SELECCIÓN ESTRATÉGICA PARA LA APLICACIÓN CONSTRUCTIVA.

Tras un proceso riguroso de documentación general (fase 1) y de análisis crítico de soluciones existentes (fase 2), el equipo RESTBUILT afrontó una tercera fase enfocada ya de manera directa en los objetivos concretos del proyecto. En este punto, el reto consistía en seleccionar, adaptar y poner a prueba aquellas

ideas y materiales que mejor se ajustaran a los principios del proyecto: bajo impacto ambiental, economía de medios, y aplicabilidad real en el ámbito de la construcción sostenible.

Una de las decisiones clave que marcó esta etapa fue el intento de mantener el colchón en su estado original tanto como fuera posible, es decir, minimizar la transformación del residuo para reducir su coste económico, energético y logístico. Esta estrategia respondía a una lógica clara: cuanto más se altera un material reciclado, mayor es el consumo de recursos para hacerlo útil nuevamente. Por ello, RESTBUILT optó por estudiar formas de aprovechamiento del colchón que no dependieran de su desmontaje ni de procesos industriales complejos, sino que se basaran en su reutilización directa como elemento constructivo.

Este enfoque permitió pensar en el posible desarrollo de una serie de **prototipos experimentales** que exploran posibles aplicaciones arquitectónicas del colchón completo o de algunas de sus partes, manteniendo su forma, tamaño y propiedades físicas originales. Se pensó inicialmente en la utilización del colchón como encofrado perdido para una prelosa aligerada en la que la espuma del colchón se empleaba como elemento de aligeramiento (tipo bovedilla) dentro de un sistema de forjado. Esta solución partía de la hipótesis de que la baja densidad del material, junto con su forma regular y continua, podía aprovecharse como volumen de relleno inerte entre capas estructurales, sin necesidad de transformación mecánica ni separación de componentes.

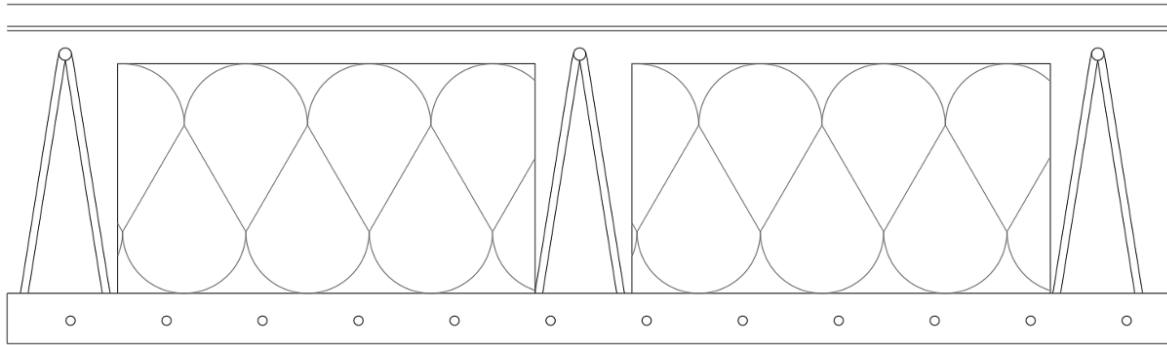
Otra línea de trabajo en esta fase consistió en el diseño de un prototipo de **panel arquitectónico aligerado** de hormigón, en el que parte del colchón se integraba como aislamiento interno dentro de un sistema constructivo prefabricado. En este caso, el colchón no actuaba solo como volumen, sino también como material funcional con propiedades térmicas y acústicas. El desarrollo de esta solución implicó estudiar la relación entre el colchón y el hormigón, su comportamiento durante el vertido y el fraguado, así como las limitaciones derivadas de la propia dimensión estándar del colchón, que condicionaban tanto su manipulación como su integración dentro de procesos constructivos convencionales.

Estas primeras ideas de utilización del colchón “en crudo” fueron desechadas al encontrar numerosos inconvenientes en el tratamiento, higienizado e impermeabilización de los “sectores” de colchón necesarios. Empezando a atisbarse una vía más clara en el **triturado de colchón** como opción principal para continuar la investigación.

Además de las soluciones aplicadas directamente a sistemas constructivos, esta fase incluyó una investigación complementaria sobre el uso del colchón como posible **Combustible Derivado de Residuos** (CDR). Aunque esta vía no se alineaba directamente con los fines arquitectónicos del proyecto, resultó relevante como parte del análisis integral del ciclo de vida del material. Se estudiaron las propiedades caloríficas de la espuma de poliuretano y su posible valorización energética en instalaciones específicas, lo que permitió entender mejor las alternativas existentes para aquellos casos en los que la reutilización material no fuera viable. Este enfoque ayudó también a valorar críticamente el equilibrio entre reciclaje, valorización energética y eliminación final, y a entender en qué punto se encuentra hoy el residuo colchón en esa jerarquía.

En conjunto, esta fase permitió pasar de la teoría a la práctica, explorando las primeras aplicaciones reales del colchón en el contexto de la construcción y abriendo el camino hacia futuros desarrollos más técnicos y normativos. A través de la experimentación directa, el proyecto RESTBUILT pudo poner en evidencia tanto el potencial como las dificultades de trabajar con un residuo no diseñado para ser reutilizado, y confirmó que el

enfoque arquitectónico puede aportar nuevas formas de pensar, transformar y reaprovechar materiales desde la propia lógica del proyecto.



ESQUEMA DE PRELOSA ALIGERADA

1.3.5. CONCLUSIÓN

Todo este proceso de documentación —estructurado en tres fases progresivas— ha sido llevado a cabo con un alto grado de rigor y contrastando siempre la información con fuentes fiables y verificadas. Desde el inicio del proyecto RESTBUILT, se estableció como criterio fundamental que cualquier decisión técnica o conceptual debía estar respaldada por datos contrastados y referencias solventes. Para ello, el equipo ha trabajado con una amplia variedad de materiales, entre los que destacan artículos científicos de revistas especializadas, trabajos académicos (TFG) vinculados al reciclaje de materiales y la sostenibilidad en la construcción, así como informes técnicos procedentes de empresas del sector y organismos internacionales, como el Mattress Recycling Council.

Esta pluralidad de fuentes ha permitido no solo adquirir un conocimiento sólido del residuo colchón, sino también comparar diferentes enfoques técnicos, legislativos y empresariales, enriqueciendo así la mirada del proyecto. Gracias a esta base documental, RESTBUILT ha podido avanzar con seguridad hacia sus objetivos, proponiendo soluciones innovadoras pero informadas, creativas pero técnicamente fundamentadas, y sobre todo, aplicables dentro de un marco realista y sostenible. La vía del triturado de colchones sin separación de sus componentes se presentaba como una vía sensata entre la economía del proceso de obtención del prototipo y sus posibilidades en la obtención de determinados productos constructivos de los que se hablará posteriormente.

RESTBUILT



1.4 VISITA A TIENDAS Y ENCUESTAS



06/2025 – 08/2025

1.4.1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de ampliar nuestro conocimiento sobre el sector del colchón desde una perspectiva cercana, práctica y actual, el equipo RESTBUILT llevó a cabo una serie de visitas a tiendas especializadas en la venta de colchones en Valladolid, seleccionadas por su trayectoria, volumen de ventas y representatividad dentro del mercado local. Esta acción nos permitió entrar en contacto directo con profesionales del sector, con experiencia real en el comportamiento del consumidor, las tipologías de producto más demandadas y las dinámicas de reposición y retirada de colchones usados.

El objetivo principal de estas visitas fue contrastar la información teórica y técnica previamente recopilada con la visión que tienen quienes operan diariamente en la venta y distribución de colchones. Para ello, nos dirigimos a los responsables de tienda o personal con experiencia en el área comercial, a quienes se les realizó una pequeña entrevista estructurada, basada en una serie de preguntas previamente preparadas. Esta conversación nos permitió no solo recoger datos, sino también obtener valoraciones cualitativas, opiniones sobre la viabilidad del proyecto y apreciaciones sobre los hábitos de los usuarios en relación con el ciclo de vida del colchón.

Las preguntas formuladas giraron en torno a cuestiones clave como: ¿con qué frecuencia cambia el cliente medio de colchón?, ¿cuáles son las tipologías más vendidas?, ¿qué conocimientos tienen los clientes sobre reciclaje de colchones?, ¿qué ocurre con los colchones retirados al comprar uno nuevo?, o ¿cómo valoran iniciativas como RESTBUILT desde la perspectiva del sector? Las respuestas, aunque diversas según el perfil de la tienda, nos ofrecieron una visión valiosa sobre la realidad del mercado minorista y la percepción del residuo colchón desde el canal de distribución.

De cada una de las visitas realizadas, se elaboró una hoja-informe individual, que recoge los datos esenciales de cada establecimiento (nombre, ubicación, volumen aproximado de ventas, perfil de cliente, etc.), así como un resumen de las respuestas proporcionadas por la persona entrevistada. Estos informes forman parte del anexo documental del proyecto y han servido como apoyo para la validación y enriquecimiento de algunos enfoques planteados en fases posteriores.

En definitiva, esta actividad de campo ha complementado el trabajo de documentación técnica y contacto con empresas recicladoras, aportando una dimensión más humana y comercial al estudio. Escuchar a quienes están en contacto directo con el consumidor ha permitido detectar percepciones, vacíos de información y resistencias que serán clave para futuras estrategias de comunicación, sensibilización y diseño de soluciones circulares realistas y aceptadas socialmente.

1.4.2. INFORMES

Como parte del trabajo de campo desarrollado durante la fase inicial del proyecto RESTBUILT, se planteó la necesidad de contrastar el conocimiento técnico y documental con la realidad del mercado actual de colchones desde el punto de vista del canal minorista. Para ello, se diseñó una estrategia de acercamiento a una selección de tiendas especializadas de Valladolid, con el objetivo de recoger de primera mano las percepciones, conocimientos y experiencias de los profesionales del sector.

Estas visitas permitieron establecer un diálogo directo con las personas responsables de los puntos de venta, quienes compartieron con el equipo información sobre los productos más demandados, las tipologías de

colchones en circulación, la evolución del mercado en las últimas décadas, las tendencias de futuro y, especialmente, los procedimientos actuales relacionados con la retirada y reciclaje de colchones usados.

Para sistematizar la información recopilada, se elaboró una ficha-resumen normalizada para cada tienda, que recoge de forma ordenada y clara los datos obtenidos en la entrevista. Estas fichas incluyen aspectos cuantitativos (como número estimado de colchones vendidos, medidas más habituales o precios aproximados del reciclaje) y aspectos cualitativos (como opiniones sobre el futuro del sector o valoraciones sobre el proyecto RESTBUILT).

Los informes que se presentan a continuación constituyen una valiosa fuente de información local que complementa la investigación documental e institucional realizada, y aportan una visión práctica del ciclo de vida del colchón desde el punto de vista del punto de venta. Además, permiten detectar oportunidades de colaboración, barreras logísticas y percepciones culturales que deberán tenerse en cuenta en fases posteriores del proyecto, especialmente en lo relativo al diseño de estrategias de recogida, reutilización y comunicación con el usuario final.

1.4.3. COLCHONERÍA MIGUEL

 ayuntamiento de Valladolid Fundación UVA UVA Interreg España - Portugal Circular Ecosystems	¿Reciclan colchones usados en la empresa? ¿como se reciclan? Por ley tiene que reciclar los colchones, pagan 44€/m3 por cualquier tipo de colchón. El reciclaje se hace cargo por el ayuntamiento, en caso contrario se tienen que hacer cargo ellos. Opinión sobre Restbult. Alguna idea sobre reciclaje de colchones en general o en particular para construcción. Le parece una gran idea, tenía que haber surgido hace 40 años. ¿Dispone de algún colchón no usado (defectuoso, descatalogado,) que nos pueda proporcionar? Colchones usados, que retiren a los clientes. Tendríamos que encargarnos nosotros de ir a buscarlo y avisar con tiempo. ¿Nos puede proporcionar alguna documentación comercial/técnica sobre sus colchones? No tiene información técnica o comercial sobre sus colchones. Algunos datos técnicos interesantes: Visco grafeno, lo están sacando del mercado. Daba mucho frescor. Otros Comentarios de interés Le parece una gran idea para ayudar al sector. Estados unidos, el líder es el muelle ensacado (Marca Simons líder en venta). Látex sintético: 82% látex, el resto distintos líquidos para conseguir propiedades requeridas.	 ayuntamiento de Valladolid Fundación UVA UVA Interreg España - Portugal Circular Ecosystems	Encuesta. Tiendas de venta de colchones en Valladolid Nombre de la empresa//Ubicación/Años de funcionamiento/Datos de contacto COLCHONERÍAS MIGUEL /C. Marqués del Duero, 3, 47003 Valladolid 60 años de funcionamiento. 983260280 N.º aproximado de colchones vendidos al año. Entre las 2 tiendas→ 45 colchones al mes, aproximadamente 540 colchones al año Tipologías vendidas: Simples: Muelles continuos, ensacados, latex, espumas, híbridos, porcentaje Muelles/Espumas: Actualmente no hay ninguna tipología que se venda más que las demás. Hace 20 años se vendía mucho más colchones con muelles algodón y lana. Porcentajes de distintas medidas y grosores. Medidas de colchones más vendidos: Anchos 0.9m-1.35m-1.50m Largo 1.90m- 2.00m Los colchones más vendidos: 0.9X1.90m y 1.50X1.90m Opinión sobre tendencia de mercado a futuro. El mercado más especializado se va a centrar en el viscoelástico (mejor descanso) mientras que otro segmento "marketing" se va a centrar en el muelle ensacado. ¿Conoce alguna empresa de reciclaje de colchones? Conoce las empresas que trabajan con su tienda "Empresa de reciclaje Cistérniga". (Supone que no reciclan, únicamente quemar espuma y acero y vertedero el resto de residuos).
--	---	--	--

FOTO TIENDA



1.4.4. BED’S VALLADOLID



Ayuntamiento de Valladolid



Fundación UVa



UVa



Interreg España - Portugal



Circular Ecosystems

Opinión sobre Restbuit. Alguna idea sobre reciclaje de colchones en general o en particular para construcción.

Todo lo que sea darle una segunda vida a lo ya fabricado le parece fantástico. Hay que buscar la forma de que la materia prima reciclada sea más económica, que la materia prima recién extraída

¿Dispone de algún colchón no usado (defectuoso, descatalogado,) que nos pueda proporcionar?

No, ellos mandan directamente a la fábrica de Zaragoza

¿Nos puede proporcionar alguna documentación comercial/técnica sobre sus colchones?

Otros Comentarios de interés

Teléfono de contacto proporcionado de Pikolin Zaragoza: 976305807

Al trabajar el grupo Bed´s para Pikolin no nos pueden dar este tipo de información, únicamente ha respondido a preguntas genéricas que no comprometían información privada. Cualquier información extra que necesitemos consultar con el número de teléfono (Atención al cliente) proporcionado de Pikolin Zaragoza. Desde Pikolin Zaragoza se encargaban del reciclaje de los colchones y de los colchones que se encontraban en mal estado



Ayuntamiento de Valladolid



Fundación UVa



UVa



Interreg España - Portugal



Circular Ecosystems

Encuesta. Tiendas de venta de colchones en Valladolid

Nombre de la empresa/Ubicación/Años de funcionamiento/Datos de contacto
Bed's Valladolid López Gómez /C. López Gómez, 19, 47002 Valladolid 983958694
N.º aproximado de colchones vendidos al año.
No me puede facilitar la información.
Tipologías vendidas: Simples: Muelles continuos, ensacados, latex, espumas, híbridos, porcentaje Muelles/Espumas:
2 tipologías que destacan, dependiendo del tipo del cliente y la firmeza que estén buscando. -Núcleo de HR y muelle ensacado. Capa arriba de espuma de poliuretano y acogida final de viscoelástica o fibra.
Porcentajes de distintas medidas y grosos.
Medidas de colchones más vendidos: 1.50X1.90 m y 1.35X1.90m
Opinión sobre tendencia de mercado a futuro.
Del futuro no sabía decirme, pero el látex está tendiendo a desaparecer, ya que es mas costoso y complejo de fabricar y está siendo sustituido por la espuma HR.
¿Conoce alguna empresa de reciclaje de colchones?
Planta de reciclaje en Zaragoza
¿Reciclan colchones usados en la empresa? ¿como se reciclan?
Cobro de 15€/colchón para la retirada del colchón. Existencia de un servicio de recogida gratuito de colchones del ayuntamiento de Valladolid (Dejas el colchón en el portal y ellos van a recogerlo).

FOTO TIENDA



Foto sacada de internet, toda la consulta ha sido realizada por teléfono.

pág. 29

1.4.5. COLCHONERÍA ELITE



Encuesta. Tiendas de venta de colchones en Valladolid

Nombre de la empresa//Ubicación/Años de funcionamiento/Datos de contacto Colchonería Élite /C. de los Alamillos, 4, 47005 Valladolid 983071705
N.º aproximado de colchones vendidos al año. No me puede facilitar la información.
Tipologías vendidas: Simples: Muelles continuos, ensacados, latex, espumas, híbridos, porcentaje Muelles/Espumas: La tipología más vendida sin lugar a duda es el colchón híbrido: muelle ensacado+ Viscoelástico.
Porcentajes de distintas medidas y grosos. La dimensión de colchón más vendido es el de 1.35 X 1.90 m
Opinión sobre tendencia de mercado a futuro. En su opinión cree que el mercado estándar va a seguir centrado en el muelle ensacado, jugando con su distribución (paralelo o panel de abeja) y en los colchones de núcleo de alta resiliencia. El mercado más premium avanzará hacia los materiales naturales, añadiendo Lino y Casmin.
¿Conoce alguna empresa de reciclaje de colchones? No conoce ninguna empresa de reciclaje de colchones únicamente tiene constancia de la existencia del punto limpio.
¿Reciclan colchones usados en la empresa? ¿como se reciclan? La empresa no se encarga del reciclaje de colchones., recomienda a los clientes el uso del servicio de retirada gratuito del ayuntamiento.



Opinión sobre Restbuit. Alguna idea sobre reciclaje de colchones en general o en particular para construcción.

Cree que estas iniciativas son una gran idea. Ninguna idea en específico para el reciclaje de los colchones, uso de los muelles para su posterior fundido y posible reutilización y no sabe que hacer con la espuma.

¿Dispone de algún colchón no usado (defectuoso, descatalogado,) que nos pueda proporcionar?

No dispone de ningún colchón

¿Nos puede proporcionar alguna documentación comercial/técnica sobre sus colchones?

Nada

Otros Comentarios de interés

Se centran en la venta de los colchones, no hacen servicios de retirada, con el objetivo de brindar el mejor precio y servicio. Recomiendan a los clientes hacer uso del servicio municipal gratuito de recogida de colchones. En caso de que el cliente sea una persona mayor o impedida, les ayudan a manipular el colchón para su retirada.

FOTO TIENDA



Foto sacada de internet, toda la consulta ha sido realizada por teléfono.

1.4.6. COLCHÓN EXPRESS

	
Opinión sobre Restbuit. Alguna idea sobre reciclaje de colchones en general o en particular para construcción. -	Encuesta. Tiendas de venta de colchones en Valladolid
¿Dispone de algún colchón no usado (defectuoso, descatalogado,) que nos pueda proporcionar? -	Nombre de la empresa//Ubicación/Años de funcionamiento/Datos de contacto Colchón Exprés /Av. Palencia,3, 47010 Valladolid Natalia- 983 53 97 26
¿Nos puede proporcionar alguna documentación comercial/técnica sobre sus colchones? 	N.º aproximado de colchones vendidos al año. No me puede facilitar la información.
Otros Comentarios de interés Modelos que más venden: -Colchón Sonpura Gaudi, altura 33cm de una cara (diferenciar entre los colchones de 1 y de 2 caras). Muelle ensacado+ viscoelástica. 826€ - Colchón Ingravity Bambú, (Su marca, pero lo fabrica Sonpura), 30 cm de altura, colchón a 1 cara. Muelle ensacado+ viscoelástica 689€ -Colchón Ingravity Termalfresh Active Plus, 33 cm de altura, 2 caras diferentes, verano e invierno. Muelle ensacado+ viscoelástica+ bloque de espuma. 886€ -Colchón Ingravity Spa Therapy. 28 cm de grosor, colchón a una cara. El único de núcleo de HR y visco. 896€ -Cuanto más duro es el colchón más caro es. -El servicio de retirada del colchón antiguo es gratuito, aunque hay excepciones en las que tienes que pagar.	Tipologías vendidas: Simples: Muelles continuos, ensacados, latex, espumas, híbridos, porcentaje Muelles/Espumas: Los colchones que más venden el híbrido muelle ensacado+ Viscoelástico/ Mayor independencia de lechos. Porcentajes de distintas medidas y grosores. La dimensión de colchón más vendido es el de 1.35 X 1.90 m Opinión sobre tendencia de mercado a futuro. En su opinión cree que el muelle ensacado es una tecnología que se va a seguir vendiendo a lo largo de los años.
	¿Conoce alguna empresa de reciclaje de colchones? No conoce ninguna empresa de reciclaje de colchones únicamente tiene constancia de la existencia del punto limpio.
	¿Reciclan colchones usados en la empresa? ¿como se reciclan? La empresa se encarga de reciclar los colchones, te lo recogen y lo llevan al punto limpio



1.4.7. COLCHONES UNIBED



¿Nos puede proporcionar alguna documentación comercial/técnica sobre sus colchones?

Encuesta. Tiendas de venta de colchones en Valladolid

Nombre de la empresa//Ubicación/Años de funcionamiento/Datos de contacto Colchones Unibed /C. de Sta. Clara, 6-8-10, 47010 Valladolid 98315 54 32
N.º aproximado de colchones vendidos al año. No me puede facilitar la información.
Tipologías vendidas: Simples: Muelles continuos, ensacados, latex, espumas, híbridos, porcentaje Muelles/Espumas: Los colchones que más piden los clientes son de muelle ensacado, ya que se adaptan mucho más al cuerpo y transpiran mucho mejor que los de los muelles de espuma
Porcentajes de distintas medidas y grosores. La dimensión de colchón más vendido es el de 1.35 X 1.90 m y en el caso de cama de matrimonio los de 1,35X1.90m
Opinión sobre tendencia de mercado a futuro. En su opinión cree que el muelle ensacado es una tecnología que se va a seguir vendiendo a lo largo de los años.
¿Conoce alguna empresa de reciclaje de colchones? No conoce ninguna empresa de reciclaje de colchones, únicamente me ha comentado la existencia del punto limpio.
¿Reciclan colchones usados en la empresa? ¿como se reciclan? La empresa no se hace cargo de la recogida de colchones, únicamente te incita a usar el servicio de recogida gratuito del ayuntamiento. (Me ha explicado su funcionamiento, llamar a la empresa el día antes de su retirada, envolver el colchón antiguo con plástico por medidas de higiene y los trabajadores del ayuntamiento se encargan de su retirada).



1.4.8. IKEA

INTRODUCCIÓN

En el marco del estudio sobre la valorización de colchones usados como material de construcción, resulta fundamental comprender el contexto actual del mercado de los colchones, sus tipologías predominantes y las preferencias de los consumidores. Para ello, se ha elegido el caso de IKEA como objeto de análisis representativo.

IKEA constituye una de las principales industrias del sector del mueble a nivel mundial, y en particular, un actor clave en la comercialización de colchones. Su capacidad de distribución global, su apuesta por el diseño funcional y asequible, así como su enfoque en la sostenibilidad, la convierten en un modelo idóneo para reflejar las dinámicas actuales del mercado.

Analizar el catálogo de colchones de IKEA nos permite identificar no solo los modelos más vendidos, sino también las tipologías con mayor presencia en el mercado. Este análisis ofrece una visión clara de las preferencias actuales del consumidor y permite extraer conclusiones útiles para determinar qué tipos de colchones están siendo más demandados y, por tanto, cuáles serán más susceptibles de convertirse en residuos reutilizables en un futuro próximo.

TIPOLOGÍAS Y DIMENSIONES DE COLCHONES EN IKEA

IKEA dispone de una amplia gama de colchones que responde a diferentes preferencias de firmeza, materiales y medidas, convirtiéndose así en un referente representativo del mercado actual del descanso. Esta diversidad no solo facilita la elección por parte del consumidor, sino que también permite identificar claramente cuáles son las tipologías más demandadas en el contexto de una economía de consumo masivo.

Entre las principales categorías que comercializa la firma sueca, destacan los colchones de espuma y viscoelástica. Estos modelos, fabricados a base de poliuretano o materiales con memoria, se caracterizan por su capacidad para adaptarse al contorno corporal, proporcionando un soporte uniforme y reduciendo los puntos de presión. Además, al carecer de componentes metálicos, son completamente silenciosos y resultan ideales para personas que comparten cama, ya que absorben eficazmente el movimiento.

Otra opción frecuente en IKEA son los colchones de látex, tanto natural como sintético. Estos ofrecen una excelente elasticidad, buena resistencia a bacterias y ácaros, y una larga vida útil, aunque requieren una ventilación adecuada para mantener sus propiedades en condiciones óptimas. Por su parte, los colchones de muelles ensacados –uno de los grandes éxitos de IKEA– presentan una estructura interna de muelles independientes que proporcionan soporte zonificado y mejoran la ventilación, lo que resulta en una sensación más fresca durante el descanso.

Una cuarta categoría en crecimiento es la de los colchones híbridos, que combinan un núcleo de muelles con capas de espuma viscoelástica, látex u otros materiales. Estos modelos buscan ofrecer un equilibrio entre firmeza estructural, adaptabilidad y transpirabilidad, siendo especialmente valorados por quienes buscan un confort más sofisticado.

En cuanto a las dimensiones disponibles, IKEA cubre un amplio abanico de tamaños adaptados tanto a estándares españoles como europeos. Entre los colchones individuales destacan los de 80x200, 90x190 y 90x200 cm. Para camas de matrimonio en tamaño medio, las medidas más comunes son 135x190 y 140x200

cm. En el caso de camas más grandes, IKEA ofrece colchones king size de 150x190, 160x200 y hasta 180x200 cm. También dispone de soluciones específicas para niños, con modelos infantiles y colchones extensibles, ideales para adaptarse al crecimiento de los más pequeños y compatibles con enfoques como el método Montessori.

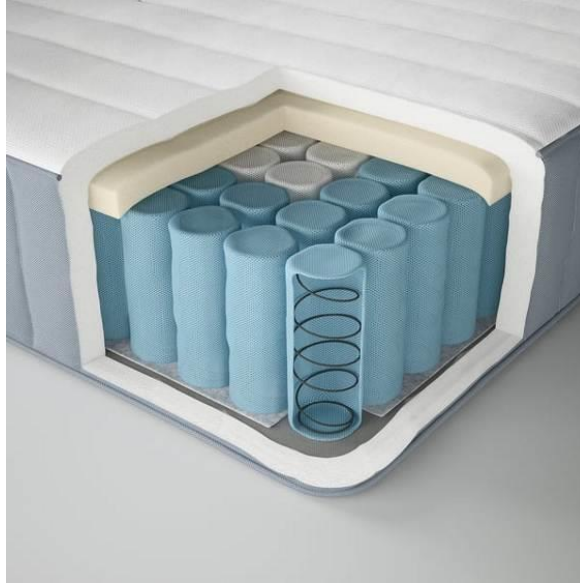
A todo ello se suma la posibilidad de escoger el grado de firmeza que mejor se adapte a las necesidades personales (alta, media o baja), así como una gama de productos complementarios como bases tapizadas, canapés, somieres de láminas o protectores de colchón. Además, IKEA refuerza su propuesta comercial con facilidades como 365 días de prueba y entregas en 24 horas, consolidando su posición como uno de los líderes del sector.

MODELOS COLCHONES IKEA

Tipología	Modelo IKEA	Características destacadas
Muelles ensacados	<i>Valevåg</i>	Firme, buena ventilación, muy vendido
	<i>Vatnestrom</i>	Firme, materiales naturales, alta durabilidad
	<i>Vesteröy</i>	Media firmeza, buena relación calidad-precio, ligero
	<i>Haugesund</i>	Firme, asequible, opción básica
	<i>Vågstranda</i>	Soporte zonificado, alta adaptabilidad
Espuma / Viscoelástica	<i>Åsbägda</i>	Media firmeza, muy buena absorción del movimiento
	<i>Åkervinda</i>	Económico, silencioso, adaptabilidad media
	<i>Ågotnes</i>	Básico, ligero, fácil de manejar
	<i>Morgedal</i>	Espuma de alta resiliencia, confort firme
Híbridos (muelles + espuma)	<i>Ånneland</i>	Firmeza media, confort premium, buena regulación térmica
	<i>Hövåg</i>	Núcleo de muelles ensacados con capa de espuma
	<i>Myrbacka</i>	Combinación de látex con espuma sobre muelles
Látex	<i>Morgongåva</i>	Látex natural, resistente, transpirable
	<i>Myrbacka (látex)</i>	Látex sintético, soporte firme

MODELOS DE COLCHONES MÁS VENDIDOS

El colchón más vendido en IKEA es el Vatnestrom, un modelo de muelles ensacados de grosor considerable (26 cm), con materiales naturales como látex, coco, algodón y lana, firme y con bordes reforzados, que ofrece un soporte ergonómico y ventilación eficiente.



Le siguen de cerca:



- Åfjäll (también llamado Afjäll), un colchón de espuma firme muy valorado por su comodidad y facilidad de uso.

- Åsväng / Asvang (también identificado como Abygda en algunas fuentes), un modelo de espuma viscoelástica de 16 cm, con cinco zonas de confort y funda desmontable, destaca por ser uno de los mejor valorados.
- Vågstranda, un colchón híbrido de muelles con capa adicional de espuma para mayor comodidad, recibe altas calificaciones en EEUU y Europa.



En resumen, los modelos más populares son:

- Vatnestrom (muelles ensacados – lo más vendido y valorado)
- Åfjäll / Afjäll (espuma firme económica)
- Abygda / Asvang (espuma viscoelástica de alta valoración)
- Vågstranda (híbrido muy cómodo y popular)

DIMENSIONES MÁS COMERCIALIZADAS

IKEA ofrece una variedad de tamaños adaptados tanto al mercado español como al europeo. Las medidas más frecuentes y vendidas incluyen:

- Individuales: 90 × 190 cm
- Matrimonio estándar: 135 × 190 cm
- King size / grandes: 150 × 190 cm
- Los modelos más vendidos (como Vatnestrom y Abygda) se ofrecen típicamente en 140 × 200 cm, 160 × 200 cm e incluso 180 × 200 cm, lo que sugiere que estas dimensiones (especialmente 140 y 160) representan la mayor cuota de ventas

1.4.9. CONCLUSIONES

Tras la realización de las visitas y entrevistas a distintas tiendas de colchones en Valladolid, se ha podido constatar que el sector del colchón presenta un alto grado de **opacidad en lo referente a la gestión del residuo**. A pesar de la predisposición de los profesionales a colaborar, en muchos casos no fue posible obtener respuestas claras o detalladas sobre el destino final de los colchones retirados. En la mayoría de establecimientos, los responsables desconocían qué ocurría con los productos una vez recogidos, limitándose a derivarlos al servicio municipal de recogida de residuos voluminosos, sin seguimiento posterior del proceso. Esta situación pone de manifiesto la falta de trazabilidad y control sobre una fracción de residuo compleja, voluminosa y con un fuerte impacto ambiental, y confirma la necesidad de articular sistemas más transparentes y coordinados entre productores, distribuidores, recicladores y administraciones públicas. Estas conclusiones refuerzan la importancia del proyecto RESTBUILT como plataforma para visibilizar este vacío y proponer soluciones viables desde el campo de la arquitectura y la economía circular.

Además, es importante considerar un fenómeno creciente que agrava la falta de trazabilidad del residuo: **la compra de colchones a través de plataformas online**. A diferencia de la compra en tiendas físicas, este modelo de distribución no suele incluir servicios de retirada del colchón antiguo, dejando en manos del usuario la responsabilidad de su gestión. En los mejores casos, los consumidores recurren a los sistemas municipales de recogida de residuos voluminosos, lo que a menudo implica el traslado del residuo a un vertedero sin tratamiento ni aprovechamiento posterior. Sin embargo, en otros muchos casos, la falta de información o accesibilidad a estos servicios deriva en **prácticas irregulares de abandono**, incluyendo su depósito en vertederos ilegales o zonas no habilitadas, lo que incrementa el impacto ambiental de este residuo voluminoso y de difícil tratamiento. Esta situación pone de relieve la urgencia de abordar soluciones integradas que involucren también a los canales de venta digital, incorporando mecanismos de recogida y trazabilidad dentro del propio proceso de distribución.

RESTBUILT



1.5 EL CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE VALLADOLID



30/06/2025

1.5.1. INTRODUCCIÓN

EL Equipo de RESTBUILT realizó una visita técnica al Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid el lunes 30 de junio de 2025 acompañados por el director del centro. Esta visita se enmarca en la Actividad 1 del proyecto, dedicada a la investigación inicial sobre la valorización de colchones usados como materiales de construcción.

La visita tuvo como objetivos principales conocer de primera mano el funcionamiento del centro, identificar los métodos empleados en la gestión de residuos voluminosos, en particular colchones, y explorar las posibilidades de colaboración para la obtención de muestras y datos que sirvan para el desarrollo del proyecto piloto.

Además, la visita permitió observar in situ las recientes obras de ampliación y modernización que están posicionando al CTR de Valladolid como una de las instalaciones de referencia en el panorama nacional y europeo. Se trató de una oportunidad clave para comprender el papel que juega esta infraestructura dentro de la estrategia regional de economía circular, así como para establecer conexiones entre el ámbito académico y la operativa real del tratamiento de residuos urbanos.



OBRAS DE AMPLIACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CTR DE VALLADOLID

<https://www.entrearquitectura.com/reformas/ampliacion-del-centro-de-tratamiento-de-residuos-de-valladolid>

Durante el recorrido se mantuvieron reuniones con responsables técnicos del centro, se accedió a distintas áreas de tratamiento (planta de triaje, zona de voluminosos), y se analizaron aspectos logísticos, tecnológicos y medioambientales relacionados con la eficiencia operativa, la recuperación de materiales y la

1.5.2. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO

El Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid es una infraestructura clave para la gestión integral de residuos urbanos en la provincia y una referencia en Castilla y León. Gestionado por la Diputación de Valladolid en colaboración con empresas privadas, principalmente FCC Medio Ambiente, el CTR presta servicio a la ciudad de Valladolid y a más de 200 municipios del entorno. En sus instalaciones se reciben

residuos sólidos urbanos (RSU) tanto de fracción resto como selectiva (envases, papel-cartón, materia orgánica), además de residuos voluminosos como muebles, electrodomésticos o colchones.

El complejo está organizado en varias zonas operativas que permiten abordar la gestión de residuos de manera eficiente y conforme a los principios de economía circular. Dispone de una planta de tratamiento mecánico-biológico (TMB) para la separación automatizada de materiales reciclables, una planta de compostaje donde se transforma la materia orgánica en compost, áreas específicas para el tratamiento y almacenamiento de voluminosos y enseres, zonas de residuos especiales como RAEE o residuos peligrosos no industriales, y un vertedero controlado dotado de sistemas de impermeabilización, recogida de lixiviados y captación de biogás. Todo el sistema se completa con oficinas, talleres, básculas de pesaje y sistemas de control y vigilancia ambiental.

Desde octubre de 2023, el CTR se encuentra inmerso en un ambicioso proyecto de ampliación y modernización. Esta ampliación contempla, por un lado, mejoras tecnológicas significativas, como la incorporación de prensas industriales IMABE para rechazos, reciclables y chatarra, la automatización de líneas de clasificación mediante sistemas ópticos y el refuerzo del tratamiento de emisiones y lixiviados mediante biofiltros, torres de lavado y tratamiento UV. Por otro lado, se apuesta por la sostenibilidad energética con la captación y aprovechamiento del biogás generado en el vertedero, que permitirá cubrir las necesidades eléctricas del propio centro. Asimismo, se construye una nueva celda de vertido de 431 343 m³ en una parcela de 20 hectáreas, lo que garantizará capacidad operativa durante al menos cinco años adicionales.

La ampliación incluye también mejoras arquitectónicas y sociales. Se han proyectado nuevas oficinas, vestuarios, comedor para el personal y un edificio de acceso visible desde el exterior, concebido por el estudio Arias + Garrido Arquitectos junto con GMM Ingeniería. Además, se ha incorporado una pasarela elevada para visitantes y un aula ambiental, que permitirán realizar visitas educativas e institucionales sin interferir en la operativa del centro. Esta integración arquitectónica no solo responde a criterios funcionales, sino también simbólicos y pedagógicos, haciendo del CTR un espacio visible, accesible y alineado con los objetivos de sensibilización ciudadana y formación en sostenibilidad.



PRENSAS IMABE <https://www.retema.es/actualidad/la-potencia-de-imabe-en-el-ctr-valladolid-transformando-residuos-en-eficiencia>

1.5.3. PROCESOS DE TRATAMIENTO

El tratamiento de residuos en el Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid se estructura en distintas fases y procesos especializados, diseñados para maximizar la recuperación de materiales, reducir el volumen de residuos enviados a vertedero y minimizar el impacto ambiental. El objetivo estratégico del centro es reducir al 35 % la cantidad de residuos que acaban en vertedero, cumpliendo así con las directrices europeas de sostenibilidad y circularidad. Para ello, se han implementado mejoras tecnológicas, operativas y logísticas que refuerzan la eficacia del tratamiento y la valorización de los residuos urbanos.

El proceso comienza con la recepción clasificada de los residuos —fracción resto, orgánica, envases, papel-cartón, voluminosos, residuos especiales y otros—, que tras su pesaje se derivan a las distintas unidades operativas. La planta de tratamiento mecánico-biológico (TMB) es uno de los núcleos principales del sistema. A través de trómeles, separadores ópticos, separadores balísticos, corrientes de Foucault y líneas de triaje manual, se realiza la separación automatizada de materiales valorizables (metales, plásticos, tetrabriks) y la extracción de la fracción orgánica.

Esta materia orgánica se dirige a la planta de compostaje, donde se transforma en compost mediante procesos aeróbicos controlados. Los nuevos reactores y el sistema de gestión de temperatura, aireación y humedad permiten obtener un compost estable y de alta calidad. Además, el proceso genera biogás que se recupera y transforma en energía, cubriendo la totalidad del consumo eléctrico del propio centro, reduciendo así su huella de carbono.

Un elemento clave para la eficiencia operativa ha sido la incorporación de cuatro prensas industriales IMABE que compactan residuos reciclables, rechazos y chatarra, facilitando su transporte y mejorando la calidad del producto recuperado. A ello se suma la nueva trituradora EDGE SLAYER XL, diseñada para residuos voluminosos. Esta máquina de última generación permitirá triturar materiales como muebles, colchones o elementos mixtos, facilitando su posterior transformación en combustible derivado de residuos (CDR), una alternativa energética que evita su envío a vertedero y contribuye al objetivo de valorización.

