



**G.T.
Gestión de Residuos de
Construcción y Demolición
y Economía Circular.**

**Estudio de los flujos de generación de RCDs
en Proyectos Residenciales.
Clúster de la Edificación.**

Equipo de trabajo

ACR: Javier Sabalza

Grupo ARPADA: Manuel J. Ramos

Cocircular: Sergio López Serrano

ITC: Javier García-Ten

Mace: Sara Belhadj

Knauf: Adán Prieto

Rockwool: Miguel Rodríguez

Saint Gobain: Fernando Pardo

Universidad Politécnica de Madrid: Carolina Piña, Alejandra Vidales y Patricia Aguilera

Uponor: Judith Masip

The logo for ACR consists of the lowercase letters 'acr' in a bold, black, sans-serif font.The logo for Grupo ARPADA features a stylized green and yellow triangle to the left of the text 'grupo arpada' in a lowercase, sans-serif font.The logo for Knauf, featuring the word 'KNAUF' in a bold, blue, sans-serif font.The logo for Uponor, featuring the word 'uponor' in a blue, lowercase, sans-serif font.The logo for Mace, featuring a colorful bar chart above the word 'mace' in a bold, black, sans-serif font.

Contenido

1.	Resumen ejecutivo	3
2.	Objeto del trabajo	4
3.	Estudio de Obras de Edificación Residencial de empresas del Clúster de la Edificación.	6
3.1.	Metodología para la recopilación de datos de producción de RCDs en empresas del Clúster de Edificación.	
3.1.1.	Resumen Global de Datos de Obras Analizadas: Producción de RCDs en el Contexto del Clúster de Edificación.	
3.1.2.	Análisis específico de datos de obras residenciales con mayor nivel de comparación.	
4.	Estudio de Obras de Edificación Residencial Clúster de la Edificación.	12
4.1.	Estudio comparativo entre Clúster de la Edificación/CSCAE-CGATE/IHOBE/COACYLE. Ratios de producción de residuos en obras residenciales.	
4.2.	Análisis por familia de las tablas de datos Clúster de la Edificación/CSCAE-CGATE/IHOBE/COACYLE.	
5.	Desafíos y retos sectoriales en la gestión de residuos en obras residenciales	26
5.1.	Problemática de segregación en obra	
5.2.	Generación de mezclas y su afección a la valorización	
5.3.	Distorsión en las métricas de los residuos generados	
5.4.	Contenedores de obra y tasa de vertido	
5.5.	Gestores de residuos y su control de la trazabilidad	
5.5.1.	Comparativa entre el modelo registro trazabilidad parcial (entrada residuo) y el modelo de trazabilidad global (producción, entrada y tratamiento)	
5.6.	Legislación nacional y local, dificultades en la aplicación normativa. Políticas de incentivos a la valorización. Referencias de mejores prácticas.	
5.6.1.	Valorización efectiva	
5.6.2.	Segregación de flujos	
5.6.3.	Complejidad de los procesos de valorización, sistemas de retorno, costes y trazabilidad	
5.7.	Potencial de los RCDs para su reutilización y reciclaje.	
6.	Conclusiones	41
7.	Referencias Bibliográficas	

1. Resumen ejecutivo

En la actualidad, la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) se ha convertido en un aspecto crucial para alcanzar una economía más sostenible y promover prácticas respetuosas con el medio ambiente. Los RCD representan una parte significativa de los desechos generados en la Unión Europea, constituyendo aproximadamente un tercio del total. En este contexto, diversas políticas y legislaciones a nivel mundial han adoptado la jerarquía de minimización de residuos, conocida como las 3R o 4R: reducir, reutilizar, reciclar y recuperar.

En Europa, la Directiva (UE) 2018/851 destaca la necesidad de mejorar la gestión de residuos para lograr un enfoque sostenible de los recursos y proteger la calidad del medio ambiente. Esta directiva obliga a los Estados Miembros a desarrollar planes de gestión de residuos que abarquen todo su territorio. Asimismo, el sector de la construcción y demolición ha sido reconocido como uno de los cinco sectores prioritarios en el Plan de Acción de la Unión Europea para la economía circular.

La legislación también aborda específicamente la reducción del impacto ambiental de productos, como la Directiva (UE) 2019/904 sobre productos de plástico. Esta iniciativa busca prevenir y reducir el impacto de ciertos productos de plástico en el medio ambiente, fomentando la transición a una economía circular.

En el ámbito de la clasificación de residuos, la Decisión 2014/955/UE establece una lista detallada mediante códigos de seis cifras, facilitando la identificación y gestión de diferentes tipos de residuos.

La Unión Europea dispone de indicadores sobre volumen y precio de materiales reciclables, proporcionando datos esenciales para comprender el mercado de materiales secundarios. Esto se alinea con la Estrategia Europa 2020, que busca aprovechar al máximo los recursos, evitando la pérdida de materiales valiosos en vertederos y promoviendo la economía circular en diversas disciplinas.

En este contexto normativo y estratégico, el estudio detallado de la generación de residuos de construcción y demolición en obras de edificación residencial adquiere una relevancia crítica. No solo se trata de cumplir con las regulaciones existentes, sino de avanzar hacia prácticas que no solo minimicen los residuos, sino que también contribuyan activamente a la construcción de un entorno construido más sostenible y ecoeficiente. Este análisis no solo beneficiará a la industria de la construcción, sino que también sentará las bases para un enfoque más holístico y responsable en la gestión de recursos y residuos en la construcción del futuro.

2. Objeto del trabajo

Desde el Clúster de la Edificación, y con la llegada de la nueva ley 7/2022 de Residuos y Suelos contaminados para una Economía circular y sumando además la obligatoriedad establecida por el artículo 4 del Real Decreto 105/2008 de *“incluir en el proyecto de ejecución de la obra un Estudio de Gestión de Residuos de construcción y demolición, que incluya una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya”*, tratamos de ampliar y definir con el máximo detalle el diagnóstico del sector de la construcción en España en la producción de RCDs en el sector de obra residencial de obra nueva, haciendo hincapié en que no se dispone de datos de suficiente veracidad para orientar a los proyectistas y otros agentes de la edificación sobre esta obligación dentro de la variada casuística constructiva y edificatoria en el ámbito nacional.

El objetivo de este grupo de trabajo es, por un lado, dar solución a la dispersión de ratios de generación de residuos en obras de construcción residencial en España, para lo que se toman como base documental los **datos reales** de producción de residuos de **129 obras** de construcción de edificación residencial, que representan un total de **10.961 viviendas** y una superficie total construida de **2.079.590,5 m²** aportadas por los miembros del Clúster de la Edificación (ARPADA; ACR; MACE; COCIRCULAR). Por otro lado, profundizar sobre la producción de residuos en la actividad que copa un gran protagonismo dentro del sector de la construcción y cuyo nivel de producción anual a fecha 2022 estaba en **102.000 viviendas/año** y que por su volumen productivo entraña a su vez un volumen alto de generación de residuos RCD, los cuales, según la nueva ley 7/2022, deberán tener una valorización efectiva en al menos un 70% de su generación. Además, se establece una comparación entre los datos aportados por el Clúster de la Edificación y varias bases de datos como la publicada por CSCAE y CGATE en su Guía de Gestión de Residuos de 2020, o la de IHOBE y COACYLE, de manera que puedan visualizarse las posibles desviaciones y sirva al sector para adecuar los planes de residuos a la realidad de las obras de construcción residencial.

En España, los diferentes agentes del sector de la construcción utilizan diversas fuentes de información para definir su plan de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en obras residenciales. Estos planes son fundamentales para garantizar la correcta gestión de los residuos generados durante el proceso de construcción, cumpliendo con la normativa vigente y promoviendo prácticas sostenibles. A continuación, se detallan algunas de las claves del sector de la construcción en este contexto:

Normativa Legal:

Las empresas del sector de la construcción deben cumplir con la normativa legal relacionada con la gestión de residuos de construcción y demolición. En España, la normativa principal en este ámbito es el Real Decreto 105/2008, y la ley 7/2022, que establecen el régimen jurídico de los residuos de construcción y demolición. Este marco legal proporciona pautas específicas sobre la clasificación, transporte, y gestión de los residuos en obras.

Estudios Previos y Proyectos de Obra:

Antes de iniciar una obra, se realiza un estudio previo y planificaciones de obra que contienen información detallada sobre los materiales que se utilizarán, las cantidades estimadas y las características de los residuos generados. Estos documentos sirven como base para planificar la gestión de residuos.

Planificación de Obra:

La planificación detallada de la obra incluye la programación de actividades y la estimación de los volúmenes de residuos generados en cada fase. Esta planificación se realiza antes del inicio de la construcción y permite a las empresas anticipar las necesidades de gestión de residuos.

Bases Documentales sobre Residuos:

Algunas empresas utilizan bases documentales de gestión de residuos, que implica realizar un inventario detallado de los tipos y cantidades de residuos generados en obras similares previas. Esto proporciona información práctica para estimar los volúmenes y tipos de residuos que se pueden esperar en una nueva obra.

Colaboración con Gestores de Residuos:

Las empresas constructoras suelen establecer colaboraciones con gestores de residuos autorizados. Estos gestores pueden proporcionar información sobre las opciones disponibles para la recogida, transporte, y tratamiento de los residuos generados durante la obra.

Formación y Concienciación del Personal:

La formación del personal es esencial para asegurar la correcta segregación de los residuos en la obra. Las empresas suelen proporcionar capacitación sobre las prácticas de gestión de residuos y la importancia de la separación adecuada en origen.

En resumen, las empresas constructoras en España se basan en una combinación de normativa legal, información previa de proyectos similares, planificación de obra, colaboración con gestores de residuos, y formación del personal para definir su plan de gestión de residuos de construcción y demolición en obras residenciales. El objetivo es asegurar una gestión eficiente y sostenible de los residuos, minimizando su impacto ambiental.

3. Estudio de Obras de Edificación Residencial de empresas del Clúster de la Edificación.

3.1. Metodología para la recopilación de datos de producción de RCDs en empresas del Clúster de Edificación.

Para la confección de las tablas de datos relacionados con la producción de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se encuentran detallados en el presente documento, se ha llevado a cabo la recopilación de información proveniente de las empresas integrantes del Grupo de Trabajo “Gestión de Residuos de Construcción y Demolición y Economía Circular” perteneciente al Clúster de la Edificación. En este contexto, dichas empresas incluyen a ACR, ARPADA, MACE y COCIRCULAR.

El proceso de recopilación de datos ha consistido en la aportación de cifras reales sobre la producción de residuos generados durante la ejecución de un conjunto de **129 obras** de construcción. Estas obras, en su conjunto, representan un total de **10.961 viviendas** y abarcan una superficie construida total de **2.079.590,5 metros cuadrados**.

La contribución de información por parte de las mencionadas empresas del Clúster de la Edificación ha permitido obtener una visión detallada y representativa de la generación de Residuos de Construcción y Demolición en el ámbito de la edificación residencial. La recopilación exhaustiva de datos reales provenientes de diversas fuentes facilita un análisis preciso y fundamentado, contribuyendo así al desarrollo de estrategias y prácticas más sostenibles en el sector de la construcción.

La recopilación y orden de los datos se ha articulado a partir de los requerimientos de identificación y cuantificación de RCD establecidos por el RD 105/2008, ajustados a los correspondientes Códigos LER y recogiendo asimismo la mayor cantidad de información posible acerca de las diferentes características tipológicas de la edificación susceptibles de incidir en dichas ratios:

- Tipo de obra, edificación residencial.
- Origen de los datos (obras ARPADA, ACR, MACE Y COCIRCULAR).
- Ratios determinadas para dar cumplimiento al RD 105/2008 establecidos por m² de obra globales y para cada Código LER:
 - Peso (Tn/ m²) y
 - Volumen (m³/ m²) de aplicación

Se han considerado asimismo los siguientes parámetros, disponibles o susceptibles de ser calculados a partir de las familias de datos facilitadas, por su interés para la generación y análisis de las ratios descritas:

- Porcentajes de RCD de las diferentes familias, subfamilias y Códigos LER, expresados en %.
- Densidades ρ de los materiales que relacionan peso y volumen (t/m^3), distinguiéndose entre ρ_{ap} (densidad aparente) y ρ_{tab} (densidad tabulada o de laboratorio procedente de la bibliografía utilizada).

Adicionalmente, el análisis se ha fundamentado en los siguientes aspectos:

- 1.- Una comparativa exhaustiva de los datos proporcionados por las cuatro empresas participantes a nivel global.
- 2.- Un análisis específico de los datos originarios de obras residenciales que destacan por su mayor nivel de comparación, considerando diversas características que las definen.

Este enfoque ha permitido una evaluación más detallada y completa, tanto a nivel general como específico, brindando así una perspectiva más profunda sobre la gestión de residuos en el ámbito de la construcción residencial. La comparativa global proporciona una visión general, mientras que el análisis específico permite identificar patrones y particularidades en obras residenciales que pueden ser relevantes para la mejora continua de las prácticas en la gestión de residuos.

3.1.1. Resumen Global de Datos de Obras Analizadas: Producción de RCDs en el Contexto del Clúster de Edificación.

En primer lugar, se analiza de forma colectiva el conjunto de datos obtenido de las obras realizadas por las cuatro empresas participantes.

Para la realización de este estudio, se ha llevado a cabo la recopilación de datos relacionados con la gestión de residuos de construcción y demolición, abarcando un total de 129 proyectos de obras residenciales reales. Estos proyectos, que en conjunto comprenden 10.961 viviendas, han permitido establecer una relación promedio de **85 viviendas por proyecto**. Además, se ha calculado una **superficie construida media por proyecto de 16.120,9 m²**, culminando en una superficie total construida de 2.079.590,5 m².

La obtención de estos datos ha sido posible gracias a la colaboración de las empresas ACR, ARPADA, MACE y COCIRCULAR, todas ellas integrantes del grupo de trabajo responsable de este estudio. Este aporte de información por parte de actores relevantes en el sector ha fortalecido la calidad y representatividad de los resultados logrados, permitiendo así una visión más completa, global y precisa de la gestión de residuos en proyectos de construcción residencial.

A continuación, se muestra la Tabla 1 que resume los datos más característicos de las obras analizadas:

Tabla 1. Datos característicos de las obras analizadas de las empresas ACR, ARPADA, MACE y COCIRCULAR

ESTUDIO DE OBRAS DE EDIFICACIÓN	NÚMERO OBRAS	NÚMERO VIVIENDAS	MEDIA VIVIENDAS/ OBRA	MEDIA SUPERFICIE m ² /OBRA	SUPERFICIE CONSTRUÍDA m ²
	129	10.961	85,0	16.120,9	2.079.590,5

Según los datos reales proporcionados por el gestor de residuos, el volumen total de residuos de construcción y demolición (RCD) de las obras estudiadas es de 312.680,7 m³, con un peso total de 151.705,9 toneladas. Se utilizaron 48.080 contenedores de 6 m³, con una densidad media de 0,485 toneladas/m³ y 0,073 toneladas/m² construido. Esto se puede ver reflejado en la Tabla 2 donde se presentan los datos reales recopilados de las obras analizadas, los cuales han sido extraídos de la información proporcionada por el gestor de residuos.

Tabla 2. Datos reales proporcionados por el gestor de residuos, de las obras analizadas de las empresas ACR, ARPADA, MACE y COCIRCULAR

DATOS REALES SEGÚN GESTOR RESIDUOS	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO TOTAL t	Nº REAL CONTENEDOR 6 m ³	DENSIDAD MEDIA CONTENEDOR	t/ m ² CONSTRUIDO
	312.680,7	151.705,9	48.080	0,485	0,073

En la Tabla 3 se han indicado los índices generales que se han obtenido del análisis de los datos característicos de las obras y de los datos aportados por los gestores de residuos. A modo de resumen los índices generales derivados de estos datos son los siguientes:

Tabla 3. Índices generales de las obras analizadas de las empresas ACR, ARPADA, MACE y COCIRCULAR

ÍNDICES GENERALES	Nº CONT/VIV.	Nº CONT./m ²	tn RCD/ VIV.	t RCD / OBRA	m ³ RCD / VIV.
	4,39	0,023	13,84	1.176,015	28,527

Estos índices ofrecen información valiosa acerca de la gestión de residuos en proyectos de edificación residencial, abarcando aspectos como la eficiencia en la utilización de contenedores, la cantidad de residuos generada tanto por vivienda como por obra, así como el volumen de

Residuos de Construcción y Demolición (RCD) por unidad habitacional. Estos datos resultan fundamentales para la evaluación y la mejora de las prácticas de gestión de residuos en futuros proyectos de construcción residencial. Con su análisis detallado, se busca optimizar la eficiencia y sostenibilidad en el manejo de residuos, contribuyendo así al desarrollo de prácticas más responsables y alineadas con criterios medioambientales en el ámbito de la construcción residencial.

3.1.2. Análisis específico de datos de obras residenciales con mayor nivel de comparación.

Como parte de la evaluación de datos de entrada y salida que sean comparables, se analiza el porcentaje de concordancia entre el Plan de Gestión de Residuos y los Datos Reales proporcionados por el Gestor de Residuos en el conjunto total de las obras. Asimismo, con el objetivo de refinar la comparación hacia datos más homogéneos, se implementa un filtro sobre los datos de entrada, optando finalmente por utilizar la información aportada por ARPADA y ACR. Estas dos empresas permiten una comparación más precisa, especialmente en lo que respecta a la tipología de obra y la posibilidad de contrastar con los datos proporcionados por el gestor de residuos en cada proyecto.