En cuanto a los residuos especiales (RAEE, disolventes, aceites, pilas, etc.), se almacenan temporalmente en zonas controladas y se transfieren a gestores autorizados. El vertedero controlado actúa como última etapa del proceso para los residuos no valorizables. Su reciente ampliación con una nueva celda de más de 430.000 m³ garantiza su operatividad a medio plazo. Equipado con sistemas de impermeabilización, captación de lixiviados, aprovechamiento de biogás y dispositivos avanzados de desodorización (torres de lavado, biofiltros, tratamiento UV), el vertedero cumple con los estándares más exigentes en materia de seguridad ambiental y salubridad.



NUEVA TRITURADORA EDGE SLAYER XL

1.5.4. ROL DEL CTR EN LA ECONOMÍA CIRCULAR

El Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid desempeña un papel fundamental como infraestructura estratégica en la transición hacia un modelo de economía circular. Su función va mucho más allá del tratamiento final de residuos; actúa como un nodo logístico, técnico, educativo y de innovación, articulando flujos entre ciudadanía, administraciones públicas, servicios municipales de limpieza, gestores privados y centros de investigación. Gracias a su capacidad operativa, su cobertura territorial y su creciente dotación tecnológica, el CTR se ha convertido en una pieza clave para implementar políticas de sostenibilidad a escala regional.

En este contexto, el CTR se sitúa como punto de cruce entre la recogida selectiva, el tratamiento especializado y la valorización de residuos, y tiene el potencial de servir como plataforma para desarrollar nuevos modelos de gestión basados en la circularidad de los recursos. Su diseño funcional y su ampliación reciente están orientados no solo a mejorar la eficiencia técnica del tratamiento, sino también a facilitar nuevas formas de reutilización, reciclaje y recuperación energética.

Sin embargo, alcanzar una circularidad real implica enfrentar una serie de retos estructurales. Uno de los principales desafíos es la mejora de la separación en origen. Muchos residuos llegan mezclados, lo que dificulta su tratamiento posterior y reduce la calidad del material recuperado. En este sentido, el CTR puede desempeñar un rol activo no solo en la clasificación secundaria, sino también como agente de sensibilización ciudadana y acompañamiento técnico a los municipios.

Otro eje clave es el impulso de sistemas de reutilización y preparación para la reutilización, especialmente en lo referente a residuos voluminosos, aparatos eléctricos, textiles o muebles. Actualmente, estos residuos

suelen acabar en el vertedero, pero el CTR podría convertirse en un centro de recepción, desmontaje y reacondicionamiento, en colaboración con entidades sociales, cooperativas o empresas de economía social.

1.5.5. OBSERVACIONES SOBRE COLCHONES

Durante la visita al Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid se prestó especial atención a la gestión de residuos voluminosos, y en particular al flujo y tratamiento de los colchones fuera de uso. Esta fracción representa un reto singular dentro del sistema de gestión de residuos urbanos debido a sus características físicas, su composición material compleja y su bajo valor de mercado. En la actualidad, los colchones llegan al CTR principalmente a través de los puntos limpios municipales y mediante recogidas específicas de voluminosos organizadas por los servicios de limpieza. Una vez en el centro, se depositan en una zona habilitada para almacenamiento temporal junto con otros residuos voluminosos.

Los residuos voluminosos, de los que forman parte los colchones, se reciben en una zona habilitada del centro. La futura puesta en marcha de la línea de trituración mediante la EDGE SLAYER XL representa un paso decisivo hacia su tratamiento eficiente. Actualmente, aquellos materiales que no pueden ser reciclados o reutilizados son almacenados y enviados a vertedero, aunque se intenta derivar a gestores especializados aquellos con potencial de recuperación. Al no encontrarse la trituradora operativa aun, **no pudimos recabar el residuo en Valladolid** que era nuestra idea inicial, teniendo que desplazarnos al CTR de Alicante operado también por la empresa FCC.

Uno de los aspectos clave que se identificó es la heterogeneidad de los colchones: algunos modelos contienen espuma de poliuretano flexible; otros, estructuras metálicas (muelles bicónicos, de hilo continuo), látex, fibras naturales o incluso capas ignífugas o impermeables. Esta diversidad material hace inviable un tratamiento único y requiere metodologías de desmontaje o separación adaptadas. La ausencia de una línea de preparación para la reutilización o reciclaje impide recuperar fracciones que podrían tener potencial como materia prima secundaria, especialmente en el contexto de proyectos de innovación como el que aquí se plantea.

No obstante, se constató también una disposición favorable por parte del equipo técnico del CTR para colaborar en el suministro de colchones tipo, tanto usados como almacenados, con fines de caracterización, desmontaje experimental y pruebas de valorización. Esta colaboración sería viable mediante protocolos claros de muestreo y retirada, con criterios predefinidos (tipología, estado, volumen, frecuencia).

Si bien el futuro triturado de colchones en el CTR Vallisoletano es la producción de CDR (Combustible Derivado de Residuos), podría representar una primera fase de separación mecánica para ciertos colchones, facilitando la extracción de algunas fracciones materiales antes de su tratamiento térmico o energético.



INTRODUCCIÓN DE RESIDUOS VOLUMINOSOS EN CONTENEDORES PARA POSTERIOR TRANSPORTE

1.5.6. CONCLUSIÓN

La visita al Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid ha permitido constatar su papel esencial como infraestructura avanzada en la gestión de residuos urbanos de la provincia y como referente técnico en Castilla y León. En un contexto de transformación hacia modelos de economía circular, el CTR no solo cumple una función operativa de tratamiento y eliminación, sino que se posiciona como una plataforma de innovación, logística, formación y colaboración interinstitucional.

Las mejoras introducidas en los últimos años —ampliación del vertedero, automatización de líneas de triaje, valorización energética mediante biogás, incorporación de maquinaria avanzada como la trituradora SLAYER XL y prensas industriales— han reforzado su capacidad de respuesta técnica y ambiental. A ello se suma un compromiso por la apertura social y educativa, visible en la creación del aula ambiental, la pasarela para visitantes y el futuro observatorio de economía circular.

En este contexto puede resultar crucial la colaboración del Ayuntamiento de Valladolid con la recogida de voluminosos y la trituradora del CTR como suministrador de una materia prima susceptible de ser utilizada en elementos reciclados obtenidos a partir de colchones.

RESTBUILT



1.6 DOCUMENTO INICIAL

Reciclaje de colchones para su aplicación en la construcción: Estado del arte y perspectivas



INICIO PROYECTO – 08/2025

1.6.1. INTRODUCCIÓN

Como resultado directo de la fase de documentación desarrollada en el apartado anterior, el equipo RESTBUILT elaboró un primer documento de síntesis, en el que se recoge, organiza y analiza gran parte de la información recabada durante las etapas iniciales del proyecto. Este texto, titulado *"Reciclaje de colchones para su aplicación en la construcción: estado del arte y perspectivas"*, constituye el reflejo tangible del esfuerzo investigador realizado, y marca un punto de inflexión dentro del proceso: el paso de una búsqueda exploratoria hacia una visión estructurada y con enfoque técnico.

El documento surge con el objetivo de poner orden y jerarquía al conocimiento acumulado, organizando los contenidos según ejes temáticos clave como la evolución del colchón como producto, su problemática como residuo, los modelos de gestión existentes, y las posibles vías de valorización material orientadas al ámbito constructivo. Su elaboración nos permitió no solo validar la calidad de las fuentes utilizadas —principalmente artículos científicos, informes institucionales, tesis académicas y documentación técnica de empresas—, sino también detectar vacíos de conocimiento, áreas emergentes de investigación y criterios clave para la toma de decisiones futuras.

Este documento inicial ha funcionado, por tanto, como una herramienta de trabajo interna, pero también como una base teórica compartida, sobre la cual se han construido las siguientes fases del proyecto. A través de su redacción se consolidó el lenguaje técnico común del equipo, se definieron los primeros límites de actuación, y se vislumbraron las oportunidades que el colchón, como residuo complejo, podía ofrecer dentro de una visión arquitectónica sostenible.

1.6.2. ESTRUCTURA Y CONTENIDO DEL DOCUMENTO

El documento titulado *"Reciclaje de colchones para su aplicación en la construcción: estado del arte y perspectivas"* surge como resultado directo de la extensa fase de documentación llevada a cabo por el equipo RESTBUILT. Su elaboración responde a la necesidad de ordenar, estructurar y analizar de forma crítica toda la información recopilada, y ha supuesto un punto de inflexión metodológico en el desarrollo del proyecto. A través de este texto, se sintetiza el conocimiento generado en torno al colchón como residuo complejo, abordando su evolución técnica, las dificultades que presenta su reciclaje y las oportunidades potenciales de valorización en el ámbito de la arquitectura. Lejos de limitarse a una mera recopilación de datos, el documento constituye una herramienta estratégica para orientar las decisiones posteriores del proyecto.

El primer bloque del documento está dedicado a contextualizar el colchón desde una perspectiva histórica y técnica. Se analiza su evolución desde formas rudimentarias elaboradas con materiales naturales hasta los modelos contemporáneos, compuestos por estructuras multicapa cada vez más sofisticadas. Este repaso permite entender cómo la mejora en el confort ha derivado en una creciente complejidad técnica, que hoy representa uno de los principales obstáculos para su reciclaje. Asimismo, se identifican las tipologías más comunes en el mercado actual —muelles, viscoelásticos, espumas HR, híbridos— y se detalla la composición material de cada uno, aportando así una base sólida para posteriores valoraciones técnicas.

A continuación, se abordan las principales problemáticas asociadas a la gestión del colchón como residuo. Esta parte del documento pone de relieve la magnitud del problema en términos de volumen, impacto ambiental y coste económico. Se analizan los datos sobre la cantidad de colchones desechados anualmente, los métodos actuales de gestión (vertido, incineración, almacenamiento), y se profundiza en las

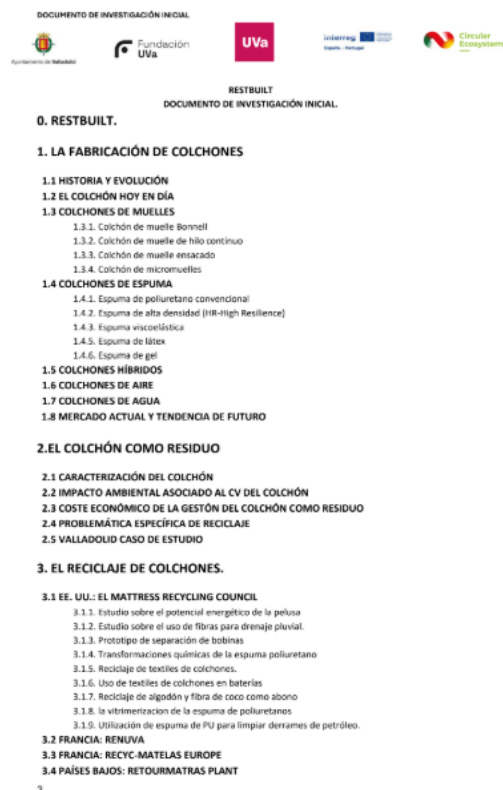
consecuencias medioambientales de su descomposición o quema. También se identifican las carencias del sistema actual, como la escasez de infraestructuras específicas o la ausencia de una legislación clara en muchos países. Esta sección refuerza la idea de que el colchón es un residuo especialmente problemático, tanto por su tamaño como por su composición heterogénea y difícil separación.

El documento incluye también un apartado centrado en los modelos internacionales de reciclaje, que ha sido clave para identificar referencias útiles. Destaca en este sentido el estudio del Mattress Recycling Council (EE. UU.), un caso ejemplar de gestión organizada a escala estatal, que ha conseguido establecer sistemas de recogida y tratamiento eficaces mediante políticas de responsabilidad ampliada del productor. Igualmente, se analizan experiencias europeas como RetourMatras en los Países Bajos, que ofrecen soluciones tecnológicas avanzadas para el desmontaje y la valorización de componentes. Estas referencias internacionales permiten contrastar el estado del reciclaje de colchones en España con otros contextos más desarrollados, y ofrecen pistas sobre modelos que podrían adaptarse o escalarse.

Otra sección importante del documento se centra en las posibilidades reales de valorización material de los colchones. Se revisan aquí las estrategias de reciclaje mecánico, químico y energético, así como las experiencias de reutilización directa. El texto explora con detalle el potencial de las espumas de poliuretano, los muelles metálicos y los tejidos técnicos, y examina distintos procesos de transformación aplicables, con especial atención a aquellos que pueden tener proyección en el sector de la construcción. Esta parte aporta una visión técnica precisa sobre qué componentes pueden ser aprovechados, de qué manera y con qué limitaciones, lo que resulta esencial para el planteamiento de soluciones arquitectónicas.

Por último, el documento incluye una reflexión final en la que se trasladan al proyecto RESTBUILT los aprendizajes obtenidos en las secciones anteriores. Se identifican materiales con interés arquitectónico, se delimitan criterios de selección, y se apuntan posibles líneas de aplicación, como el uso de colchones enteros en sistemas constructivos ligeros, o su integración en elementos prefabricados con funciones térmicas o acústicas. Esta última parte del texto no solo conecta directamente con los objetivos del proyecto, sino que marca el paso del análisis a la acción, abriendo el camino hacia la fase experimental.

En conjunto, este documento ha sido fundamental para establecer una base común de conocimiento dentro del equipo de trabajo, orientar las decisiones de diseño y validar el enfoque del proyecto desde una perspectiva informada y rigurosa. Su estructura progresiva y su enfoque aplicado lo convierten en una herramienta clave dentro de la metodología RESTBUILT.



ÍNDICE DEL DOCUMENTO INICIAL

1.6.3. FUNCIÓN DEL DOCUMENTO DENTRO DEL PROYECTO

La elaboración del documento *“Reciclaje de colchones para su aplicación en la construcción: estado del arte y perspectivas”* ha desempeñado un papel fundamental dentro del desarrollo del proyecto RESTBUILT, no solo como resultado de la fase inicial de documentación, sino como herramienta metodológica activa que ha guiado y acompañado todo el proceso de investigación. Su función ha sido doble: por un lado, consolidar una base teórica rigurosa; por otro, estructurar y orientar las decisiones prácticas que se fueron tomando en las fases posteriores del trabajo.

En primer lugar, el documento ha funcionado como soporte técnico de consulta interna, facilitando la toma de decisiones en torno a qué materiales explorar, qué enfoques priorizar y qué líneas de investigación se ajustaban mejor a los objetivos del proyecto. La identificación de tecnologías emergentes, la revisión de experiencias internacionales y la sistematización de criterios de selección material se han traducido en una herramienta operativa con impacto directo en el desarrollo de prototipos, ensayos y estudios de aplicación constructiva.

Además, este texto ha cumplido una función estratégica en la comunicación del proyecto a agentes externos, como empresas, administraciones públicas, centros de investigación o entidades colaboradoras. Su estructura clara y su enfoque riguroso han sido útiles para explicar el contexto, justificar los objetivos y posicionar RESTBUILT dentro del marco de la economía circular y la innovación aplicada a la construcción. Ha servido, por tanto, como carta de presentación técnica, pero también como demostración de la solidez del planteamiento desde su fase más preliminar.

Por otro lado, su valor ha residido también en su naturaleza dinámica y evolutiva. A lo largo del desarrollo del proyecto, el documento ha sido revisado, ampliado y adaptado en función de los nuevos conocimientos adquiridos, las visitas a empresas, las entrevistas con expertos y los propios avances técnicos del equipo. Esta condición abierta ha permitido que el documento no se entendiera como un producto cerrado, sino como una herramienta viva, capaz de acompañar la investigación de forma flexible y de responder a los cambios que iban surgiendo en el camino.

En conjunto, puede afirmarse que este documento ha sido una pieza central en la construcción del enfoque metodológico de RESTBUILT, ayudando a consolidar una mirada crítica, a fundamentar las decisiones técnicas y a proyectar el trabajo con claridad hacia el exterior.

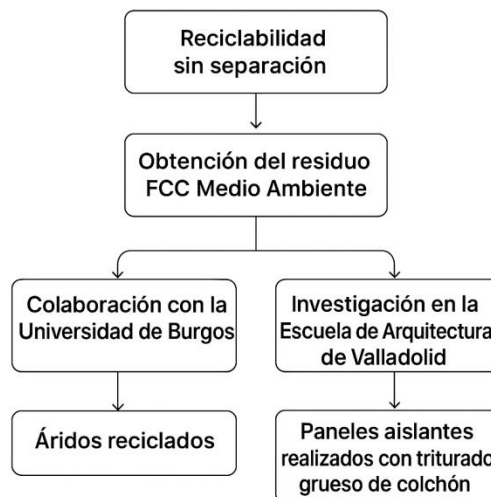
En conclusión, el documento inicial elaborado por el equipo RESTBUILT ha representado mucho más que un compendio de información: ha sido el primer instrumento de consolidación metodológica del proyecto. Su capacidad para transformar datos dispersos en conocimiento estructurado ha permitido tomar decisiones fundadas, identificar oportunidades viables de reutilización del residuo colchón y definir criterios técnicos aplicables al ámbito de la construcción sostenible. Al mismo tiempo, ha facilitado la comunicación con agentes externos y ha reforzado el posicionamiento del proyecto dentro del ecosistema de la economía circular. Este documento, por tanto, no solo refleja el trabajo realizado, sino que marca el punto de partida desde el cual el proyecto ha comenzado a operar de forma autónoma, crítica y propositiva.

RESTBUILT



1.7 CONCLUSIONES

Conclusiones de la investigación inicial: Líneas de investigación principales



INICIO PROYECTO – 08/2025

La investigación inicial llevada a cabo en el marco del proyecto RESTBUILT ha permitido establecer un diagnóstico claro sobre la complejidad y los desafíos que plantea el colchón como residuo dentro del sistema actual de gestión de residuos y reciclaje. Los análisis realizados ponen de manifiesto que nos encontramos ante un residuo voluminoso, heterogéneo y con baja trazabilidad, cuya gestión presenta notables carencias tanto desde el punto de vista técnico como organizativo.

Una de las principales conclusiones extraídas es que la **reciclabilidad del colchón** no está suficientemente implantada en España, y en muchos casos ni siquiera considerada como una alternativa viable. La gran diversidad tipológica que presentan estos productos —con modelos que combinan múltiples materiales (espumas, muelles, textiles, adhesivos, látex, etc.)— hace que cada colchón sea prácticamente único, lo que dificulta la **sistematización de su reciclaje**. Esta heterogeneidad, unida a la ausencia de protocolos industriales normalizados para su desmontaje, hace que los procesos de recuperación resulten costosos y altamente dependientes de mano de obra especializada.

En el estado actual, los modelos de reciclaje más extendidos se fundamentan en la **separación manual** de las distintas partes del colchón, para posteriormente integrarlas en flujos de reciclaje convencionales: acero, espumas para relleno, textiles industriales, etc. Se trata de procesos laboriosos, poco automatizables y económicamente poco atractivos.

A partir de este escenario, surge en el equipo de investigación la hipótesis de explorar una línea alternativa de valorización: en lugar de separar sus componentes, se propone el **aprovechamiento integral del colchón** como un solo material triturado, del que obtener nuevas aplicaciones en el sector de la construcción. Esta idea abre un campo innovador: el desarrollo de productos constructivos a partir de triturados heterogéneos, capaces de integrar las distintas fracciones del residuo en una masa cohesionada, sin necesidad de desmontaje previo.

Con el objetivo de validar esta vía, se establece una colaboración con la **Universidad de Burgos**, concretamente con el departamento de la Escuela Politécnica Superior vinculado a la investigación de áridos reciclados, donde ya existía una trayectoria consolidada en la experimentación con materiales procedentes de residuos. Esta colaboración abre una línea paralela de investigación, centrada en la caracterización de los triturados procedentes de colchones y su viabilidad como componente base para la fabricación de nuevos productos constructivos.

Paralelamente, y ante la no disponibilidad operativa del Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid, se cuenta con la colaboración activa de la empresa **FCC Medio Ambiente**, que facilita tanto asesoramiento técnico sobre el proceso de reciclado como el acceso a residuos reales. Gracias a esta colaboración, se gestiona una visita técnica al CTR de Alicante, donde se obtiene un primer lote de colchones desechados aptos para su estudio y manipulación.

Estas dos líneas de trabajo —la investigación de materiales a partir de triturado completo y la colaboración con entidades que permiten la obtención de residuo real— marcan el punto de partida del desarrollo experimental del proyecto RESTBUILT. A partir de aquí se inicia el diseño y testeo de nuevos materiales de construcción que se describen en los apartados siguientes, y que constituyen el núcleo técnico del proyecto.

RESTBUILT



ACTIVIDAD 2/ VALORIZACIÓN COLCHONES/ OBTENCIÓN DEL RESIDUO

RESTBUILT



2.1 COLABORACIÓN CON F.C.C. LÍNEAS DE MEDIO AMBIENTE



08/2025



2.1.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los pilares fundamentales en el desarrollo del proyecto RESTBUILT ha sido la colaboración con la empresa **FCC Medio Ambiente**, cuya participación ha aportado un valor estratégico clave como **asesor técnico especializado en gestión de residuos**. FCC cuenta con una dilatada experiencia en el ámbito del medio ambiente a nivel nacional e internacional, y en particular en el tratamiento y valorización de residuos sólidos urbanos.

Su implicación en el proyecto es especialmente relevante por ser la entidad responsable de la **gestión del Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Valladolid**, lo que le confiere un conocimiento profundo tanto de la **realidad local** en materia de residuos voluminosos —como es el caso de los colchones—, como del marco general de **problemáticas, normativas y limitaciones técnicas** asociadas a este tipo de fracción a escala nacional. Esta doble perspectiva ha permitido al equipo de investigación abordar el estudio del colchón desde una óptica más realista, ajustada a las condiciones de recogida, clasificación y tratamiento actuales, así como detectar oportunidades de mejora dentro del sistema existente.

La colaboración con FCC ha facilitado, además, el acceso a información clave, el contacto con infraestructuras específicas y la posibilidad de realizar visitas técnicas a otros centros de tratamiento, como el CTR de Alicante, que han resultado determinantes para el desarrollo experimental del proyecto.

FCC (Fomento de Construcciones y Contratas) es una de las compañías de referencia en el ámbito de los servicios ciudadanos, con una trayectoria centenaria que la sitúa entre los grandes grupos empresariales del sector de las infraestructuras, el medio ambiente y el agua, tanto en España como a nivel internacional. Fundada en 1900, su evolución ha estado marcada por la diversificación de servicios, la expansión territorial y la incorporación progresiva de criterios de sostenibilidad e innovación tecnológica en todas sus áreas de actividad.

La empresa desarrolla su actividad a través de diferentes divisiones especializadas: FCC Construcción, FCC Medio Ambiente, Aqualia (gestión del ciclo integral del agua) y FCC Industrial, entre otras. Esta estructura le permite ofrecer soluciones integrales a los desafíos urbanos contemporáneos, desde la edificación y las grandes obras civiles hasta la gestión de residuos, el suministro de agua o la eficiencia energética.

Con una presencia consolidada en más de 30 países y un equipo humano que supera los 60.000 empleados, FCC se ha convertido en un actor clave en el diseño y mantenimiento de ciudades más resilientes, sostenibles y conectadas. Su actividad combina una fuerte implantación local con una visión estratégica global, respaldada por su compromiso con la innovación, la digitalización de procesos y la adopción de modelos económicos responsables.

En los últimos años, FCC ha reforzado su apuesta por el desarrollo sostenible, integrando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y los principios de la economía circular como ejes transversales de su actividad. Esta orientación se refleja de forma muy clara en su división FCC Medio Ambiente, responsable de la gestión de residuos, limpieza urbana, mantenimiento de espacios públicos y valorización de materiales, entre otros servicios esenciales para la calidad de vida urbana y la preservación del entorno.

Este documento se centrará precisamente en analizar las líneas de trabajo medioambientales de FCC, prestando especial atención a su papel en la gestión de residuos sólidos urbanos y a su potencial como agente estratégico dentro del ecosistema de la economía circular en España.

2.1.2.COMPROMISO AMBIENTAL Y POLÍTICAS CORPORATIVAS

FCC Medio Ambiente basa su actividad en un firme compromiso con la sostenibilidad y la protección del entorno. La empresa ha integrado el respeto ambiental como principio estratégico, tanto en la definición de sus líneas de negocio como en el desarrollo de soluciones innovadoras que respondan a los desafíos ambientales del presente y el futuro.

Desde hace años, FCC ha adoptado una política ambiental proactiva, alineada con las principales directrices nacionales e internacionales en materia de cambio climático, economía circular, eficiencia energética y conservación de los recursos. Su enfoque no se limita al cumplimiento normativo, sino que apuesta por la anticipación, la mejora continua y la transparencia en la gestión ambiental.

Uno de los pilares de esta política es la integración de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por Naciones Unidas en la Agenda 2030. FCC Medio Ambiente contribuye activamente a varios de ellos, destacando los relacionados con la gestión sostenible del agua (ODS 6), el desarrollo de ciudades sostenibles (ODS 11), la producción y el consumo responsables (ODS 12), la acción por el clima (ODS 13) y la protección de los ecosistemas terrestres (ODS 15).

La empresa cuenta con certificaciones internacionales que acreditan su sistema de gestión ambiental, como la ISO 14001, aplicada de forma transversal a sus centros de trabajo, y en muchos casos complementada con registros europeos como el EMAS (Eco-Management and Audit Scheme). Además, FCC ha desarrollado herramientas propias de seguimiento ambiental, incorporando sistemas de indicadores que permiten medir con precisión su impacto y tomar decisiones basadas en datos.

Otro aspecto destacable es su apuesta por la descarbonización de sus operaciones, a través de la electrificación progresiva de su flota de vehículos, la implantación de sistemas de recogida eficientes, el uso de combustibles alternativos y la optimización energética de sus instalaciones. FCC también promueve el uso de energías renovables en su infraestructura operativa, como parte de su estrategia para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, en el ámbito corporativo, FCC impulsa una cultura organizativa orientada al medio ambiente, mediante programas internos de formación, sensibilización y participación del personal. Esto refuerza la coherencia entre su discurso institucional y las prácticas cotidianas de la empresa.

En definitiva, el compromiso ambiental de FCC no es una declaración puntual, sino una política transversal e integrada en todos los niveles de decisión y acción, que convierte a la empresa en uno de los referentes del sector en materia de sostenibilidad aplicada.



FCC MEDIO AMBIENTE CTR de Valladolid

2.1.3.ÁREAS DE ACTIVIDAD MEDIAMBIENTAL

FCC Medio Ambiente desarrolla su labor a través de un conjunto amplio y diverso de servicios orientados a la protección del entorno y la mejora de la calidad de vida en las ciudades. Su enfoque integral le permite actuar en todas las fases del ciclo de los residuos y en otros ámbitos clave para la sostenibilidad urbana, como la limpieza viaria, el mantenimiento de zonas verdes o la regeneración de espacios públicos.

Estas áreas de actividad se articulan con una clara orientación hacia la eficiencia operativa, la innovación tecnológica y la economía circular, combinando la experiencia adquirida durante décadas con soluciones adaptadas a los nuevos retos ambientales y urbanos. A través de sus servicios, FCC no solo da respuesta a las necesidades de los municipios y ciudadanos, sino que impulsa modelos de desarrollo más responsables y resilientes. A continuación, se describen con más detalle las principales líneas de acción medioambiental que conforman la estructura operativa de FCC Medio Ambiente.

GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS

La gestión de residuos urbanos constituye uno de los ejes fundamentales de la actividad de FCC Medio Ambiente y una de sus principales aportaciones al funcionamiento sostenible de las ciudades. La empresa opera este servicio esencial en más de 3.500 municipios y atiende a más de 31 millones de personas en Europa y América Latina, posicionándose como uno de los referentes internacionales en el tratamiento integral de residuos sólidos urbanos.

FCC aborda esta actividad desde una perspectiva sistémica, que abarca todo el ciclo de los residuos, desde su recogida y transporte hasta su tratamiento y destino final, priorizando en todo momento su valorización frente a la eliminación. Este enfoque responde a las nuevas exigencias normativas europeas, que promueven la jerarquía de residuos y los principios de la economía circular, y que obligan a los operadores a incorporar soluciones cada vez más eficientes, sostenibles y tecnológicamente avanzadas.⁷

En cuanto a la recogida, FCC despliega una gran variedad de sistemas adaptados a las necesidades de cada municipio, incluyendo recogida selectiva de fracciones (orgánica, papel y cartón, envases ligeros, vidrio, textiles, aceites, etc.), recogida de residuos mezclados, servicios puerta a puerta en cascos históricos o zonas de difícil acceso, así como recogida de residuos voluminosos como colchones o muebles, cuya gestión presenta dificultades especiales debido a su volumen y composición heterogénea. El transporte de residuos hasta los centros de tratamiento se realiza mediante una flota que destaca por su eficiencia energética, en la que cada vez es mayor la presencia de vehículos eléctricos, híbridos o propulsados por gas natural, como parte de la estrategia de descarbonización de la compañía.

La red de infraestructuras de tratamiento que gestiona FCC es extensa y moderna. Incluye plantas de tratamiento mecánico-biológico (TMB), estaciones de transferencia, centros de clasificación y vertederos controlados. Estas instalaciones permiten realizar procesos complejos de separación y recuperación de materiales mediante tecnologías avanzadas, como separadores ópticos, sistemas balísticos, cribas y corrientes magnéticas. Asimismo, una parte importante de la fracción orgánica recogida selectivamente se transforma en compost o se utiliza para la producción de biogás mediante digestión anaerobia, contribuyendo así a la economía circular en el sector agroalimentario y energético.

Además del tratamiento físico de los residuos, FCC ha apostado por la digitalización de la gestión, implantando soluciones tecnológicas que permiten optimizar rutas de recogida, controlar llenado de contenedores, monitorizar el consumo energético de las instalaciones y trazar el recorrido de los residuos en tiempo real. Estas innovaciones permiten mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental de las operaciones.

Uno de los retos actuales en el sector es la gestión de residuos emergentes o de difícil reciclaje, como los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), residuos textiles, cápsulas de café o colchones. En este sentido, FCC ha iniciado líneas de trabajo específicas para atender estas problemáticas, a través de proyectos piloto, alianzas tecnológicas y participación en iniciativas europeas. La gestión de colchones fuera de uso, en particular, ha cobrado relevancia en los últimos años, y representa un campo de interés creciente en el que la colaboración entre el sector industrial, la administración y la investigación académica —como ocurre en el proyecto RESTBUILT— puede dar lugar a soluciones innovadoras.

La capacidad de FCC para ofrecer servicios de recogida y tratamiento de residuos adaptados a entornos urbanos de distinta escala, su apuesta por la innovación continua, y su voluntad de liderar la transición hacia un modelo de economía circular la convierten en una empresa clave para la transformación sostenible de las ciudades.



CAMIÓN DE RECOGIDA DE RESIDUOS URBANOS <https://www.fcc.es/recogida-de-residuos>

TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

El tratamiento y la valorización de residuos representan una fase clave dentro del ciclo integral de gestión que desarrolla FCC Medio Ambiente. Más allá de la recogida y el transporte, la empresa ha centrado buena parte de su esfuerzo tecnológico y estratégico en optimizar los procesos de transformación del residuo, con el objetivo de recuperar el máximo valor posible de los materiales descartados, minimizar el vertido y contribuir activamente a un modelo de economía circular.

FCC gestiona una amplia red de instalaciones de tratamiento distribuidas por todo el territorio, entre las que destacan las plantas de tratamiento mecánico-biológico (TMB), los centros de clasificación de materiales, las estaciones de transferencia y las plantas de compostaje y valorización energética. Estas infraestructuras permiten abordar el tratamiento de residuos urbanos desde una perspectiva integral, capaz de adaptarse a la composición cambiante de los residuos, las exigencias normativas y los retos tecnológicos emergentes.

En las plantas TMB, los residuos son sometidos a una combinación de procesos mecánicos y biológicos que permiten, por un lado, separar y recuperar materiales reciclables como plásticos, metales o papel, y por otro, tratar la fracción orgánica para estabilizarla o transformarla en compost o biogás. Para ello, FCC emplea tecnologías de separación automatizada basadas en sensores ópticos, sistemas balísticos, corrientes de Foucault, cribas rotativas, separadores magnéticos y otros equipos de última generación, que permiten mejorar la eficiencia y la pureza de los materiales recuperados.

En paralelo, la empresa opera plantas de clasificación específicas para materiales provenientes de recogida selectiva, como envases ligeros o papel y cartón, donde se realiza un triaje más preciso y adaptado a los requerimientos de las industrias recicladoras. Estas instalaciones permiten cerrar el ciclo de los materiales, reintroduciéndolos como materias primas secundarias en procesos industriales, y garantizando así una gestión más eficiente y sostenible de los recursos.

La fracción orgánica separada, ya sea proveniente de recogida selectiva o de procesos mecánicos, es tratada mediante compostaje aeróbico o digestión anaerobia, lo que permite obtener productos útiles para la agricultura (compost) o generar energía renovable (biogás), reduciendo la huella de carbono del sistema y evitando emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a su vertido.

Además, FCC cuenta con instalaciones de valorización energética donde los residuos no reciclables pueden ser transformados en energía mediante procesos controlados de incineración con recuperación térmica, cumpliendo estrictamente los estándares europeos en materia de emisiones y control ambiental. Este tipo de valorización se plantea como una alternativa al vertido para aquellos residuos que no tienen una segunda vida útil como materiales.

Una parte importante de la estrategia de FCC en este ámbito reside en la mejora continua de la eficiencia energética de sus instalaciones, el uso de energías renovables en los procesos y la aplicación de criterios de diseño ecológico en las nuevas plantas. Asimismo, la empresa invierte en sistemas de control ambiental para minimizar emisiones, gestionar correctamente los lixiviados y reducir el impacto odorífero de sus operaciones.

Uno de los grandes desafíos actuales en la valorización es el tratamiento de residuos complejos o no convencionales, como colchones, textiles postconsumo, plásticos multicapa o residuos sanitarios. En este campo, FCC ha iniciado líneas de innovación y colaboración con centros tecnológicos y universidades para investigar nuevas formas de descomposición, valorización material o energética, y diseño de productos reciclables desde el origen.

En definitiva, el tratamiento y valorización de residuos que desarrolla FCC se orienta a cerrar el ciclo de los materiales, transformar los residuos en recursos y avanzar hacia un modelo de gestión más circular, eficiente y ambientalmente responsable. Su red de infraestructuras, su capacidad tecnológica y su apuesta por la innovación sitúan a la empresa en una posición estratégica para liderar la transformación del sector hacia modelos más sostenibles y resilientes.



VALORIZACIÓN DE RESIDUOS <https://www.fccambito.com/-/noticias/residuo-cero-plantas-bcn>

LIMPIEZA URBANA Y MANTENIMIENTO DE ESPACIOS PÚBLICOS

La limpieza urbana y el mantenimiento de espacios públicos constituyen otro de los pilares fundamentales de la actividad de FCC Medio Ambiente. Se trata de un servicio esencial para el correcto funcionamiento de las ciudades, que impacta directamente en la calidad de vida de los ciudadanos, la salud pública, la imagen urbana y la sostenibilidad del entorno. La empresa ha consolidado a lo largo de los años un modelo operativo basado en la eficiencia, la tecnología y la adaptación constante a las nuevas demandas sociales y ambientales.

FCC presta servicios de limpieza viaria en numerosos municipios de España, así como en ciudades de ámbito internacional, adaptando cada contrato a las características morfológicas, demográficas y climáticas de cada entorno. Esta personalización del servicio se traduce en una variedad de actuaciones que incluyen barrido manual y mecánico, baldeo de calles, vaciado de papeleras, eliminación de grafitis, retirada de residuos en zonas verdes y playas, limpieza de mercados y eventos, así como campañas intensivas en determinadas épocas del año o zonas de alta densidad de uso.

Uno de los elementos más destacables del enfoque de FCC es su apuesta por la modernización del parque de maquinaria, incorporando soluciones más sostenibles, seguras y eficientes. La empresa ha integrado progresivamente vehículos eléctricos, híbridos, a gas natural y con tecnología de bajo consumo, reduciendo de forma notable las emisiones contaminantes, el ruido urbano y el consumo de combustibles fósiles. Estos vehículos incluyen barredoras, baldeadoras, camiones recolectores y vehículos auxiliares diseñados especialmente para entornos urbanos sensibles.

Además de la sostenibilidad energética, FCC ha incorporado tecnologías inteligentes a la limpieza urbana. A través de sistemas de geolocalización, telemetría, sensores en papeleras, software de control y plataformas digitales, la empresa puede monitorizar el estado de limpieza en tiempo real, optimizar las rutas, ajustar la frecuencia del servicio en función de la demanda y responder con mayor rapidez a incidencias. Esto permite una gestión basada en datos, más flexible y eficiente, que se adapta a las necesidades cambiantes del espacio público.

El mantenimiento de espacios públicos, tanto naturales como urbanos, es otra de las áreas en las que FCC aplica su experiencia. La empresa realiza labores de conservación de parques, jardines, arbolado urbano, áreas deportivas, mobiliario urbano y equipamientos colectivos. Estas actividades se realizan bajo criterios de sostenibilidad ambiental, incluyendo el uso eficiente del agua, la selección de especies vegetales autóctonas o de bajo consumo hídrico, la integración de sistemas de riego inteligentes y el empleo de técnicas de jardinería ecológica.

En muchas ciudades, FCC ha contribuido a transformar la gestión de los espacios públicos mediante modelos de custodia activa del territorio urbano, que integran el mantenimiento físico con una visión social y participativa del entorno. Esto incluye la colaboración con asociaciones vecinales, centros escolares y colectivos ciudadanos para fomentar el cuidado compartido del espacio público y la concienciación ambiental.

La limpieza urbana, lejos de ser una actividad meramente operativa, se entiende dentro de FCC como una herramienta para la resiliencia urbana y la regeneración social. La presencia constante de equipos en las calles permite actuar como agentes de detección temprana de problemas, apoyar en situaciones de emergencia (como catástrofes naturales o crisis sanitarias) y contribuir al orden y bienestar del espacio público.

Asimismo, FCC ha demostrado su capacidad de adaptación frente a retos extraordinarios, como ocurrió durante la pandemia de COVID-19, en la que reforzó los protocolos de limpieza y desinfección, ajustando sus servicios a las nuevas exigencias sanitarias y de seguridad, demostrando su compromiso con el interés general.



LIMPIEZA URBANA Y MANTENIMIENTO DE ESPACIOS PÚBLICOS <https://www.fcc.es/limpieza-viaria>

En resumen, FCC Medio Ambiente concibe la limpieza urbana y el mantenimiento de espacios públicos como un servicio esencial, cuya evolución pasa por la incorporación de tecnología, la sostenibilidad energética, la participación ciudadana y una gestión inteligente y proactiva del territorio. Su experiencia, solvencia técnica y voluntad de mejora continua la sitúan como una empresa de referencia en este ámbito tanto a nivel nacional como internacional.