Se excluyen los datos proporcionados por MACE y COCIRCULAR de esta comparativa, ya que, dada la naturaleza no residencial de sus obras y otros parámetros distintivos, resultan difícilmente comparables. Factores como la tipología de la obra, la ubicación geográfica u otros parámetros específicos dificultan la comparación, pudiendo ocasionar desviaciones no deseadas en los datos de salida. De este modo, se busca garantizar la coherencia y validez de dicha comparativa al centrarse en datos más homogéneos y pertinentes para el análisis.

Por tanto, se establece finalmente una base de datos de **109 obras de construcción residencial**, con un total de **8.808 viviendas construidas**, que suman un total de **superficie construida de 1.759.886 m²**.

En estas Obras se dispone tanto de los datos teóricos planteados en los Planes de Gestión de Residuos como de los datos que proporcionan los Gestores de Residuos, pudiendo establecer la desviación entre los datos teóricos y la realidad del material que llega a estos últimos.

Respecto a la localización geográfica de los proyectos, se reparten de la siguiente manera:

- Madrid
- País Vasco
- Navarra

Se establecen dos líneas de entrada de datos y comparables entre sí:

- Datos genéricos en base al Plan de Gestión de Residuos.
- Datos reales aportados por el Gestor de Residuos en Obra.

- Índices comparativos entre teórico y real.

El resumen del estudio de obras de edificación residencial y los datos relacionados con la gestión de residuos es el siguiente:

En la Tabla 4 se muestran los datos característicos de las obras que se van a analizar, en este caso pertenecientes a edificios residenciales. Los datos están proporcionados por las empresas ARPADA y ACR.

Tabla 4. Datos característicos de las obras RESIDENCIALES analizadas de las empresas ACR y ARPADA

ESTUDIO DE OBRAS EDIFICACIÓN RESIDENCIAL	NÚMERO OBRAS	NÚMERO VIVIENDAS	MEDIA VIVIENDAS/OBRA	MEDIA SUPERFICIE m ² /OBRA	SUPERFICIE CONSTRUIDA m ²
	109	8.808	80,8	16.145,7	1.759.886,0

La Tabla 5 presenta tanto las cifras teóricas propuestas en los Planes de Gestión de Residuos como los datos proporcionados por los Gestores de Residuos. A través de esta comparación es posible determinar la desviación existente entre los datos teóricos previstos y la realidad del material que efectivamente llega a los gestores (Tabla 6).

Tabla 5. Datos teóricos y reales de los residuos de las obras RESIDENCIALES analizadas de las empresas ACR y ARPADA

DATOS TEÓRICOS SEGÚN PLAN GESTIÓN RESIDUOS	RCD m ³ INICIALES	RCD t INICIALES	Nº TEÓRICO CONT. 6 m ³	DENSIDAD MEDIA CONTENEDOR	t/ m ² CONSTRUIDO PGR
	324.469,5	173.110,8	54.078	0,534	0,098
DATOS REALES SEGÚN GESTOR RESIDUOS	VOLUMEN RCD TOTAL m ³	PESO TOTAL t	Nº REAL CONTENED. 6 m ³	DENSIDAD MEDIA CONTENEDOR	t/ m ² CONSTRUIDO REAL
	263.560,4	136.062,6	43.927	0,516	0,077

A continuación, se analizan los índices que proporcionan información clave sobre la gestión de residuos en las obras de edificación residencial, como la cantidad de contenedores necesarios, la densidad media de los residuos y la distribución de toneladas por vivienda y por obra.

Tabla 6. Índices comparativos entre los datos teóricos y reales de los residuos en obras RESIDENCIALES analizadas de las empresas ACR y ARPADA

INDICES ENTRE	Nº CONT/ VIV. PGR	Nº CONT./m ² PGR	Nº CONT/ VIV. REAL	Nº CONT./m ² REAL	m ³ /m ² TEÓRICOS	% DESVIACIÓN TEORICO/REAL Nº CONT./VIV	% DESVIACIÓN TEÓRICO/REAL Tn
---------------	-------------------	-----------------------------	--------------------	------------------------------	---	--	------------------------------

TEÓRICO Y REAL	6,14	0,031	4,99	0,025	0,184	23,1%	27,23%
---------------------------	-------------	--------------	-------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Como puede observarse del análisis de los datos relativos a la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), aparecen notables discrepancias entre las proyecciones teóricas establecidas en el Plan de Gestión de Residuos y los datos reales recabados por el gestor de residuos.

Según las estimaciones teóricas del plan, se proyectó un volumen inicial de RCD de 324,469.5 m³, equivalente a 173.110,8 toneladas. Se anticipó la necesidad de 43.927 contenedores de 6 m³, con una densidad media de 0,534 Tn/m³ y 0.098 Tn/m² construido. Sin embargo, los datos reales indican un volumen total de 263.560,4 m³, un peso total de 136.062,6 toneladas, 43.927 contenedores utilizados y una densidad media obtenida de 0,516 t/m³ y 0,077 Tn/m² construido.

Al comparar los índices entre lo teórico y lo real, se evidencia que el número de contenedores por vivienda en el plan es de 6,14, mientras que en la realidad es de 4,99. En términos de contenedores por metro cuadrado construido, el plan estima 0,031, mientras que la realidad muestra 0,025. Los porcentajes de desviación entre lo teórico y lo real son significativos:

- Número de contenedores por vivienda: 23,1%
- Toneladas: 27,23%

Estos porcentajes revelan que en la práctica se han necesitado menos contenedores por vivienda y se han generado menos toneladas de residuos de construcción y demolición de lo estimado inicialmente en el plan. Estas discrepancias apuntan a la importancia de ajustar las proyecciones teóricas en futuros planes de gestión, incorporando aprendizajes obtenidos de la realidad con el fin de mejorar la eficiencia en la gestión de residuos en proyectos similares.

4. Comparativo de Obras de Edificación Residencial Clúster de la Edificación.

4.1. Estudio comparativo entre Clúster de la Edificación/CSCAE-CGATE/IHOBE/COACYLE. Ratios de producción de residuos en obras residenciales.

Con la información obtenida y procesada se ha generado una tabla específica para cada familia de datos facilitada (Tabla 8). La tabla 8 proporciona datos de peso y volumen de RCD sobre la estimación real media obtenida en el estudio de las obras indicadas en el apartado 3.1 (ARPADA, ACR, COCIRCULAR y MACE), y los datos de estimación teórica de diversas fuentes teórica (CSCA, CGATE, IHOBE, COACYLE) para edificaciones residenciales en la región continental de Madrid, Navarra y País vasco.

Tabla 7. Fuentes de Datos utilizadas en el estudio

Estudio de Obras de Edificación Residencial Clúster de la Edificación	Proporciona datos específicos sobre la generación de RCD en edificaciones residenciales en la región de Madrid, Navarra y País Vasco. Aportadas por las empresas del grupo de trabajo ARPADA, ACR, COCIRCULAR y MACE.
Ratios Nacionales de Generación de RCD (CSCAE, CGATE)	Proporciona ratios nacionales de generación de RCD, según diversas fuentes, como CSCAE y CGATE.
Manual para la Redacción de EGR (IHOBE) - R.D.112/2012 País Vasco	Fuente de información utilizada para la redacción de Estudios de Gestión de Residuos (EGR) que proporciona datos relevantes sobre la generación de RCD en el País Vasco.
Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León (COACYLE)	Representa otra fuente de información utilizada, probablemente para obtener datos específicos sobre la región de Castilla y León.

Datos Relevantes:

- Las tablas de datos aportadas al trabajo detallan la estimación teórica del peso por tipología de RCD para diferentes materiales, incluyendo materiales de aislamiento, madera, metales mezclados, papel, cartón, plástico, vidrio, materiales de construcción a base de yeso, mezclas bituminosas, arena, grava, hormigón, ladrillos, azulejos, RCD mezclado, basuras y RCD potencialmente peligrosos.
- Para cada tipo de material, se proporciona el código LER, el porcentaje en peso, el volumen (m^3/m^2), el peso (Tn/m^2), y se realiza una estimación teórica del total.
- Los totales se dividen en tres categorías: RCD de naturaleza no pétreo, RCD de naturaleza pétreo, y RCD potencialmente peligrosos y otros.
- Se incluye la densidad (t/m^3) y la estimación teórica de toneladas por metro cuadrado (t teóricas/ m^2) para cada categoría.

Observaciones:

- La tabla proporciona un desglose detallado de la estimación teórica del peso de RCD por tipología y su comparación con ratios nacionales y otras fuentes de datos.
- Los datos pueden ser utilizados para evaluar y planificar la gestión de residuos de construcción y demolición en proyectos residenciales.

Tabla 8. Estimación teórica de peso y volumen de RCD en obras residenciales según diversas fuentes

Evaluación teórica del peso por tipología de RCD	CÓDIGO O LER	ARPADA			COCIRCULAR			MACE			ACR			CSCAE/CGATE			R.D.112/2012 País Vasco (IHOBÉ)			COACYLE		
		Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²	Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²	Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²	Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²	Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²	Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²	Porcentaje en Peso %	Volumen en m ³ /m ²	Peso en t/m ²
RCD: Naturaleza no pétreo		RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo		
1. Materiales de aislamiento	170604	0,70 %	0,034	0,007	0,25 %	0,015	0,002	0,00 %	0,000	0,000	0,04 %	0,0057	0,0003	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000
2. Madera	170201	7,50 %	0,024	0,007	2,90 %	0,016	0,003	3,73 %	0,020	0,006	4,60 %	0,021	0,008	2,84 %	0,005	0,003	9,50 %	0,011	0,008	4,00 %	0,004	0,007
3. Metales mezclados	170407	3,50 %	0,003	0,004	0,80 %	0,003	0,002	0,96 %	0,002	0,001	1,85 %	0,003	0,002	2,38 %	0,002	0,003	5,15 %	0,004	0,004	2,50 %	0,002	0,001
4. Papel, Cartón	200101	1,80 %	0,005	0,001	0,75 %	0,001	0,001	1,87 %	0,001	0,004	0,59 %	0,002	0,004	1,72 %	0,002	0,002	2,00 %	0,008	0,001	0,30 %	0,000	0,000
5. Plástico	170203	1,80 %	0,005	0,001	0,65 %	0,005	0,001	2,26 %	0,009	0,005	0,70 %	0,002	0,005	1,19 %	0,001	0,001	2,75 %	0,007	0,002	1,50 %	0,001	0,001
6. Vidrio	170202	0,20 %	0,002	0,002	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	2,94 %	0,003	0,003	0,25 %	0,002	0,002	0,50 %	0,000	0,000
7. Mat. construcción a base de Yeso	170802	5,70 %	0,018	0,005	2,80 %	0,012	0,004	0,35 %	0,003	0,000	8,40 %	0,011	0,008	1,16 %	0,001	0,000	7,35 %	0,020	0,006	0,20 %	0,002	0,000
8. Mezclas bituminosas	170302	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	2,92 %	0,013	0,001	5,85 %	0,005	0,007	1,50 %	0,004	0,001	5,00 %	0,005	0,004
TOTAL 1 estimación		21,20 %	0,064	0,004	8,15 %	0,041	0,003	9,17 %	0,048	0,003	19,10 %	0,044	0,015	18,08 %	0,018	0,020	28,50 %	0,057	0,034	14,00 %	0,015	0,016
RCD: Naturaleza pétreo		RCD: Naturaleza pétreo			RCD: Naturaleza pétreo			RCD: Naturaleza pétreo			RCD: Naturaleza pétreo			RCD: Naturaleza no pétreo			RCD: Naturaleza pétreo					
1. Arena, Grava y otros áridos	170504	2,90 %	0,009	0,002	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	0,00 %	0,000	0,000	5,40 %	0,006	0,006	5,10 %	0,009	0,004	9,00 %	0,009	0,006
2. Hormigón	170101	14,10 %	0,011	0,003	9,25 %	0,010	0,009	3,05 %	0,008	0,003	15,00 %	0,020	0,011	9,39 %	0,007	0,011	23,00 %	0,017	0,009	12,00 %	0,013	0,008

3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	17 01 07	47,6 0%	0,0 37 4 5 7	0, 0 4 5 7	33,0 0%	0,0 27 1 9 0	0, 0 1 9 0	40,7 0%	0,0 71 9 0 2	0, 0 9 0 2	7,00 % +36 %	0,0 02 79	0, 00 55	51,4 4%	0,0 38 7 0	0, 0 5 7 0	37,6 0%	0,0 28 7	0, 0 3 1 6	54,0 0%	0,0 59 3 9 6
4. RCD Mezclado	17 09 04	11,2 0%	0,0 20 3	0, 0 1 0 8	47,6 0%	0,0 60 3	0, 0 4 8 0	46,6 3%	0,1 35 4	0, 1 3 3	58,0 0%	0,0 89 52	0, 04 55	8,09 %	0,0 06 0	0, 0 9 9 0	2,50 %	0,0 05 3	0, 0 2 2 1	0,00 %	0,0 00 0
TOTAL 2 estimación		75,8 0%	0,0 71 2	0, 7 2 8	89,8 5%	0,0 97 9	0, 7 6 4	90,3 8%	0,2 15 1	0, 2 0 3	80,0 0%	0,0 94 21	0, 06 21	74,3 2%	0,0 55 0	0, 8 2 2 0	68,2 0%	0,0 55 5	0, 5 7 4	75,0 0%	0,0 82 5 5 0
RCD: Potencialmente peligrosos y otros																					
1. Basuras	20 03 01	3,00 %	0,0 11 5	0, 0 2 9	2,00 %	0,0 11 5	0, 0 2 0	0,44 %	0,0 08 7	0, 0 1 1	0,00 %	0, 00 00	5,26 %	0,0 06 0	0, 0 6 0	1,00 %	0,0 01 4	0, 0 0 8	7,00 %	0,0 07 7	0, 0 8 6
2. Potencialmente peligrosos		0,00 %	0,0 0 0	0, 0 0	0,01 %	0,0 00 0	0, 0 0	0,02 %	0,0 09 4	0, 0 0 1	0,90 %	0, 00 10	2,34 %	0,0 05 0	0, 3 3	2,30 %	0,0 03 2	0, 0 1 9	4,00 %	0,0 04 4	0, 0 8 8
TOTAL 3 estimación		3,00 %	0,0 11 5	0, 0 2 9	2,01 %	0,0 11 5	0, 0 2 0	0,46 %	0,0 18 1	0, 0 1 1	0,90 %	0, 00 10	7,60 %	0,0 11 0	0, 0 0 0	3,30 %	0,0 04 6	0, 0 2 8	11,0 0%	0,0 12 1	0, 0 7 4
TOTAL		100, 0%	0,1 43 1	0, 9 6 0	100, 0%	0,1 49 5	0, 9 1 9	100, 0%	0,2 81 3	0, 2 2 7	100 %	0,1 38 9	0, 07 84	100, 0%	0,0 84 0	0, 1 1 1 0	100, 0%	0,1 17 4	0, 8 4 1	100, 0%	0,1 10 0
DENSIDAD (Tn/m ³)		0,671			0,615			0,788			0,565			1,321			0,716			0,805	
Tn TEÓRICAS/ m ²		0,0960			0,0919			0,2217			0,0784			0,1110			0,0841			0,1100	

Análisis sobre las principales desviaciones de los % de pesos de la tabla.

A continuación, se analizan las principales desviaciones observadas en los porcentajes de peso para cada tipo de Residuo de Construcción y Demolición (RCD) entre las diferentes fuentes evaluadas:

I. RCD: NATURALEZA NO PÉTREA

1. Materiales de aislamiento (Código LER: 17 06 04):

- MACE CSCAE/CGATE, IHOBE y COACYLE no muestran aportaciones de este residuo (0%).
- ARPADA señala que se genera aproximadamente un 0,70% de residuos de aislamientos, mientras que COCIRCULAR indica solo un 0,25% y ACR un 0,04%.

2. Madera (Código LER: 17 02 01):

- ARPADA es la que aporta un mayor % de este código en sus obras, concretamente un 7,50%, mientras que MACE y ACR estiman un 3,73% y un 4,60% respectivamente.
- Por su parte COCIRCULAR recoge como dato real un menor % de lo generado en las obras de ARPADA, esto es 2,90%, que se asemeja bastante al % propuesto por CSCAE/CGATE (2,84%).
- IHOBE indica un porcentaje muy alto para la madera (9,50%) y COACYLE un valor similar al de MACE y ACR (4,00%).

3. Metales mezclados (Código LER: 17 04 07):

- COCIRCULAR y MACE proporcionan un valor de metales mezclados significativamente más bajo que las otras fuentes (0,80% y 0,96%).
- ARPADA E IHOBE son los que señalan un mayor porcentaje de estos residuos en sus estimaciones, un 3,50% y un 5,15% respectivamente.
- CSCAE/CGATE y COACYLE indican valores similares para estos residuos (2,38% y 2,50%).

4. Papel, Cartón (Código LER: 20 01 01):

- ARPADA, MACE, CSCAE/CGATE e IHOBE presentan valores similares que van desde 1,72% al 2,00%.
- Los porcentajes más bajos los indica COACYLE, ACR y COCIRCULAR, 0,30%, 0,59% y 0,75% respectivamente.