ECONOMÍA CIRCULAR Y PROYECTOS DE INNOVACIÓN

La economía circular es uno de los ejes estratégicos que vertebran el modelo de negocio de FCC Medio Ambiente. Frente al modelo lineal tradicional de producción y consumo —basado en extraer, fabricar, usar y desechar—, la economía circular propone un sistema más eficiente, en el que los productos, materiales y recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible, se regeneran y se reintroducen en el ciclo productivo tras su vida útil. FCC ha asumido este paradigma no solo como un marco teórico, sino como una línea operativa real, sobre la que pivota buena parte de su inversión en innovación, sus nuevas líneas de negocio y sus colaboraciones estratégicas con centros de investigación y administraciones públicas.

La apuesta por la economía circular se manifiesta en todas las fases del ciclo de los residuos gestionados por FCC. Desde la recogida selectiva y la clasificación de materiales, hasta su valorización material o energética, la empresa prioriza la recuperación de valor frente al vertido. Esta visión circular también se traslada al diseño de los servicios urbanos, al mantenimiento de equipamientos públicos, al uso de materiales reciclados en obra civil, o al desarrollo de productos derivados de residuos que encuentran una segunda vida útil.

FCC Medio Ambiente participa activamente en proyectos europeos de innovación, como los programas HORIZON EUROPE, LIFE y otros consorcios de I+D+i, colaborando con universidades, centros tecnológicos y socios industriales. Estas iniciativas abordan temáticas como la recuperación de materiales críticos, el diseño de infraestructuras resilientes, el tratamiento de residuos orgánicos para la obtención de bioplásticos, el desarrollo de combustibles alternativos derivados de residuos (CDR), o el uso de tecnologías digitales para mejorar la eficiencia de los servicios urbanos.

Uno de los ejemplos más representativos de esta visión aplicada es la inversión en plantas de valorización de residuos voluminosos, incluyendo muebles, textiles y colchones. En este campo, FCC ha comenzado a identificar nuevas oportunidades tecnológicas para la transformación de materiales complejos en recursos útiles, lo que conecta directamente con los objetivos del proyecto RESTBUILT. La incorporación de tecnologías de separación automatizada, el diseño de nuevos procesos de triturado o desmontaje, y la exploración de sinergias con otros sectores (como el de la construcción o la energía) forman parte de esta línea de trabajo emergente.

Dentro del enfoque de economía circular, FCC también trabaja en el desarrollo de materiales reciclados que puedan ser reintroducidos en el mercado como materias primas secundarias. Esto incluye desde compost de alta calidad para uso agrícola, hasta áridos reciclados, materiales plásticos clasificados, residuos de construcción y demolición valorizados, e incluso el desarrollo de nuevos composites a partir de residuos mixtos. Este trabajo se apoya en laboratorios propios, en bancos de pruebas industriales y en redes de colaboración público-privada orientadas a la escalabilidad de resultados.

Además, FCC ha impulsado soluciones digitales innovadoras, como plataformas de trazabilidad de residuos, sistemas inteligentes de recogida y sensores conectados en contenedores, que permiten anticiparse a los flujos de generación, optimizar rutas logísticas y reducir el consumo de recursos energéticos. La digitalización, en este sentido, es vista como un vector imprescindible para alcanzar una economía circular operativa, cuantificable y sostenible a gran escala.

En línea con esta estrategia, FCC fomenta el ecodiseño de servicios y productos, apostando por contratos públicos y privados que incluyan cláusulas ambientales, indicadores de circularidad y mecanismos de control de la huella de carbono. La empresa participa también en iniciativas institucionales y normativas orientadas a la estandarización de criterios de economía circular, contribuyendo a definir nuevas reglas del juego más exigentes y sostenibles para todo el sector.

Por último, cabe destacar que FCC considera la innovación abierta como un modelo prioritario de trabajo. A través de alianzas con universidades, startups, centros tecnológicos y programas de emprendimiento, la empresa busca soluciones disruptivas que puedan integrarse en su estructura operativa. Esta visión colaborativa ha sido fundamental para posicionarse como referente en la transición ecológica.

En resumen, FCC Medio Ambiente se sitúa a la vanguardia de la economía circular en España y Europa, no solo como operador de servicios urbanos, sino como actor innovador que impulsa nuevas soluciones tecnológicas, materiales y organizativas para transformar el actual sistema de residuos en una red de recursos regenerativos. Su experiencia, capacidad de adaptación y orientación estratégica la convierten en un socio natural para iniciativas que buscan transformar residuos en nuevas oportunidades de diseño, arquitectura y urbanismo responsable.



PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE FCC

2.1.4. IMPACTO Y CIFRAS CLAVE

El impacto de FCC Medio Ambiente en el territorio, la economía y el medio ambiente es altamente significativo, no solo por el volumen de servicios que presta, sino también por el grado de especialización, eficiencia e innovación que incorpora a su actividad. Su posición como operador líder en el ámbito de los servicios urbanos y la gestión de residuos se sustenta en una estructura sólida, cifras operativas de gran

escala y una capacidad de adaptación tecnológica que le permite responder a los desafíos de la sostenibilidad de forma tangible.

En términos generales, FCC Medio Ambiente presta servicio a más de 60 millones de personas en todo el mundo, a través de su presencia en más de 5.000 municipios repartidos por España, Europa y América Latina. Solo en España, gestiona más de 23 millones de toneladas de residuos al año, lo que la convierte en uno de los operadores con mayor volumen de tratamiento en el país.

Uno de los indicadores más relevantes es el porcentaje de valorización de residuos, que en muchas de sus plantas supera el 50%, cumpliendo —e incluso anticipándose— a los objetivos fijados por la Unión Europea para la próxima década. En varias de sus instalaciones, el tratamiento mecánico-biológico permite recuperar materiales como plásticos, papel, metales y vidrio con tasas de eficiencia elevadas, mientras que la fracción orgánica es transformada en compost de uso agrícola o biogás utilizado para la producción de energía renovable.

FCC cuenta con una red de más de 200 instalaciones de tratamiento y reciclaje, que incluyen plantas de clasificación, compostaje, valorización energética y estaciones de transferencia. Esta infraestructura se completa con flotas de recogida que superan los 18.000 vehículos, de los cuales un porcentaje creciente —cerca del 20%— ya está compuesto por modelos eléctricos, híbridos o propulsados por gas natural, lo que refleja su compromiso con la descarbonización y la reducción de emisiones contaminantes.

En el ámbito de la innovación, FCC invierte de forma sistemática en I+D+i, colaborando en más de 30 proyectos europeos en los últimos años. Estos proyectos han abordado temáticas como la valorización de residuos plásticos difíciles, la transformación de lodos de depuradora, la conversión de residuos orgánicos en productos de alto valor añadido, o el desarrollo de gemelos digitales para la optimización de plantas de tratamiento.

En cuanto a sostenibilidad y cambio climático, FCC ha establecido objetivos específicos para reducir su huella de carbono y aumentar la eficiencia energética de sus operaciones. La empresa ha logrado reducir sus emisiones directas e indirectas en un 19% en la última década, en parte gracias al uso de energías renovables, la electrificación de su flota y la optimización de procesos logísticos y operativos. Además, más del 40% de la energía consumida en sus instalaciones proviene de fuentes renovables o de recuperación energética interna.

Desde el punto de vista social, FCC Medio Ambiente genera más de 43.000 empleos directos, y contribuye a la economía local mediante la contratación de proveedores de proximidad, el fomento de la economía social y la creación de empleo en sectores emergentes vinculados al reciclaje, la reutilización y la innovación ambiental.

En resumen, el impacto de FCC se traduce en una combinación de eficiencia operativa, sostenibilidad ambiental, valor económico y contribución social, que la sitúa como un agente estratégico en la transformación hacia ciudades más resilientes, circulares y bajas en carbono. Estas cifras no solo reflejan magnitudes cuantitativas, sino que evidencian un modelo de gestión comprometido con el medio ambiente y con el cumplimiento de los grandes objetivos globales en materia de sostenibilidad.

2.1.5. PROYECTOS RELEVANTES

La apuesta por la sostenibilidad, la economía circular y la innovación tecnológica que caracteriza a FCC Medio Ambiente se materializa en una amplia cartera de proyectos de referencia, desarrollados tanto en el ámbito nacional como internacional. Estos proyectos son expresión directa del compromiso de la empresa con la mejora de los procesos de gestión de residuos, la transformación de modelos urbanos, la valorización de recursos y el impulso de nuevas soluciones alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Uno de los proyectos más representativos en el ámbito de la valorización de residuos voluminosos es el desarrollo de nuevas líneas de tratamiento para colchones, muebles y textiles, materiales tradicionalmente considerados no reciclables o de difícil recuperación. FCC ha implementado estrategias de clasificación, desmontaje y aprovechamiento de componentes en distintas instalaciones, como en la planta de Loeches (Madrid), donde parte de estos residuos se convierten en materias primas secundarias o en combustibles derivados (CDR) utilizados en procesos industriales. Esta línea de trabajo es de especial relevancia para iniciativas como RESTBUILT, que plantean aplicaciones alternativas de los residuos de colchón en el sector de la construcción.

En el ámbito internacional, destaca el Centro Integral de Valorización de Residuos de Houston (Texas, EE.UU.), un proyecto pionero en la región, donde FCC gestiona más de 900.000 toneladas anuales de residuos mediante un sistema integral que incluye recogida, clasificación, compostaje y valorización energética. Este centro, desarrollado bajo estándares de alta eficiencia y sostenibilidad, sirve como modelo de planta integral para grandes áreas urbanas, integrando tecnología punta, control ambiental y digitalización en todos sus procesos.

Otro proyecto relevante es el desarrollado en Barcelona, donde FCC participa activamente en el despliegue del modelo “residuo cero” impulsado por el Ayuntamiento. En este contexto, la empresa ha implementado sistemas de recogida puerta a puerta, compostaje descentralizado, control de acceso a contenedores mediante tarjetas inteligentes y sensores de llenado que permiten optimizar rutas de recogida y fomentar la responsabilidad ciudadana. Este modelo refuerza el papel de FCC como socio estratégico en la transición hacia ciudades más sostenibles e inteligentes.

En el campo de la innovación industrial, uno de los proyectos más ambiciosos es la participación en consorcios europeos de I+D+i que investigan la recuperación de materiales críticos y el desarrollo de nuevas aplicaciones para residuos. Ejemplo de ello es la participación en el proyecto LIFE-REPOLYUSE, centrado en el reciclaje de residuos plásticos procedentes de automoción y su integración en materiales de construcción, o en el proyecto PLAST2bCLEANED, cuyo objetivo es recuperar polímeros y aditivos retardantes de llama de plásticos electrónicos mediante procesos innovadores. Estos trabajos tienen un fuerte paralelismo con las estrategias planteadas en RESTBUILT, en cuanto a reutilización avanzada y creación de nuevos productos con base en residuos complejos.

En el terreno de la economía circular aplicada, FCC ha promovido también experiencias piloto de mercados circulares, como el caso del proyecto RECICLA en la Comunidad Valenciana, que plantea la creación de una red de puntos de recogida, centros de reparación, espacios de reutilización y plataformas digitales para fomentar el uso prolongado de productos y materiales. Estas iniciativas, aunque alejadas de la gestión tradicional de residuos, muestran la versatilidad y capacidad de FCC para abrir nuevas líneas de servicio vinculadas al cambio de paradigma en la gestión de recursos.

Finalmente, merece mención el trabajo de FCC en entornos rurales y espacios naturales protegidos, como el Parque Nacional de Doñana o el Parque Natural de Cazorla, Segura y Las Villas, donde la empresa combina servicios de recogida y limpieza adaptados al entorno con programas de educación ambiental, sensibilización ciudadana y uso de vehículos eléctricos para minimizar la huella ecológica. Estos proyectos demuestran cómo la empresa es capaz de integrar sostenibilidad, tecnología y contexto territorial en entornos especialmente frágiles.

En conjunto, los proyectos desarrollados por FCC Medio Ambiente son expresión de una estrategia sólida, coherente y orientada al futuro. Cada una de estas iniciativas refleja una visión de servicio público transformador, que incorpora criterios de eficiencia, participación social y regeneración ambiental. Esta capacidad de ejecutar proyectos de gran escala, con visión estratégica y alto nivel de especialización técnica, refuerza el papel de FCC como uno de los agentes más influyentes del ecosistema circular en España y como un aliado natural para iniciativas como RESTBUILT, que buscan innovar desde la arquitectura, la construcción y la valorización de residuos.



DESARROLLO DE NUEVAS LÍNEAS DE TRATAMIENTO PARA RESIDUOS VOLUMINOSOS.

RESTBUILT



2.2 OBTENCIÓN DEL RESIDUO C.T.R. ALICANTE



08/2025

2.2.1.INTRODUCCIÓN

Como parte de la fase experimental del proyecto RESTBUILT, uno de los objetivos fundamentales ha sido contar con material real procedente de colchones fuera de uso, para avanzar en la validación técnica de sus posibles aplicaciones en la construcción. En este contexto, se organizó un viaje técnico al Centro de Tratamiento de Residuos de Alicante, con el propósito de conocer de primera mano el funcionamiento de una instalación especializada en la gestión de residuos voluminosos y, especialmente, de colchones. Esta visita tuvo una doble finalidad: por un lado, recoger información directa sobre el proceso de reciclaje y la tecnología empleada, y por otro, obtener material triturado real, de distintas tipologías de colchón, que pudiera ser utilizado en los ensayos experimentales desarrollados tanto en la Universidad de Burgos como en la Universidad de Valladolid. El desplazamiento permitió así estrechar la conexión entre la investigación académica y la realidad industrial, fortaleciendo el enfoque aplicado y colaborativo del proyecto.

2.2.2. VISITA TÉCNICA AL CENTRO DE RESIDUOS DE ALICANTE

La visita técnica al Centro de Tratamiento de Residuos de Alicante tuvo como finalidad principal conocer de primera mano el funcionamiento de una instalación especializada en la gestión de residuos voluminosos, entre los que destacan los colchones por su complejidad estructural y volumen. El recorrido permitió establecer un contacto directo con el personal técnico responsable de la planta, quienes ofrecieron una explicación detallada sobre el proceso general de tratamiento, así como sobre los desafíos específicos que plantea el residuo colchón.

Durante la primera parte de la jornada, se realizó una **visita guiada por las instalaciones**, que permitió al equipo RESTBUILT familiarizarse con la operativa diaria del centro: desde la recepción de residuos hasta las fases de clasificación, almacenamiento, tratamiento mecánico y salida para valorización o disposición final. Se pudo observar la maquinaria disponible, los sistemas de separación, las condiciones de seguridad industrial y el funcionamiento del área logística.

Especial atención se prestó al circuito destinado a **la gestión de colchones fuera de uso**, que, debido a su composición heterogénea —mezcla de espumas, textiles, muelles metálicos y adhesivos— representa uno de los residuos más problemáticos para los sistemas de reciclaje actuales. Los responsables del centro explicaron las limitaciones que implica su tratamiento, la falta de soluciones tecnológicas escalables y la escasa separación de componentes que se logra en muchos casos, lo que deriva en una baja tasa de valorización y, en muchos contextos, en el destino final en vertedero o incineración.

Esta toma de contacto permitió al equipo investigador contextualizar las dificultades reales que afrontan los centros de gestión de residuos en relación con este tipo de producto, y reforzó la necesidad de buscar **soluciones alternativas desde el diseño arquitectónico y constructivo**, uno de los pilares del proyecto RESTBUILT.

2.2.3. OBTENCIÓN DEL MATERIAL

Una vez completada la visita técnica y el análisis del funcionamiento general del centro, se procedió a la fase práctica de obtención de material, esencial para el desarrollo experimental del proyecto RESTBUILT. Esta fase tuvo como objetivo generar un residuo real y controlado, procedente de colchones fuera de uso, que pudiera ser utilizado tanto en los ensayos desarrollados por el Grupo de Investigación en Ingeniería de la Edificación (GIIE) de la Universidad de Burgos como por el equipo RESTBUILT en la Universidad de Valladolid.

La selección de los colchones se realizó in situ, con la colaboración del personal del centro, y atendiendo a la necesidad de disponer de muestras representativas de las principales tipologías del mercado. Por ello, se optó por trabajar con dos colchones de diferente composición:

- Uno de **espuma de poliuretano**, más compacto, homogéneo y habitual en colchones de gama media.
- Otro de **muelles con acolchado viscoelástico**, de estructura mixta, que integra elementos metálicos y capas de confort más blandas.

Esta decisión buscaba comparar el comportamiento físico y mecánico de los residuos generados, así como anticipar posibles dificultades en el procesado según la complejidad de los materiales constituyentes. De este modo, se cubre un espectro más amplio en términos de variabilidad del residuo, lo que enriquece la investigación y permite trasladar los resultados a diferentes escenarios de aplicación.

Una vez seleccionados los colchones, se procedió a su trituración en la maquinaria industrial del centro, diseñada específicamente para residuos voluminosos. El proceso generó un material fragmentado, de tamaño medio y textura irregular, que constituyó la base del residuo reciclado necesario para la experimentación. Este residuo, al no haber pasado por fases de separación mecánica de componentes, mantiene las características originales del colchón en forma triturada, con predominio de espumas flexibles, aunque con trazas textiles y, en el caso del colchón de muelles, restos metálicos ligeros.

El residuo obtenido fue clasificado y repartido en dos lotes con propósitos distintos:

- Un primer lote fue trasladado a la **Universidad de Burgos**, donde el GIE realizó una segunda trituración más fina utilizando su propia maquinaria de laboratorio, adaptando así el residuo a los requerimientos específicos de los ensayos de morteros de yeso y cemento, en los que se precisan granulometrías más controladas.
- El segundo lote quedó en la **Universidad de Valladolid**, donde el equipo RESTBUILT lo emplea en investigaciones internas vinculadas al diseño de soluciones constructivas ligeras, desarrollo de prototipos, paneles prefabricados, elementos de aislamiento y otros ensayos exploratorios.

Este proceso de recogida, selección y acondicionamiento del residuo ha sido un paso clave para garantizar la coherencia experimental del proyecto, al permitir trabajar con materiales reales bajo condiciones controladas. Además, ha sentado las bases para futuras operaciones similares que puedan ampliar la tipología de colchones reciclados o servir como base para demostradores a mayor escala.



SELECCIÓN, TRITURADO Y CLASIFICACIÓN DEL RESIDUO EN EL CTR DE ALICANTE

RESTBUILT



2.3 CONCLUSIÓN



2.3.1. CONCLUSIÓN

La visita al Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Alicante supuso un punto de inflexión en el desarrollo del proyecto de investigación RESTBUILT, al permitir no solo conocer de forma directa y detallada las instalaciones y protocolos de una planta de referencia en la gestión avanzada de residuos, sino también establecer contacto técnico con los procesos reales de valorización y desmontaje de residuos voluminosos, especialmente colchones, en el marco de un sistema urbano e industrial consolidado. Esta visita, realizada como parte del trabajo de campo del equipo de investigación, no solo tuvo un valor técnico y logístico, sino también estratégico, en tanto que facilitó la recogida de muestras y el análisis cualitativo de los materiales susceptibles de ser recuperados para su posterior aplicación en elementos constructivos experimentales.

Durante la visita, el equipo investigador pudo observar las diferentes fases del tratamiento de residuos voluminosos, con especial atención al protocolo específico aplicado a los colchones fuera de uso, uno de los flujos más complejos en términos de logística, desmontaje y clasificación de materiales. Se prestó especial atención a las tecnologías de corte y triturado, al almacenamiento intermedio de fracciones separadas (espumas, muelles, textiles), y a los criterios de separación y limpieza previos a su valorización. Este conocimiento fue clave para establecer comparativas técnicas con el sistema actualmente operativo en Valladolid, y permitió valorar tanto las posibilidades como las limitaciones existentes para aplicar procesos de economía circular en este tipo de residuos.

La visita también permitió recoger una serie de muestras físicas de materiales previamente desmontados, entre ellos fragmentos de espuma de poliuretano, capas textiles de protección y piezas metálicas de muelles, todos ellos en estado post-consumo. Estas muestras, transportadas a los laboratorios de la Universidad de Valladolid, han sido objeto de ensayos preliminares de caracterización y resistencia, y han servido como base para la elaboración de primeros prototipos constructivos, en línea con los objetivos del proyecto RESTBUILT. La recogida de materiales no solo aportó materia prima al proceso experimental, sino que permitió contrastar las hipótesis iniciales con la realidad técnica de los residuos: variabilidad, contaminación, deterioro o mezcla de capas que dificultan su tratamiento estandarizado, pero que también abren posibilidades de innovación proyectual y técnica.

Un elemento clave que emergió de esta visita fue el diálogo con los responsables de FCC – Líneas de Medio Ambiente, entidad que gestiona el CTR de Alicante. El contacto con sus equipos técnicos permitió acceder a información de primera mano sobre los criterios industriales y normativos que condicionan el tratamiento de residuos en plantas de gran escala. Esta relación ha sido fundamental para comprender el posicionamiento del sector frente a los procesos de valorización material, y ha abierto la puerta a posibles futuras colaboraciones entre el ámbito universitario y el sector empresarial. La disposición mostrada por FCC para compartir datos, procedimientos y experiencias refuerza la hipótesis de que la investigación universitaria puede y debe articularse con los sistemas reales de gestión de residuos, generando beneficios mutuos: innovación técnica para la industria, y viabilidad material para la investigación.

En este contexto, la situación particular del CTR de Valladolid adquiere una relevancia especial. Actualmente en proceso de reforma y modernización, el CTR vallisoletano representa un espacio de oportunidad estratégica para alinear los objetivos del proyecto RESTBUILT con los cambios estructurales que se van a implementar en la gestión de residuos urbanos de la ciudad. La futura reestructuración del centro incluye, entre otras mejoras, nuevas líneas de separación de residuos, mejoras en los procesos de clasificación y un

enfoque más activo hacia la valorización y el reciclaje, lo que podría favorecer la incorporación de protocolos específicos para el tratamiento de colchones, algo que actualmente no se realiza de forma sistemática.

Desde la perspectiva del proyecto RESTBUILT, la modernización del CTR de Valladolid representa no solo un contexto idóneo para aplicar los resultados de la investigación, sino también una posible fase piloto de implementación local de soluciones técnicas desarrolladas en laboratorio. De igual modo, el conocimiento adquirido en la visita al CTR de Alicante, y la comparativa entre modelos de gestión, permitirá formar propuestas fundamentadas y realistas que puedan trasladarse al ecosistema vallisoletano, siempre dentro del marco de la economía circular, la eficiencia energética y la sostenibilidad material.

En conjunto, la visita al CTR de Alicante, la recogida de muestras y el contacto con FCC han reforzado el carácter interdisciplinar, aplicado y contextual del proyecto, anclando la investigación académica en la realidad física de la gestión de residuos urbanos. Al mismo tiempo, abren una línea de trabajo de gran proyección a futuro, especialmente vinculada a la transformación del CTR de Valladolid, que puede convertirse en un campo de ensayo real para los planteamientos circulares desarrollados en el entorno universitario. Esta convergencia entre análisis, práctica, empresa y territorio es uno de los pilares que sustentan el enfoque de RESTBUILT, y que aspira a consolidarse como modelo replicable en otras ciudades del entorno ibérico y europeo.

RESTBUILT



ACTIVIDAD 3/ DESARROLLO DE PROTOTIPOS

RESTBUILT



3.1. INTRODUCCIÓN



3.1. INTRODUCCIÓN

Tras una fase extensa de documentación, análisis del sector, revisión del estado del arte y consultas con empresas especializadas en reciclaje de colchones, el equipo del proyecto RESTBUILT adoptó una decisión estratégica clave para orientar el desarrollo experimental: trabajar con el colchón en su estado original, SIN separación ni clasificación de componentes. Esta elección, lejos de responder a un criterio simplificador, surge de una reflexión crítica en torno a la viabilidad técnica, económica y ambiental de los procesos de valorización.

Uno de los principales problemas detectados durante la investigación ha sido la complejidad inherente al reciclaje del colchón, derivada de su composición híbrida (espumas, muelles, textiles, adhesivos, etc.), que implica una fase de desmontaje laboriosa, costosa y poco mecanizable. A ello se suma el escaso valor de mercado de los materiales recuperados por separado, lo que con frecuencia desincentiva la implementación de sistemas de tratamiento diferenciados.

En este contexto, RESTBUILT ha querido explorar una vía alternativa: utilizar el colchón tal como llega al final de su vida útil, aplicando únicamente **procesos sencillos de corte o trituración inicial**, y evitando así tanto la separación manual de sus componentes como los tratamientos industriales intensivos. El objetivo de esta línea es claro: reducir los costes de transformación, mejorar la escalabilidad del sistema y hacer que el producto final resultante sea más competitivo, replicable y adaptable a contextos reales.

Este enfoque general se ha materializado, como se ha comentado, en dos líneas paralelas de investigación, desarrolladas respectivamente por la Universidad de Valladolid y la Universidad de Burgos, que han partido del mismo residuo base —colchones reales triturados tras su recogida en planta— pero aplicando criterios y escalas de transformación diferentes.

Por un lado, el equipo de la Universidad de Valladolid ha optado por trabajar con fragmentos grandes del colchón, triturados a mano o en piezas de mayor tamaño, con el objetivo de conservar ciertas propiedades estructurales del material original y facilitar su manipulación directa. Esta línea se ha centrado en el desarrollo de **paneles térmicos/acústicos reciclados**, evaluando su capacidad de absorción sonora y su viabilidad como sistema ligero de acondicionamiento o separación interior. El trabajo se ha realizado íntegramente en el Espacio RESTBUILT (ETSAVA) y en los laboratorios de la Escuela, y ha tenido como premisa fundamental la economía de medios, la reversibilidad del sistema y la sencillez técnica.

En paralelo, el equipo de la Universidad de Burgos, desde el Grupo de Investigación en Ingeniería de la Edificación (GIIE), ha desarrollado una investigación más orientada al análisis de laboratorio. Para ello, ha procesado el mismo colchón de forma más intensiva, logrando un material finamente triturado y tamizado, con el que se han formulado distintos tipos de **morteros aligerados**, incorporando el residuo como sustitución parcial del árido convencional. Esta línea ha implicado una caracterización físico-química detallada del material, así como el estudio de sus propiedades mecánicas, térmicas y de comportamiento en estado fresco y endurecido.

RESTBUILT



3.2. LINEAS DE INVESTIGACIÓN ETSAVA



3.2.1. OBJETIVOS DEL ENSAYO

Con el objetivo de evaluar la viabilidad de transformar los residuos de colchones triturados en nuevos materiales de aplicación arquitectónica, se llevaron a cabo una serie de pruebas experimentales destinadas a analizar cómo responde el residuo ante distintos tipos de aglomerantes. Todas las pruebas se realizaron siguiendo un mismo esquema metodológico, utilizando un volumen constante de residuo equivalente a un **molde de 30 × 30 × 6 cm**, con un triturado de elementos de entre 3 y 6cm de diámetro aproximadamente, lo que permitió establecer comparaciones directas entre los resultados obtenidos en cada formulación. La intención de esta fase experimental fue identificar las combinaciones de materiales, proporciones y procesos de compactación que permitieran alcanzar un panel ligero, cohesionado y estable, sin renunciar a la porosidad inherente a la espuma de poliuretano procedente de colchones.

Dado que la investigación persigue desarrollar paneles térmico-acústicos competitivos a partir de residuos no separados, se decidió explorar tres líneas de trabajo representativas: el uso de cemento como aglomerante mineral y la aplicación de cola como aditivo polimérico para mejorar su adherencia, la utilización de resina de poliéster catalizada, habitual en sistemas de aglomerados poliméricos y la utilización de tierra arcillosa como conglomerado.

El conjunto de estas pruebas permite analizar no solo el comportamiento físico y mecánico de cada una de las soluciones, sino también aspectos fundamentales del proceso de fabricación, como la manejabilidad de la mezcla, la distribución del aglutinante entre las partículas del residuo, el grado de compactación necesario y la estabilidad dimensional durante el curado. Los resultados obtenidos constituyen la base del conocimiento necesario para continuar optimizando la formulación del material y avanzar hacia propuestas más depuradas en fases posteriores del proyecto.

3.2.2. MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales empleados en esta fase experimental se estructuran a partir de tres formulaciones distintas de panel, todas ellas basadas en un mismo residuo principal: colchones triturados sin separación previa de componentes, procedentes del Centro de Tratamiento de Residuos (CTR) de Alicante. Este triturado reproduce fielmente la composición real del residuo disponible en una planta de gestión, ya que está constituido por una mezcla heterogénea de espumas de poliuretano flexibles, viscoelástica, capas textiles, fieltros, tejidos de recubrimiento y otros materiales menores presentes en los colchones comerciales. La decisión de trabajar con el residuo sin clasificar responde al planteamiento central de la investigación RESTBUILT: desarrollar soluciones de reciclaje que no requieran procesos adicionales de segregación, aumentando así la viabilidad económica y operativa del material resultante. Esta heterogeneidad del triturado condiciona de forma directa el comportamiento del panel y constituye un elemento clave en la comparación de las distintas estrategias de aglomeración.

A partir de este sustrato común se desarrollaron dos paneles basados en cemento como aglomerante mineral. El primero de ellos utilizó una proporción muy elevada de cemento y agua, sin aditivos, con el objetivo de evaluar cómo responde el residuo ante una matriz cementicia tradicional. En esta formulación, el mortero pretendía actuar como un ligante continuo capaz de englobar la mezcla heterogénea de espumas y textiles; sin embargo, la abundancia de pasta cementosa generó un material extremadamente rígido y pesado, muy alejado del carácter ligero y poroso requerido para un panel térmico-acústico. Esta primera

prueba permitió identificar de forma clara las limitaciones del cemento cuando se emplea en proporciones excesivas.

La segunda variante con cemento se diseñó precisamente para corregir estas limitaciones, empleando una cantidad muy reducida de cemento (aproximadamente 0,5 kg) y un volumen mínimo de agua, complementado con la adición de cola blanca (PVA). Este aditivo polimérico, habitual en morteros mejorados, se incorporó con el fin de favorecer la adherencia entre la matriz mineral y el conjunto heterogéneo del residuo. A diferencia del mortero saturante de la primera prueba, esta formulación ligera se comportó de forma mucho más adecuada para los objetivos del proyecto, permitiendo que la espuma conservara una parte significativa de su porosidad y dando lugar a un panel más estable, cohesionado y notablemente más ligero. El papel de la cola resultó especialmente relevante, ya que actuó como puente entre las superficies no porosas de la espuma y la matriz cementicia, mejorando la cohesión sin necesidad de aumentar la cantidad de cemento.

Finalmente, se elaboró un tercer panel empleando resina de poliéster insaturado como matriz polimérica, catalizada mediante MEKP, una formulación típica en la fabricación de materiales compuestos. En este caso, la resina se aplicó en una proporción controlada (600 ml de resina y 15 ml de catalizador) sobre el volumen equivalente de residuo, con el propósito de generar uniones puntuales entre las partículas de espuma sin producir un relleno completo del volumen, preservando así la estructura porosa del panel. La resina de poliéster, una vez polimerizada, forma una red rígida de anclaje que aporta estabilidad mecánica sin necesidad de grandes cantidades de ligante, lo que la convierte en un candidato interesante para la obtención de paneles ligeros y cohesionados.

En conjunto, estas tres formulaciones —cemento en dos variantes, con y sin cola, y resina de poliéster— permiten comparar de manera amplia y sistemática cómo responde el residuo de colchón triturado ante aglomerantes de naturaleza mineral, modificada y polimérica. La diversidad de comportamientos obtenidos en esta fase experimental constituye una base fundamental para orientar el desarrollo de futuras formulaciones y avanzar hacia un material reciclado que pueda satisfacer las exigencias de ligereza, aislamiento y estabilidad que requiere su posible aplicación arquitectónica.

3.2.3. 1ª PRUEBA/ RESIDUO+ CEMENTO

la primera prueba se centró en evaluar el comportamiento del residuo triturado de colchón cuando se somete a una matriz cementicia tradicional en proporciones elevadas. Para ello, se mantuvo constante el volumen de residuo correspondiente al molde de $30 \times 30 \times 6$ cm, equivalente a unos 5,4 litros, y se preparó una mezcla compuesta por 5 litros de cemento y 2,5 litros de agua, proporción que genera una pasta muy abundante en relación con el volumen de espuma disponible. Esta formulación extrema se planteó como un ensayo inicial destinado a explorar el límite superior del comportamiento del material ante una matriz mineral saturante, sin añadidos poliméricos ni reducciones de ligante, y a detectar los principales problemas que podrían derivarse de un exceso de cemento en la mezcla.

Durante el proceso de mezclado se observó que la cantidad de cemento superaba ampliamente las necesidades del residuo, hasta el punto de que la espuma de poliuretano y el resto de compuestos presentes en el triturado quedaban virtualmente enterrados en una masa continua de mortero. La elevada relación cemento/residuo provocó que el aglomerante ocupase el grueso del volumen del panel, penetrando en los huecos internos de la espuma y anulando prácticamente la porosidad inherente al material reciclado. Este comportamiento llevó a que la mezcla adoptara rápidamente características propias de una pieza maciza de

mortero, en lugar de un panel ligero compuesto. La manipulación del conjunto resultó dificultosa, dado que el peso de la pasta cementosa dominaba por completo el cuerpo del panel, disminuyendo la movilidad del residuo en la mezcla y reduciendo notablemente la capacidad de ésta para distribuirse de manera homogénea.

Tras el vertido en el molde y la compactación inicial, el panel comenzó a fraguar de forma similar a un mortero convencional, adquiriendo una densidad y una rigidez incompatibles con los objetivos de la investigación. Una vez endurecido, el panel se comportó como una pieza pétrea, extremadamente pesada, de textura continua y prácticamente carente de elasticidad. La matriz cementicia relleno todos los intersticios entre las partículas del triturado, produciendo un conjunto casi monolítico que eliminaba cualquier ventaja térmica o acústica esperada del residuo de colchón. Es decir, el material final no mostraba ninguna de las cualidades propias de un panel aislante —como ligereza, capacidad de atrapamiento de aire o amortiguación sonora—, sino que se asemejaba más a una baldosa de mortero de cemento que a un prototipo funcional de panel reciclado.

Este primer ensayo permitió constatar de manera inequívoca las limitaciones del cemento cuando se utiliza en proporciones muy elevadas. El exceso de ligante conduce a una saturación completa del residuo, anulando su comportamiento poroso y generando un material final incompatible con la finalidad del proyecto. No solo se incrementa de forma sustancial la densidad del panel, sino que se impide cualquier forma de flexibilidad, disminuye la capacidad amortiguadora del residuo y se pierde la ligereza que constituye el principal atractivo de trabajar con espuma de colchón reciclada. Esta prueba inicial, aunque no exitosa desde el punto de vista del producto final, resulta fundamental, ya que evidencia con claridad que las formulaciones basadas en cemento deben situarse siempre en rangos muy bajos de dosificación y que el uso de aglomerantes minerales tradicionales requiere adaptaciones significativas para ser compatible con residuos de alta porosidad como los colchones triturados.





PRIMER PROTOTIPO CON CEMENTO

3.2.4. 2ª PRUEBA/ AGUA+ CEMENTO+ COLA

La segunda prueba se diseñó con el propósito de corregir las limitaciones observadas en la formulación anterior y aproximarse a una mezcla capaz de consolidar el residuo sin saturarlo. Para ello, se mantuvo el mismo volumen de residuo correspondiente al molde de $30 \times 30 \times 6$ cm (aproximadamente 5,4 litros), pero se redujo drásticamente la cantidad de cemento, empleando únicamente 0,5 kg, junto con 300 ml de agua y una dosis añadida de cola blanca (adhesivo PVA) destinada a mejorar la adherencia entre la matriz mineral y la mezcla heterogénea de espumas y textiles presentes en el triturado. Esta formulación representó un cambio radical respecto a la prueba inicial, pasando de un planteamiento saturante a una aproximación ligera, más acorde con la naturaleza porosa del residuo y con los objetivos del proyecto.

Durante la preparación de la mezcla se observó cómo la reducción del volumen de mortero permitía que el residuo conservara su ligereza y estructura interna, evitando que el aglomerante rellenara por completo los huecos entre las partículas. El cemento actuó únicamente como un ligante puntual, formando pequeñas uniones sólidas en los puntos donde la pasta entraba en contacto con la espuma o los textiles. La adición de cola blanca cumplió un papel fundamental: al tratarse de un polímero con buena capacidad de adherencia sobre superficies poco porosas, facilitó que el triturado heterogéneo se cohesionara sin necesidad de incrementar el contenido de cemento. La cola actuó como puente entre materiales de naturaleza muy diferente, mejorando significativamente la integridad del panel durante la manipulación y el curado.

El comportamiento de la mezcla durante el llenado del molde fue notablemente más manejable que en la prueba anterior. La consistencia ligera del conjunto permitió una distribución más homogénea del residuo, favorecida por la menor presencia de pasta cementosa. El proceso de compactación —aplicado igualmente

en torno a un 30–40 % del volumen inicial— no condujo a una expulsión de material ni a deformaciones significativas, sino que facilitó la interconexión de las partículas reforzada por los puntos de unión generados por la cola y el cemento. La mezcla mantuvo su porosidad y volumen aireado, y el panel pudo asentarse sin que la matriz tratara de rellenar completamente los vacíos internos.

El curado del panel avanzó de manera progresiva y sin fenómenos de retracción destacables. A diferencia del panel generado en la primera prueba, este prototipo se caracterizó por una ligereza muy superior, una porosidad interna conservada y una cohesión estructural suficiente para su manipulación y extracción del molde. El panel resultante presentaba una textura mucho más acorde con la esperada para un elemento aislante, pues mantenía la absorción de aire propia del residuo de colchón y evitaba las densidades excesivas derivadas de una matriz cementicia dominante. Si bien la presencia de cemento proporcionaba un grado básico de rigidez y estabilidad, el componente polimérico de la cola fue determinante para lograr un equilibrio adecuado entre cohesión y ligereza.

Desde el punto de vista experimental, esta segunda prueba puede considerarse la más exitosa dentro de las formulaciones basadas en cemento. Demostró que es posible trabajar con niveles muy bajos de aglomerante mineral siempre que se incorpore un aditivo polimérico que mejore la adherencia a la espuma. Además, permitió confirmar que la combinación de matrices híbridas cemento–PVA puede generar paneles más versátiles que los basados exclusivamente en mortero. La textura obtenida, la preservación de la porosidad y la mejora en la manejabilidad del panel indican que esta formulación constituye una vía prometedora para futuras iteraciones, ajustando las dosificaciones para optimizar aún más la cohesión sin comprometer la ligereza del material.