5. Plástico (Código LER: 17 02 03):

- ARPADA, MACE, IHOBE Y COACYLE muestran valores parecidos entre el 1,50% y el 2,26%.
- COCIRCULAR, ACR y CSCAE/CGATE COCIRCULAR recogen pesos más bajos para los residuos plásticos (0,65%, 0,70% y 1,19% respectivamente),).

6. Vidrio (Código LER: 17 02 02):

- ARPADA, COCIRCULAR, MACE y ACR presentan un porcentaje de peso muy bajo para este tipo de residuos entre el 0% y el 0,20%.
- IHOBE y COACYLE, por su parte, estiman en un 0,25% y un 0,50% el peso de estos residuos. Sin embargo, para CSCAE/CGATE este código LER supone un 2,94% de lo generado en obra.

7. Mat. construcción a base de Yeso (Código LER: 17 08 02):

- MACE Y COACYLE señalan unos bajos porcentajes muy similares de este residuo, un 0,35% y un 0,20% respectivamente.
- COCIRCULAR y CSCAE/CGATE presentan también porcentajes similares entre ellos, pero algo más altos que los anteriores: 2,80% y 1,16%.
- ARPADA, ACR e IHOBE recogen los porcentajes más altos de este tipo de residuo, llegando a valores de entre 5,70% y 8,40%.

8. Mezclas bituminosas (Código LER: 17 03 02):

- ARPADA, COCIRCULAR y MACE no muestran datos para este código LER (0%).
- ACR obtiene un 2,92% de residuos de este tipo, mientras que CSCAE/CGATE obtiene un 5,85% (el valor más alto), IHOBE un 1,50% y COACYLE un 5,00 %.

En el cómputo total de los RCD de Naturaleza No Pétreo existen diferencias significativas entre las cantidades en peso obtenidas por las distintas empresas que participan en este informe y las

estimaciones de las otras fuentes. Los datos que se asimilan más son los proporcionados por ARPADA, ACR y CSCAE/CGATE que se encuentran entre un 18,08% y un 21,20%.

II. RCD: NATURALEZA PÉTREA

1. Arena, Grava y otros áridos (Código LER: 17 05 04):

- COCIRCULAR, MACE y ACR no presentan valores para este tipo de residuo (0%).
- Por su parte, ARPADA indica un 2,90% de porcentaje en peso para la Arena, Grava y otros áridos.
- CSCAE/CGATE muestran valores similares de 5,4% y 5,10% respectivamente, mientras que el mayor porcentaje para este residuo se lo otorga COACYLE (9,00%).

2. Hormigón (Código LER: 17 01 01):

- MACE señala un porcentaje muy bajo respecto a las otras entidades (3,05%).
- ARPADA, ACR y COACYLE presentan porcentajes similares de este residuo, 14,10%, 15,00% y 12,00%. COCIRCULAR y CSCAE/CGATE presentan también porcentajes similares, pero algo más reducidos: 9,25% y 9,39% respectivamente.
- Por su parte, IHOBE muestra cantidades de este residuo superiores al resto de fuentes (23,00%).

3. Ladrillos, azulejos, cerámicos (Código LER: 17 01 07):

- Representan el mayor peso de residuos de todos los códigos LER.
- Para ARPADA, CSCAE/CGATE y COACYLE suponen más del 40% del peso de todos los residuos generados en obra: 47,60%, 51,44% y 54,00%.
- Para COCIRCULAR, MACE e IHOBE esta cantidad de residuos se sitúa entre los 33,00% y 40,70%.
- Para ACR este porcentaje de residuos llega al 36,00% en obras con fachadas de LCV y a un 7% en obras con fachadas prefabricadas o de otros materiales no cerámicos.

4. RCD Mezclado (Código LER: 17 09 04):

- También representan un alto porcentaje de los residuos generados en obra.
- COCIRCULAR, MACE y ACR presentan valores superiores, entre el 46,63% y el 58%. ARPADA y CSCAE/CGATE, sin embargo, presentan valores que no superan el 11,20%.
- IHOBE muestra cantidades pequeñas de este tipo de residuo (2,50%). Y COACYLE, por su parte, ni siquiera los tiene en cuenta (0%).

En el cómputo total de los RCD de Naturaleza Pétreo se observa que representan la mayor cantidad de RCD generados en obra, aunque existen diferencias significativas entre las cantidades en peso obtenidas por las distintas empresas que participan en este informe y las estimaciones de

las otras fuentes. Los datos que se asimilan más son los proporcionados por ARPADA, ACR, CSCAE/CGATE y COACYLE que se encuentran entre un 74,32% y un 80,00%.

III. RCD: POTENCIALMENTE PELIGROSOS Y OTROS

1. Basuras (Código LER: 20 03 01):

- ARPADA, COCIRCULAR, CSCAE/CGATE Y COACYLE muestran los mayores valores de este tipo de residuos que asciende a entre un 2,00% y un 7,00%.
- MACE e IHOBE presentan porcentajes muy bajos, 0,44% y 1,00%, respectivamente, mientras que ACR no señala ninguna cantidad para este tipo de residuo.

2. Potencialmente peligrosos (Código LER: varios):

- CSCAE/CGATE, IHOBE y COACYLE presentan unos valores significativamente más altos que ARPADA, COCIRCULAR, MACE y ACR. Los primeros varían entre el 2,30% y el 4,00%, mientras que los segundos no llegan al 0,90%.

En el cómputo total de los RCD potencialmente peligrosos se observa una gran discrepancia entre los residuos generados y los estimados. Siendo los primeros mucho menores los residuos peligrosos generados que los residuos peligrosos estimados.

Estas desviaciones pueden explicarse por las diferencias en las metodologías de evaluación, las características de los residuos en diferentes regiones, y enfoques distintos en la clasificación y medición de los tipos de residuos. Es crucial considerar estas variaciones al interpretar y comparar datos de fuentes diferentes.

Análisis sobre las densidades y toneladas de los RCD de la tabla.

A continuación, se presenta un comparativo entre los datos de densidad (t/m^3) y toneladas (t) teóricas de residuos de construcción y demolición (RCD) por cada metro cuadrado para cada fuente evaluada (Tabla 9):

Tabla 9. Comparativo entre los datos de densidad (t/m^3) y toneladas (t) teóricas de residuos de construcción y demolición (RCD)

	ARPADA	COCIRCULAR	MACE	ACR	CSCAE/CGATE	IHOBE	COACYLE
Densidad (t/m^3)	0,671	0,615	0,788	0,565	1,321	0,716	0,805
Toneladas teóricas (t/m^2)	0,0960	0,0919	0,2217	0,0784	0,1110	0,0841	0,1100

Observaciones:

- La densidad varía considerablemente entre las fuentes, siendo la más alta la indicada en CSCAE/CGATE, y la más baja la de ACR (País Vasco):

- La fuente CSCAE presenta la mayor densidad (1,321 t/m³), seguida por COACYLE y MACE (0,805 t/m³ y 0,788 t/m³, respectivamente). La menor densidad se observa en ACR (País Vasco) con 0,565 t/m³.
- Las desviaciones entre las fuentes indican variaciones significativas en la estimación de la densidad de RCD, lo que podría influir en la planificación del espacio y los costos asociados con el transporte y la eliminación.
- Las toneladas teóricas por metro cuadrado también presentan variaciones notables:
 - La fuente MACE tiene la mayor estimación de toneladas teóricas por metro cuadrado (0,2217 t/m²), seguida por CSCAE/CGATE y COACYLE (0,1110 t/m² y 0,1100 t/m²). La menor estimación la presenta ACR con (0,0784 t/m²).
 - Las diferencias entre las fuentes indican variaciones sustanciales en la cantidad de residuos generados por metro cuadrado, lo que afectaría los cálculos de gestión de residuos y los recursos necesarios para su manejo.

Estas diferencias pueden deberse a las metodologías específicas de evaluación y a las características regionales de los residuos considerados por cada fuente, así como la tradición constructiva de cada zona. Es importante considerar estos datos al realizar comparaciones y análisis de los resultados.

4.2. Análisis por familia de las tablas de datos Clúster de la Edificación/CSCAE-CGATE/IHOBE/COACYLE.

Observando los datos de la tabla y comparando las entradas de datos de las diferentes fuentes, también se pueden destacar otras variaciones en función de la naturaleza de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD):

Variaciones en la Naturaleza No Pétreo de los RCD:

Materiales de Aislamiento:

Hay variaciones significativas en el porcentaje en peso y volumen entre las fuentes. Esto podría deberse a diferencias en los métodos de estimación o la diversidad de proyectos considerados.