SEGUNDO PROTOTIPO CON CEMENTO + COLA

3.2.5. 3ª PRUEBA/ RESINA

La tercera prueba se planteó con el objetivo de analizar el comportamiento del residuo de colchón triturado cuando el aglomerante no es de naturaleza mineral, sino polimérica, utilizando para ello resina de poliéster insaturado catalizada con MEKP. Al igual que en las pruebas anteriores, se mantuvo constante el volumen de residuo correspondiente al molde de 30 × 30 × 6 cm (aproximadamente 5,4 litros), y se definió una formulación compuesta por 600 ml de resina de poliéster y 15 ml de endurecedor, lo que supone una

proporción de catalizador acorde con las recomendaciones habituales para este tipo de productos. Esta prueba representaba un cambio de enfoque respecto a las mezclas con cemento, ya que la resina de poliéster se caracteriza por generar una matriz rígida pero ligera, capaz de formar un entramado continuo de anclaje entre partículas sin añadir tanto peso como una matriz cementicia.

Durante la preparación de la mezcla, la resina se midió volumétricamente y se transfirió a un recipiente adecuado, donde se incorporó el endurecedor en la cantidad prevista. La mezcla resina–catalizador se homogeneizó cuidadosamente hasta lograr una distribución uniforme del MEKP, proceso crítico para asegurar un curado regular en todo el volumen del panel. A diferencia del cemento, cuyo fraguado depende en gran medida de la relación agua/ligante y de las condiciones ambientales, la resina de poliéster presenta un tiempo de trabajo limitado y relativamente estable, tras el cual se inicia un proceso de gelificación rápido acompañado de una reacción exotérmica. Esto obligó a realizar la posterior fase de mezclado con el residuo de forma ágil y ordenada, con el puesto de trabajo preparado de antemano.

Una vez catalizada la resina, se procedió a verterla de forma gradual sobre el residuo triturado, distribuido previamente en un recipiente amplio. El triturado, compuesto por espumas, viscoelástica y restos textiles, mostró una buena capacidad de impregnación parcial, de modo que la resina fue envolviendo las partículas y generando puntos de contacto entre ellas sin llegar a constituir una masa continua. La proporción de 600 ml de resina respecto al volumen total de residuo permitió que el aglomerante se repartiera de manera suficiente para cohesionar el panel, pero sin saturar los vacíos internos, lo que resultaba esencial para conservar la porosidad y la ligereza del conjunto. Durante el mezclado se buscó alcanzar un estado en el que las partículas quedaran visiblemente humedecidas y unidas entre sí, pero sin que apareciesen acumulaciones líquidas en el fondo del recipiente.

El vertido de la mezcla en el molde se realizó en varias capas, distribuyendo el material de forma lo más homogénea posible. Posteriormente se aplicó una compactación moderada, similar a la de las pruebas anteriores, en torno a un 30–40 % del volumen inicial, con el fin de mejorar la continuidad interna del panel y garantizar el contacto entre las partículas impregnadas. A diferencia del comportamiento observado en el caso del cemento, la mezcla con resina mantuvo una notable ligereza y cierto grado de elasticidad durante la compactación, lo que facilitó la formación de un entramado tridimensional en el que la resina comenzaba a actuar como esqueleto rígido y el residuo como relleno poroso.

El proceso de gelificación se produjo en un tiempo relativamente corto, percibiéndose tanto el aumento de viscosidad de la mezcla como una elevación moderada de la temperatura derivada de la reacción exotérmica característica de las resinas de poliéster. Una vez superada la fase de gel, el panel quedó estabilizado en su geometría, manteniendo la forma del molde sin deformaciones apreciables. El curado continuó durante las horas siguientes hasta alcanzar un estado de endurecimiento suficiente para permitir el desmoldeo y la manipulación. En este momento, el panel presentaba ya una cohesión interna elevada, con buena integridad al ser levantado y manejado, y una densidad sensiblemente inferior a la de las piezas elaboradas con un alto contenido de cemento.

El aspecto final del panel obtenido en esta tercera prueba fue el de un material ligero, rígido y poroso, en el que las partículas de residuo quedaban claramente identificables pero firmemente unidas entre sí por la resina ya polimerizada. La matriz polimérica actuaba como una red de puntos de anclaje que recorre el conjunto, otorgando estabilidad mecánica sin necesidad de rellenar por completo los espacios vacíos. Esto permite conservar la estructura de poros interconectados, fundamental para las prestaciones térmicas y acústicas que se persiguen en el proyecto. En comparación con las mezclas basadas en cemento, el panel de

resina ofreció una mejor relación entre cohesión y ligereza, así como un comportamiento más adecuado para aplicaciones potenciales como panel aislante.

No obstante, también se detectaron algunos aspectos a tener en cuenta en futuras iteraciones, como la necesidad de controlar con precisión el tiempo de trabajo disponible antes del gel, la influencia de la temperatura ambiente en la velocidad de curado y la conveniencia de ajustar ligeramente la cantidad de resina para modular aún más la densidad final del panel. En términos generales, la tercera prueba puede considerarse muy satisfactoria, al demostrar que la combinación de residuos de colchón triturados con una matriz de resina de poliéster en cantidades moderadas constituye una vía viable para la obtención de paneles reciclados con buenas prestaciones de ligereza, estabilidad y porosidad, alineadas con los objetivos de la investigación.



TERCER PROTOTIPO CON RESINA

3.2.6. 4ª PRUEBA/ TIERRA ARCILLOSA

La cuarta prueba, , plantea el uso de tierra arcillosa como aglomerante natural para consolidar el residuo de colchón triturado dentro del mismo volumen de molde establecido en las pruebas anteriores (30 × 30 × 6 cm, aproximadamente 5,4 litros). Esta formulación se fundamenta en la capacidad cohesiva de las arcillas, que, al hidratarse y posteriormente secarse, generan una matriz capaz de unir materiales fibrosos y porosos, como sucede tradicionalmente en técnicas de construcción con tierra (tapial, adobe, paja-barro o tierra alivianada). El objetivo de esta prueba es valorar si la mezcla de residuos de colchón con un ligante arcilloso puede dar lugar a un panel compacto, estable y de baja densidad, evitando el uso de aglomerantes artificiales y explorando una línea de trabajo vinculada a materiales naturales y de bajo impacto ambiental.

Para esta formulación se propone emplear una cantidad de 1,5 a 2,0 litros de tierra arcillosa tamizada —lo que representa entre un 30 % y un 40 % del volumen del residuo—, combinada con una proporción de agua suficiente para generar una barbotina fluida, con una consistencia similar a la de un yogur bebible. Esta mezcla debe permitir recubrir ligeramente las partículas del residuo sin llegar a convertir la tierra en un barro denso que sature la porosidad del conjunto. La tierra utilizada debe contener un porcentaje significativo de arcilla (por encima del 20–25 %), dado que son las fracciones finas las que aportan plasticidad, cohesión y retracción controlada durante el secado. Se recomienda tamizar previamente la tierra (malla 5–10 mm) para eliminar piedras, grumos o fibras vegetales que puedan interferir en la homogeneidad del panel.

El residuo triturado —compuesto por espumas, viscoelástica, fibras textiles y otros componentes propios de los colchones— se impregnará con esta barbotina arcillosa mediante mezclado manual o mecánico, buscando que todas las partículas queden “teñidas” por una fina película de arcilla. La clave de esta prueba no es generar una matriz totalmente envolvente, sino lograr uniones puntuales entre residuos gracias a la arcilla que, al secarse, actuará como un ligante natural. A diferencia del cemento o la resina, que endurecen por reacciones químicas, la tierra depende exclusivamente del secado, por lo que es fundamental evitar un exceso de agua que incremente las retracciones o genere fisuras durante el proceso de estabilización.

Dado que la adherencia natural entre la arcilla y los polímeros de la espuma no es muy elevada, se propone añadir un refuerzo mínimo de fibras celulósicas (como pulpa de papel, algodón reciclado o fibras vegetales), en una proporción aproximada del 5 % del volumen del panel, para incrementar la tracción interna y reducir el riesgo de fractura. Esta adición funciona de forma análoga a la paja en los adobes tradicionales, mejorando la tenacidad del panel y evitando que la matriz arcillosa se fragmente durante el curado.

El llenado del molde se realizará en capas, aplicando una compactación ligera equivalente a una reducción del 20–30 % del volumen inicial. Este grado de compactación es suficiente para garantizar el contacto continuo entre partículas impregnadas sin expulsar la tierra hacia zonas concretas ni deformar el entramado del residuo. Una vez en el molde, el panel deberá secar de forma lenta y controlada, idealmente protegido del sol directo, del viento y de cambios bruscos de temperatura, durante un periodo mínimo de 48 a 72 horas, pudiendo prolongarse según la humedad ambiental. Este secado progresivo es esencial para evitar la aparición de fisuras por retracción, uno de los principales riesgos asociados al uso de tierra arcillosa como aglomerante.

Si la formulación se comporta de forma adecuada, el panel resultante presentará una estructura relativamente ligera, con un entramado poroso y estable, en el que la arcilla actuará como una matriz rígida superficial que une los fragmentos del residuo sin saturarlo, dando como resultado un material más natural y potencialmente competitivo en términos de sostenibilidad. Esta prueba permitirá determinar si la arcilla,

combinada con residuos de colchón y un refuerzo mínimo de fibras, puede constituir una alternativa válida a los aglomerantes minerales o poliméricos, especialmente en ámbitos de construcción sostenible o en sistemas constructivos de baja energía incorporada.



CUARTO PROTOTIPO CON TIERRA ARCILLOSA

3.2.7. CONCLUSIONES

Los ensayos realizados en el laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, centrados en el desarrollo de paneles mediante el uso de triturado de colchón como agregado principal, han ofrecido resultados positivos y prometedores en todos los casos. Las pruebas se llevaron a cabo con distintos conglomerantes —cemento, resina y yeso— y han permitido verificar que, lejos de representar una limitación, la heterogeneidad del material triturado actúa como un factor favorable de cohesión, generando una buena amalgama entre las distintas fracciones presentes. El comportamiento del material ha sido especialmente destacable en términos de ligereza y capacidad aislante, lo que lo posiciona como un posible recurso técnico en aplicaciones de cerramiento o acondicionamiento térmico. Se ha observado que, mediante un adecuado control de las proporciones entre matriz y agregado, es posible obtener paneles

compactos, manipulables y de bajo peso, con estabilidad estructural suficiente para usos no portantes. Como siguiente paso, se plantea la evaluación específica del comportamiento térmico de estos paneles utilizando los medios de medición disponibles en la propia Escuela de Arquitectura, con el objetivo de avanzar en su caracterización y potencial aplicación en soluciones constructivas sostenibles.

RESTBUILT



3.3. LINEAS DE INVESTIGACIÓN UBU



UNIVERSIDAD DE BURGOS

3.3.1 RESUMEN

El desarrollo de la colaboración entre el proyecto RESTBUILT y el Grupo de Investigación en Ingeniería de la Edificación (GIE) de la Universidad de Burgos ha permitido avanzar de forma significativa en la valorización técnica de residuos de colchones, centrando los esfuerzos en la producción de morteros aligerados con base yeso y cemento. Esta sinergia se ha basado en una aproximación rigurosa, experimental y progresiva, con el objetivo de determinar el comportamiento del material reciclado dentro de mezclas constructivas viables.

La investigación se ha estructurado en dos grandes fases: la Fase 1, centrada en la caracterización del residuo, y la Fase 2, destinada a la fabricación y ensayo de mezclas experimentales. Para ello, se trabajó con dos tipos de residuo: un colchón tipo A (viscoelástico con muelles) y un colchón tipo B (poliuretano), los cuales fueron tratados mediante un proceso mecánico de corte y trituración hasta alcanzar una granulometría máxima de 2 mm. Este tratamiento previo supuso un consumo energético significativo, con una media de hasta 6,29 kWh/kg para el tipo A y 3,27 kWh/kg para el tipo B, lo que subraya el desafío industrial que supone la gestión del residuo.

La caracterización físico-química incluyó ensayos de densidad aparente y real, análisis elemental (CHNS), análisis termogravimétrico (TGA), granulometría por difracción de láser y microscopía electrónica de barrido (SEM). Estos análisis permitieron entender mejor la composición, estabilidad térmica, distribución de partículas y microestructura del residuo, datos fundamentales para su incorporación en mezclas de yeso o cemento.

A partir de esta caracterización, se procedió a la elaboración de mezclas experimentales de mortero, en las que se sustituyó entre un 5% y un 10% del volumen de yeso (en el caso de morteros de escayola) o del árido (en los de cemento) por residuos de colchón. Las mezclas fueron designadas en función del tipo de sustitución (por ejemplo, Y5A para una mezcla de yeso con 5% de residuo tipo A).

Los primeros resultados experimentales se centraron en los morteros de yeso, sobre los que se realizaron pruebas de relación agua/yeso (determinada mediante mesa de sacudidas), densidad en estado fresco y tiempo de fraguado. Las mezclas mostraron un buen comportamiento en cuanto a trabajabilidad, con diámetros de expansión en la mesa de sacudidas cercanos a los 180 mm, y tiempos de fraguado reducidos respecto al mortero de referencia, situándose entre 7'20" y 7'45" en los casos con incorporación de residuo, frente a los 9 minutos del mortero estándar. Esta aceleración del fraguado abre nuevas líneas de investigación sobre su control y posibles aplicaciones prefabricadas.

En cuanto a la densidad en estado fresco, los resultados muestran una reducción respecto al mortero tradicional, lo que confirma la función aligerante del residuo y apunta a potenciales ventajas en aplicaciones donde el peso sea un factor clave, como en elementos modulares, paneles o soluciones prefabricadas de bajo impacto.

El trabajo desarrollado ha generado un importante volumen de datos y conocimientos técnicos, pero también ha servido para ajustar procedimientos, afinar metodologías y establecer una línea de base experimental sólida. Se han documentado todas las dosificaciones, formulaciones y resultados, lo que permitirá su futura publicación y utilización como referencia para desarrollos posteriores.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS SE INCLUYEN EN EL ANEXO 1

RETBUILT



ACTIVIDAD 4/SEGUIMIENTO Y DIVULGACIÓN DE RESULTADOS

RESTBUILT

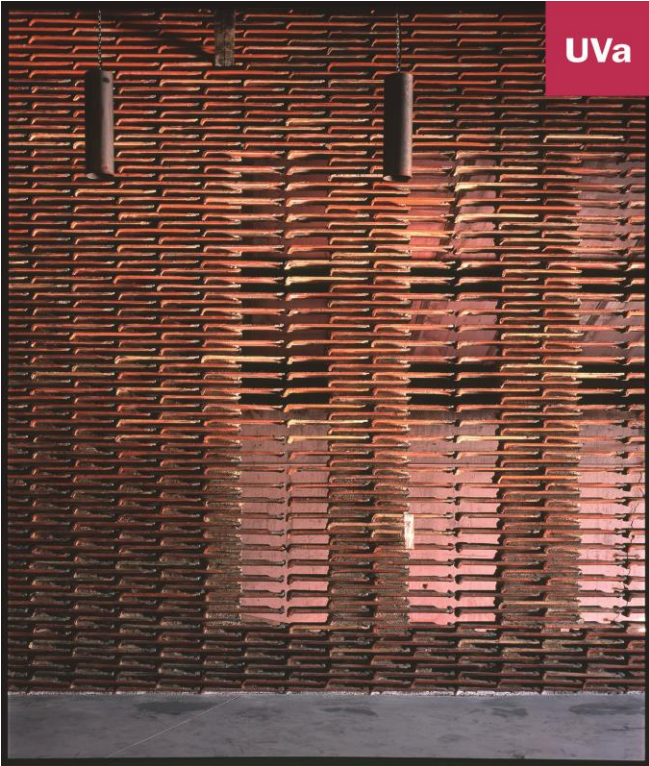


4.1 CONGRESO RESTBUILT



17-18/10/2025





UVa

RESTBUILT
CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE
ARQUITECTURA Y ECONOMÍA CIRCULAR
 Conferencia Invitada "INTRAHISTORIA". ARTURO FRANCO .

PROGRAMA

Viernes 17/10/25
 9:00 Recepción de participantes
 9:15 Apertura institucional del congreso:
A cargo de las Concejalías de Urbanismo y de Medio Ambiente del Ayto. de Valladolid y del Director de la ETSAVA
 9:45-11:30 Bloque 1 de comunicaciones
 11:30-11:45 Descanso
 11:45-13:15 Bloque 2 de comunicaciones
 13:15-14:30 Conferencia invitada "INTRAHISTORIA"
 16:30-17:00 Proyecto de investigación Restbuilt-Circular Ecosystem
 17:00-17:30 Conferencia: "Reprogramación y reutilización arquitectónica de Galerías VA".
 17:30-18:00 Propuestas seleccionadas Innovación y Sostenibilidad. Máster en Arquitectura ETSAVA
 18:00-19:30 Bloque 3 de comunicaciones
 19:30-20:00 Mesa redonda
 20:00 Clausura del congreso

Sábado 18/10/25
 10:30-11:00 Salida desde la ETSAVA hacia el Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid.
 11:00-12:30 Visita al Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid y charla informativa

viernes 17 | 10 | 2025
9:00 h
Salón de Actos ETSAVA

CARTEL DEL CONGRESO RESTBUILT

4.1.1. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO DEL CONGRESO

El I Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular celebrado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid (ETSAVA) el 17 de octubre de 2025 se planteó como un hito fundamental en el desarrollo del proyecto RESTBUILT y, al mismo tiempo, como un espacio de encuentro y reflexión en torno a los desafíos que plantea la transición hacia un modelo constructivo más sostenible. La organización del congreso corrió a cargo de la Fundación Universidad de Valladolid (FUVa) y el Ayuntamiento de Valladolid, a través de su Agencia de Innovación y Desarrollo Económico (IdeVa), en el marco del programa europeo INTERREG POCTEP Circular Ecosystems, dentro del cual se inserta el piloto RESTBUILT.

El congreso surgió con la voluntad de visibilizar y poner en común investigaciones, experiencias y proyectos que están explorando nuevas formas de diseñar, construir y gestionar el entorno construido desde los principios de la economía circular. En este sentido, se trataba de crear un foro interdisciplinar donde confluyeran la investigación universitaria, la práctica profesional, las políticas públicas y el tejido empresarial, promoviendo el intercambio de conocimientos y la construcción de redes de colaboración de cara a futuros desarrollos.

Uno de los principales objetivos del congreso fue ofrecer un espacio donde pudiera presentarse públicamente el proyecto RESTBUILT como ejemplo de investigación aplicada y transferencia de conocimiento en el cruce entre arquitectura, sostenibilidad y gestión de residuos. El proyecto, que investiga la transformación de colchones retirados del uso doméstico en nuevos materiales para la construcción, representaba una oportunidad idónea para abrir un debate amplio sobre el papel de los residuos voluminosos, los materiales no convencionales y las cadenas de valorización en la arquitectura del futuro.

El contexto del congreso responde también a una creciente sensibilidad institucional y ciudadana respecto al impacto ambiental del sector de la edificación. En este marco, Valladolid ha sido seleccionada como una de las 100 ciudades europeas que liderarán la transición hacia la neutralidad climática en 2030 dentro del programa "Misión Ciudades Inteligentes y Climáticamente Neutras" de la Comisión Europea. En este proceso de transformación urbana, la construcción circular y la reutilización de recursos son palancas estratégicas. Por ello, el congreso contribuyó también a reforzar el posicionamiento de la ciudad como nodo de innovación en economía circular aplicada.

La elección de la ETSAVA como sede del congreso no fue casual. Además de ser un centro de referencia académica y proyectual, la Escuela ha impulsado, a través de RESTBUILT, una línea de investigación emergente en torno al diseño con residuos, explorando desde el ámbito docente y experimental cómo los principios de circularidad pueden integrarse en el proceso arquitectónico. El congreso sirvió así como punto de encuentro para dar visibilidad a estos trabajos, confrontarlos con experiencias externas y consolidar un ecosistema de trabajo transversal en el que la arquitectura actúe como herramienta de transformación ecológica y social.

En suma, la celebración del I Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular se enmarca en un contexto local, nacional y europeo de creciente urgencia climática, necesidad de transición ecológica y búsqueda de nuevos modelos productivos. Desde esta mirada, el congreso no fue solo un evento académico, sino una plataforma estratégica de diálogo y activación, desde la que proyectar soluciones innovadoras con base territorial, pero con proyección internacional.

4.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL CONGRESO

El I Congreso se planteó desde el inicio con una vocación clara: ser una herramienta para la acción, una plataforma de transferencia de conocimiento y un espacio para consolidar una comunidad de práctica en torno a los retos comunes de la arquitectura y la sostenibilidad. Lejos de limitarse a una jornada de carácter divulgativo, el evento tuvo una estructura estratégica orientada a promover el cambio desde diferentes escalas, disciplinas y sectores.

a) Visibilizar proyectos y enfoques innovadores en arquitectura circular

Uno de los primeros objetivos fue dar visibilidad a prácticas reales que ya están aplicando principios de economía circular en la arquitectura y el urbanismo. Esto incluyó desde proyectos académicos y líneas de investigación emergentes hasta iniciativas impulsadas por la administración pública o la empresa privada. El congreso permitió mostrar cómo la circularidad no es una abstracción teórica, sino un enfoque tangible que afecta al diseño arquitectónico, la elección de materiales, la logística de obra, la vida útil de los edificios, y especialmente a lo que sucede cuando éstos se transforman, desmontan o sustituyen.

b) Generar espacios de intercambio y colaboración interdisciplinar

Otro de los pilares del congreso fue la creación de redes de colaboración interinstitucionales. Arquitectos, ingenieros, gestores de residuos, científicos de materiales, técnicos municipales, diseñadores y estudiantes compartieron un mismo espacio, permitiendo el cruce de conocimientos, la identificación de retos comunes y el surgimiento de sinergias que permitan ampliar el impacto de los proyectos en curso. Esta interacción resulta fundamental en un campo tan complejo como el de la economía circular aplicada a la construcción, donde las soluciones sostenibles solo pueden surgir desde la cooperación de saberes diversos.

c) Presentar públicamente el proyecto RESTBUILT

El congreso fue también la ocasión para dar a conocer de forma detallada el proyecto RESTBUILT, como caso piloto dentro del programa INTERREG POCTEP Circular Ecosystems. La presentación pública del proyecto tuvo un doble valor: por un lado, socializar los resultados preliminares de la investigación, mostrando su alcance, objetivos, metodología y evolución; y por otro, validar las líneas de trabajo a través del debate y la crítica constructiva, recibiendo feedback directo de otros investigadores, empresas y técnicos del sector. RESTBUILT se convirtió así en hilo conductor del congreso, conectando muchas de las temáticas tratadas y dando unidad a la jornada.

d) Abrir el debate sobre el futuro de los residuos en la arquitectura

Uno de los temas centrales abordados fue la necesidad de repensar la manera en que el sector de la construcción se relaciona con los residuos, tanto los que genera como los que puede reutilizar. El congreso promovió un enfoque crítico sobre la noción de "residuo como recurso", y cuestionó las prácticas tradicionales de la industria en relación con la obsolescencia, el derroche material y la falta de trazabilidad. A través de ponencias y mesas de debate, se plantearon interrogantes fundamentales sobre el rol de la arquitectura en un mundo de recursos finitos, y sobre cómo diseñar de forma más consciente, reversible, desmontable y regenerativa.

e) Enriquecer el enfoque educativo de la arquitectura

Aunque el congreso no fue exclusivamente académico, sí incluyó como objetivo incorporar la economía circular al discurso y la formación arquitectónica, entendiendo que el cambio de paradigma debe empezar por la universidad. La exposición de trabajos realizados en el marco de RESTBUILT, la presentación de experiencias docentes vinculadas al reciclaje y la construcción con residuos, y la participación de estudiantes como asistentes activos al congreso, contribuyeron a reforzar este enfoque pedagógico, donde aprender arquitectura también significa aprender a construir de forma más responsable.

f) Conectar el conocimiento técnico con las políticas públicas locales y europeas

Otro de los propósitos fue trasladar las conclusiones del ámbito académico y técnico al marco de las políticas públicas, para que la administración pueda incorporar este conocimiento en sus estrategias urbanas, sus normativas y sus procesos de toma de decisiones. En este sentido, el Ayuntamiento de Valladolid tuvo un papel clave como promotor institucional del evento, destacando su compromiso con la neutralidad climática, la reducción de residuos y el impulso de una ciudad más circular. El congreso permitió tender puentes entre la investigación aplicada y la planificación urbana, desde una visión estratégica y transformadora.

g) Fortalecer el posicionamiento de Valladolid como nodo de referencia en circularidad urbana

Por último, el congreso sirvió para posicionar a Valladolid como un referente a nivel nacional e internacional en la implementación de estrategias de economía circular en el entorno construido. En línea con su participación en la Misión de la Comisión Europea para alcanzar la neutralidad climática en 2030, y con proyectos como Circular Urban Lab o Circular Ecosystems, el congreso refuerza la imagen de la ciudad como laboratorio de innovación urbana y arquitectura regenerativa.

4.1.3. ESTRUCTURA DEL EVENTO

El Congreso, se estructuró como un evento académico de carácter multidisciplinar, concebido para fomentar el intercambio de conocimientos, experiencias y propuestas entre investigadores, profesionales, técnicos, estudiantes y representantes institucionales vinculados a los ámbitos de la construcción, la arquitectura y la gestión de residuos.

La estructura del evento se organizó en torno a una única jornada intensiva, el viernes 17 de octubre, complementada con una actividad técnica adicional el sábado 18 de octubre. El programa del congreso combinó distintos formatos de intervención, incluyendo bloques de comunicaciones científicas, conferencias magistrales, presentaciones institucionales, mesas de reflexión, una exposición de proyectos académicos y una visita técnica a un centro de tratamiento de residuos. Esta diversidad de formatos permitió abordar los temas desde enfoques complementarios, integrando tanto la investigación aplicada como la transferencia de conocimiento y la divulgación pedagógica.

La jornada inaugural del congreso comenzó con la recepción de participantes y la presentación oficial a cargo del equipo organizador, donde se expusieron los objetivos del encuentro, su conexión con el proyecto RESTBUILT y su inserción dentro de las estrategias europeas de economía circular. Acto seguido se dio paso al primer bloque temático de comunicaciones, moderado por el profesor José Antonio Balmori Roiz, en el que se presentaron investigaciones centradas en el reciclaje de residuos industriales y agrícolas para la producción de nuevos materiales constructivos, así como propuestas centradas en el diseño para el desmontaje y el uso de materiales reciclados en sistemas de prefabricación. Este bloque agrupó un conjunto de estudios donde se ponía de relieve la dimensión técnica de la economía circular aplicada a la arquitectura,

destacando la incorporación de residuos como recurso y el rediseño de productos constructivos a partir de lógicas circulares.

Tras una pausa para el café, se desarrolló el segundo bloque de comunicaciones, coordinado por el profesor Alfredo Llorente Álvarez. Este bloque amplió el foco de atención hacia las implicaciones sociales, urbanas y culturales de la circularidad en arquitectura. Se abordaron investigaciones sobre el uso de textiles reciclados en estrategias de rehabilitación energética de viviendas sociales, aproximaciones sensibles a la arquitectura desde la escucha o el paisaje sonoro, análisis de ciclo de vida y costes energéticos en cubiertas con materiales reciclados, así como proyectos urbanos centrados en la movilidad sostenible y la regeneración de entornos habitados desde enfoques colaborativos. Este bloque mostró cómo los principios de la economía circular trascienden lo puramente material para integrarse en las escalas urbana y territorial, generando nuevas lógicas de intervención.

Al término de este segundo bloque, el arquitecto Arturo Franco ofreció una conferencia magistral titulada *Intrahistoria*, en la que reflexionó sobre el tiempo, la memoria y la reutilización en arquitectura, enlazando con muchas de las preocupaciones del congreso en torno a la persistencia activa del entorno construido y la resignificación del patrimonio a través de intervenciones contemporáneas.

La tarde comenzó con la presentación institucional del proyecto de investigación RESTBUILT, a cargo del equipo coordinador, donde se explicaron los objetivos, fases, métodos y primeras conclusiones del piloto de valorización de colchones, como parte del programa Circular Ecosystems. A continuación, se presentó una experiencia de intervención arquitectónica local: la reprogramación y reutilización del espacio Galerías VA, ilustrando cómo los principios de reutilización también pueden aplicarse a la escala del edificio y del espacio público. Este bloque vespertino concluyó con la presentación de propuestas seleccionadas de estudiantes del Máster en Arquitectura de la ETSAVA, centradas en innovación, sostenibilidad y circularidad, subrayando el papel activo de la enseñanza en el desarrollo de nuevas perspectivas proyectuales.

El tercer y último bloque de comunicaciones, moderado por Jorge Ramos Jular, se centró en experiencias de revitalización territorial y estrategias de diseño circular aplicadas al ámbito rural y a la vivienda. Se presentaron investigaciones sobre la rehabilitación de pueblos y barrios desde un enfoque metabólico, propuestas de vivienda adaptativa, y experiencias de habitar espacios preexistentes reutilizados. También se incluyó una comunicación centrada en la dimensión sonora de los materiales y su potencial como elemento de proyecto, con un caso de estudio situado en la Escuela de Arquitectura de Talca, Chile. Este último bloque cerró el ciclo de temáticas del congreso, ofreciendo una visión amplia y plural de la arquitectura circular, desde la materia hasta el territorio, desde la técnica hasta la cultura.

La jornada concluyó con una mesa redonda de reflexión, donde se debatieron colectivamente los principales aprendizajes del encuentro y se esbozaron posibles líneas de trabajo futuro, tanto en investigación como en transferencia y colaboración interinstitucional. Finalmente, tuvo lugar la clausura oficial del congreso, con agradecimientos institucionales y una invitación a participar en la actividad complementaria del día siguiente.

El sábado 18 de octubre se desarrolló una visita técnica voluntaria al Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid, con el objetivo de que los asistentes pudieran conocer de primera mano los procesos de gestión de residuos urbanos y contextualizar los contenidos del congreso en un entorno real. La visita fue guiada por personal técnico del centro e incluyó una charla informativa que permitió identificar oportunidades de valorización y sinergias con proyectos de investigación como el propio RESTBUILT.

De forma paralela a las sesiones del congreso, se organizó una exposición de paneles elaborados por estudiantes del Máster en Arquitectura, centrados en la aplicación de estrategias circulares en el diseño arquitectónico. La exposición se mantuvo accesible durante toda la jornada y actuó como un espacio de visibilización del trabajo académico, así como de diálogo entre la universidad, la investigación y la ciudadanía.

En conjunto, la estructura del evento combinó eficazmente las dimensiones científica, académica, profesional, pedagógica y divulgativa de la arquitectura circular. Esta combinación de formatos y escalas de intervención permitió generar un espacio rico y articulado de reflexión, en el que convergieron múltiples voces y aproximaciones al desafío común de pensar y construir de manera más sostenible, flexible y regenerativa.

4.1.4. TEMÁTICAS

El Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular celebrado en Valladolid abordó una amplia y transversal variedad de temas relacionados con la transición ecológica en el ámbito de la construcción y la arquitectura. Las distintas sesiones del encuentro permitieron desplegar un enfoque multiescalar e interdisciplinar que combinó investigación académica, innovación técnica, propuestas de diseño y análisis críticos sobre la cultura material contemporánea. A través de comunicaciones, ponencias, mesas de reflexión y experiencias compartidas, se abordaron seis grandes ejes temáticos que vertebraron el congreso: la economía circular aplicada al diseño arquitectónico; el desarrollo de nuevos materiales constructivos a partir de residuos; la gestión de residuos voluminosos y la construcción sostenible; las estrategias de desmontaje, modularidad y diseño circular; y finalmente, el análisis de casos de estudio y experiencias internacionales.

1. Economía circular y diseño arquitectónico

Uno de los ejes centrales del congreso fue la aplicación de los principios de la economía circular al diseño arquitectónico. Este enfoque implica repensar radicalmente los modos de proyectar y construir, orientando los procesos hacia una mayor eficiencia en el uso de recursos, la prolongación del ciclo de vida de los materiales y la minimización de residuos. El diseño arquitectónico, tradicionalmente anclado en lógicas lineales de producción y demolición, se replantea en este contexto como un sistema abierto, dinámico y regenerativo. A lo largo del congreso se discutió cómo incorporar estos principios desde las fases iniciales del proyecto, considerando el origen, la reutilización y el destino final de cada elemento constructivo. La economía circular, entendida no solo como una estrategia técnica sino como una mirada transformadora, atraviesa cuestiones de ética proyectual, estética material, pedagogía y política urbana. El diseño se convierte así en una herramienta crítica capaz de interrogar el metabolismo de los territorios y proponer alternativas más sostenibles, inclusivas y resilientes.

2. Nuevos materiales a partir de residuos

Una parte sustancial de las investigaciones presentadas se centró en el desarrollo de nuevos materiales de construcción a partir de residuos industriales, agrícolas o domésticos. Se expusieron casos de experimentación con materiales compuestos que incorporan fibras naturales recicladas, residuos vegetales, barros, plásticos postconsumo o poliuretano triturado procedente de vehículos al final de su vida útil. Estos trabajos evidencian el potencial técnico, económico y ambiental de transformar el residuo en recurso, mediante procesos de valorización que no requieren necesariamente grandes inversiones en infraestructura. La investigación en nuevos materiales reciclados se acompaña de ensayos de caracterización, pruebas de

resistencia, análisis de durabilidad, comportamiento térmico o acústico, así como estudios de ciclo de vida (ACV) que permiten evaluar el impacto ambiental comparado con materiales convencionales. Estas iniciativas muestran cómo la incorporación de residuos en productos constructivos no solo es viable, sino que puede mejorar ciertos parámetros de comportamiento, al tiempo que reduce la huella ecológica y promueve cadenas de valor más sostenibles y locales.

3. Gestión de residuos voluminosos y construcción sostenible

Otro de los temas abordados fue la problemática asociada a los residuos voluminosos, especialmente los muebles y colchones desechados, y su potencial de integración en estrategias de construcción sostenible. Este ámbito fue particularmente relevante en el marco del proyecto RESTBUILT, centrado en la valorización de colchones usados como materiales de construcción. Se analizaron las dificultades logísticas, normativas y técnicas que supone la gestión de este tipo de residuos, así como las oportunidades que ofrecen como fuente de materia prima. Espumas, muelles metálicos, tejidos y capas intermedias pueden ser descompuestos, clasificados y reincorporados en sistemas constructivos, dando lugar a prototipos innovadores. Este enfoque enlaza directamente con la visión de la ciudad como laboratorio urbano: un entorno donde los flujos de residuos no son considerados como desechos terminales, sino como elementos circulantes en nuevas cadenas de producción. Además, se discutió la relevancia de los marcos legislativos europeos y locales, los sistemas de recogida, y la necesidad de articular ecosistemas colaborativos entre administración, universidad, empresas y ciudadanía para que la valorización sea efectiva.

4. Estrategias de desmontaje, modularidad y diseño circular

En paralelo, varias contribuciones se centraron en los principios de desmontaje, reversibilidad, modularidad y ensamblaje seco como claves del diseño circular. Estas estrategias promueven la concepción de edificios como sistemas abiertos, cuyas partes pueden ser sustituidas, mantenidas o reconfiguradas sin generar residuos. Frente a la lógica de la obra húmeda y permanente, se reivindica un modo de construir donde la vida útil de los componentes no coincide necesariamente con la del edificio, permitiendo su reutilización en otros contextos. El diseño para el desmontaje no solo implica una innovación técnica en cuanto a sistemas constructivos, sino también una transformación cultural del modo en que entendemos la permanencia arquitectónica. Se debatió también la relación entre estos principios y las tradiciones constructivas vernáculas, así como la forma en que pueden ser integrados en nuevas normativas urbanísticas o políticas de vivienda social. El potencial de estas estrategias se hace especialmente evidente en contextos de alta rotación, como equipamientos efímeros, instalaciones temporales o rehabilitaciones reversibles.

5. Casos de estudio y experiencias internacionales

El congreso reservó un espacio importante para la presentación de casos de estudio nacionales e internacionales que ilustran la diversidad de enfoques posibles en torno a la arquitectura circular. Se compartieron experiencias desarrolladas en España, Portugal, China, Chile y otros países, que muestran cómo los principios de la economía circular pueden adaptarse a distintas escalas (desde el objeto al territorio), a diversos contextos (rural, urbano, patrimonial) y a diferentes condiciones socioeconómicas. Entre ellos, destacan intervenciones de reutilización arquitectónica como la reprogramación de espacios infrautilizados en Valladolid (caso Galerías VA), o el caso chileno de la Escuela de Arquitectura de Talca, donde la experimentación con materiales y su sonoridad se convierte en una herramienta proyectual. Estos ejemplos ayudan a contextualizar la investigación en escenarios reales, ofrecen referencias contrastadas y permiten construir una red de conocimiento compartido entre instituciones, docentes y profesionales

comprometidos con la sostenibilidad en la arquitectura. La dimensión internacional del congreso favorece así el diálogo entre culturas constructivas, sistemas normativos y modelos de innovación.

4.1.5. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO RESTBUILT

La presentación del proyecto RESTBUILT constituyó uno de los momentos centrales del Congreso, el proyecto RESTBUILT representa la materialización de una investigación piloto orientada a explorar la valorización de colchones fuera de uso como materiales de construcción, integrando aspectos científicos, técnicos, ambientales y sociales en un mismo proceso de experimentación aplicada. Su exposición pública durante el congreso permitió visibilizar los objetivos, la metodología y los avances obtenidos en esta investigación pionera, al tiempo que sirvió como espacio de diálogo entre la universidad, la administración local y la comunidad profesional y académica.

La sesión dedicada a la presentación del proyecto se desarrolló en la franja vespertina del programa y estuvo conducida por Javier Arias Madero, profesor de Construcciones Arquitectónicas en la Universidad de Valladolid y director del proyecto RESTBUILT. La intervención se estructuró en tres partes complementarias que permitieron ofrecer una visión progresiva del proyecto, desde su marco institucional hasta el detalle de las investigaciones técnicas realizadas. En primer lugar, Javier Arias presentó los antecedentes y el contexto general del proyecto, acompañado por Isabel Sánchez Íñiguez de la Torre, responsable del Ayuntamiento de Valladolid vinculada al programa de Economía Circular y a la coordinación local del proyecto europeo. Ambos ofrecieron una introducción institucional que permitió situar el origen de RESTBUILT dentro del marco de cooperación entre la Universidad de Valladolid, la Fundación UVA y el Ayuntamiento de Valladolid, así como su alineación con las estrategias de sostenibilidad urbana y de innovación impulsadas desde la ciudad.