Tipología de aislamientos, lanas minerales:

Las Lanos Minerales (Lanos de Vidrio o Lanos de Roca) son consideradas como "residuos no peligrosos", siguiendo los criterios establecidos en el listado europeo de residuos, la Decisión 2014/955/UE de la Comisión. Las Lanos Minerales se encuentran en los siguientes epígrafes de la citada Decisión:

- A.- 10 11 03 para los residuos generados durante el proceso de fabricación.
- B.- 17 06 04 para los residuos generados en las obras de construcción.

La catalogación en los citados epígrafes se basa en los diferentes estudios y análisis sobre este tema y en las decisiones adoptadas por parte de las Administraciones de otros países europeos, como Austria, Dinamarca, Finlandia, Francia, Islandia, Irlanda, Noruega, Suiza, Reino Unido o Alemania.

Segregación en obra:

Los residuos de aislamiento están cobrando una importancia sustancial en las obras residenciales, esto va ligado a la actualización del CTE DB HE y las mayores exigencias térmicas para los edificios de consumo casi nulo, lo que propicia mayor nivel de aislamiento en las envolventes de edificios y por ende mayor volumen de residuos generador. El aislamiento a pesar de ser un material de bajo peso genera una gran volumetría en su vertido ocasionando una posible problemática de espacio para la segregación en obra y también un volumen mayor de contenedores por obra.

Valorización final:

En la actualidad existen mecanismos de recuperación y reciclado de residuos en algunos materiales como la lana de roca (ej. Rockwool Rockcycle, Isover Recycling, Resulation, por poner algunos ejemplos cercanos) y algunas tipologías de plásticos.

Materiales a base de Yeso:

El yeso está adquiriendo cada vez más importancia en la construcción residencial al ser una parte fundamental de la construcción ligera junto con las lanas minerales. La sustitución del ladrillo de gran formato por la placa de yeso laminado está haciendo que los volúmenes de residuos de yeso en obra se incrementen día a día. Su facilidad de instalación y cambio hace además que cuando se hagan modificaciones en los usos de las viviendas o lleguen al final de su vida útil, el volumen de residuos de yeso se incrementará exponencialmente. Bases de datos de materiales que sean antiguas (anteriores al año 2005) pueden reflejar una realidad distinta a la actual y de ahí algunas variaciones sustanciales entre los datos del Cluster y otras bases de datos. La ya presente construcción de fachadas ligeras con materiales en base yeso, aumentará en el futuro el peso de los residuos de este tipo. Los datos que se desprenden de las bases de datos analizadas son coincidentes con lo aquí expresado. Sería muy conveniente volver a realizar este ejercicio en 10 años.

Segregación en obra:

La segregación en obra de la placa de yeso laminado es muy sencilla con la suficiente dedicación. Actualmente en España y en Europa existen las tecnologías y los servicios necesarios para su reciclaje (Placo Recicla en España, Service éco-Plâtre, knauf Blue - Le recyclage du plâtre, por poner ejemplos cercanos) con una clara tendencia al alza debido a las exigencias reglamentarias presentes y futuras.

Valorización Final:

El yeso es un elemento constructivo de presente y futuro y por tanto los residuos de construcción y demolición de esta tipología cada vez será más voluminosa. Afortunadamente existen mecanismos y tecnologías para su reciclaje efectivo en parte motivada por su facilidad de segregación en obra

Madera:

La madera muestra variaciones notables en el porcentaje en peso y volumen. Las fuentes dan estimaciones considerablemente diferentes. Estas discrepancias pueden deberse a las diferencias en la naturaleza y escala de los proyectos considerados.

Tipología de maderas en obra:

Una de las problemáticas más acentuadas en obras residenciales es la gestión de los residuos de madera tipo palets, que genera complicaciones de espacio y segregación en obra y un volumen de contenedores muy elevado.

En los últimos años ha aumentado considerablemente el porcentaje de palets denominados de un solo uso, que no son recuperados por el fabricante y se tienen que retirar al gestor de residuos desde la obra. Esta circunstancia ha hecho aumentar el porcentaje de madera que se retira como residuo en las obras. Dichos palets tampoco son recogidos por empresas específicas de reciclaje de madera ya que su valor es muy bajo

Segregación en obra:

Se separan fácilmente y para reducir el coste del residuo se suele retirar en contenedores más voluminosos (30 m³) que tienen un coste por m³ de retirada menor que los contenedores estándar de 6 m³

Papel, Cartón y Vidrio:

Algunos materiales, como papel y plástico, no muestran grandes variaciones en las estimaciones entre fuentes. Las pequeñas diferencias pueden deberse a la diversidad de prácticas de construcción y demolición en la región.

Con la entrada en vigor del nuevo RD 1055/2022 de envases y residuos de envases, y la obligación de segregar en obra por tipología este tipo de envases (Papel, cartón y plástico principalmente) esta tipología de residuos tomará cada vez más importancia.

Actualmente en las obras se ha apreciado un aumento de estos materiales (plásticos y cartones de protección de los materiales), que presentan el problema del gran volumen que necesitan en su acopio en obra

Segregación en obra:

La segregación en obra es sencilla en cuanto a diferenciación y factibilidad, no obstante el aumentar de manera significativa el número de contenedores para su segregación genera grandes dificultades a los constructores sobre todo en obras donde el espacio no es muy grande. El gran problema de la separación en obra es que son residuos que tienen un gran volumen con una densidad muy baja (Según datos del Ministerio para la Transición ecológica y el Reto Demográfico la densidad tiene un valor medio de 50 Kg/m³). Eso hace que en un contenedor medio de 6 m³, sólo se transporte 300 Kg de cartón.

Es necesario preparar ese material aumentando su densidad, para ello se han iniciado proyectos de instalación de compactadoras en obra que aumentan la densidad de la bala de cartón hasta los 350 Kg/m³, optimizando su retirada de la obra, así como el espacio necesario para su acopio y separación en la obra.

Este proyecto contempla la compactación por separado tanto de residuos de plástico (plástico de protección y embalaje, film de protección), como de papel y cartón (restos de embalajes)

El vidrio recuperado en obra tiene un porcentaje muy bajo y se produce mayoritariamente por rotura o caída de material,

Valorización final:

El vidrio es uno de los materiales cuya valorización es más masiva, servicios de reciclaje en obra como Cimalit recicla están operativos actualmente en España. Otras salidas como gestores de residuos especializados también aumentan la tendencia al reciclaje de este material. El papel y el cartón bien segregados también son reciclables en plantas especializadas y otros usos. Con el uso de las compactadoras se facilita su transporte por parte de los gestores.

Tipología de fracción plástica en obra:

La fracción plástica de los RCD incluye los residuos procedentes de los materiales plásticos empleados en los edificios, como tuberías de fontanería o evacuación, pequeños accesorios, aislantes, falsos techos, recubrimientos, elementos decorativos, carcasas, etc.

La problemática deriva de la selección en familias de los plásticos (termoplásticos o termoestables), puesto que cada uno de ellos tiene un comportamiento distinto. Los más habituales son el PVC, el PPR, PE-HD/LD, PE-HD/MD, PUR, PPSU, o el PE-X.

Los residuos plásticos, según la Lista Europea de Residuos se enmarca en los siguientes capítulos:

- 15 01 02 Envases de plástico (residuos de envases de plástico)
- 17 02 03 Plásticos (residuos de construcción y demolición)

Segregación en obra:

En la actualidad, se ha puesto en marcha un proyecto para dotar de compactadoras a todas las obras en ejecución. Su puesta en marcha comienza cuando se acaba la fase de estructura y empiezan los cerramientos, ya que es cuando empieza a llegar a obra material que viene protegido con plástico y cartón (ladrillo, cerámicos, puertas, acabados, sanitarios etc.). Se consigue una reducción muy significativa del volumen y al estar segregado, tanto plástico como cartón y sacos de material, se pueden llevar a reciclar. Los materiales que se pueden tratar son todos los tipos de plástico que llegan a obra como protección de materiales de construcción, otros materiales plásticos de tuberías, carcasas y otros plásticos no son susceptibles de compactar, necesitando separarse en obra y gestionarlo aparte del material que si se puede compactar.

Valorización final:

Para un reciclado mecánico los plásticos recogidos deberán cumplir las siguientes premisas:

- No pueden estar muy degradados
- Deben estar separados por tipos
- No debe haber presencia de partículas extrañas que puedan interferir en el producto
- Debe haber una cantidad suficiente

El reciclado químico, por otro lado, permite reciclar mezclas de distintos polímeros y transformarlos en monómeros/productos petroquímicos de base.

Los termoplásticos son fácilmente reciclables, ya que al fundirse se pueden moldear repetidas veces (aunque se aconseja un máximo de 5 o 7 para no alterar sus propiedades). Los más conocidos son el PEBD, PEAD, PET, PVC, PS, EPS y PC.