Durante esta primera parte de la presentación se explicaron los objetivos principales del proyecto: por un lado, analizar el potencial técnico, económico y ambiental de los materiales procedentes de colchones usados, y por otro, desarrollar prototipos constructivos experimentales que integren estos materiales en componentes arquitectónicos seguros, eficientes y normativamente viables. En este sentido, RESTBUILT se plantea como un proyecto de investigación aplicada que actúa simultáneamente en tres niveles: la investigación básica, mediante la caracterización y estudio de las propiedades de los materiales reciclados; la experimentación técnica, a través de la fabricación y ensayo de prototipos; y la transferencia de conocimiento, mediante la divulgación de los resultados y su integración en procesos académicos, institucionales y productivos. Arias y Sánchez Íñiguez destacaron además que la investigación no se limita a la dimensión material, sino que promueve un enfoque sistémico en el que la economía circular se concibe como una herramienta de transformación urbana y territorial, capaz de reconfigurar las relaciones entre los flujos de residuos, la industria, la administración y la ciudadanía.

A continuación, tomó la palabra Iker Díaz González, estudiante de quinto curso del Grado en Arquitectura en la Universidad de Valladolid, quien ha participado activamente en el desarrollo del proyecto como parte de su formación académica dentro del equipo de investigación. Su intervención, concisa pero ilustrativa, permitió contextualizar los métodos seguidos en las fases iniciales del proyecto. Díaz describió las tareas de documentación, las visitas técnicas realizadas al Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid, a empresas de reciclaje y a productores de materiales, así como las actividades de clasificación, desmontaje y análisis de los componentes de colchones. A través de su exposición se puso de manifiesto el carácter experimental y exploratorio del proyecto, en el que la investigación se articula no solo desde los laboratorios, sino también a través del trabajo de campo y la colaboración con agentes locales. Su presentación sirvió

como puente entre la dimensión institucional y la científica del proyecto, acercando al público el proceso real de trabajo llevado a cabo por el equipo de investigación.

Tras esta introducción, Javier Arias Madero retomó la palabra para profundizar en los aspectos más técnicos y experimentales de la investigación, ofreciendo una visión detallada de la fase de desarrollo de prototipos. Explicó las distintas líneas de trabajo emprendidas, que incluyen el análisis de la composición material de los colchones, la selección de fracciones potencialmente reutilizables (espumas, muelles, tejidos, fieltros) y su ensayo en laboratorio para determinar propiedades físicas, mecánicas y térmicas. A partir de los resultados obtenidos, se desarrollaron diferentes propuestas de aplicación de estos materiales en elementos constructivos, entre ellas paneles aislantes, rellenos para prefabricados y componentes experimentales para cerramientos y particiones. Arias detalló las colaboraciones técnicas establecidas con los laboratorios de materiales y construcción de la Universidad de Valladolid, así como con centros externos como el Instituto Eduardo Torroja o el Laboratorio Oficial para Ensayos de Materiales de Construcción (LOEMCO). En este contexto, subrayó el valor de la investigación como un proceso colectivo que combina ciencia, diseño y compromiso territorial.

Durante su intervención, Arias también destacó el enfoque interdisciplinar del proyecto, que integra conocimientos de arquitectura, ingeniería, sostenibilidad, gestión ambiental y diseño de materiales. RESTBUILT no se limita a verificar la viabilidad técnica de los prototipos, sino que busca sentar las bases para un modelo replicable de gestión de residuos voluminosos en el ámbito urbano. Este planteamiento incluye el análisis del ciclo de vida de los productos (ACV), la estimación del ahorro energético y la reducción de emisiones asociadas, así como la elaboración de fichas *business-case* que evalúan el retorno económico y ambiental de las soluciones desarrolladas. De este modo, el proyecto trasciende el laboratorio y se proyecta hacia la práctica profesional y la planificación urbana, alineándose con los objetivos de sostenibilidad de la Agenda 2030 y las políticas europeas de economía circular.

La presentación de RESTBUILT tuvo una excelente acogida entre el público asistente, compuesto por investigadores, arquitectos, estudiantes y representantes de distintas instituciones. La claridad en la exposición del proceso de investigación, unida a la coherencia entre los objetivos científicos y los valores sociales y ambientales del proyecto, despertó un notable interés y generó un intenso diálogo posterior durante las mesas de debate. Los asistentes valoraron especialmente el carácter innovador de la propuesta, la concreción de los resultados obtenidos y la capacidad del proyecto para vincular la investigación universitaria con la acción pública y la realidad productiva del territorio. Asimismo, la participación de un estudiante becado en la presentación fue percibida como una muestra del compromiso formativo del proyecto, que no solo produce conocimiento técnico, sino que también forma nuevas generaciones de arquitectos e investigadores sensibles a los desafíos ecológicos contemporáneos.

En conjunto, la presentación del proyecto RESTBUILT reflejó con claridad la filosofía de cooperación interinstitucional que caracteriza esta iniciativa. La implicación conjunta del Ayuntamiento de Valladolid, la Fundación Universidad de Valladolid y el equipo de investigación de la ETSAVA ejemplifica un modelo de trabajo colaborativo en el que la innovación científica se pone al servicio de las políticas públicas y del desarrollo sostenible del territorio. RESTBUILT se consolida así como una experiencia piloto de gran valor estratégico, que no solo busca transformar residuos en recursos, sino también generar conocimiento aplicable, fortalecer redes de colaboración y contribuir a la construcción de una ciudad más consciente, eficiente y circular.

4.1.6. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

Además del programa central de ponencias, comunicaciones científicas y mesas de reflexión, el Congreso incluyó una serie de actividades complementarias que ampliaron su alcance formativo, divulgativo y experiencial. Estas actividades estuvieron orientadas a fomentar el intercambio de ideas en contextos menos formales, conectar la teoría con la práctica, y ofrecer a los participantes una visión más tangible y directa de los desafíos y oportunidades que plantea la transición hacia una arquitectura circular. La exposición de maquetas y prototipos, la visita técnica al Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid (CTR) y los espacios de networking generados a lo largo del evento fueron fundamentales para consolidar el congreso como una experiencia completa y multidimensional.

Exposición de maquetas y prototipos: pedagogía material y diseño circular

Durante toda la jornada del congreso se mantuvo abierta al público una exposición de trabajos elaborados por el alumnado del Máster en Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid (ETSAVA), organizada en colaboración con el equipo RESTBUILT. Esta muestra, instalada en los espacios comunes de la sede del congreso, estuvo compuesta por una selección de maquetas, prototipos y paneles explicativos desarrollados en el marco de asignaturas centradas en sostenibilidad, innovación material y estrategias proyectuales en clave circular.

Las propuestas expuestas abordaban temáticas diversas como el diseño con materiales de segunda vida, la arquitectura desmontable, la exploración acústica de residuos transformados, o la aplicación de componentes reciclados en sistemas modulares y de baja energía. Muchas de ellas estaban directamente vinculadas a la lógica del proyecto RESTBUILT, utilizando como base de trabajo espumas, muelles y tejidos procedentes de colchones fuera de uso. Otras adoptaban una mirada territorial o urbana, incorporando elementos contextuales propios del entorno metropolitano de Valladolid. En todos los casos, la exposición se planteó como una herramienta de divulgación activa, en la que los visitantes podían observar, tocar, analizar y dialogar con los materiales, los sistemas y las ideas que sustentaban cada propuesta.

Esta actividad complementaria cumplió un doble objetivo: por un lado, ofreció visibilidad al trabajo académico de los estudiantes, insertando sus investigaciones y prototipos en el contexto más amplio del congreso; por otro, actuó como un espacio pedagógico compartido, donde se evidenció el potencial del trabajo proyectual como laboratorio de investigación aplicada. La exposición mostró, además, que la economía circular no es solo un tema de discusión teórica, sino una realidad tangible que puede ser explorada y desarrollada desde las primeras etapas de la formación arquitectónica.

Visita al Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid (CTR)

Como parte del programa ampliado del congreso, se organizó el sábado 18 de octubre una actividad técnica voluntaria consistente en una visita al Centro de Tratamiento de Residuos de Valladolid (CTR). Esta visita, abierta a ponentes, asistentes y estudiantes, tuvo como objetivo fundamental conectar los contenidos del congreso con la gestión real de los residuos urbanos, ofreciendo a los participantes la posibilidad de conocer in situ el funcionamiento de una instalación clave dentro del sistema de reciclaje y valorización de residuos voluminosos.

La jornada comenzó con el traslado colectivo desde la Escuela de Arquitectura hasta las instalaciones del CTR, donde el grupo fue recibido por personal técnico del centro. La visita incluyó un recorrido guiado por las

distintas fases del proceso de tratamiento de residuos, desde la llegada y clasificación de los materiales hasta su separación, almacenamiento, tratamiento o envío a valorización. Se prestó especial atención a los residuos voluminosos y textiles, incluyendo los colchones, cuya complejidad en términos de gestión y desmontaje fue explicada con detalle.

Además del recorrido físico por las instalaciones, la visita incluyó una charla técnica que contextualizó los datos sobre generación de residuos en Valladolid, las estrategias de reducción y recuperación implementadas a nivel municipal, y los retos futuros en materia de economía circular urbana. Esta experiencia fue especialmente valiosa para los investigadores y estudiantes implicados en el proyecto RESTBUILT, ya que les permitió contrastar la escala experimental de su trabajo con el marco operativo real del sistema de residuos de la ciudad.

Más allá del valor técnico de la actividad, la visita al CTR tuvo una dimensión simbólica importante: reforzó la idea de que la investigación universitaria puede y debe dialogar con las infraestructuras reales del territorio, generando sinergias concretas y propuestas aplicables. También permitió a los asistentes observar de primera mano el lugar donde muchos de los materiales que después se transforman en laboratorio tienen su origen como residuo.

Networking y conclusiones compartidas: comunidad circular

A lo largo de toda la jornada del congreso, y de forma más evidente durante los momentos de descanso, comidas, pausas y cierre, se generaron espacios informales de networking que permitieron a los asistentes establecer conexiones profesionales, compartir impresiones y discutir proyectos de forma directa y espontánea. Estos espacios, aunque no formaban parte explícita del programa, fueron clave para reforzar el carácter abierto, colaborativo y transdisciplinar del evento.

Durante la mesa redonda final celebrada en la última franja horaria del viernes, se pusieron en común muchas de las ideas debatidas durante el día, y se esbozaron posibles líneas futuras de trabajo conjunto. Representantes académicos, técnicos municipales, estudiantes, profesionales y miembros de entidades sociales intercambiaron valoraciones sobre los contenidos, destacando la utilidad del congreso como punto de partida para futuras investigaciones y colaboraciones. Se subrayó la necesidad de seguir generando espacios comunes donde la universidad, la administración y el tejido productivo puedan encontrar soluciones compartidas a los retos de la transición ecológica.



CONGRESO RESTBUILT



CONGRESO RESTBUILT



CONGRESO RESTBUILT. VISITA AL CTR

RESTBUILT



4.2 COLABORACIÓN CON MÁSTER DE ARQUITECTURA ETSAVA/ EXPOSICIÓN REFUGIO SIMBÓLICO



17/10/2025

4.2.1. COLABORACIÓN CON MÁSTER DE ARQUITECTURA ETSAVA

La colaboración entre el Proyecto RESTBUILT y el Máster en Arquitectura de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid (ETSAVA) constituye uno de los pilares fundamentales para articular una investigación aplicada en torno a la economía circular y a la reutilización de materiales provenientes de residuos urbanos, con especial atención al reciclaje de colchones y a las posibilidades que estos materiales ofrecen en el ámbito de la construcción contemporánea. Esta relación surge de la coincidencia entre los objetivos del proyecto —centrado en la valorización de residuos y la creación de nuevos sistemas constructivos de bajo impacto ambiental— y la vocación formativa del máster, cuyo enfoque se dirige hacia la integración entre práctica profesional, innovación tecnológica y experimentación proyectual avanzada.

En este contexto, el Máster en Arquitectura constituye para RESTBUILT un espacio único de transferencia de conocimiento, experimentación y contraste crítico. Su estructura académica, orientada al desarrollo de competencias proyectuales y técnicas de alto nivel, facilita la incorporación del alumnado a procesos reales de investigación, permitiendo que sus trabajos, ejercicios y talleres se articulen como parte activa de las líneas exploratorias del proyecto. A través de esta colaboración, los estudiantes acceden a materiales reales, prototipos en desarrollo, documentación científica específica y visitas técnicas a infraestructuras de tratamiento de residuos, integrando en su formación una dimensión práctica y experimental que trasciende los límites tradicionales de la docencia universitaria.



EDIFICIO DE LA ETSAVA. <https://valladolidcityoffilm.com/escuela-tecnica-superior-de-arquitectura/>

4.2.2 ACTIVIDADES DOCENTES VINCULADAS AL PROYECTO

Las actividades docentes vinculadas al Proyecto RESTBUILT han tenido como eje principal el desarrollo del ejercicio denominado *Refugio Simbólico*, una propuesta académica diseñada específicamente para introducir al alumnado del Máster en Arquitectura en la problemática del reciclaje de materiales procedentes de colchones y, al mismo tiempo, permitirles explorar nuevas posibilidades constructivas y expresivas desde una perspectiva experimental y crítica. Este ejercicio surge de la voluntad de conectar la enseñanza del proyecto arquitectónico con los procesos reales de valorización de residuos, de manera que la formación avanzada del máster dialogue directamente con los objetivos del proyecto RESTBUILT.

El *Refugio Simbólico* se concibió como un trabajo de carácter intensamente experimental, en el que los estudiantes debían proyectar y construir un pequeño espacio o instalación utilizando exclusivamente materiales reciclados, preferentemente vinculados al mundo del colchón: espumas, textiles, muelles, capas intermedias, tejidos estructurales o fibras de relleno. El espíritu del ejercicio no se centraba únicamente en la obtención de una pieza final, sino en el proceso completo de investigación, experimentación, fallo, ajuste y mejora que acompañaba al trabajo. De este modo, cada estudiante o equipo tenía la oportunidad de enfrentarse a materiales no convencionales, analizar su comportamiento, comprender sus limitaciones y explorar sus posibilidades mediante técnicas de corte, compresión, aglomerado, capas superpuestas, tensiones internas o ensamblajes artesanales.

Para facilitar este proceso, el ejercicio incorporó una fase inicial de aproximación teórica y documental, en la que se expusieron los principios básicos de la economía circular, las características de los residuos procedentes de colchones y las líneas de investigación abiertas en el marco de RESTBUILT. Esta introducción permitió que los estudiantes comprendieran el trasfondo ambiental y técnico del proyecto, dotando de sentido a la elección de los materiales y conectando el ejercicio académico con un problema real que afecta tanto al sector industrial como a la sociedad en su conjunto. A partir de este punto, comenzó una etapa de manipulación directa de los materiales, donde el alumnado tuvo acceso a muestras reales obtenidas en las visitas al CTR de Valladolid y al CTR de Alicante, así como a piezas previamente seleccionadas y acondicionadas por el equipo investigador.

La fase de experimentación material se convirtió en uno de los momentos más enriquecedores del ejercicio, ya que permitió que los estudiantes manipularan fibras, espumas y tejidos para evaluar su respuesta a distintos procesos. A lo largo de varias sesiones de taller, se desarrollaron pruebas de aglomerado con resinas o cementos, ensayos de estabilidad mediante compresión, estudios de comportamiento frente a la humedad y la deformación, así como trabajos de ensamblaje que combinaban técnicas artesanales con aproximaciones más cercanas al diseño paramétrico o estructural. Esta etapa formó parte integral de la docencia vinculada a RESTBUILT, ya que reproducía, a escala académica, el mismo espíritu experimental que guía las fases de investigación del proyecto.

Una vez finalizado este proceso experimental, cada estudiante desarrolló un prototipo de *Refugio Simbólico* que integraba los resultados de sus pruebas materiales con una propuesta espacial coherente. El concepto de “refugio” se interpretó de manera libre, permitiendo una amplia gama de respuestas proyectuales: espacios íntimos, estructuras ligeras, piezas plegables, microambientes táctiles, sistemas de sombra, cápsulas de protección o pequeñas arquitecturas introspectivas que combinaban el gesto poético con la lógica material. Este enfoque fomentó la creatividad a la vez que obligaba a mantener un rigor técnico mínimo vinculado al comportamiento real de los materiales seleccionados.

La culminación del ejercicio tuvo lugar con la exposición de paneles de los prototipos en el Congreso Internacional de Arquitectura y Economía Circular, celebrado en la ETSAVA, donde los trabajos se

presentaron en la antesala del Salón de Actos durante toda la jornada del evento. Esta exposición permitió que los asistentes —investigadores, profesionales, estudiantes, empresas e instituciones— pudieran conocer de primera mano el potencial arquitectónico de los materiales reciclados y observar cómo el trabajo académico del máster se integra en una dinámica de investigación universitaria con impacto real. En la fase final del congreso, una selección de estudiantes tuvo la oportunidad de presentar y explicar públicamente su refugio, compartiendo su proceso, decisiones materiales y resultados, lo que reforzó notablemente la dimensión divulgativa y formativa del ejercicio.

En conjunto, el desarrollo del *Refugio Simbólico* se ha consolidado como una de las actividades docentes más relevantes vinculadas a RESTBUILT, no solo por su aportación a la investigación experimental de materiales derivados del colchón, sino por su capacidad para integrar al alumnado en un proceso completo que abarca análisis, experimentación, prototipado, construcción y difusión pública. Gracias a este ejercicio, el Máster en Arquitectura se convierte en un espacio activo de investigación aplicada, capaz de nutrir al proyecto con ideas, ensayos y reflexiones que contribuyen directamente a su evolución, mientras que RESTBUILT ofrece al máster un marco real de trabajo que enriquece profundamente la formación del alumnado y su comprensión de una arquitectura más sostenible, crítica e innovadora.

4.2.3 CONCLUSIÓN

La colaboración entre el Proyecto RESTBUILT y el Máster en Arquitectura de la ETSAVA ha permitido consolidar un modelo formativo e investigador que trasciende los límites tradicionales de la enseñanza universitaria, situando al alumnado en el centro de un proceso real de innovación material y construcción sostenible. A lo largo de este trabajo conjunto, el máster ha aportado un espacio privilegiado para el experimento, la reflexión crítica y el prototipado, convirtiéndose en una pieza fundamental dentro del desarrollo y la proyección académica del proyecto. RESTBUILT, por su parte, ha brindado el marco conceptual, los materiales reales y la problemática técnica necesaria para que los estudiantes pudieran comprender en profundidad tanto las limitaciones como las oportunidades derivadas del reciclaje de colchones, abriendo una vía de investigación aplicada que se ha nutrido de las capacidades creativas y analíticas del alumnado.

El ejercicio del *Refugio Simbólico* se ha consolidado como el principal catalizador de esta relación. Su planteamiento, basado en el uso de materiales recuperados del CTR de Valladolid, permitió que los estudiantes experimentaran en primera persona la manipulación, transformación y puesta en obra de residuos complejos. Este proceso no solo les introdujo en los desafíos técnicos asociados a la valorización de espumas y textiles, sino que fomentó la elaboración de respuestas arquitectónicas conscientes, dotadas de significado y fundamentadas en una comprensión amplia del ciclo de vida de los materiales. La dimensión exploratoria del ejercicio —con sus ensayos, pruebas, errores y hallazgos— ha sido determinante para impulsar nuevas líneas de reflexión que alimentan directamente el avance de RESTBUILT.

Asimismo, las actividades complementarias desarrolladas en el marco del máster han reforzado el carácter interdisciplinar y aplicado de la colaboración. La visita al CTR de Valladolid, gestionado por FCC Medio Ambiente, permitió al alumnado comprender la escala industrial del problema y observar de primera mano la magnitud de los residuos que llegan diariamente a la planta. Esta experiencia proporcionó un marco realista sobre el que situar las decisiones experimentales y proyectuales posteriores, permitiendo que la investigación universitaria se conectara con procesos técnicos y logísticos que rara vez son visibles para los

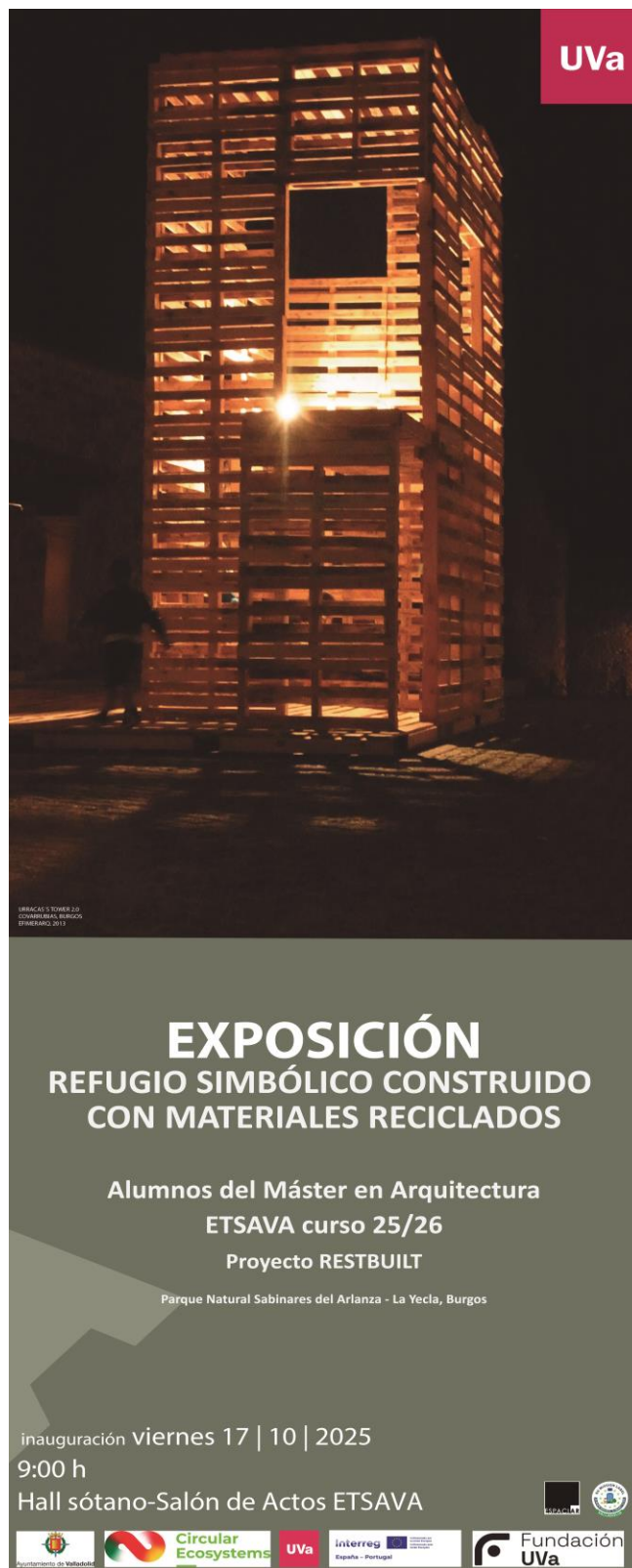
estudiantes. La obtención de muestras en el contexto industrial real y el diálogo directo con los técnicos de FCC otorgaron al proyecto una dimensión práctica que enriqueció notablemente la formación académica.

Otro aspecto clave ha sido la dimensión pública y divulgativa de los resultados. La exposición de prototipos y maquetas en el Congreso Internacional de Arquitectura y Economía Circular, así como la posterior presentación de varios estudiantes en la sesión final del evento, han puesto de manifiesto la capacidad del máster para generar conocimiento útil, innovador y comunicable. La reacción del público profesional y académico, el interés mostrado por los trabajos y la posibilidad de debatir sobre las soluciones propuestas reforzaron la idea de que la investigación universitaria, cuando se vincula a problemáticas reales, puede convertirse en un motor de cambio y en un agente activo dentro del debate contemporáneo sobre circularidad y sostenibilidad.

En conjunto, la experiencia desarrollada entre RESTBUILT y el Máster en Arquitectura ha demostrado que la integración entre práctica profesional, investigación aplicada y formación avanzada no solo es posible, sino extraordinariamente enriquecedora para todos los agentes implicados. El alumnado ha adquirido competencias que combinan el rigor técnico con la capacidad experimental; el proyecto ha podido avanzar en la exploración de nuevas vías de reutilización de residuos; y la ETSAVA ha reforzado su papel como institución académica comprometida con los desafíos ambientales actuales. Esta colaboración sienta, por tanto, las bases para futuras acciones conjuntas, nuevas fases de prototipado, publicaciones científicas y desarrollos experimentales que seguirán ampliando el alcance y el impacto del Proyecto RESTBUILT en el ámbito académico, profesional y social.

4.2.4. EXPOSICIÓN REFUGIO SIMBÓLICO

Una vez finalizados, los trabajos fueron seleccionados para formar parte de una exposición colectiva celebrada en el marco del Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular, que tuvo lugar en la ETSAVA en octubre de 2025. La exposición se instaló en el acceso al salón de actos principal, sirviendo como prólogo visual al evento y generando un espacio de diálogo entre la investigación académica y la producción estudiantil. En la fase final del congreso, algunos estudiantes tuvieron además la oportunidad de presentar oralmente sus propuestas, compartiendo con el público asistente el proceso creativo, las motivaciones proyectuales y la dimensión crítica de sus trabajos. Esta iniciativa consolidó el vínculo entre docencia, investigación y divulgación, subrayando el papel activo de las nuevas generaciones de arquitectos en los retos de la sostenibilidad y la economía circular.



CARTEL EXPOSICIÓN REFUGIO SIMBÓLICO. ETSAVA



EXPOSICIÓN REFUGIO SÍMBOLO. ETSAVA



EXPOSICIÓN REFUGIO SÍMBOLO. ETSAVA



EXPOSICIÓN REFUGIO SIMBÓLICO. ETSAVA

RESTBUILT



4.3 ARTÍCULO REVISTA SUSTAINABILITY

Discarded Mattresses: From Environmental Problem to Recoverable Resource



sustainability



Review

Discarded Mattresses: From Environmental Problem to Recoverable Resource

Javier Arias Madero ^{1,*}, Jose Antonio Balmori Roiz ², Luis-Alfonso Basterra Otero ¹ and Iker Diaz Gonzalez ¹

¹ Construction Department, Architecture School, University of Valladolid, 47014 Valladolid, Spain; alfonso.basterra@uva.es (L.-A.B.O.); iker.diaz@estudiantes.uva.es (I.D.G.)

² A Timber Structures and Wood Technology Research Group, University of Valladolid, 47014 Valladolid, Spain; joseantonio.balmori@uva.es

* Correspondence: javier.arias@uva.es; Tel.: +34-656-98-80-63

Abstract

Mattresses represent one of the most widespread and problematic bulky waste streams worldwide, due to their unavoidable daily use, their high presence in municipal solid

INICIO PROYECTO – 08/2025



4.3.1.INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto RESTBUILT, cuyo objetivo principal es investigar nuevas vías para la valorización de residuos en el ámbito de la construcción sostenible, surgió la necesidad de formalizar y comunicar los avances del trabajo en entornos académicos y científicos especializados. Fruto de ese esfuerzo, se desarrolló y publicó el artículo científico titulado *“Recycling of Polyurethane Foam Waste from Discarded Mattresses for Lightweight Construction Systems: Evaluation of Physical, Thermal and Acoustic Properties”*, en la revista *Sustainability*, de gran impacto y relevancia e indexada en JCR y SJR. El artículo es de acceso libre desde <https://www.mdpi.com/2071-1050/17/18/8371>.

La publicación de este artículo responde a la voluntad del equipo investigador de trasladar los resultados del proyecto a la comunidad científica, contribuyendo a la generación de conocimiento en un campo todavía poco explorado: la reutilización directa de materiales procedentes de colchones desechados como parte de nuevos sistemas constructivos. En concreto, el estudio se centra en la espuma flexible de poliuretano, uno de los materiales más representativos del residuo colchón, analizando sus propiedades físicas, térmicas y acústicas cuando se emplea como elemento aligerante o aislante en paneles de hormigón prefabricado.

Esta investigación se justifica, además, por el vacío existente en la literatura científica en torno a aplicaciones arquitectónicas reales de este tipo de residuos, que generalmente han sido abordados desde perspectivas industriales, energéticas o de gestión de residuos, pero rara vez desde el enfoque constructivo. Así, el artículo permite validar técnicamente una de las líneas de trabajo del proyecto RESTBUILT —la creación de prototipos estructurales a partir de residuos de colchón— y refuerza su viabilidad en términos de comportamiento y eficiencia.

En definitiva, el artículo científico no solo constituye una aportación técnica relevante, sino que también representa un paso decisivo en la consolidación del proyecto como propuesta de investigación aplicada, capaz de tender puentes entre la arquitectura, la ingeniería de materiales y la economía circular.

4.3.2. 1ªFASE: BÚSQUEDA DE REVISTA INDEXADA

Una vez consolidado el contenido técnico del artículo, el equipo RESTBUILT abordó una primera fase clave: la selección de la revista científica más adecuada para difundir los resultados obtenidos. Este proceso no se limitó a una elección formal, sino que implicó un análisis estratégico de las distintas opciones disponibles en función del enfoque temático del trabajo, su impacto potencial y la visibilidad que podría ofrecer en la comunidad investigadora internacional.

En esta búsqueda se consideraron diversas revistas vinculadas al ámbito de los materiales de construcción, la ingeniería de residuos, la arquitectura sostenible y la economía circular. Algunas de las opciones iniciales incluían publicaciones especializadas como *Journal of Cleaner Production*, *Construction and Building Materials* o *Resources, Conservation & Recycling*, todas ellas con líneas editoriales afines. Sin embargo, tras un análisis más profundo, se optó finalmente por *Sustainability*, una revista de acceso abierto ampliamente reconocida en el ámbito de la sostenibilidad, con especial atención al reciclaje, la economía circular y las estrategias de transición ecológica en el entorno construido.

La elección de *Sustainability* estuvo motivada por varios factores clave. En primer lugar, se trata de una revista indexada en el Journal Citation Reports (JCR), lo que garantiza su alta visibilidad y credibilidad dentro del sistema académico internacional. Su factor de impacto y su amplio espectro temático la convierten en

una plataforma idónea para publicar investigaciones con un enfoque transversal como RESTBUILT, situado entre la arquitectura, los materiales reciclados y la innovación ambiental. Además, la revista se caracteriza por una gran agilidad en la gestión editorial, lo que supuso una ventaja determinante para el equipo.

En efecto, el artículo fue sometido a revisión y, en un plazo de apenas cuatro meses, pasó por el proceso completo de evaluación por pares, incorporación de correcciones y publicación definitiva. Esta rapidez contrasta con los plazos mucho más dilatados de otras revistas del sector, y permitió asegurar una difusión temprana de los resultados, en un momento clave del proyecto. Por todo ello, la publicación en *Sustainability* no solo respondió a criterios de calidad científica, sino también a una estrategia de impacto y transferencia alineada con los objetivos generales de RESTBUILT.



REVISTA SUSTAINABILITY <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>

4.3.3. 2ªFASE: REDACCIÓN DEL MANUSCRITO CIENTÍFICO

Una vez seleccionada la revista *Sustainability* como plataforma idónea para la publicación de los resultados, el equipo RESTBUILT inició el proceso de redacción del manuscrito científico. Esta fase supuso un ejercicio de síntesis, precisión técnica y adecuación formal, en el que se trasladaron los avances experimentales del proyecto al lenguaje y estructura propios de una publicación académica internacional. Lejos de limitarse a un ejercicio de divulgación, esta etapa implicó reformular el trabajo en términos científicos, articulando claramente la hipótesis, la metodología empleada y la interpretación de los resultados obtenidos.

El artículo fue concebido con una estructura estándar según el modelo IMRyD (Introducción, Metodología, Resultados y Discusión), ampliamente aceptado en publicaciones científicas del ámbito técnico. La

introducción contextualiza el problema del residuo colchón dentro de la economía circular y justifica la necesidad de investigar nuevas aplicaciones de sus componentes, especialmente de la espuma de poliuretano flexible. Se expone la escasa atención que este material ha recibido en el campo de la construcción y se plantea como objetivo principal evaluar su viabilidad como componente aligerante y aislante en sistemas de prefabricación con hormigón.

En el apartado de metodología, se detallan los criterios de selección del material reciclado, los procesos de preparación de muestras, los procedimientos de ensayo físico, térmico y acústico, y las condiciones de fabricación de los prototipos. La metodología se diseñó para asegurar la reproducibilidad del experimento, así como para cumplir con estándares reconocidos en el ámbito de los materiales de construcción.

Los resultados del estudio se presentan de forma clara y cuantificada, apoyados en gráficos, tablas y comparativas con materiales convencionales. Se analizaron parámetros como la densidad, el comportamiento ante la humedad, la conductividad térmica y la absorción acústica, lo que permitió establecer el comportamiento técnico de la espuma reciclada frente a alternativas habituales. A partir de estos datos, el artículo propone un posible campo de aplicación realista para este residuo en la arquitectura ligera, sobre todo en contextos de prefabricación, auto-construcción o arquitectura temporal.

En la sección de discusión, los datos obtenidos se interpretan en relación con los objetivos del proyecto RESTBUILT, valorando tanto las ventajas del material como sus limitaciones. Se subraya su bajo peso, su buena capacidad térmica y su potencial como material de aislamiento acústico, así como la necesidad de seguir profundizando en aspectos estructurales, comportamiento al fuego y normativa aplicable. La publicación concluye con una reflexión sobre el papel de la arquitectura en la transformación de residuos complejos en recursos útiles, alineando así la investigación con los objetivos más amplios de sostenibilidad y circularidad.

En conjunto, la redacción del manuscrito supuso un proceso de depuración del conocimiento generado durante el proyecto, obligando al equipo a objetivar, cuantificar y traducir en lenguaje científico lo que hasta entonces se había abordado desde una lógica más experimental y proyectual. Esta fase consolidó el trabajo previo y preparó el terreno para su revisión externa dentro del sistema académico internacional.

4.3.4. 3ªFASE: REVISIÓN TÉCNICA Y ENVÍO A LA REVISTA

Finalizada la redacción del manuscrito, el equipo RESTBUILT procedió a realizar una revisión técnica interna del texto, paso imprescindible antes de su envío oficial a la revista *Sustainability*. Esta revisión no solo permitió afinar el contenido científico, sino también asegurar el cumplimiento estricto de las normas editoriales y de formato exigidas por la publicación, lo que resultó determinante para optimizar el proceso de evaluación posterior.

Durante esta fase, se realizó una lectura crítica colectiva del manuscrito, en la que se revisaron en detalle todos los apartados del artículo. Se ajustó el tono técnico, se verificó la consistencia entre las secciones de resultados y discusión, y se reforzaron las referencias bibliográficas con artículos actualizados de alto impacto, asegurando así la correcta contextualización del trabajo dentro del estado del arte. Asimismo, se cuidó especialmente la calidad gráfica de las figuras y tablas, garantizando su legibilidad, coherencia y utilidad como apoyo a los datos experimentales.

Uno de los aspectos más relevantes en esta fase fue la adecuación formal del artículo a las directrices específicas de la revista. *Sustainability*, como revista de alto impacto y publicación internacional, exige un formato riguroso tanto en la estructura del texto como en aspectos como la citación, los metadatos, el resumen estructurado y las palabras clave. Se revisaron con detalle todos estos elementos, incluyendo el título, el abstract y el apartado de conclusiones, para mejorar su claridad, coherencia interna y capacidad de síntesis.

Además, se elaboró un documento complementario para el envío, consistente en una carta de presentación a los editores, donde se explicaba la motivación del trabajo, su contribución científica y su adecuación al enfoque temático de la revista. Esta carta es un elemento clave en cualquier proceso editorial, ya que permite destacar el valor añadido del artículo y su relevancia para los lectores potenciales.

Una vez finalizados todos estos ajustes, se procedió al envío formal del manuscrito a través de la plataforma editorial de MDPI, el editor responsable de *Sustainability*. El artículo fue registrado en el sistema, se adjuntaron todos los archivos necesarios (manuscrito, figuras, tablas, carta de presentación, metadatos del equipo investigador) y quedó a la espera de la asignación de revisores externos por parte del comité editorial.

Esta fase marcó el paso de una producción científica interna a un proceso de validación externa, en el que el trabajo sería sometido al juicio de expertos del ámbito internacional. Supuso también un ejercicio de exposición, donde RESTBUILT se presentaba no solo como proyecto experimental, sino como una propuesta de investigación técnica capaz de responder a los criterios académicos y científicos de calidad.

4.3.5. 4ª FASE: PROCESO DE REVISIÓN POR PARES Y CORRECCIONES

Tras el envío formal del manuscrito el día 23 de julio de 2025, se activó el proceso de revisión por pares dentro del sistema editorial de la revista *Sustainability*. Esta fase constituye una etapa clave en la validación científica de cualquier artículo, ya que el contenido es evaluado de forma anónima por expertos independientes del ámbito temático, quienes valoran su originalidad, rigor metodológico, relevancia y claridad expositiva.

El equipo recibió la primera ronda de observaciones por parte de los revisores el 7 de agosto de 2025. En ella, se propusieron ajustes significativos en la estructura del texto, recomendando reordenar ciertos apartados para clarificar el hilo argumental del artículo y dar mayor protagonismo a los resultados experimentales. Asimismo, los revisores sugirieron acotar el enfoque del trabajo, centrándose más en las propiedades físicas y térmicas del material reciclado en lugar de abordar múltiples aplicaciones posibles, con el fin de fortalecer la coherencia y profundidad del estudio.

Tras analizar detenidamente estas observaciones, el equipo RESTBUILT procedió a realizar una segunda revisión técnica más específica, enviada el 12 de agosto de 2025. En esta fase se abordaron de forma detallada las sugerencias recibidas, incorporando aclaraciones metodológicas, reformulaciones en la redacción de resultados y una mejora en la presentación gráfica de datos, especialmente en lo referente a las comparativas de comportamiento térmico. También se incluyeron referencias bibliográficas adicionales para reforzar el encuadre científico del trabajo.

Posteriormente, el día 8 de septiembre de 2025, se llevó a cabo una tercera revisión interna orientada a la validación final del texto. En este punto se revisaron con precisión tanto el contenido técnico como los

aspectos formales del artículo, para asegurarse de que todas las correcciones solicitadas por los revisores se habían aplicado correctamente y que el manuscrito respondía íntegramente a los estándares editoriales de la revista.

Finalmente, la última fase de corrección se cerró el 17 de septiembre de 2025, con una serie de ajustes menores relacionados con la confirmación de nombres propios, afiliaciones institucionales y denominaciones oficiales de organizaciones y entidades mencionadas en el texto. Con esta última revisión se validaron todos los cambios y se envió el manuscrito final para su aceptación editorial.

Este proceso de revisión por pares supuso un ejercicio de mejora sustancial del artículo. A través del diálogo técnico con los revisores, el equipo pudo afinar los contenidos, reforzar la claridad del mensaje y mejorar la calidad global del manuscrito. La experiencia confirmó el valor del trabajo desde un punto de vista científico y permitió consolidar su publicación como una aportación válida, solvente y rigurosa dentro del campo de la economía circular aplicada a la construcción.