Dado el alto poder calorífico de los plásticos, su valorización energética es muy productiva. No obstante, este método debe quedar relegado para aquellos materiales para los que ha sido imposible el reciclaje mecánico o químico.

Los plásticos reciclados tienen muchísimos usos desde bolsas de basura, envases, bidones, tuberías, mobiliario, aislamientos etc....

Cada vez más en el sector de la construcción contamos con soluciones que incorporan materia plástica reciclada, como son las tuberías o los aislamientos.

Variaciones en la Naturaleza Pétreo de los RCD:

Hormigón:

Se incluye cualquier tipología de hormigón, tanto prefabricados, como elaborados in-situ, pudiendo ser en masa o armados, así como morteros, por lo que la variabilidad composicional de estos residuos es elevada, aunque los componentes básicos suelen ser el cemento y los agregados, incluyendo áridos.

Segregación en obra:

La diferenciación y segregación en obra de estos residuos es sencilla, pero excepto en las fases de cimentación y estructura, puede resultar muy laboriosa, ya que se generan simultáneamente con otras tipologías de residuos no pétreos, de diferentes características y en pequeños volúmenes, lo que provoca que la segregación se realice completamente de forma manual en el propio punto de producción/tajo, debiéndose mantener esta clasificación previa hasta el contenedor de acopio principal de obra, lo que dificulta que el residuo se mantenga correctamente segregado.

Valorización final:

La valorización principal de los residuos de morteros y hormigones, es la fabricación de áridos reciclados, la cual se realiza a través de tratamientos mecánicos de trituración/molienda y tamizado, que deberán ir precedidos de un proceso de limpieza y clasificación dependiendo el grado de calidad de la segregación del residuo en el centro productor, para eliminar, si es necesario, el contenido de impropios, como maderas, plásticos, aislamientos...

El destino/uso de estos áridos reciclados depende de si los mismos son normalizados con el marcado CE de producto, pudiéndose utilizar como áridos para la fabricación de hormigón por ejemplo, o no, en cuyo caso serán utilizados como material de relleno sin exigencias de CE.

Cuando los residuos de morteros y hormigones se encuentran poco contaminados con otros materiales no pétreos (plástico, madera, etc.), su valorización puede efectuarse como áridos o agregados de hormigón de diferente tamaño de grano, lo que requiere la realización de tratamientos de trituración/molienda y tamizado para realizar los cortes granulométricos. Otra vía de valorización es como material de relleno, bases y sub-bases de carreteras. En estos casos, la presencia de sulfatos puede limitar su valorización, ya que éstos pueden infiltrarse en el subsuelo y contaminar las capas freáticas.

Ladrillos, Azulejos, y Otros Cerámicos:

Según los datos disponibles por el grupo de residuos del clúster de la edificación, los materiales cerámicos constituyen la mayor proporción de los RCD, situándose en torno al 35% del peso total de los RCD. La calidad de estos valores se considera razonable debido a que la segregación de los RCD ha sido elevada, con valores de la fracción mezcla inferiores al 10 %.

Tipología de materiales cerámicos:

La fracción cerámica de los RCD está incluida en los residuos de naturaleza pétreo y se encuentra formada por los materiales cerámicos empleados en los edificios, los cuales al tener diferentes aplicaciones en edificación son de naturaleza diversa. En general, se puede decir que los materiales cerámicos presentes en los RCD proceden de ladrillos caravista que se utilizan en fachadas, ladrillos huecos de las tabiquerías, baldosas cerámicas para recubrir paredes y suelos interiores, así como fachadas, aparatos sanitarios y tejas. De entre ellos, los presentes en mayor proporción son los procedentes de ladrillos debido a que ocupan una gran superficie en los edificios (envolvente y tabiquería interior) y a su mayor relación peso/superficie respecto a otros materiales.

Segregación en obra:

La segregación en obra es sencilla y no requiere diferenciación entre los diferentes materiales cerámicos. La mayor problemática es cuando se desinstalan debido a que suelen estar mezclados con cemento y mortero.

Valorización final:

Cuando el material cerámico se encuentra sin restos de cemento o mortero puede valorizarse como chamota en la propia fabricación de productos cerámicos. En este caso el inconveniente principal son los costes asociados a la logística inversa. La presencia de cemento y mortero en los materiales cerámicos aconseja su valorización como áridos de hormigón y materiales de relleno.

RCD Mezclado:

Se observan variaciones notables en la estimación del RCD mezclado. Estas diferencias pueden deberse a la diversidad de proyectos considerados, los métodos de clasificación y de los procesos de segregación de los distintos gestores.

Tipología de residuos mezclados:

Este tipo de residuos engloba todos o parcialmente los residuos, no peligrosos, que se pueden encontrar en una obra.

Segregación en obra:

La segregación de los distintos materiales que contienen estas mezclas, por distintas razones, como falta de espacio, trabajos en distintas fases de la obra o las posibilidades reales de limpieza, hacen imposible la segregación correcta por lo que se retiran a un contenedor todos mezclados.

Valoración final:

La valorización de estos residuos mezclados, dependerá de los medios que cada gestor tenga para la separación de cada uno en su planta. Los porcentajes de valorización son muy amplios dependiendo del gestor y de la comunidad en la que se encuentre, pudiendo encontrar a gestores que no tiene medios y es llevado directamente al vertedero o gestores que separan los residuos como plásticos, maderas, aceros y llevando el resto vertedero.

También se da el caso que contenedores segregados en los que se encuentren algún resto de otro material, puede ser considerado por el gestor como mezcla o contenedores de hormigón que al no poder picarse en la planta del gestor se considera como mezcla y se desecha en el vertedero.

RCD Potencialmente Peligrosos y Otros:

Basuras:

Hay variaciones en la estimación del porcentaje en peso y volumen de basuras. Estas discrepancias pueden surgir debido a la interpretación de qué constituye basura en el contexto de RCD. A medida que los flujos de residuos obligados a su segregación se incrementen, el porcentaje total del RCD mezclado irá disminuyendo con un ideal futuro del 0%.

Las basuras computadas en el estudio, hacen referencia a la clasificación LER, del residuo producido, que puede ser asociada a la actividad constructiva, principalmente producida por la mezcla de residuos voluminosos procedentes de envases y embalajes, o incluso mobiliario, desbroce/poda en los casos en los que existen actuaciones previas de demolición y/o acondicionamiento

Las basuras entendidas como RSU (orgánico, envases no industriales y fracción resto), no es un residuo directamente generado por el proceso de construcción, si no de forma indirecta por la propia actividad humana que conlleva, pero la gestión suele realizarse a través de los sistemas públicos, por lo que no existe una verificación de datos del volumen y tipología producida.

Potencialmente Peligrosos:

En general, en las obras se producen pequeñas cantidades de residuos potencialmente peligrosos. Las pequeñas diferencias presentadas pueden deberse a interpretaciones diversas de qué materiales se consideran potencialmente peligrosos.

Tipología de residuos potencialmente peligrosos:

Normalmente están constituidos por envases que han contenido productos peligrosos (envases metálicos, de plástico y aerosoles), y tierra y agua contaminados normalmente por hidrocarburos (causado por derrames o pequeños accidentes). Casos excepcionales son los debidos a la ejecución de obras en terrenos contaminados que exigen una descontaminación o retirada del material previamente al inicio de la obra.

Segregación en obra:

La segregación en obra es totalmente necesaria y obligatoria, ya que un solo envase calificado como peligroso implicaría que todo el contenedor fuera calificado como residuo peligroso. Además es obligatorio disponer de un punto de acopio y segregación específico, protegido de las acciones climatológicas, que evite el contacto directo del residuo con el terreno, y la contención de posibles derrames o lixiviados, así como un gestor específico de residuos peligrosos. En los traslados de estos residuos, aparte de los correspondientes documentos de control y seguimiento, por cada retirada, es necesario realizar la notificación previa de los mismos.

5. Desafíos y retos sectoriales en la gestión de residuos en obras residenciales

5.1. Problemática de segregación en obra

Del análisis y comparativo de los valores, datos y métricas, entre los dos modelos de trazabilidad, muestreo estudio Clúster (con datos obtenidos de los centros productores) con las Bases de datos estándar como CSCAE, IHOBE o ITEC (a partir de los datos de las plantas de tratamiento), junto con los datos obtenidos en las auditorías/chequeos de los procesos de ejecución y manipulación de residuos a pie de obra, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

- En obra nueva las ratios generales de producción, cuantificados en los procesos de ejecución, son similares a los teóricos planteados por las bases de datos estándar a partir de los datos extraídos de la estadística de las plantas de tratamiento de RCD's.
- Sin embargo, en la distribución de la clasificación particular de los tipos de residuos que marca además la segregación obligatoria de flujos existen desviaciones importantes, prácticamente en todos los grupos.
- De la lectura directa de esta comparativa, la diferencia entre la igualdad del sumatorio global y la segregación por tipo, se extrae que la segregación en los centros productores no es lo suficientemente exhaustiva, ni está optimizada. Es por esto por lo que se producen un gran volumen de mezclas que posteriormente sí que son segregadas en las plantas de tratamiento, donde se distribuyen por tipología de material y se extraen los datos estadísticos utilizados para la obtención de las ratios.
- Por otro lado, hay ciertos flujos de residuos que se producen de manera muy concreta según el tipo de obra de que se trate del sector construcción. Hay métricas que se distorsionan al obtener los datos del registro de las plantas de tratamiento, y no obtenerlos directamente de los centros productores a través de la trazabilidad del residuo, registrada principalmente en los Documentos de Identificación.