4.3.6. 5ª FASE: ACEPTACIÓN Y PUBLICACIÓN

Una vez completadas las correcciones y aceptadas por el equipo editorial, el artículo fue formalmente aceptado para su publicación en la revista *Sustainability*, lo que marcó el cierre del proceso de revisión científica y la validación definitiva del trabajo. Esta fase, aunque más breve en términos de tiempo, representa un hito importante para el proyecto RESTBUILT, ya que consolida los resultados obtenidos como una aportación reconocida por la comunidad investigadora internacional.

Tras la aceptación, el manuscrito pasó al proceso editorial interno de MDPI, donde se llevó a cabo la maquetación final del artículo, la asignación de un DOI (Digital Object Identifier), y su incorporación al volumen y número correspondiente de la revista. Esta fase también implicó una última revisión tipográfica del texto y los elementos gráficos, así como la verificación de los metadatos, los resúmenes, las palabras clave y las referencias cruzadas. Todo ello se realizó en colaboración directa con el equipo editorial de la revista, garantizando que el resultado final cumpliera con los estándares técnicos y de visibilidad científica exigidos por una publicación indexada.

El artículo fue finalmente publicado en acceso abierto, lo que asegura su disponibilidad inmediata para investigadores, técnicos y profesionales de todo el mundo, sin barreras económicas ni institucionales. Esta decisión no fue menor: se alinea con la filosofía del propio proyecto RESTBUILT, basado en la transferencia de conocimiento, la colaboración interinstitucional y la generación de soluciones sostenibles de impacto real.

La publicación no solo supone la culminación de un proceso de investigación científica, sino también un punto de partida para futuras líneas de trabajo, ya que el artículo puede ser citado, replicado y ampliado en nuevas investigaciones vinculadas a la valorización de residuos en la construcción. Asimismo, refuerza la credibilidad y la proyección del proyecto a nivel nacional e internacional, dotándolo de un respaldo académico que potencia su visibilidad en redes de innovación, convocatorias y foros especializados.

En definitiva, esta última fase ha permitido transformar una hipótesis experimental en un resultado científico contrastado, y convertir el conocimiento generado en un activo compartido con el resto de la comunidad. La publicación en *Sustainability* es, por tanto, no solo un logro puntual del equipo RESTBUILT, sino también una puerta abierta al diálogo, la colaboración y el avance colectivo en la búsqueda de nuevos modelos para una arquitectura más sostenible.

RESTBUILT



4.4 LIBRO DE ACTAS CONGRESO RESTBUILT



10-11/25

4.4.1. LIBRO DE ACTAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DE ARQUITECTURA Y ECONOMÍA CIRCULAR.

El Libro de Actas del Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular, publicado con ISBN propio en el marco del Proyecto RESTBUILT, se ha consolidado como una de las contribuciones editoriales más relevantes del proyecto, tanto por la amplitud de los contenidos recogidos como por su capacidad para proyectar internacionalmente el trabajo realizado. Esta publicación reúne todas las comunicaciones presentadas durante el congreso celebrado en la ETSAVA el 17 de octubre de 2025, y preserva la estructura intelectual del evento mediante un proceso editorial profesional basado en un sistema de revisión por pares en modalidad de doble evaluación ciega. Su elaboración constituye un esfuerzo conjunto entre el equipo organizador, el comité científico y los autores participantes, lo que garantiza la calidad académica del volumen y su adecuación a los estándares contemporáneos de investigación en arquitectura y sostenibilidad.

Desde sus primeras páginas, el libro sitúa al lector dentro del ecosistema conceptual del proyecto, incorporando los créditos completos del evento, la referencia al marco europeo POCTEP y los datos de los comités organizador y científico, cuya diversidad institucional y geográfica refleja el carácter internacional del congreso. A continuación, el volumen incluye un texto introductorio que contextualiza el encuentro dentro de los desafíos actuales en materia de transición ecológica, gestión del residuo del colchón y economía circular aplicada al entorno construido. Esta introducción, firmada por la dirección del congreso, destaca la importancia de generar espacios de reflexión colectiva en torno a la innovación material, el diseño sostenible y las posibilidades emergentes de la arquitectura en un contexto marcado por la urgencia climática.

El contenido central del libro se articula siguiendo la estructura del programa oficial del congreso, que se reproduce también en el volumen para facilitar la comprensión de la secuencia temática de la jornada. El programa organiza las comunicaciones en varios bloques especializados que abordan desde la valorización de residuos y el análisis del ciclo de vida de los materiales, hasta estrategias de circularidad urbana, experiencias de docencia aplicada y estudios experimentales centrados en nuevas materialidades. Cada comunicación se presenta mediante un capítulo independiente que incluye el texto completo revisado, material gráfico cuando corresponde, bibliografía estandarizada y resúmenes con palabras clave, lo que permite su consulta autónoma y su utilización en contextos académicos y profesionales.

La diversidad de procedencias de los autores y autoras es uno de los elementos más significativos del libro de actas. En él confluyen investigadores de universidades nacionales e internacionales —Valladolid, Burgos, Madrid, Sevilla, Málaga, Talca, CEU San Pablo, Kean University, entre otras— junto a profesionales del patrimonio, especialistas en economía circular y técnicos de instituciones públicas y privadas. La variedad de enfoques se traduce en un corpus de textos que cubre un espectro muy amplio: materiales reciclados aplicados a baldosas y paneles, prototipos para vivienda colectiva, urbanismo circular, estrategias de desmontaje y reconfiguración de sistemas estructurales, análisis sonoro y material, proyectos design-build con residuos, cerámica aditiva con componentes reciclados, rehabilitación energética mediante elementos textiles recuperados y estudios de impacto ambiental basados en vías de transición sostenible. Esta pluralidad no solo refleja la riqueza del congreso, sino que convierte el libro de actas en un referente documental imprescindible para cualquier investigador interesado en el cruce entre arquitectura, sostenibilidad y economía circular.

Un lugar destacado del volumen lo ocupa la sección dedicada al trabajo realizado por el alumnado del Máster en Arquitectura de la ETSAVA, donde se incluyen textos y materiales asociados a los prototipos del

ejercicio del *Refugio Simbólico*. Aunque estas piezas fueron presentadas físicamente en la exposición del congreso, su inclusión en el libro permite reconocer y documentar la contribución académica del máster al proyecto, reforzando el vínculo entre docencia avanzada, experimentación material y transferencia de conocimiento que caracteriza a RESTBUILT. Esta decisión editorial subraya que la investigación no es únicamente el resultado del trabajo académico tradicional, sino también de procesos pedagógicos innovadores que impulsan nuevas formas de pensar, diseñar y construir.

El libro de actas se completa con la reproducción de las ponencias invitadas, como la intervención de Arturo Franco titulada *INTRAHISTORIA*, y con un registro fotográfico que captura la atmósfera del congreso, la interacción entre los participantes y la exposición de prototipos. Este material contribuye a construir una memoria visual del evento que complementa los contenidos científicos y permite situar el congreso dentro del panorama actual de encuentros especializados en sostenibilidad aplicada a la arquitectura.



PORTADA DE LA PUBLICACIÓN LIBRO ACTAS (CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE ARQUITECTURA Y ECONOMÍA CIRCULAR)

En conjunto, la publicación del Libro de Actas no se limita a documentar un evento aislado, sino que actúa como un instrumento decisivo para consolidar la identidad científica del Proyecto RESTBUILT. Su ISBN garantiza su difusión en bibliotecas especializadas, repositorios universitarios y bases de datos académicas, asegurando que los trabajos presentados puedan ser citados, consultados y utilizados como referencia en investigaciones futuras. Con ello, el libro contribuye a ampliar el impacto del congreso y a proyectar el

trabajo desarrollado hacia un público internacional, transformando el conocimiento generado en un legado editorial duradero y accesible. Esta publicación representa, por tanto, un hito esencial en la estrategia de transferencia y difusión del proyecto, reforzando su dimensión investigadora y asegurando que su contribución permanezca activa en el debate contemporáneo sobre circularidad, innovación y sostenibilidad en arquitectura.

RETBUILT



4.5 LIBRO: “SILENCIOS DEL ARLANZA. PROPUESTA PARA UN REFUGIO SIMBÓLICO CON MATERIALES RECICLADOS”

10-11/25



La publicación *“Silencios del Arlanza. Propuesta para un Refugio Simbólico con materiales reciclados”* constituye una obra singular dentro del conjunto editorial generado por el Proyecto RESTBUILT, ya que reúne en un mismo volumen la dimensión conceptual del paisaje, la exploración arquitectónica del refugio y la experimentación material realizada por los estudiantes del Máster en Arquitectura de la ETSAVA. Este libro no es simplemente un catálogo de proyectos, sino un documento que recoge un proceso docente completo, un ejercicio de reflexión colectiva y un marco operativo para la reutilización creativa de residuos dentro del ámbito de la arquitectura contemporánea. En él convergen la investigación del proyecto RESTBUILT — centrada en la valorización del colchón como material de construcción—, la inspiración conceptual del proyecto *Socarrado* de Nomad Architects y el trabajo desarrollado por treinta estudiantes que, a partir de materiales recuperados, dieron forma a refugios mínimos insertos en el paisaje del Arlanza.

La publicación se abre situando el contexto general del proyecto piloto “Valorización de colchones usados como material de construcción”, impulsado por el Ayuntamiento de Valladolid y la Universidad de Valladolid en el marco del programa europeo INTERREG POCTEP Circular Ecosystems. Esta referencia inicial permite entender que los ejercicios incluidos en el libro no surgen de manera aislada, sino que forman parte de una estrategia más amplia que busca explorar nuevas formas de economía circular aplicadas a residuos domésticos problemáticos como el colchón. Desde ahí, el volumen introduce un eje temático central: la capacidad del refugio para convertirse en espacio de reflexión, de memoria y de síntesis entre territorio, materia y pensamiento arquitectónico. Este punto de partida conecta directamente con *Socarrado*, la intervención de Nomad Architects en Sabinas del Arlanza, cuya presencia en el documento no es anecdótica, sino fundacional: simboliza la transformación del residuo —en este caso, madera calcinada tras un incendio— en una estructura cargada de significado, capaz de resignificar el paisaje y devolverle una función simbólica.

Sobre esta base conceptual se articula el ejercicio desarrollado por el Máster en Arquitectura. El documento describe cómo el alumnado fue invitado a diseñar refugios mínimos utilizando materiales reciclados o recuperados, con especial atención a la potencialidad de los residuos procedentes de colchones, dentro del marco experimental del proyecto RESTBUILT. La elección del Parque Natural de Sabinas del Arlanza como contexto de trabajo no responde solo a motivos paisajísticos, sino también al deseo de vincular la arquitectura con un territorio que ha sufrido un fuerte impacto ambiental, lo que convierte cada propuesta en un gesto de recomposición simbólica y material. El ejercicio, por tanto, trasciende el ámbito estrictamente proyectual y se convierte en un laboratorio donde confluyen sostenibilidad, crítica territorial, innovación material y pedagogía activa.

El texto subraya la importancia del enfoque experimental del taller, que se apoya en dos líneas principales: por un lado, la incorporación de materiales residuales muy diversos —espumas, textiles, plásticos, metales, restos industriales o agrícolas— que permitieran a cada estudiante construir un lenguaje propio en torno a su refugio; por otro, la necesidad de pensar la arquitectura desde la ligereza, la reversibilidad y el bajo impacto, tomando como referencia los principios de economía circular que guían el proyecto RESTBUILT. De este modo, el libro evidencia cómo los límites derivados del uso de materiales reciclados no actúan como restricciones paralizantes, sino como detonantes de creatividad, abriendo caminos a soluciones no convencionales que desdibujan la frontera entre construcción, arte y experimentación.

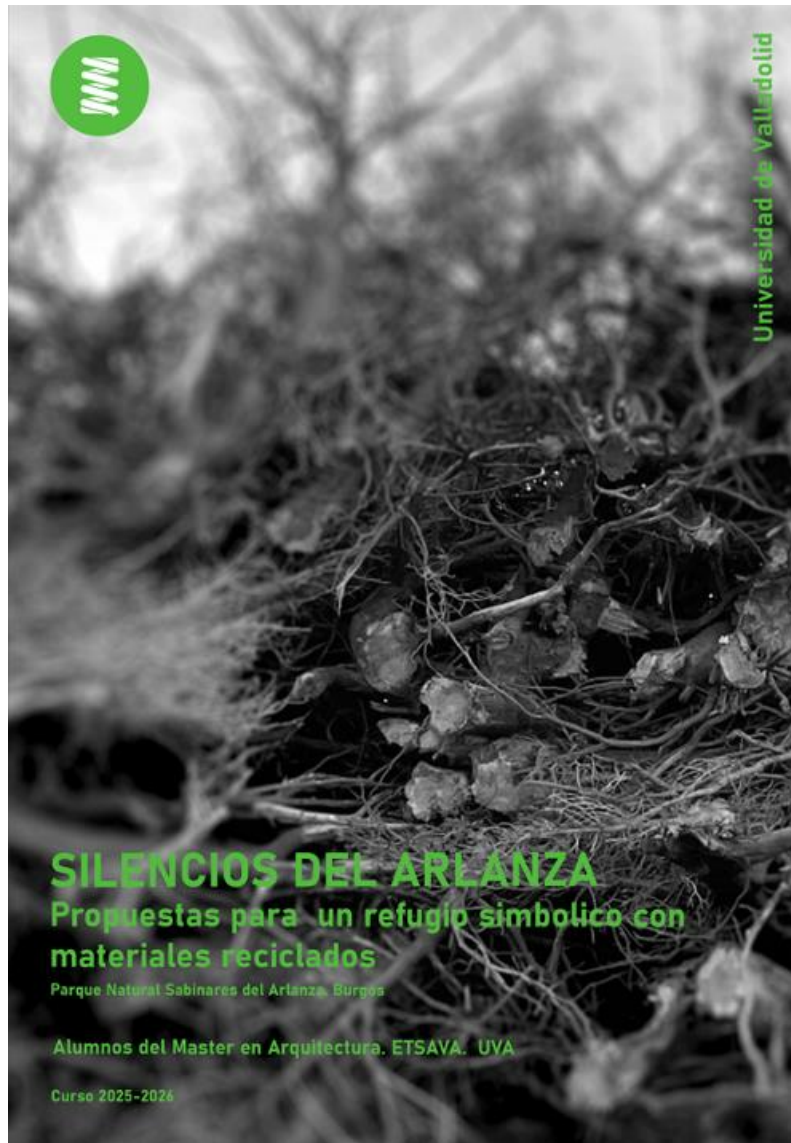
En este sentido, la publicación se convierte en un atlas de materiales recuperados: botellas de vino, residuos de paja, textiles domésticos, tetrabriks, botellas PET, garrafas, CDs, pallets, cañas de pescar, sillas de polipropileno, tuberías de fibra de vidrio, bolsas de plástico, residuos de bodegas, tejas cerámicas,

envoltorios de snacks, corcho, filtros de aire, antenas, ropa desechada, fichas de póker, lana de oveja, latas de aluminio, neumáticos y, naturalmente, colchones. Cada estudiante aborda el refugio desde un material distinto, no para imitar su lógica constructiva convencional, sino para reinventarla. El libro documenta estos procesos a través de paneles gráficos que muestran esquemas conceptuales, estudios de comportamiento físico, maquetas, planteamientos espaciales y reflexiones sobre el vínculo entre material y paisaje. Este despliegue de propuestas demuestra la diversidad de aproximaciones posibles ante un mismo reto y muestra, al mismo tiempo, cómo el trabajo individual contribuye a un discurso colectivo sobre la reutilización de residuos en arquitectura.

La publicación también recoge la dimensión narrativa y simbólica del proyecto. La noción de “silencio” asociada al Arlanza se convierte en catalizador de una arquitectura que no busca imponerse al territorio, sino revelarlo. Cada refugio actúa como una respuesta mínima a un paisaje herido, un gesto de resistencia que propone modos de habitar más atentos, más sensibles y más humildes. En este marco, el libro enfatiza que la arquitectura hecha con residuos no es solo un ejercicio técnico, sino también una reflexión sobre la fragilidad y la regeneración, sobre la memoria material y sobre el potencial transformador que puede tener aquello que la sociedad descarta.

La obra ofrece, además, una perspectiva pedagógica clara: documenta un ejercicio académico en el que el aula se convierte en espacio de experimentación real, donde los estudiantes no solo dibujan arquitectura, sino que manipulan materiales, reflexionan sobre su comportamiento, proponen sistemas constructivos y se enfrentan al desafío de proyectar desde la escasez. De este modo, la publicación evidencia la capacidad del Máster en Arquitectura para integrarse de manera activa en proyectos de investigación aplicada, aportando una dimensión creativa que complementa la vertiente técnica y científica del proyecto RESTBUILT.

En conjunto, *“Silencios del Arlanza. Propuesta para un Refugio Simbólico con materiales reciclados”* es una obra que amplía el alcance del proyecto RESTBUILT en dos direcciones simultáneas. Por un lado, consolida la dimensión experimental del proyecto, mostrando cómo los residuos —incluidos los de colchones, neumáticos o textiles— pueden ser transformados en arquitectura con sentido, con sensibilidad y con una clara dimensión ética. Por otro, ofrece un testimonio completo del trabajo desarrollado por los estudiantes del Máster, reivindicando el papel de la docencia como motor de innovación y como espacio de exploración que alimenta directamente las líneas de investigación del proyecto. La publicación documenta así un cruce fértil entre paisaje, materia, arquitectura y pedagogía, convirtiéndose en una pieza imprescindible para comprender la riqueza y profundidad del enfoque adoptado por RESTBUILT.



PORTADA PUBLICACIÓN SILENCIOS DEL ARLANZA. PROPUESTAS PARA UN REFUGIO SIMBÓLICO CON MATERIALES RECICLADOS.

RESTBUILT



4.6 REDES SOCIALES



PRINCIPIO A FIN

4.6.1.INTRODUCCIÓN

Las redes sociales han desempeñado un papel esencial en el desarrollo, consolidación y proyección pública del proyecto RESTBUILT, constituyéndose como una herramienta estratégica para documentar los avances, facilitar la transferencia del conocimiento generado y acercar la investigación a una audiencia amplia y diversa. Desde el inicio del proyecto, se entendió que la investigación sobre la valorización de colchones usados no debía quedar restringida al ámbito universitario ni al laboratorio, sino que debía abrirse a la sociedad, a los profesionales de la arquitectura y la construcción, a las entidades vinculadas a la gestión de residuos y, especialmente, a los estudiantes y jóvenes investigadores. Para ello, se crearon perfiles específicos en Facebook, Instagram, LinkedIn y TikTok, concebidos como canales de comunicación complementarios capaces de dar visibilidad a las distintas facetas del proyecto: formación, experimentación, divulgación, colaboración institucional y transferencia tecnológica.

El uso de estas plataformas ha permitido registrar en tiempo real el proceso completo del proyecto RESTBUILT, desde la fase inicial de recopilación documental y visitas al CTR gestionado por FCC Medio Ambiente, pasando por los talleres del Máster en Arquitectura y la elaboración de prototipos, hasta la celebración del Congreso Internacional sobre Arquitectura y Economía Circular y la publicación de los libros con ISBN. Cada paso, cada ensayo y cada actividad han quedado documentados en un archivo digital público que constituye una memoria paralela a los informes oficiales del proyecto. En este sentido, las redes sociales no han sido simples instrumentos de difusión, sino espacios de construcción colectiva del proyecto, en los que se ha puesto en valor el carácter procesual, colaborativo y abierto de la investigación.

Además de su función documental, las redes sociales han permitido fortalecer la dimensión divulgativa del proyecto. La complejidad técnica del reciclaje de colchones, la problemática ambiental asociada y las posibilidades de innovación en arquitectura son conceptos que requieren una comunicación accesible y pedagógica. A través de imágenes, vídeos breves, infografías y publicaciones explicativas, los perfiles del proyecto han logrado transmitir estos conocimientos de forma comprensible, generando un impacto social significativo y contribuyendo a sensibilizar a la ciudadanía sobre la importancia de la economía circular aplicada a la construcción. El formato visual ha sido particularmente útil para mostrar el desmontaje de colchones, la clasificación de materiales, las pruebas experimentales y los modelos realizados por los estudiantes, acercando al público general procesos que habitualmente permanecen ocultos.

En términos de transferencia de conocimiento, las redes sociales han servido como puente entre el ámbito académico y el sector profesional. LinkedIn ha permitido establecer conexiones con empresas, instituciones y equipos de investigación nacionales e internacionales, favoreciendo un intercambio continuo de experiencias, metodologías y referencias. Facebook e Instagram han funcionado como plataformas de comunidad, facilitando el contacto con estudiantes, docentes, asociaciones culturales y ciudadanos interesados en el proyecto. TikTok, por su parte, ha ofrecido un espacio más dinámico y directo, ideal para mostrar experimentos en formatos breves y atractivos, lo que ha permitido captar la atención de públicos más jóvenes y diversificados.

En definitiva, las redes sociales han actuado como un elemento vertebrador del proyecto RESTBUILT, reforzando su identidad pública, ampliando su alcance y asegurando que los aprendizajes y resultados generados no queden restringidos a un círculo reducido, sino que contribuyan a un debate más amplio sobre sostenibilidad, innovación material y prácticas arquitectónicas responsables. Gracias a ellas, el proyecto ha

podido trascender sus límites físicos y temporales, construir una comunidad de interés y establecer una narrativa accesible, plural y abierta que acompaña y potencia su dimensión investigadora y docente.

4.6.2. EJEMPLOS DE PUBLICACIONES SUBIDAS

Dentro del repertorio de contenidos compartidos en las redes sociales del proyecto RESTBUILT, las publicaciones dedicadas a arquitecturas contemporáneas realizadas con materiales reutilizados desempeñan un papel fundamental en la construcción del discurso visual y conceptual del proyecto. Estos ejemplos no se presentan como simples referencias formales, sino como instrumentos pedagógicos que permiten abrir el debate sobre las posibilidades reales de una arquitectura basada en la transformación creativa de residuos. En esta línea se inscriben dos de las publicaciones destacadas del proyecto: la dedicada a la *Galería de Muebles* de Chybik+Kristof y la del *Naju Art Museum* de Hyunje Joo-Baukunst. En el primer caso, la fachada se construye mediante la acumulación sistemática de sillas reutilizadas, generando una envolvente vibrante que cuestiona la noción tradicional de piel arquitectónica y demuestra cómo un objeto cotidiano, descartado de su función original, puede adquirir un rol estructural, espacial y simbólico dentro de una nueva arquitectura. En el segundo ejemplo, el museo coreano hace uso de miles de hueveras de plástico reciclado, ensambladas para construir una piel translúcida que tamiza la luz, crea texturas cambiantes y dota al edificio de una atmósfera etérea. Este proyecto evidencia la capacidad de un material humilde y aparentemente insignificante para convertirse en un recurso arquitectónico de alto valor expresivo y ambiental.

Ambas publicaciones comparten un objetivo común: mostrar a los seguidores del proyecto que la reutilización de materiales no es solo una estrategia medioambiental, sino un motor de innovación estética y proyectual. Estos casos permiten ilustrar cómo la circularidad puede operar a distintas escalas —desde la pieza mínima reutilizada hasta la envolvente completa de un edificio— y cómo los residuos pueden generar nuevas geometrías, porosidades y sistemas constructivos. Además, su difusión en redes sociales refuerza la dimensión internacional del proyecto RESTBUILT, conectando la investigación local sobre colchones con ejemplos globales de arquitecturas producidas a partir de residuos recuperados, y demostrando que el trabajo del equipo y del Máster en Arquitectura de la ETSAVA forma parte de un movimiento más amplio de transformación material.

El uso de estos proyectos como contenido divulgativo sirve también como herramienta para estimular el pensamiento crítico del alumnado implicado en el proyecto y para mostrarles cómo las prácticas de reutilización pueden adoptar múltiples lenguajes y configuraciones. En el contexto del ejercicio del *Refugio Simbólico*, este tipo de publicaciones ha permitido a los estudiantes ampliar su imaginario material, descubrir nuevas formas de manipular residuos y comprender que la innovación no surge solo del laboratorio, sino también del diálogo con obras de referencia que investigan, a su manera, la relación entre arquitectura, materialidad y sostenibilidad. La selección de proyectos que reutilizan sillas o hueveras evidencia que cualquier material, por insignificante que parezca, puede ser recontextualizado como elemento arquitectónico si se aborda con inteligencia técnica y sensibilidad estética.

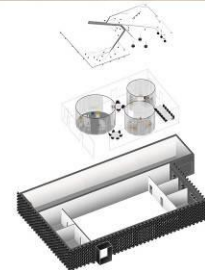
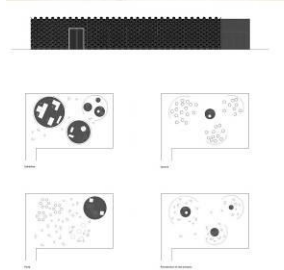
En conjunto, estas publicaciones demuestran que las redes sociales de RESTBUILT no se limitan a comunicar avances del proyecto, sino que funcionan como un espacio de reflexión y de formación visual que conecta la investigación experimental del equipo con prácticas arquitectónicas internacionales basadas en la circularidad. Su presencia en Instagram, Facebook o LinkedIn contribuye a situar el proyecto dentro del debate contemporáneo sobre innovación material y a fomentar una cultura arquitectónica más consciente, crítica y abierta a la reutilización creativa de residuos.



NAJU ART MUSEUM Hyunje Joo_Baukunst



GALERÍA DE MUEBLES
CHYBIK+KRISTOF



EJEMPLOS DE PUBLICACIONES SUBIDAS A NUESTRAS REDES SOCIALES

RETBUILT



4.7 PRENSA, RADIO Y OTROS MEDIOS

El Confidencial

Inicio sesión

España Castilla y León

O₂

Desde 0€

Galaxy A16

Fibra 1Gb
Móvil 5G+
350 GB

50€
Precio final

M+

ESTUDIO DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Ese colchón desvencijado que acabas de tirar a la basura puede ser el futuro de la construcción

Un programa de investigación de la Universidad de Valladolid los utiliza para elaborar baldosas y material aislante. En algunos casos mejoran los productos actuales y resultan más baratos



Un operario durante la investigación sobre los colchones para su reutilización. (Cedida)

PRINCIPIO A FIN

4.7.1 INTRODUCCIÓN

En el transcurso del proyecto RESTBUILT han sido numerosos los medios de comunicación que se han hecho eco de las actividades desarrolladas, mostrando un creciente interés por la innovación que representa la reutilización de colchones como recurso para la construcción. Tanto **prensa escrita como radio y medios digitales** han contactado con el equipo investigador para difundir los objetivos, avances y resultados del proyecto, contribuyendo de manera significativa a su visibilidad pública. Este interés mediático ha permitido acercar la investigación a un público más amplio, sensibilizando sobre la problemática del residuo de colchones y destacando la importancia de integrar la economía circular en el ámbito urbano y constructivo. Además de entrevistas y reportajes en prensa local y regional, se han realizado intervenciones en **emisoras de radio**, y algunos de los contenidos generados han sido compartidos a través de **plataformas online, redes sociales institucionales** y medios universitarios, ampliando el impacto del proyecto más allá del entorno académico. Esta cobertura ha servido también para reforzar la dimensión divulgativa de RESTBUILT, consolidándolo como una experiencia de referencia en el territorio y generando nuevas oportunidades de colaboración con agentes sociales, empresariales y educativos.



EL PROYECTO RESTBUILT EN EL DÍA DE VALLADOLID

4.7.2 ENTREVISTAS EN RADIO

Cadena Ser Valladolid. Programa Hoy Por Hoy.

15-10-25. 13:30h

Onda Cero Valladolid, Programa Más de Uno.

22-10-25. 13:00h

Radio 5 RNE. Informativo Local.

27-10-25. 8:45h

4.7.3 REPORTAJES Y NOTICIAS EN PRENSA

Diario de Valladolid. “Valladolid impulsa un proyecto que da una nueva vida a los colchones”.

21-10-25

<https://www.diariodevalladolid.es/especiales/251021/276104/valladolid-impulsa-proyecto-da-nueva-vida-colchones.html>

El día de Valladolid. “La UVa crea un congreso sobre arquitectura y economía circular”

13-10-2025

<https://www.eldiadevalladolid.com/noticia/zfdf639bb-25a0-4221-898c61aa41fa3823/202510/la-uva-crea-un-congreso-sobre-arquitectura-y-economia-circular>

Tribuna de Valladolid. “Valladolid impulsa un proyecto que recicla colchones para la construcción”.

17-10-25

<https://www.tribunavalladolid.com/noticias/420950/valladolid-impulsa-un-proyecto-que-recicla-colchones-para-la-construccion>

EL confidencial Castilla y León “Ese colchón desvencijado que acabas de tirar a la basura puede ser el futuro de la construcción”

11-11-2025

https://www.elconfidencial.com/espana/castilla-y-leon/2025-11-11/reciclaie-colchones-construccion-medioambiente-1hms_4242175/

4.7.4 OTROS MEDIOS

Novaciencia. “Cómo reciclar colchones usados como material de construcción”

16-10-2025

<https://novaciencia.es/como-reciclar-colchones-usados-como-material-de-construccion/>

Gabinete de comunicación de la Universidad de Valladolid “Un congreso en Arquitectura de la UVA presenta el proyecto RestBuilt para reducir el impacto ambiental de los colchones viejos”.

17-10-2025

https://comunicacion.uva.es/es_ES/detalle/Un-congreso-en-Arquitectura-de-la-UVa-presenta-el-proyecto-RestBuilt-para-reducir-el-impacto-ambiental-de-los-colchones-viejos/

Ayuntamiento de Valladolid “Valladolid impulsa un nuevo proyecto para reducir el impacto ambiental de los colchones”

17-10-25

<https://www.valladolid.es/es/actualidad/noticias/valladolid-impulsa-nuevo-proyecto-reducir-impacto-ambiental>

Agencia de Innovación y desarrollo Ideva “Congreso Internacional RestBuilt - Escuela de Arquitectura de Valladolid”

17-10-2025

<https://www.ideva.es/eventos-congreso-restbuilt-valladolid>

Fundación Universidad de Valladolid. “Restbuilt se presenta en el Congreso Internacional de Arquitectura y Economía Circular.”

20-10-2025

<https://fundacion.uva.es/noticias/proyecto-restbuilt/>

Construible.es. “El proyecto RestBuilt impulsa el reciclaje de colchones para su uso en la construcción sostenible”

22-10-2025

<https://www.construible.es/2025/10/22/proyecto-restbuilt-impulsa-reciclaje-colchones-uso-construccion-sostenible>

4.7.5 VIDEO DEL CONGRESO

El congreso fue filmado íntegramente por el servicio de Medios Audiovisuales de la Universidad de Valladolid y está disponible en YouTube en el Repositorio ONLINE de la UVA con acceso libre.

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLSbo9kXALcxifhgo93JDBwrOBgaMwQRP>

 YouTube^{ES}

Buscar



RESTBUILT. CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE ARQUITECTURA Y ECONOMÍA CIRCULAR. INAUGURACIÓN DE LA JORNADA

 UVa_Online
117 K suscriptores

Suscribirse

 0 

 Compartir

 Descargar

...

17 visualizaciones hace 13 días UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
RESTBUILT. CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE ARQUITECTURA Y ECONOMÍA CIRCULAR. INAUGURACIÓN DE LA JORNADA
...más

RESTBUILT



4.8 TRABAJO DE FIN DE GRADO

"Nuevas oportunidades de la materia. Arquitectura experimental en Valladolid con colchones fuera de uso."

Autor Iker Diaz. Alumno ETSAVA

EN DESARROLLO



4.8.1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura contemporánea se encuentra en un momento de profunda revisión frente a las crecientes exigencias ambientales, sociales y económicas derivadas del actual modelo de producción y consumo. En este contexto, el concepto de economía circular se ha posicionado como uno de los ejes fundamentales para la transformación del sector de la construcción, tradicionalmente vinculado al alto consumo de recursos y a la generación masiva de residuos. El reciclaje de materiales y la reutilización de componentes en nuevas soluciones constructivas no solo permiten reducir la presión sobre el medio ambiente, sino que también abren nuevas vías de innovación, diseño y experimentación arquitectónica.

En este marco general, el presente Trabajo de Fin de Grado surge como derivación académica y proyectual de un proceso de investigación aplicada desarrollado en colaboración entre la Universidad de Valladolid y el Ayuntamiento de la ciudad, centrado en el reciclaje de colchones fuera de uso como fuente de materiales alternativos para la construcción sostenible. Esta iniciativa ha permitido investigar el ciclo de vida del colchón como residuo voluminoso, analizar sus componentes potencialmente reutilizables y explorar su comportamiento técnico en nuevos ensamblajes arquitectónicos. El TFG se plantea, por tanto, como una continuación lógica y comprometida con dicho proceso, con el objetivo de trasladar ese conocimiento técnico-teórico al ámbito del proyecto de arquitectura.

El colchón, como objeto cotidiano, contiene en su interior una estructura material rica y compleja: capas de espumas de poliuretano, muelles metálicos, textiles y tejidos no tejidos, fieltros, cinchas o mecanismos de refuerzo. En condiciones normales, estos elementos son desechados sin un tratamiento diferenciado, lo que los convierte en uno de los residuos más difíciles de gestionar en las plantas de tratamiento municipales. Sin embargo, cuando se descompone adecuadamente y se clasifica por fracciones, este residuo ofrece un potencial real de aprovechamiento en componentes constructivos alternativos, sobre todo en sistemas de aislamiento, relleno, amortiguación, o incluso como parte de estructuras ligeras.

La ciudad de Valladolid se convierte en el marco territorial idóneo para esta propuesta. No solo por su implicación institucional en el proyecto de investigación que da origen al TFG, sino también por el momento de transformación que atraviesa su Centro de Tratamiento de Residuos (CTR), actualmente en proceso de reforma. Este escenario abre una ventana de oportunidad para imaginar nuevas formas de interacción entre los residuos urbanos generados a nivel local y su aplicación en soluciones arquitectónicas, apostando por un modelo de ciudad más sostenible, circular y autosuficiente en términos materiales.

Este TFG tiene como propósito principal desarrollar un prototipo arquitectónico a pequeña escala, que incorpore materiales procedentes de colchones reciclados como parte fundamental de su sistema constructivo. El objetivo es doble: por un lado, demostrar la viabilidad técnica y proyectual de estos materiales en la arquitectura; y por otro, evaluar comparativamente su impacto ambiental y económico frente a soluciones constructivas convencionales. Para ello, se llevará a cabo un análisis de ciclo de vida (ACV) simplificado que permita estimar la reducción de emisiones de CO₂ y el ahorro de costes en la versión circular del proyecto.

4.8.2. NOMBRE ELEGIDO

El título “Nuevas oportunidades de la materia. Arquitectura experimental en Valladolid con colchones fuera de uso” responde directamente a la naturaleza y a los objetivos fundamentales de este Trabajo de Fin de

Grado, que nace como una prolongación académica y proyectual del proyecto de investigación RESTBUILT, promovido por el Ayuntamiento de Valladolid en colaboración con la Universidad de Valladolid, en el marco del programa europeo INTERREG POCTEP Circular Ecosystems.

RESTBUILT investiga la valorización de residuos domésticos —y en particular del colchón fuera de uso— como nuevo recurso técnico, con el objetivo de generar soluciones constructivas que respondan a los principios de la economía circular. Este TFG se enmarca dentro de esa misma línea de trabajo, con el propósito específico de trasladar los resultados de la investigación a un caso práctico y arquitectónico concreto: el diseño y construcción de un prototipo de refugio o vivienda mínima, desarrollado íntegramente con materiales reciclados derivados del residuo colchón.

El término “nuevas oportunidades de la materia” hace alusión a la capacidad de resignificar materiales considerados residuos, revelando su potencial oculto como recursos constructivos. A través de un proceso de experimentación proyectual, técnica y territorial, el trabajo busca activar una lectura crítica sobre los modelos actuales de producción material en arquitectura y proponer alternativas más sostenibles, responsables y replicables.

El uso de la expresión “arquitectura experimental” enfatiza el carácter exploratorio de la propuesta, que se mueve entre la investigación aplicada, el ensayo proyectual y la construcción real de un prototipo. El ámbito geográfico de Valladolid señala el compromiso territorial del trabajo, vinculado a un contexto urbano específico donde se desarrolla tanto la investigación como la aplicación constructiva.

En conjunto, el título resume la esencia del TFG: un ejercicio académico que no se limita a la reflexión teórica, sino que lleva la investigación al terreno de la acción, ensayando soluciones tangibles a partir de un residuo complejo, y contribuyendo así al debate actual sobre la sostenibilidad y la circularidad en la arquitectura contemporánea.

4.8.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO

La estructura que sigue este Trabajo de Fin de Grado responde a una lógica progresiva que permite abordar el objeto de estudio —el colchón fuera de uso como recurso arquitectónico— desde tres escalas complementarias: la científica, la técnica y la proyectual. Esta secuencia responde tanto a la naturaleza del trabajo como a su contexto de origen, al tratarse de un TFG que deriva directamente de un proyecto de investigación aplicada en curso, con implicaciones reales a nivel institucional, territorial y constructivo.

En primer lugar, el trabajo se inicia con una aproximación al contexto académico e investigador en el que se enmarca. Esta parte tiene como finalidad mostrar el proceso vivido como estudiante colaborador dentro del proyecto RESTBUILT, y destacar el valor del TFG como herramienta de transferencia y aplicación del conocimiento generado en ese contexto. En este primer bloque se detallan las fases de la investigación, desde la búsqueda de documentación hasta la interacción con empresas, la participación en congresos, la publicación de artículos científicos, la realización de ensayos y las distintas estrategias de divulgación. Esta parte busca evidenciar cómo un TFG puede trascender su dimensión académica habitual para convertirse en una pieza operativa dentro de una investigación más amplia, actuando como puente entre el mundo universitario, la realidad profesional y la transformación material del entorno.

En segundo lugar, el trabajo entra en una fase de análisis técnico centrado en el colchón como materia residual. Este bloque tiene como objetivo explicar, desde un punto de vista objetivo y riguroso, por qué el

colchón representa un desafío ambiental y una oportunidad arquitectónica. Se analizan su ciclo de vida, sus tipologías, los materiales que lo componen, los problemas asociados a su reciclaje, el coste económico de su gestión y el impacto ambiental que genera su disposición final. Esta parte también recoge el estado del arte sobre iniciativas existentes a nivel nacional e internacional, incluyendo proyectos de valorización industrial como los promovidos por el Mattress Recycling Council, RENUVA o Neveon, así como las conclusiones técnicas extraídas de las colaboraciones con universidades y empresas del sector. De este modo, se ofrece una base técnica y contextual necesaria para justificar su utilización en arquitectura y sentar las bases del apartado proyectual.

Por último, la tercera parte del TFG se dedica al desarrollo de un caso práctico: el diseño de un pequeño pabellón o vivienda mínima utilizando colchones reciclados como sistema constructivo principal. Este ejercicio proyectual tiene como objetivo comprobar, en condiciones reales, la viabilidad de aplicar los principios de la economía circular a la arquitectura mediante el uso directo de residuos sin necesidad de transformación industrial compleja. En esta parte se desarrolla el prototipo en todas sus dimensiones —constructiva, espacial, funcional y territorial—, y se realiza una comparativa directa con una solución equivalente construida con materiales convencionales. Esta comparación incluye criterios de impacto ambiental (a través de un análisis de ciclo de vida simplificado), costes económicos, facilidad de montaje y replicabilidad. El resultado es una reflexión crítica y aplicada sobre las posibilidades reales de los materiales reciclados en arquitectura, que pretende aportar nuevas miradas a la práctica profesional y académica.

4.8.4. CONCLUSIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado adquiere su sentido pleno al ser concebido como una pieza activa dentro del engranaje del proyecto de investigación RESTBUILT, más allá de su función académica como cierre del ciclo formativo universitario. Desde su origen, el TFG ha estado directamente vinculado a una línea de investigación aplicada impulsada por el Ayuntamiento de Valladolid y la Universidad de Valladolid, orientada a explorar nuevas estrategias de economía circular en el ámbito de la construcción a través de la valorización de residuos complejos como el colchón doméstico fuera de uso.

En este contexto, el TFG no solo se beneficia del marco científico, técnico e institucional del proyecto, sino que contribuye de forma directa al desarrollo, extensión y aplicación de sus objetivos, especialmente en lo que respecta a la experimentación proyectual y a la puesta en valor territorial del conocimiento generado. Gracias a este trabajo se ha podido llevar la investigación un paso más allá, materializando en un caso práctico —el diseño de un prototipo habitable— muchas de las hipótesis, ideas y datos obtenidos a lo largo del proceso general de RESTBUILT.

El TFG aporta además un enfoque integrador, al reunir en un mismo documento la experiencia personal del estudiante dentro de un equipo de investigación, el análisis técnico del residuo, el estudio del estado del arte y la aplicación arquitectónica concreta. Esta mirada transversal refuerza el carácter aplicado y transferible del proyecto, demostrando cómo el conocimiento generado en la universidad puede dar lugar a soluciones tangibles que impactan en el entorno y contribuyen al cambio de paradigma en el sector de la construcción.

PROPUESTA DE TRABAJO PARA EL
“PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
SOBRE VALORIZACIÓN DE
COLCHONES COMO MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN DE LA UNIVERSIDAD
DE VALLADOLID (UVA)”.

Informe de progreso 12/11/2025

Grupo de Investigación en Ingeniería de la Edificación (GIE)
Universidad de Burgos

Destinatario: Javier Arias Madero (UVA)
javier.arias@uva.es

Índice

1	INTRODUCCIÓN	3
2	MATERIAS PRIMAS.....	4
2.1	Escayola A1	4
2.2	Cemento	5
2.3	Arena	6
2.4	Residuo colchones	7
2.4.1	Colchón “A” (Viscoelástico + Muelles)	8
2.4.2	Colchón “B” (Poliuretano)	11
2.5	Técnicas instrumentales en el residuo	14
2.5.1	Análisis Elemental (CHNS)	14
2.5.2	Análisis termogravimétrico (TGA)	15
2.5.3	Granulometría por difracción de rayos láser	16
2.5.4	Microscopía electrónica de barrido (SEM)	17
3	MEZCLAS/ MORTAR MIXTURES	19
4	EXPERIMENTAL Y RESULTADOS MORTEROS DE YESO.....	20
4.1	Relación agua/yeso.....	20
4.1.1	Descripción ensayo	20
4.1.2	Resultados	20
4.2	Densidad en estado fresco	21
4.2.1	Descripción del ensayo.....	21
4.2.2	Resultados	21
4.3	Principio de fraguado	22
4.3.1	Descripción del ensayo.....	22
4.3.2	Resultados	22
4.4	Densidad en estado endurecido.....	23
4.4.1	Descripción del ensayo.....	23
4.4.2	Resultados	23
4.5	Determinación de la dureza shore C	24
4.5.1	Descripción del ensayo.....	24
4.5.2	Resultados	24
4.6	Resistencias mecánicas.....	25
4.6.1	Descripción del ensayo.....	25



4.6.2	Resultados	26
4.7	Absorción de agua por capilaridad	28
4.7.1	Descripción del ensayo.....	28
4.7.2	Resultados	28
4.8	Absorción total de agua a presión atmosférica.....	29
4.8.1	Descripción del ensayo.....	29
4.8.2	Resultados	29
4.9	Adherencia.....	30
4.9.1	Descripción del ensayo.....	30
4.9.2	Resultados	31
4.10	Ensayo de NO combustibilidad.....	32
4.10.1	Descripción del ensayo.....	32
4.10.2	Resultados	33
4.11	Permeabilidad al vapor de agua	34
4.11.1	Descripción ensayo	34
4.11.2	Resultados	35
4.12	Conductividad Térmica.....	36
4.12.1	Descripción ensayo	36
4.12.2	Resultados	36



1 INTRODUCCIÓN

El presente informe desarrolla, de forma parcial, la “Propuesta de trabajo para el Proyecto de investigación sobre valorización de colchones como material de construcción de la Universidad de Valladolid (UVA)”. A medida que se avance en el trabajo, se enviarán actualizaciones de este a la Universidad de Valladolid. De esta forma, podrán realizar un seguimiento continuado de la investigación que se está realizando.

En la propuesta se establecía el estudio y fabricación de una gama de morteros aligerados con base yeso/cemento a los que se incorporaran residuos de colchones depositados en vertedero. El residuo que se planteaba utilizar se genera como residuo puro o como mezcla de componentes (textil, metal, poliuretano).

Se van a estudiar con 2 tipos de morteros: dos en base yeso y dos en base mortero.

El plan de trabajo se articula en dos fases:

Fase 1. Caracterización de los residuos enviados.

Fase 2. Búsqueda de las proporciones adecuadas para las sustituciones de materia prima por residuos.

Caracterización físico-química-mecánica-microscópica de las dosificaciones más óptimas.

En el Apartado 2 del informe se presentan los resultados de la Fase 1, y en los Apartados 3, 4 y 5 los resultados de la Fase 2.

2 MATERIAS PRIMAS

En este apartado se describen los materiales necesarios para la fabricación de las distintas mezclas.

2.1 Escayola A1

Se ha utilizado una escayola tipo A1, se trata de un tipo de yeso especialmente fino y puro (Figura 2.1.). Se caracteriza por su alta blancura, su gran finura de grano, y sus buenas propiedades mecánicas para la ejecución de elementos prefabricados y revestimientos.

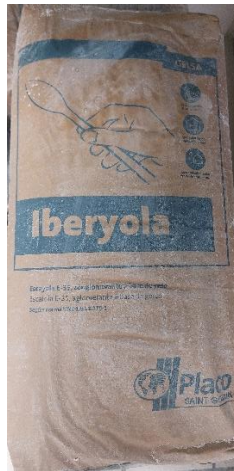


Figura 2.1. Escayola empleada

En la Figura 2.2. se muestra la tabla de características del material, facilitada por el fabricante.

Characteristic	Value
Norms	EN 13279,Gypsum binders and gypsum plasters. Definition, requirements and test methods
Thermal conductivity	0.30 W/m.K (GA, MN, SO, SN); 0,34 (VA) (acc. UNE-EN 13279-1). Values for the calculation of the characteristic parameters and interior partitions according to CTE-DB-HE-1.
Water vapour diffusion factor μ	6
Fire Reaction (EN Standard)	A1
Flexural strength	(MN, SN, VA) >3 N/mmm ² ; (GA y SO) >3,5 N/mmm ²
Purity Index (%)	(MN, SN, VA) >90; (GA y SO) >92
Granulometry	0-0.2 mm
Quantity of water per kg of powder	(MN, GA, VA) 0.8-1 L/kg; (SN y SO) 0.7-0.8 L/kg
PH	> 6

Figura 2.2. Tabla de características de la escayola empleada¹

¹ <https://www.placo.es/documents/fichas-tecnicas/ft-iberyola-en.pdf>

2.2 Cemento

Se utiliza cemento CEM I 52.5R en todas las dosificaciones (Figura 2.3), ya que su contenido en Clinker es superior al 95% y no contiene otro tipo de adiciones que varíen los resultados.



Figura 2.3. Cemento empleado

En la Figura 2.4. se muestra la tabla de características del material, facilitada por el fabricante.

	Características del cemento	Norma	Habitual
Componentes*	Clínker (%)	95-100	98
	Caliza (L) (%)	0-5	2
	Cenizas Volantes (V) (%)	-	-
	Escoria Siderúrgica (S) (%)	-	-
	Regulador de fraguado, "yeso" (%)	-	5
Químicas	Trióxido de azufre (SO ₃) (%)	≤ 4,0	3,0
	Cloruros (Cl) (%)	≤ 0,10	0,020
	Pérdida por calcinación(%)	≤ 5,0	1,5
	Residuo insoluble (%)	≤ 5,0	0,6
Físicas	Superficie específica Blaine (cm ² /g)	-	5200
	Expansión Le Chatelier (mm)	≤ 10	0
	Tiempo de inicio de fraguado (minutos)	≥ 45	152
	Tiempo final de fraguado (minutos)	-	238
Mecánicas	Compresión a 1 día (MPa)	-	27
	Compresión a 2 días (MPa)	≥ 30,0	40
	Compresión a 7 días (MPa)	-	53
	Compresión a 28 días (MPa)	≥ 52,5	65

Figura 2.4. Tabla de características del cemento empleado²

² <https://www.valderriwas.es/wp-content/uploads/2021/06/240317-FT-CEM-I-525-R.pdf>

2.3 Arena

Se trabaja con una arena silícica lavada con una densidad aparente de 1673 kg/m^3 .

Para conocer la distribución de los tamaños de grano del árido, se realiza un análisis granulométrico del material. La batería de tamices utilizada incluye los tamices de luz de malla de 8.00, 4.00, 2.00, 1.00, 0.50, 0.25, 0.125 y 0.063 mm (Figura 2.5).



Figura 2.5. Batería de tamices para granulometría (izquierda) y bandejas con el árido separado por tamaño (derecha)

La Tabla 2.1. y la Figura 2.6 muestran los resultados del análisis granulométrico del árido.

Para los morteros de la Fase 2 del estudio, se utiliza todo lo que pasa del tamiz 4.00 mm, es decir, TMA $< 4.00 \text{ mm}$ (arena 0/4).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO						
Luz Tamiz mm	Retenido (gramos)		% Retenido		% Pasa	
	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado
8.000	0.00	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
4.000	29.60	29.60	3.53%	3.53%	96.47%	96.47%
2.000	111.20	140.80	13.27%	16.80%	86.73%	83.20%
1.000	134.50	275.30	16.05%	32.86%	83.95%	67.14%
0.500	152.70	428.00	18.22%	51.08%	81.78%	48.92%
0.250	197.90	625.90	23.62%	74.70%	76.38%	25.30%
0.125	136.10	762.00	16.24%	90.94%	83.76%	9.06%
0.063	53.50	815.50	6.39%	97.33%	93.61%	2.67%
Filler	22.40	837.90	2.67%	100.00%	97.33%	0.00%
	837.90		100.00%			
Módulo de finura (MF)			2.70%			

Tabla 2.1. Tabla resultados de la granulometría del árido

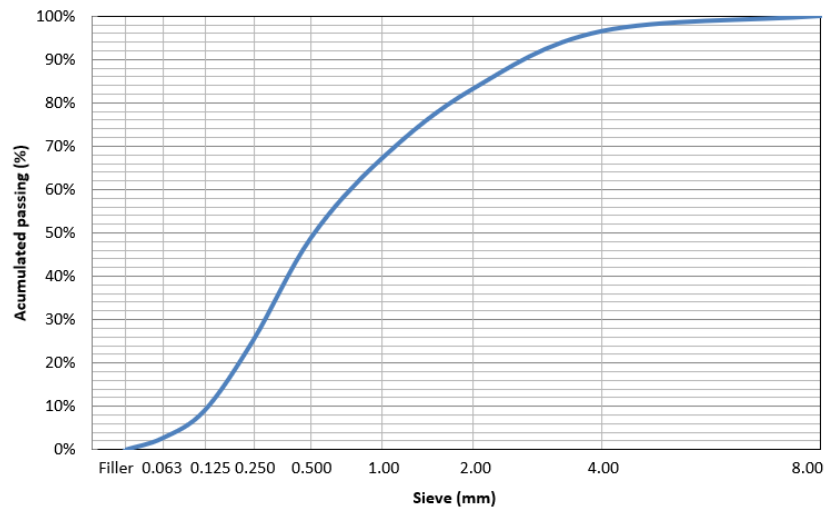


Figura 2.6. Curva granulométrica del árido

2.4 Residuo colchones

El residuo es suministrado por la empresa XXX ubicada en XXX y gestora de desechos de colchones.

Llegan dos tipos de residuos distintos, ambos sin triturar.

Por lo tanto, para poder ser incorporado a los morteros, se procede a partirlos en trozos más pequeños para poder ser picado en una trituradora marca Retsch tipo SM 100 Rostfrei (Figura 2.7). El molino tiene incorporado un tamiz de 2 mm, siendo este el mayor tamaño de partícula de nuestro residuo procesado.



Figura 2.7. Trituradora empleada para procesar el residuo

Los residuos vienen nombrados de la siguiente manera:

- Colchón "A" (Viscoelástico + Muelles) (Figura 2.8)
- Colchón "B" (Poliuretano) (Figura 2.13)

2.4.1 Colchón "A" (Viscoelástico + Muelles)

Del residuo tipo A (Viscoelástico + Muelles), llega una cantidad aproximada de 3.5 kg (Figura 2.8), el cual se debe seleccionar, trocear y triturar.

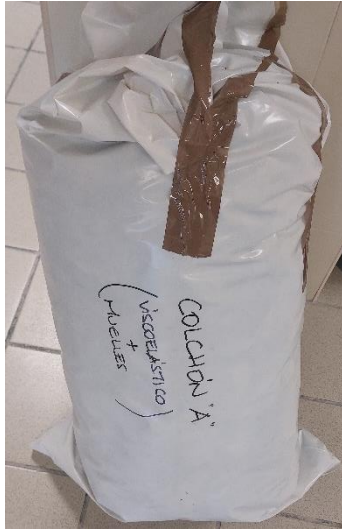


Figura 2.8. Saco de colchón "A" y aspecto del residuo "A"

Para que se proceda al triturado del residuo de poliuretano, antes se debe separar todo aquel material que no se puede llegar a meter en la trituradora (Figura 2.9), y todo lo que no se pueda cortar en trozos más pequeños.



Figura 2.9. Aspecto de parte de residuo desechado antes de cortar y triturar

Procesado del residuo

Este proceso consume tiempo y energía, por lo que se anota (Tabla 2.2) lo que se tarda en cortar en dados y triturar 1kg de residuo (Figura 2.10). De esta forma podemos extrapolar este resultado a cualquier cantidad de residuo con el que se trabaje.

POLYURETHANE PROCESSING			
CUTTING TIME (min/Kg)	GRINDING TIME (min/Kg)	GRINDING TIME (h/Kg)	ENERGY CONSUMPTION (Kwh/Kg)
210	250	4.19	6.29

Tabla 2.2. Consumos de tiempo y energía para procesar 1 kg de residuo "A"

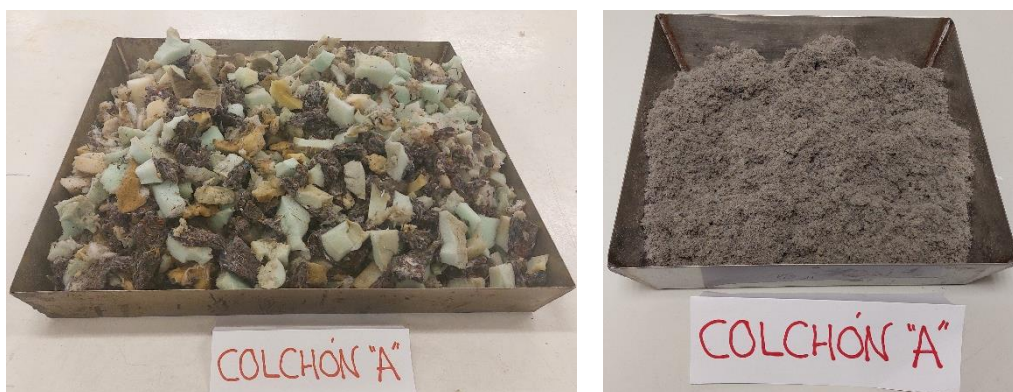


Figura 2.10. Aspecto residuo "A" cortado (izquierda), aspecto residuo "A" triturado (derecha)

En el caso de este residuo, parte que se queda entre las cuchillas y el tamiz y no acaba de ser triturado. En la siguiente imagen (Figura 2.11) se ve el aspecto del residuo que no ha pasado por la trituradora.



Figura 2.11. Residuo "A" que no consigue picar y tamizar la máquina

Caracterización del residuo

Se calcula tanto la densidad aparente, como la densidad real del residuo una vez triturado (Figura 2.12), se recogen los datos del ensayo en la Tabla 2.3.

Para el cálculo de la densidad real se utiliza el método del picnómetro donde se tiene que realizar los siguientes pesos:

Peso picnómetro vacío

Peso picnómetro + muestra

Peso picnómetro + muestra + líquido: M_1

Peso picnómetro + líquido: M_2

Densidad del líquido empleado: d_l

m_e : (Peso picnómetro + muestra) – Peso picnómetro vacío

Y se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$d_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} d_l$$



Figura 2.12. Densidad aparente residuo "A" (izquierda) y densidad real residuo "A" (derecha)

Apparent density (Kg/m ³)	Real density (Kg/m ³)
71.84	1096.87

Tabla 2.3. Densidades del residuo "A" procesado

2.4.2 Colchón "B" (Poliuretano)

La cantidad de residuo de colchón tipo B (Poliuretano), que llega al laboratorio, es de aproximadamente 1.5 kg, (Figura 2.13).



Figura 2.13. Saco de colchón "B" (izquierda) y aspecto del residuo "B" (derecha)

Para que se proceda al cortado y triturado del residuo de poliuretano, antes se debe separar todo aquel material que no se puede llegar a meter en la trituradora (Figura 2.14).



Figura 2.14. Aspecto material desechado para el picado

Procesado del residuo

Este proceso consume tiempo y energía, por lo que se anota (Tabla 2.4) lo que se tarda en cortar en dados y triturar 1kg de residuo (Figura 2.15). De esta forma podemos extrapolar este resultado a cualquier cantidad de residuo con el que se trabaje.

POLYURETHANE PROCESSING			
CUTTING TIME (min/Kg)	GRINDING TIME (min/Kg)	GRINDING TIME (h/Kg)	ENERGY CONSUMPTION (Kwh/Kg)
140	130	2.18	3.27

Tabla 2.4. Consumos de tiempo y energía para procesar 1 kg de residuo "B"



Figura 2.15. Aspecto residuo "B" cortado (izquierda), aspecto residuo "B" triturado (derecha)

Caracterización del residuo

Se calcula tanto la densidad aparente, como la densidad real del residuo una vez triturado (Figura 2.16), se recogen los datos del ensayo en la Tabla 2.5.

Para el cálculo de la densidad real se utiliza el método del picnómetro (el procedimiento ya ha sido descrito en el ensayo del residuo "A")

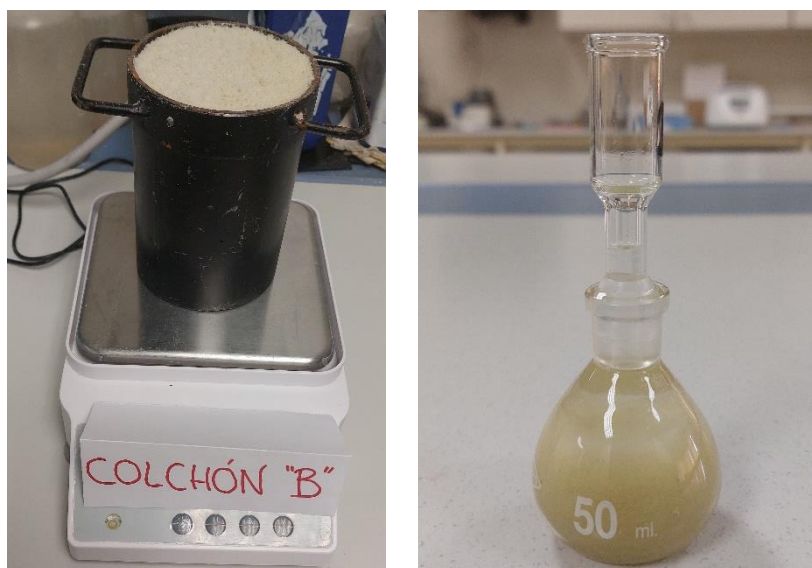


Figura 2.16. Densidad aparente residuo "B" (izquierda) y densidad real residuo "B" (derecha)

Apparent density (Kg/m³)	Real density (Kg/m³)
68.36	1078.31

Tabla 2.5. Densidades del residuo "B" procesado

2.5 Técnicas instrumentales en el residuo

Dentro de la investigación y el análisis de materiales, las técnicas instrumentales es una de las partes fundamentales en la caracterización y el estudio de las propiedades físicas y químicas de las muestras. Nos permiten obtener información detallada y precisa sobre la composición, estructura y comportamiento de los materiales, lo que sirve para entender sus propiedades y aplicaciones.

Por lo que para obtener más información de los residuos se van a realizar las siguientes técnicas:

- Análisis elemental (CHNS)
- Análisis termogravimétrico (TGA)
- Granulometría por difracción de rayos láser
- Microscopía electrónica de barrido (SEM)

2.5.1 Análisis Elemental (CHNS)

Técnica analítica empleada para la determinación rápida del porcentaje de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre presente en todo tipo de muestras. La técnica se basa en la combustión de las muestras en condiciones óptimas ($T=950-1.100^{\circ}\text{C}$, atmósfera de oxígeno puro) para convertir los elementos antes mencionados en gases simples (CO_2 , N_2 , H_2O y SO_2) y así conseguir una determinación cuantitativa.

Muestra	%N	%C	%H	%S
A	3.83	59.87	7.85	0
B	5.58	61.96	9.09	0

Tabla 2.6 . Resultados CHNS residuos colchones

2.5.2 Análisis termogravimétrico (TGA)

Este ensayo es una técnica de análisis térmico que mide la variación de masa de una muestra en función de la temperatura o el tiempo, sometida a un programa de temperatura y una atmósfera controlada.

Con este ensayo conseguimos información sobre la composición de un material, su estabilidad térmica y su comportamiento durante el calentamiento.

La Figura 2.17. presenta el gráfico del ensayo TGA del residuo tipo A y la Figura 2.18. el del residuo tipo B.

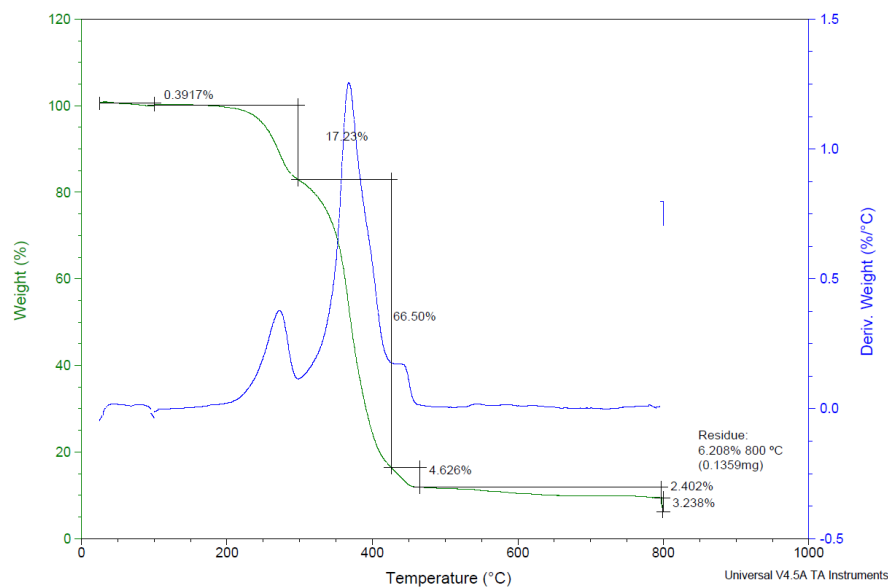


Figura 2.17. Gráfico ensayo TGA residuo A

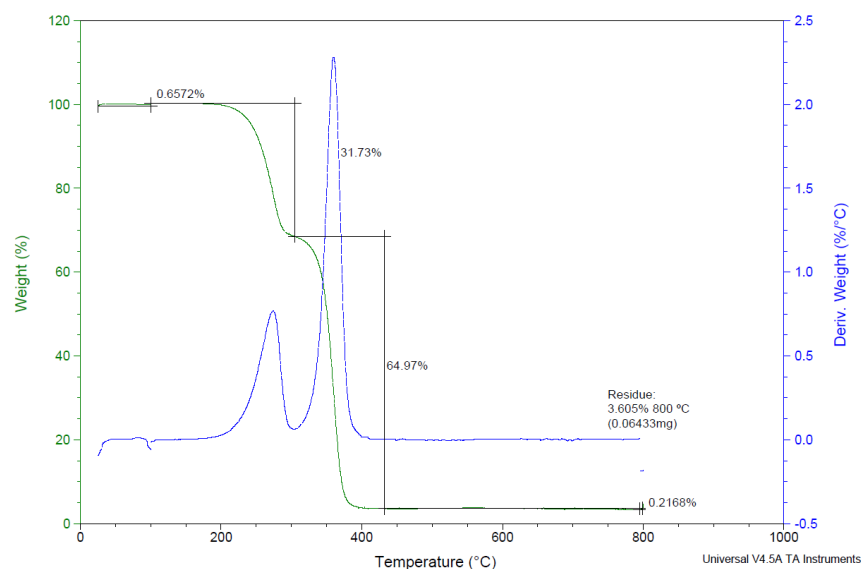


Figura 2.18. Gráfico ensayo TGA residuo B

2.5.3 Granulometría por difracción de rayos láser

Es una técnica para determinar la distribución del tamaño de partícula de una muestra, basándose en que las partículas grandes dispersan la luz láser en ángulos pequeños y las pequeñas en ángulos grandes.

La Figura 2.19. presenta la curva granulométrica de rayos láser del residuo tipo A y la Figura 2.20. el del residuo tipo B.

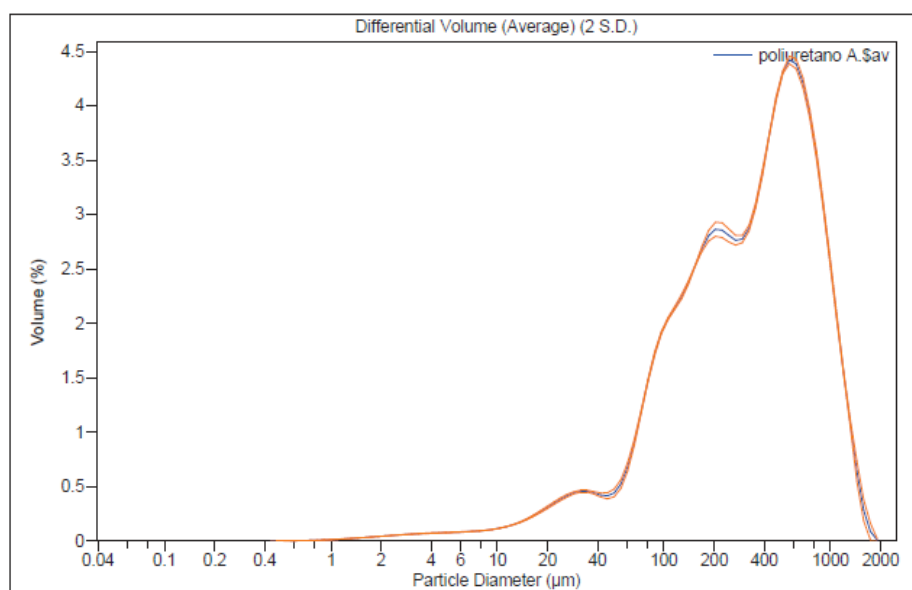


Figura 2.19. Curva granulométrica rayos láser residuo A

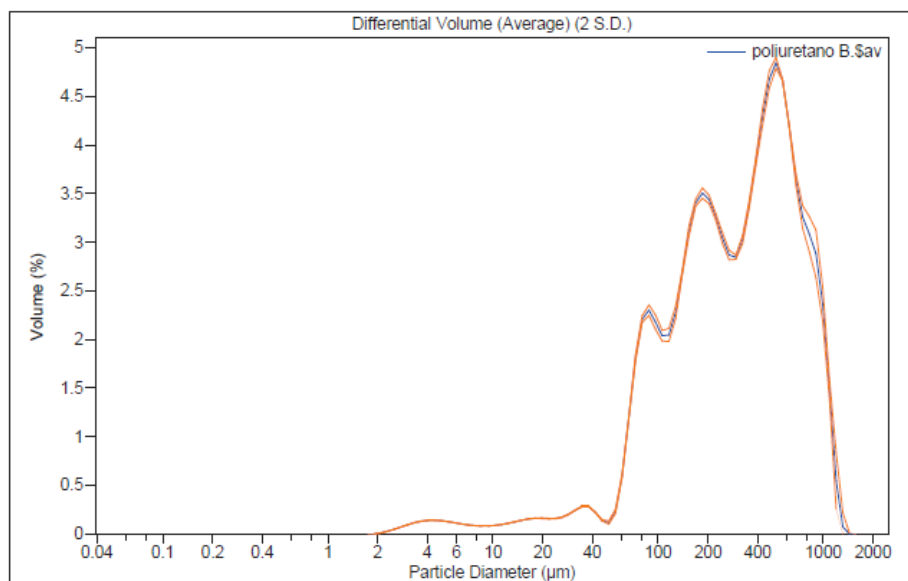


Figura 2.20. Curva granulometría difracción rayos láser residuo B

2.5.4 Microscopía electrónica de barrido (SEM)

El ensayo consiste en un análisis que genera imágenes de alta resolución de la superficie de una muestra mediante el escaneo con un haz de electrones, obteniendo así información sobre su topografía, composición y microestructura.

La Figura 2.21. presenta las imágenes obtenidas en el residuo tipo A sin procesar y la Figura 2.20. el del residuo tipo A procesado.

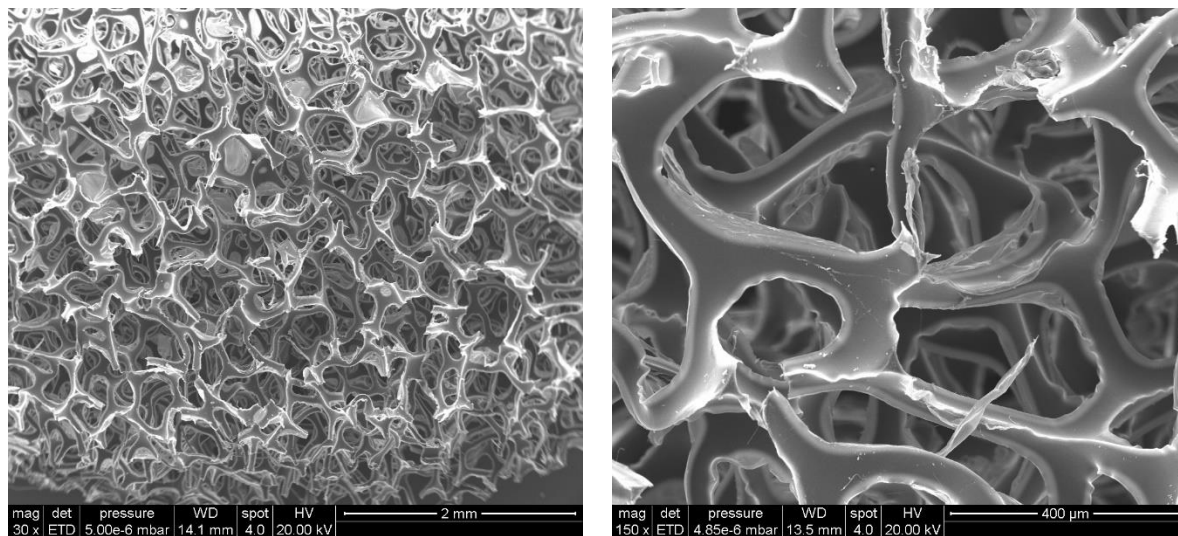


Figura 2.21. Fotografías SEM del residuo A sin procesar

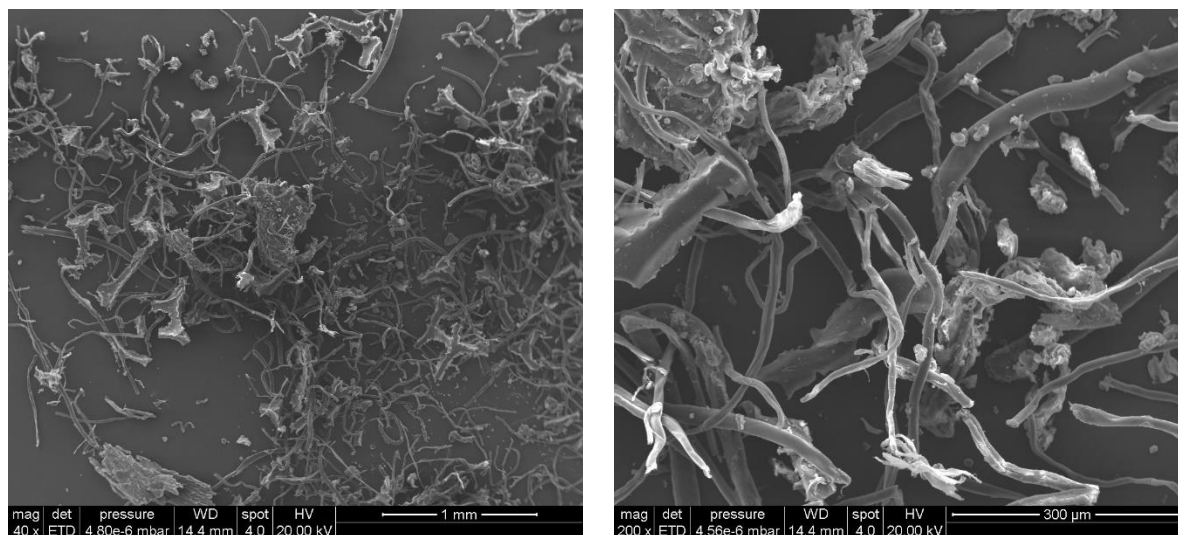


Figura 2.22. Fotografías SEM del residuo A procesado

La Figura 2.23. presenta las imágenes obtenidas en el residuo tipo B sin procesar y la Figura 2.24. el del residuo tipo B procesado.

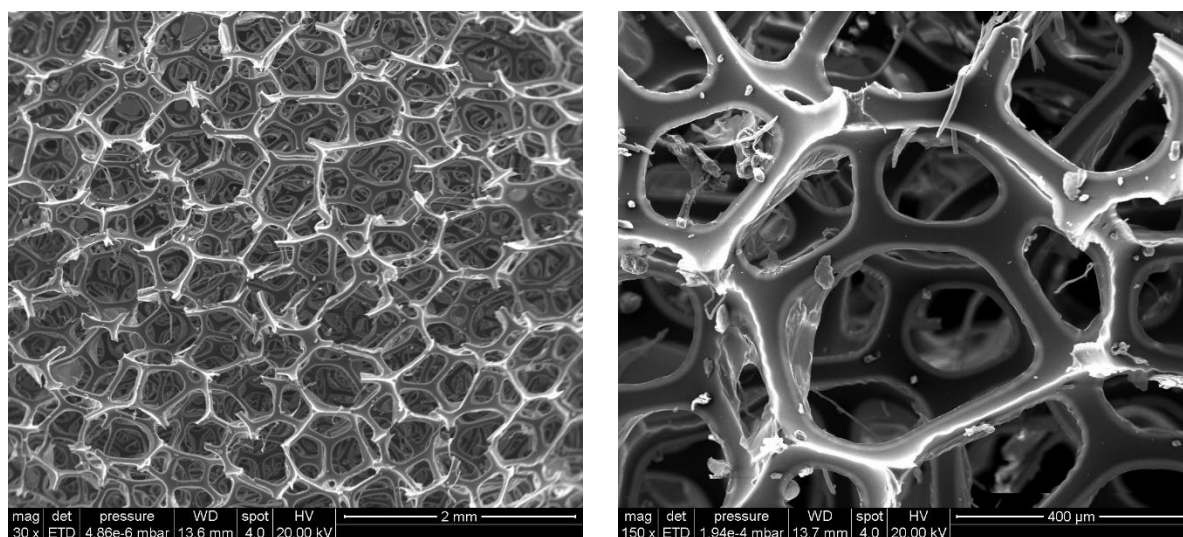


Figura 2.23. Fotografías SEM del residuo B sin procesar

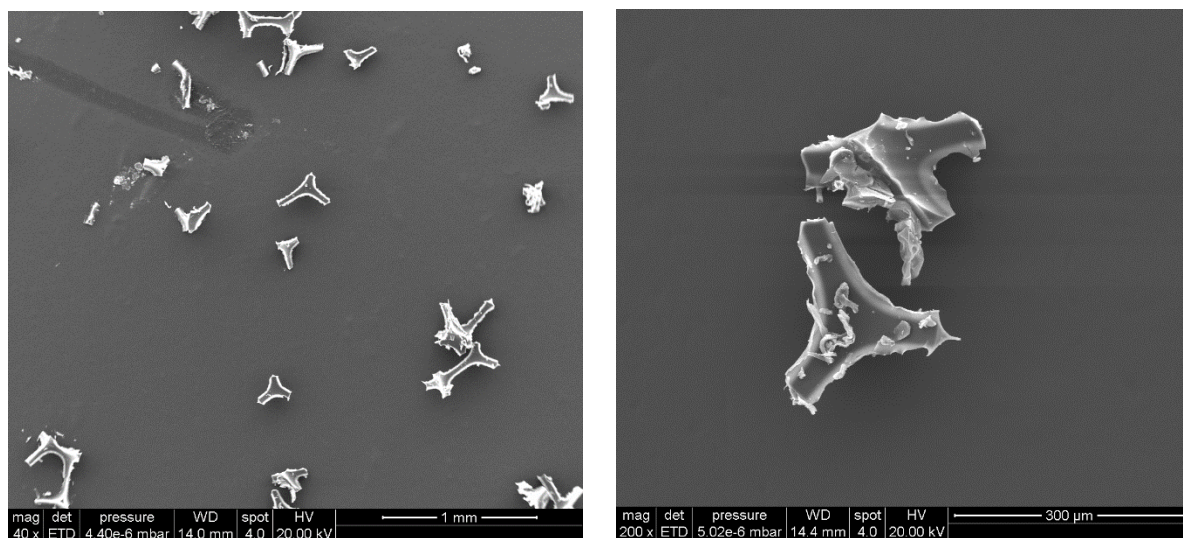


Figura 2.24. Fotografías SEM del residuo B procesado

3 MEZCLAS/ MORTAR MIXTURES

Se han elaborado 5 dosificaciones diferentes de mortero de yeso y otras 5 de mortero de cemento (Tabla 4.1).

En ambos casos, las dosificaciones varían en porcentaje de sustitución en volumen del yeso o la arena por los residuos de colchón, en las cantidades de 5 y 10 %.

La designación es la siguiente:

Y: mortero yeso de referencia.

Y5A: sustitución del 5% del volumen del yeso por el colchón viscolástico+muelles.

Y10A: sustitución del 10% del volumen del yeso por el colchón viscolástico+muelles.

Y5B: sustitución del 5% del volumen del yeso por el colchón poliuretano.

Y10B: sustitución del 10% del volumen del yeso por el colchón poliuretano.

RM: mortero cemento de referencia.

M5A: sustitución del 5% del volumen del árido por el colchón viscolástico+muelles.

M10A: sustitución del 10% del volumen del árido por el colchón viscolástico+muelles.

M5B: sustitución del 5 por ciento del volumen del árido por el colchón poliuretano.

M10B: sustitución del 10% del volumen del árido por el colchón poliuretano.

Con esto se podrá evaluar el efecto de la incorporación de residuo de colchón, en las propiedades del mortero de yeso y cemento.

	Yeso (gr)	Cemento (gr)	Árido (gr)	Residuo colchón (A)	Residuo colchón (B)	Agua (gr)	Relación agua/conglomerante
Y	1000	*	*	*	*	460.00	0.46
Y5A	1000	*	*	5.18	*	462.38	0.46
Y10A	1000	*	*	10.93	*	465.03	0.46
Y5B	1000	*	*	*	4.92	462.026	0.46
Y10B	1000	*	*	*	10.41	464.79	0.46
RM	*	500	1500	*	*	**	**
M5A	*	500	**	**	*	**	**
M10A	*	500	**	*	**	**	**
M5B	*	500	**	**	*	**	**
M10B	*	500	**	*	**	**	**

Tabla 3.1. Dosificaciones evaluadas

****En fase de elaboración.**

4 EXPERIMENTAL Y RESULTADOS MORTEROS DE YESO

4.1 Relación agua/yeso

4.1.1 Descripción ensayo

Para determinar la cantidad de agua necesaria, se realiza el ensayo del Método de la mesa de sacudidas según la norma **EN 13279-2**³.

Se añade el yeso al agua, se remueve manualmente con la espátula durante un minuto, y a continuación se mezcla con la amasadora durante otro minuto a baja velocidad.

Una vez que tenemos la mezcla la introducimos en un molde con forma troncocónica, colocado en el centro de la placa de acero de la mesa de sacudidas, se vierte la pasta en exceso y eliminamos lo que nos sobra con una espátula. Se levanta el molde y mediante la mesa de sacudidas se aplican 15 golpes verticales a una velocidad constante de 1 revolución por segundo.

Posteriormente, se mide el diámetro de la galleta formada en dos posiciones perpendiculares y se calcula el valor medio. Según la norma el diámetro medio de la galleta de yeso debe ser de (160 ± 5) mm para tener consistencia plástica. En nuestro caso se ha decidido que todas las mezclas lleven la misma cantidad de agua para poder compararlas y se ha buscado una mesa con un diámetro un poco superior, para conseguir buena trabajabilidad en las mezclas (condición necesaria para ser utilizada como materia prima en un prefabricado).

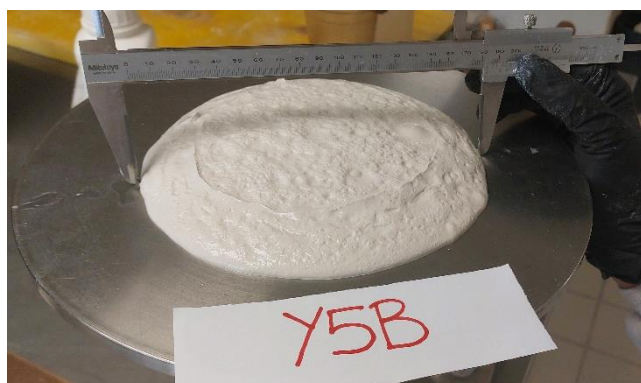


Figura 4.1. Aspecto del asiento en mesa de sacudidas.

4.1.2 Resultados

Los resultados de la mesa de sacudidas de los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.1.

Muestra	a/y	Mesa sacudidas (mm)
Y	0.46	183
Y5A	0.46	183
Y10A	0.46	178
Y5B	0.46	182
Y10B	0.46	190

Tabla 4.1. Resultados ensayo mesa de sacudidas

³ Aenor, "UNE-EN 13279-2 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para construcción"

4.2 Densidad en estado fresco

4.2.1 Descripción del ensayo

La densidad en estado fresco del mortero de yeso se calculó midiendo el peso de la mezcla recién amasada que ocupaba un volumen conocido. Con estos datos, se obtuvo la densidad del mortero en estado fresco dividiendo el peso de la mezcla por el volumen del recipiente empleado.

4.2.2 Resultados

Los resultados del cálculo de la densidad en estado fresco en los morteros de yeso se presentan en la Figura 4.2.

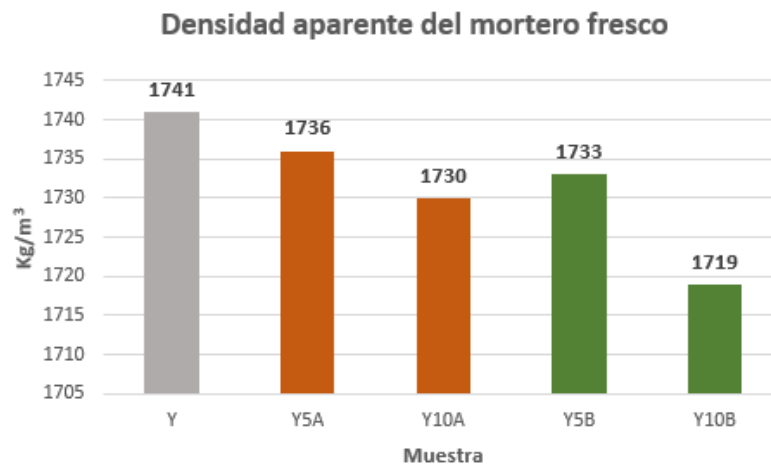


Figura 4.2. Gráfico resultados de la densidad en estado fresco

4.3 Principio de fraguado

4.3.1 Descripción del ensayo

Para la realización del ensayo de principio de fraguado se ha utilizado el método del cono de Vicat indicado en la norma **EN 13279-2**⁴.

Se amasan las mezclas según se indica en el apartado 4.1.1. El cronómetro se pone en marcha cuando la mezcla seca (yeso + residuo) entra en contacto con el agua. Una vez amasado, se rellena un molde de caucho de 40 mm de altura, 65 mm de Ø interno superior y 75 mm de Ø interno inferior, colocado sobre un vidrio por su parte más ancha y se quita el exceso de pasta (Figura 4.3.). Se pone en contacto el cono con la superficie de la pasta soltando el dispositivo de Vicat, se anota el tiempo de fraguado y la profundidad de penetración del cono en la pasta. Se considera como principio de fraguado cuando el cono penetra una profundidad de (22±2) mm sobre la placa de vidrio.



Figura 4.4. Realización ensayo principio de fraguado

4.3.2 Resultados

Los resultados del ensayo de principio de fraguado en los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.2.

Muestra	Tiempo de principio de fraguado (min/seg)
Y	9'00"
Y5A	7'45"
Y10A	7'20"
Y5B	7'30"
Y10B	7'25"

Tabla 4.2. Resultados del tiempo de fraguado

⁴ Aenor, "UNE-EN 13279-2 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para construcción"

4.4 Densidad en estado endurecido

4.4.1 Descripción del ensayo

Este ensayo se realiza según la norma **UNE 102042⁵**. La densidad en estado endurecido se determina dividiendo el peso de una probeta normalizada (40x40x160 mm) entre su volumen aparente. El resultado es la media de tres probetas por amasada.

4.4.2 Resultados

Los resultados del cálculo de la densidad en estado endurecido en los morteros de yeso se presentan en la Figura 4.4.

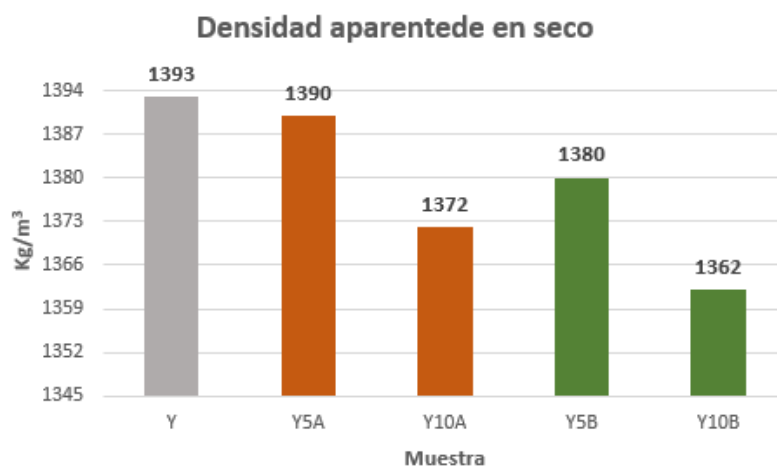


Figura 4.5. Gráfico resultados de la densidad en estado endurecido

⁵ Aenor, “UNE-102042 Yesos y escayolas de construcción. Otros métodos”

4.5 Determinación de la dureza Shore C

4.5.1 Descripción del ensayo

La dureza Shore C se realiza según la norma **UNE 102042**⁶. Se emplea un durómetro que posee un penetrómetro de forma troncocónica, donde una aguja que va unida mediante un engranaje al vástago, indica la dureza en unidades Shore C, en una escala que va del 0 al 100. La fuerza que se aplica para una dureza de 100 unidades Shore C es de 44.5 N.

Para realizar el ensayo se coloca la probeta en una superficie estable, se realizan cinco mediciones sobre cada una de las caras longitudinales correspondientes a los lados del molde, con una separación mínima de 20 mm entre los diferentes puntos y los extremos de los prismas (Figura 4.5.).

Se descartan aquellos valores que se alejen de la media 2.5 veces la desviación estándar.

El resultado es la media aritmética de las 30 mediciones, expresado en unidades enteras Shore C.



Figura 4.6. Ensayo dureza Shore C

4.5.2 Resultados

Los resultados de la determinación de la dureza Shore C en los morteros de yeso se presentan en la Figura 4.6.

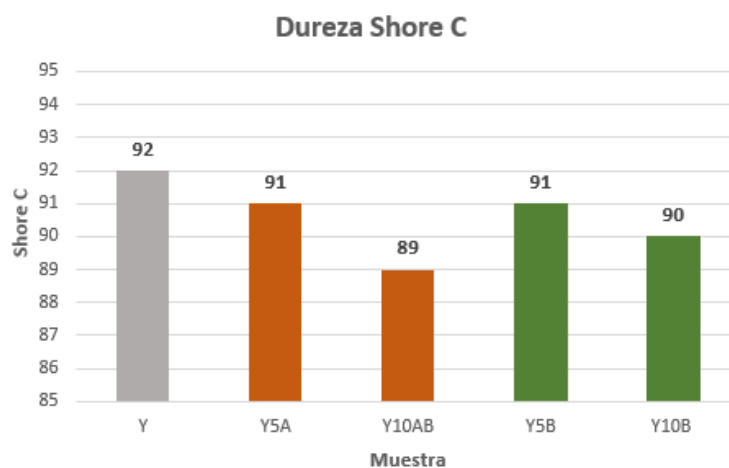


Figura 4.7. Gráfico resultados Dureza Shore C

⁶ Aenor, "UNE-102042 Yesos y escayolas de construcción. Otros métodos"

4.6 Resistencias mecánicas

4.6.1 Descripción del ensayo

Para la realización de este ensayo se sigue la norma **EN 13279-2**⁷. Una vez amasadas las mezclas, se rellenan los moldes previamente engrasados. Para la eliminación de cualquier burbuja de aire que pueda aparecer, se eleva el molde 10 mm desde su extremo superior y se deja caer, esta operación se repetirá 5 veces. El exceso de mortero se elimina engrasando con una regla metálica las tres probetas.

Transcurridas 24 h desde su amasado, se desmoldan las probetas y se dejan otros seis días en atmósfera de laboratorio (20°C y 50% de humedad), hasta completar el periodo de fraguado de 7 días. Transcurridos ese tiempo, las probetas se secan en una estufa a una temperatura de 40°C. Una vez secas, se pasan a un desecador hasta conseguir la temperatura de laboratorio.

Para el ensayo a flexión y compresión se emplea una prensa hidráulica MARCA SERVOSIS, MODELO me-405/30 con una capacidad de carga de 300 kN.

Las probetas a ensayar tienen dimensiones normalizadas de 40x40x160 mm³. Para determinar la resistencia a flexión se aplica una carga centrada en el vano de las probetas de mortero endurecido, hasta su rotura (Figura 4.7.). La separación entre apoyos es de 100 mm.

La resistencia a flexión f , en N/mm² se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$P_F = 0,00234 \times P$$

donde,

P_F es la resistencia a flexión en N/mm².

P es la carga media de rotura en N de, al menos, tres valores obtenidos



Figura 4.8. Útil para el ensayo de resistencia a flexión (izquierda) y rotura probeta a flexión (derecha)

⁷ Aenor, “UNE-EN 13279-2 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para construcción”

Los dos fragmentos resultantes de la rotura a flexión se ensayan a compresión sobre una superficie de $(40 \times 40) \text{ mm}^2$, aplicando una carga constante y sin aceleraciones hasta su rotura, registrando sendos valores de la carga máxima (N) para obtener la media (Figura 4.8.).

La carga de resistencia a compresión viene dada por la siguiente fórmula:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

donde,

R_c es la resistencia a compresión en N/mm^2 .

F_c es la máxima carga en la rotura en N.

1600 es el área de la probeta en mm^2 ($40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$)



Figura 4.9. Útil para resistencia a compresión (izquierda) y rotura resistencia a compresión (derecha)

4.6.2 Resultados

Los resultados de los ensayos mecánicos en los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.3., y en la Figura 4.9.

Muestra	Resistencia Flexión (MPa)	Resistencia Compresión (MPa)
Y	9.29	22.25
Y5A	9.05	23.01
Y10A	7.34	22.68
Y5B	7.99	22.93
Y10B	7.34	22.40

Tabla 4.3. Resultados propiedades mecánicas (7D)

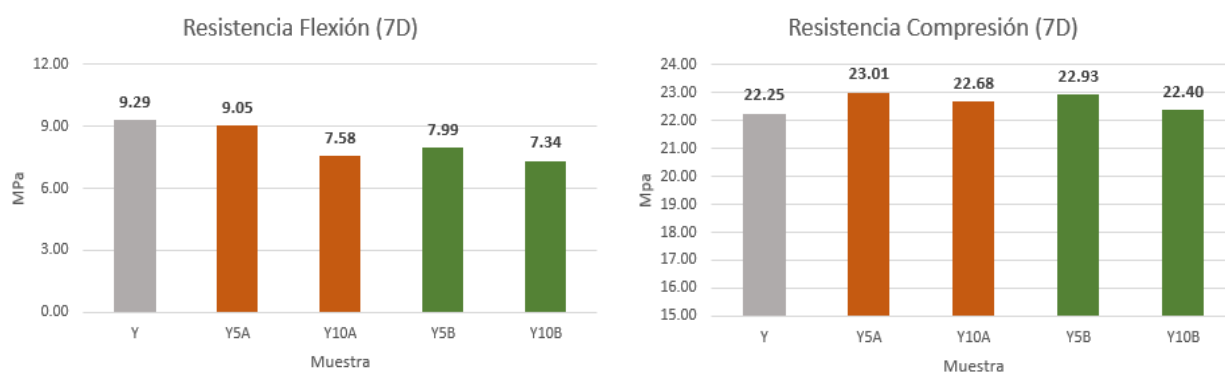


Figura 4.9. Gráfico resultados resistencia a flexión (izquierda) y gráfico resultados resistencia compresión (derecha)

4.7 Absorción de agua por capilaridad

4.7.1 Descripción del ensayo

Se ha llevado a cabo según la norma RILEM TC 25-PEM, 1980⁸. Se determina el nivel de ascensión de agua que experimentan las probetas con dimensiones (40x40x160) mm³ colocadas verticalmente sobre un recipiente lleno con agua hasta una profundidad de 10 mm durante un tiempo de 10 minutos (Figura 4.10.).



Figura 4.10. Ensayo absorción por capilaridad

4.7.2 Resultados

Los resultados del ensayo de absorción de agua por capilaridad en los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.4.

Muestra	Succión por capilaridad kg/m ² ·min ^{0.5}
Y	3.17
Y5A	3.25
Y10A	3.13
Y5B	3.41
Y10B	3.22

Tabla 4.4. Resultados obtenidos en el ensayo de succión por capilaridad

⁸ RILEM: Recommended test to measure the deterioration of Stone and to assess the effectiveness of treatment methods, Commission 25-PEM: 1980. Protection and Erosion des Monuments

4.8 Absorción total de agua a presión atmosférica

4.8.1 Descripción del ensayo

El ensayo se realiza según la norma **EN 13755**⁹.

Se elaboran 3 probetas de dimensiones (40x40x160) mm³. Una vez que las probetas han cumplido los 7 días de curado se secan en estufa a 40°C hasta masa constante (m_d). Seguidamente se colocan en un recipiente y se va añadiendo agua a 20°C. El llenado se hace de forma progresiva para asegurar la completa saturación de las probetas. Las muestras se dejan sumergidas en agua hasta alcanzar la masa constante saturada (m_s).

La absorción de agua a presión atmosférica se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} 100$$

donde,

A_b es la absorción de agua a presión atmosférica (%)

m_s es la masa de la probeta saturada (gr)

m_d es la masa de la probeta seca (gr)

4.8.2 Resultados

Los resultados del ensayo de absorción total de agua a presión atmosférica en los morteros de yeso se presentan en la Figura 4.11.

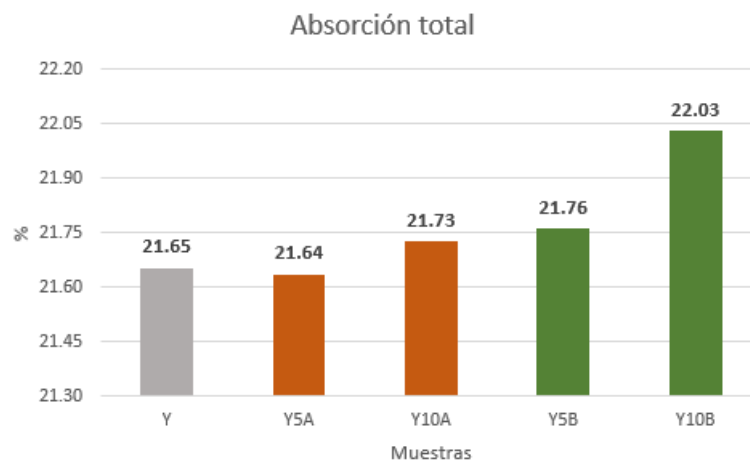


Figura 4.11. Resultados ensayo Absorción total de agua a presión atmosférica

⁹ Aenor (2008). EN 13755 Natural stone test methods. Determination of water absorption at atmospheric pressure.

4.9 Adherencia

4.9.1 Descripción del ensayo

El mortero de yeso fresco se aplica sobre un ladrillo cerámico previamente sumergido en agua durante 1 minuto. Trascurrido ese tiempo, el ladrillo se saca del recipiente con agua y se aplica una capa de mortero de 10 mm de espesor. Después de la aplicación y del fraguado inicial de la mezcla se realizan superficies circulares de diámetro 50 mm aproximadamente con un anillo troncocónico de canto vivo de acero inoxidable (Figura 4.12.).



Figura 4.12. Preparación muestras para ensayo de adherencia.

Las piezas se dejan a temperatura de laboratorio durante los 6 días de curado. Una vez pasado ese tiempo en las superficies circulares realizadas en la pieza se pegará unas pastillas de tracción con un adhesivo bi-componente de la marca Sika®; Sikadur® 31+ (Figura 4.13.).



Figura 4.13. Pastillas pegadas para la realización del ensayo

Cumplidos los 7 días, se realiza el ensayo por medio de un equipo de tracción. La carga de tracción se aplica perpendicularmente a las áreas de ensayo a través de las pastillas pegadas anteriormente (Figura 4.14.).



Figura 4.14. Ensayo de adherencia

La resistencia individual a la adhesión (resistencia de unión f_u en N/mm²) se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$f_u > \frac{F_u}{A}$$

Donde,

F_u carga de rotura (N)

A área de la superficie de ensayo (mm²)

En función del tipo de rotura la norma distingue dos opciones: rotura adhesiva, cuando la rotura se producen en la interfase entre el mortero y el soporte (el valor del ensayo es igual a la resistencia a la adhesión) y rotura cohesiva, cuando la rotura se produce en el propio mortero o cuando se produce en el soporte (en estos casos la resistencia a la adhesión es mayor que el valor del ensayo).

4.9.2 Resultados

Los resultados del ensayo de adherencia en los morteros de yeso se presentan en la Figura 4.15.

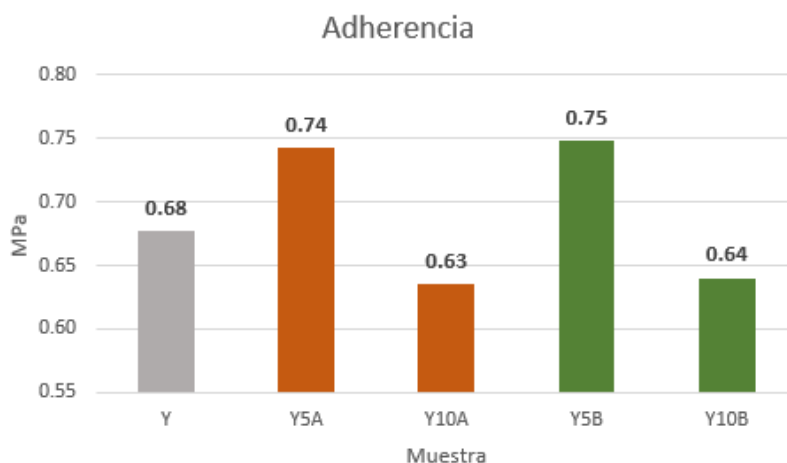


Figura 4.15. Gráfico de los resultados del ensayo de adherencia sobre soporte cerámico

4.10 Ensayo de NO combustibilidad

4.10.1 Descripción del ensayo

Para este ensayo se sigue la norma **EN 13501-1:2007¹⁰**.

Se elaboran probetas cilíndricas con un diámetro de 45 mm y una altura de 50 mm (Figura 4.16. Izquierda). Las mezclas se elaboran de igual forma que se ha indicado en apartados anteriores. Se rellena el molde de polietileno de dos veces dando unos pequeños golpes para sacar cualquier tipo de burbuja que se forme. El exceso de mortero se enrasa con una espátula.



Figura 4.16. Probeta para ensayo no combustibilidad (izquierda) y equipo ensayo no combustibilidad (derecha)

Una vez fraguado, a las 24 horas se desmoldan y se dejan a temperatura ambiente de laboratorio hasta cumplir los 7 días de curado. Posteriormente, las probetas se secan en estufa a 40°C.

El equipo de ensayo de no combustibilidad es de la marca FA01 NONO COMBUSTIBILITY TEST (Figura 4.16. Derecha). Antes de comenzar el ensayo el equipo debe estar estabilizado a una temperatura de 750°C.

Las muestras son perforadas en el centro de su cara superior para poder introducir el termopar del horno. Se anota el peso de la probeta seca y se introduce en el horno.

Se registra a lo largo del proceso las temperaturas medidas por el termopar del horno. El ensayo se detiene cuando el termopar haya establecido el equilibrio o bien transcurridos 60 min y se anota el tiempo de duración del ensayo.

Al finalizar el ensayo, se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

- Incremento de temperatura (ΔT^a)
- Pérdida de masa en % (Δm)
- Persistencia de la llama en segundos

¹⁰ EN 13501-1:2007+A1 Fire classification of construction products and building elements. Part 1: Clasification using data from reaction to fire tests. 2010.

Tabla 1 – Clases de comportamiento de reacción al fuego para productos de construcción, excluidos los revestimientos de suelos y los productos aislantes térmicos para tubos lineales

Clase	Método(s) de ensayo	Criterios de clasificación	Clasificación adicional
A1	EN ISO 1182 ^a y	$\Delta T \leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; y $\Delta m \leq 50\%$; y $t_f = 0$ (es decir, sin producción sostenida de llamas)	—
	EN ISO 1716	$PCS \leq 2,0\text{ MJ/kg}^a$ y $PCS \leq 2,0\text{ MJ/kg}^{b,c}$ y $PCS \leq 1,4\text{ MJ/m}^{2,d}$ y $PCS \leq 2,0\text{ MJ/kg}^e$	—
A2	EN ISO 1182 ^a o	$\Delta T \leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; y $\Delta m \leq 50\%$; y $t_f \leq 20\text{ s}$	—
	EN ISO 1716 y	$PCS \leq 3,0\text{ MJ/kg}^a$ y $PCS \leq 4,0\text{ MJ/m}^{2,b}$ y $PCS \leq 4,0\text{ MJ/m}^{2,d}$ y $PCS \leq 3,0\text{ MJ/kg}^e$	—
	EN 13823	$FIGRA \leq 120\text{ W/s}$ y $LFS < \text{borde de la muestra}$ y $THR_{400s} \leq 7,5\text{ MJ}$	Producción de humo ^f y Gotas/partículas inflamadas ^g

Figura 4.17. Parámetros para clasificación al fuego (EN 13501-1:2007+A1)

4.10.2 Resultados

Los resultados del ensayo de NO combustibilidad en los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.5.

Muestra	ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	Δm (%)	T_f (s)	Classification
Y	0.60	20.80	0	A1
Y5A	12.01	21.06	0	A2
Y10A	10.71	21.81	0	A2
Y5B	2.78	21.52	0	A2
Y10B	11.96	22.12	0	A2

Tabla 4.5. Resultados obtenidos en el ensayo de No Combustibilidad

4.11 Permeabilidad al vapor de agua

4.11.1 Descripción ensayo

Se elaboran 3 probetas cilíndricas de 160 mm de diámetro y 16 mm de espesor de cada dosificación (Figura 4.18). El mortero se aplica sobre un bloque de hormigón celular, previamente humedecido, al que se le coloca una capa de gasa de algodón antes de su aplicación. Según la norma **EN 1015-19**¹¹

Transcurridas 24 horas las probetas se desmoldan, se identifican y se mantienen a temperatura de laboratorio hasta completar los 7 días. Pasado este tiempo se meten a secar en estufa a 40°C para eliminar el exceso de humedad, y tenerlas listas para poder ensayar.



Figura 4.18. Probetas para ensayo de permeabilidad al vapor de agua.

Para ensayar, las probetas se colocan en los recipientes de ensayo con una disolución saturada de nitrato de potasio (KNO_3) y se sellan los bordes con una junta de estanqueidad (Figura 4.19). Se deja una pequeña lámina de aire de $10 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ entre la probeta y la superficie de la disolución. Esta disolución proporciona una humedad relativa del 93.2% a una temperatura de 20°C en el interior del molde. La diferencia de presión entre el interior y el exterior de la probeta provoca que el agua de la disolución salina atraviese la probeta, lo que conduce a una evaporación progresiva de agua con el tiempo.

Los recipientes de ensayo se pesan a intervalos de tiempo apropiados y se determina el flujo de vapor de agua que atraviesa las probetas o la pérdida de masa en función del tiempo (kg/s).



Figura 4.19. Ensayo permeabilidad al vapor de agua.

¹¹ EN 1015-19 Methods of test for mortar for masonry. Part 19: Determination of water vapour permeability of hardened rendering and plastering mortars. 1999.



La norma define *permeanza al vapor de agua* o coeficiente de difusión del vapor de agua Λ (kg/m²·s·Pa) como “el flujo de vapor de agua que atraviesa una unidad de área bajo condiciones de equilibrio, por diferencia unitaria de la presión de vapor entre las dos caras del material” y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Lambda = \frac{1}{\frac{A\Delta_p}{(EG/Et)} - R_A}$$

donde,

- A superficie de embocadura del recinto de ensayo (m²)
 Δ_p diferencia de vapor de agua en pascales (Pa) entre el aire ambiente y la disolución salina
 EG/Et flujo de vapor de agua (kg/s)
 R_A resistencia a la difusión del vapor de agua de la lámina de aire que existe entre la probeta y la disolución salina (0.048·10⁹ Pa·m²·s/kg por 10 mm de lámina de aire)

La permeabilidad al vapor de agua W_{vp} (kg/m·s·Pa) es la permeanza al vapor de agua multiplicada por el espesor de la probeta.

$$W_{vp} = \Lambda \cdot t$$

donde,

- Λ permeanza al vapor de agua (kg/m²·s·Pa)
 t espesor medio de la probeta (m)

El **factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)**, valor que aportan los fabricantes de mortero, se calcula dividiendo la permeabilidad al vapor del agua del aire entre el valor medio de la permeabilidad de las mezclas.

$$\mu = \frac{W_a}{W_{vp}}$$

donde,

- W_a Permeabilidad al vapor del agua del aire a 20°C (1.94·10⁻¹⁰ kg/m·s·Pa)
 W_{vp} Permeabilidad al vapor de agua del material (kg/m·s·Pa)

4.11.2 Resultados

Los resultados del ensayo de permeabilidad al vapor de agua en los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.6.

Muestra	Permeanza (kg/m ² ·s·Pa)	Permeabilidad al vapor de agua (kg/m·s·Pa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)
Y	2.3730E-09	3.7967E-11	5
Y5A	1.8144E-09	2.9030E-11	7
Y10A	1.1303E-09	1.8084E-11	11
Y5B	1.5628E-09	2.5004E-11	8
Y10B	1.1748E-09	1.8796E-11	10

Tabla 4.6. Resultados ensayo permeabilidad al vapor de agua

4.12 Conductividad Térmica

4.12.1 Descripción ensayo

Para la realización del ensayo de conductividad térmica se fabricaron probetas de dos espesores diferentes: una con 22 mm de altura y otra con 12 mm, ambas con un diámetro de 50 mm. Estas dimensiones corresponden a las requeridas por el equipo TA Instruments modelo FOX 50 (Figura 4.20.), conforme a la norma **UNE-EN 12667**¹². Las probetas se moldearon en recipientes de polietileno con capacidad para dos muestras por molde.

El procedimiento de fabricación consistió en llenar los moldes en dos fases, eliminando posteriormente el exceso de mortero y enrasando el material con el borde superior. Tras 24 horas de su confección, las probetas fueron desmoldadas y almacenadas a temperatura ambiente hasta cumplir 7 días desde su preparación. Una vez alcanzado este periodo, se sometieron a un secado en estufa a 40 °C durante 24 horas y, posteriormente, se introdujeron en un desecador para atemperar. Finalizada esta etapa, las muestras quedaron listas para el ensayo.

El objetivo de la prueba es determinar la conductividad térmica, propiedad que expresa la capacidad de un material para conducir el calor. Un valor elevado de conductividad indica un mejor comportamiento como conductor térmico, mientras que valores bajos reflejan un mayor carácter aislante.

Para la medición, la probeta se coloca en el equipo, asegurando el contacto total con las placas de temperatura controlada. A continuación, se aplica una diferencia de temperatura entre ambas placas, generando un gradiente térmico a través de la muestra. El dispositivo registra simultáneamente la diferencia de temperatura y el flujo de calor que atraviesa la probeta. Con estos parámetros: flujo de calor, espesor de la muestra y gradiente de temperatura, el equipo calcula automáticamente el valor de conductividad térmica, expresado en vatios por metro-kelvin (W/(m·K)).



Figura 4.20. Equipo conductividad térmica

4.12.2 Resultados

Los resultados del ensayo de conductividad térmica en los morteros de yeso se presentan en la Tabla 4.7.

Muestra	λ (W/mK)
Y	0.4959
Y5A	0.5549
Y10A	0.5508
Y5B	0.5469
Y10B	0.5424

Tabla 4.7. Resultados ensayo conductividad térmica

¹² UNE-EN 12667:2002. Thermal performance of building materials and products. Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods. Products of high and medium thermal resistance..



FICHA TÉCNICA RESIDUO COLCHÓN "A"



Aspecto del residuo



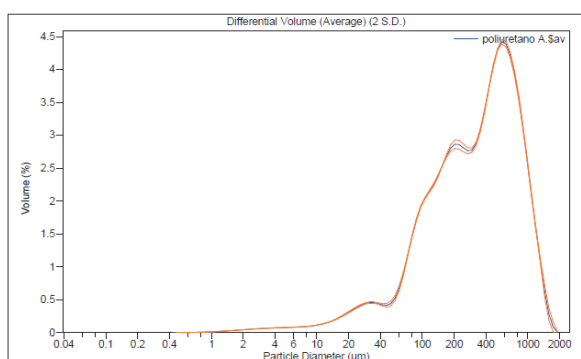
Triturado y Tamizado (2 mm)

ANÁLISIS ELEMENTAL

C	59.87 %
H	7.85%
N	3.83%
S	0.00%

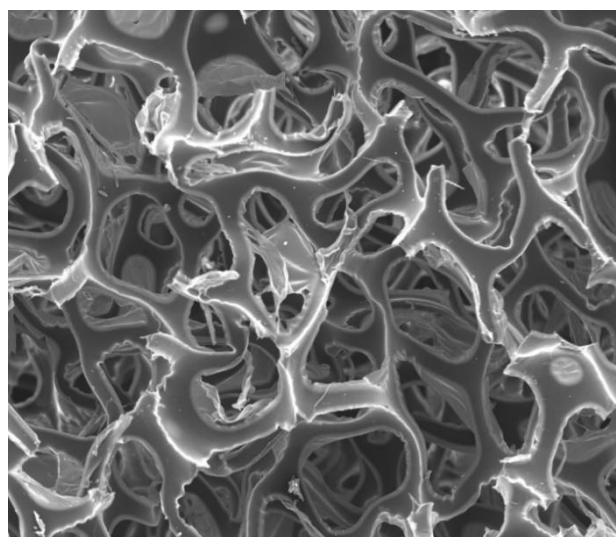
GRANULOMETRÍA LASER

Muestra	Tamaño Partícula (µm)
<10%	72.63
<25%	149.2
<50%	344.8
<75%	627.5
<90%	902.0

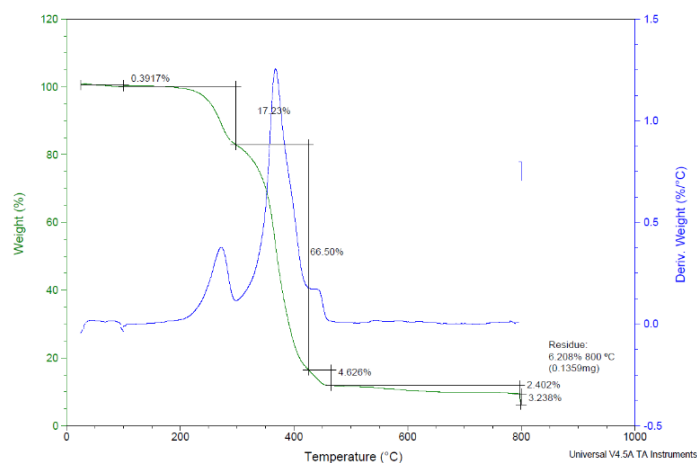


Origen	Residuos de colchón
Empresa	XXX
Nomenclatura	A
Color	Gris
Textura	Rugosa
Densidad real	1096.87 Kg/m ³
Densidad aparente	71.84 Kg/m ³

SEM



TGA

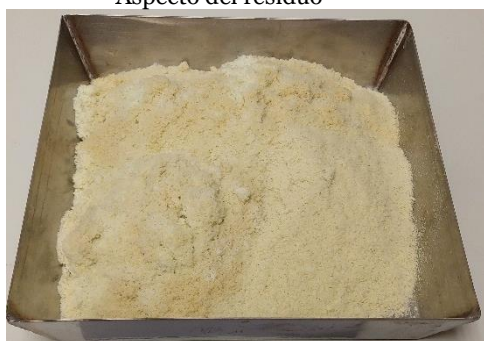




FICHA TÉCNICA RESIDUO COLCHÓN “B”



Aspecto del residuo



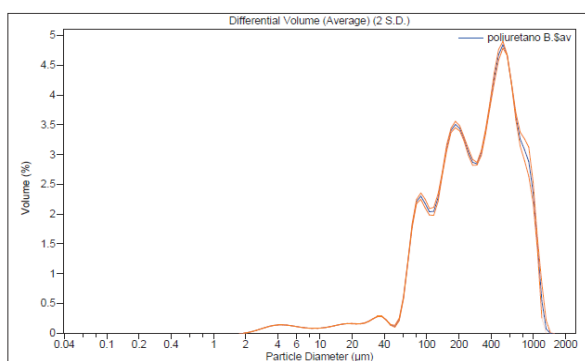
Triturado y Tamizado (2 mm)

ANÁLISIS ELEMENTAL

C	61.96 %
H	9.09%
N	5.58%
S	0.00%

GRANULOMETRÍA LASER

Muestra	Tamaño Partícula (µm)
<10%	81.46
<25%	150.2
<50%	312.1
<75%	555.5
<90%	797.9



Origen

Residuos de colchón

Empresa

XXX

Nomenclatura

B

Color

Amarillo

Textura

Rugosa

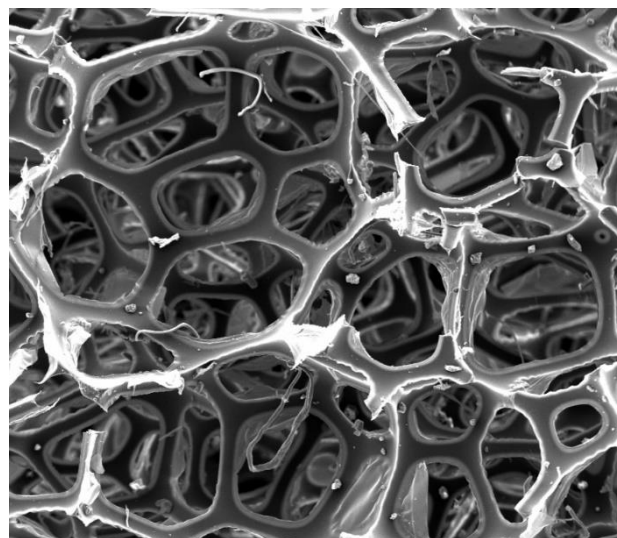
Densidad real

1078.31 Kg/m³

Densidad aparente

68.36 Kg/m³

SEM



TGA