5.2. Generación de mezclas y su afección a la valorización

La generación de mezclas de residuos en las obras es uno de los mayores retos con los que nos encontramos el sector de la construcción.

Este el caso por ejemplo de las mezclas bituminosas, que se producen exclusivamente en obras de infraestructura o civil, el vidrio, que prácticamente sólo se produce en demoliciones y obras de rehabilitación integral y no en edificación de nueva obra.

Igualmente ocurre con los residuos asimilables a urbanos y los peligrosos, cuyas ratios provienen de obras ejecutadas en zonas no urbanas con un volumen de personal elevado y utilización de grandes cantidades de materiales y productos químicos.

En el caso de los residuos sólidos urbanos, las obras ejecutadas en núcleos urbanos o urbanizados (la mayoría de la obra residencial e inmologística), la producción de este tipo de residuos se gestiona a través de los servicios municipales existentes, por lo que es extremadamente complejo realizar una correcta trazabilidad, y por lo tanto imputación óptima de ratio de producción.

Por el contrario, los residuos peligrosos en cualquier caso registran una trazabilidad exhaustiva, pero exceptuando la obra civil e infraestructura, el resto de las construcciones de obra nueva generan pequeñas cantidades de residuos. Nuevamente se pone de manifiesto que, al trazar los datos desde las plantas, se codifica con un LER (170903*) extremadamente genérico, que abarca cualquier residuo proveniente de la construcción (sin diferenciación de tipología) distorsionando el dato. Las obras de edificación únicamente generan pequeñas cantidades de residuos peligrosos, principalmente provocados por los envases, mientras que desde la obra civil se generan mayores cantidades tanto de envases como de mantenimiento de maquinaria, tierra contaminada, demolición, etc.

5.3. Distorsión en las métricas de los residuos generados

Otro de los principales factores de distorsión de las métricas es la contabilización de las mezclas, pues solo computan como tales, las clasificadas con la codificación 17 09 04, no computándose aquellas producidas por los denominados “voluminosos” que afecta principalmente a los residuos, de madera, plástico y papel/cartón. La falta de lectura desde la producción del residuo produce directamente que no solo se vean afectados los ratios de producción, si no los propios porcentajes de valorización asociados a la recuperación de los residuos.

La mezcla de estos residuos entre sí suele ser bastante habitual, no pudiéndose considerar una segregación correcta en origen, pero que posteriormente como ya se ha destacado con anterioridad se segrega en planta, computándose a los ratios de producción.

Además, no existe un criterio unificado ni normalizado para la cuantificación y/o medición del porcentaje de valorización, lo que provoca que los datos se puedan adaptar con facilidad al interés de las plantas de tratamiento para cumplir con las exigencias normativas impuestas a los centros productores. La realidad es que incluso no realizándose una segregación efectiva en origen se llegan a alcanzar valores superiores al 70% de valorización.

De manera generalizada, las plantas de tratamiento distribuyen el contenido de la mezcla de RCD's con los siguientes porcentajes:

- Fracciones minerales (Hormigón/cerámicos) → 75-80%
- Yeso → 5-10%
- Madera → 5%
- Plástico → 2%
- Metales → 3%
- Papel/cartón → 2%
- Impropios → 3%

Es decir, asignan el porcentaje de valorización directamente por interpretación de la recuperación de los materiales/residuos reciclables, dentro de esta distribución, es decir, de la mezcla detallada

se recuperarían los residuos de fracciones minerales, madera, metales, desechando los residuos de yeso y los impropios directamente. Además, normalmente también se desechan los residuos de papel/cartón y plástico, puesto que no cumplen las condiciones mínimas de calidad y limpieza para transferirse a tratamientos de reciclaje.

Con esta fórmula, sin contabilizar el desperdicio realmente existente en los procesos de triaje y clasificación, se obtendría un porcentaje de valorización medio entre el 80-85%. Cuando en flujos segregados, sobre los que realmente se mide la obtención de material válido para realización de procesos posteriores, se obtienen porcentajes similares como es el caso de las fracciones minerales o la madera, con valorizaciones del 90%.

La realidad es que, independientemente de la falta de rigor métrico para la obtención de los porcentajes de valorización, en las distribuciones teóricas planteadas por los gestores no se contemplan materiales comunes y existentes en la construcción, sobre los que apenas existe valorización por falta de mercado. Por lo tanto, se cree que una distribución mucho más realista podría ser la siguiente:

- Fracciones minerales (Hormigón/cerámicos) → 50%
- Yeso → 20%
- Madera → 10%
- Plástico → 5%
- Papel/cartón → 5%
- Envases/sacos → 3%
- Aislamientos → 7%

** El residuo metálico se elimina del concepto mezcla, pues al ser el único residuo que tiene valor económico directo, su segregación en obra es casi perfecta, y el contenido de estos en el RCD mezclado es anecdótica, o se minimiza a las armaduras embebidas en los restos de hormigón armado.*



Figura 1: Mezcla de residuos en contenedores

Si sobre esta distribución, se eliminasen todas aquellas fracciones que directamente son consideradas impropios, y las que por las condiciones de acopio no tienen la calidad para ser sometidas a tratamientos de recuperación ulteriores, solo el 60% de los residuos son valorizables; fracciones minerales y madera, sobre los cuales además habrá que contar con las pérdidas de triaje, especialmente sobre la madera, que debido a las condiciones de acopio, puede contener exceso de humedad, inserciones o restos de morteros, polvo y suciedad, o el alto contenido en yeso para la transformación de los residuos minerales en árido reciclado.

Si se aplicase una metodología correcta de medición la realidad mostraría que, sobre los materiales con mayor capacidad de recuperación, los porcentajes de valorización son mucho mayores cuando están segregados en origen, pudiendo incluso ser nulos si se encuentran mezclados.

Tabla 10. Comparativo entre los datos de % de valorización segregado y % de valorización mezclado

TIPOLOGÍA RESIDUO	% VALORIZACIÓN SEGREGADO	% VALORIZACIÓN MEZCLA
Fracciones minerales	95%	50%
Madera	90-95%	50-60%
Plástico	60-70%	0%
Papel/Cartón	80%	0%

Por otro lado, nos encontramos con la falta de rigurosidad a la hora de la clasificación de los residuos según LER, o el abanico de posibilidades que ofrece el propio listado de clasificación. Excepto en los residuos de origen pétreo, como hormigón y/o cerámicos, en el resto de los flujos valorizables existen múltiples alternativas válidas para clasificación.

Atendiendo a la analítica de los datos y la información que estos aportan, sobre el sector productor, se vuelve a poner de manifiesto el sesgo que produce contabilizar únicamente los datos de entrada de las plantas, y su clasificación hacia el sector construcción atendiendo exclusivamente al índice de referencia de la codificación (Grupo 17).

Con este sistema todos los residuos codificados bajo otro grupo sectorial, especialmente los residuos voluminosos, como son el plástico, el papel/cartón y madera, o incluso la mezclas de estos entre sí, pierden la trazabilidad del origen real.

Codificaciones más comunes, según tipología de residuo son:

- Madera: 030105 / 150103 / 170201 / 200138
- Plástico: 120105 / 150102 / 160119 / 170203 / 200139
- Papel cartón: 150101 / 200101
- Mezclas: 170904 / 200307 / 200199 / 150106

Independientemente de la imputación de la producción a niveles estadísticos, de cara al cumplimiento de exigencias normativas directamente imputables al productor, la mezcla y falta

de criterio normalizado o unificado para la clasificación del residuo, produce contaminación de las métricas/datos:

1. Por un lado, se produce que la mezcla de residuos voluminosos, en su mayoría, procedente de materiales con un alto porcentaje de valorización, se clasifiquen directamente como mezcla de RCD, por la procedencia, aplicando erróneamente porcentaje de valorización estadísticamente obtenidos sobre otros materiales.
2. Por otro lado, es bastante común que, a flujos correctamente segregados en origen, de los residuos anteriormente citados, se les clasifique como mezcla de RCD, simplemente por el grado de calidad de este en cuanto a condiciones de limpieza, por falta de criterio unificado de clasificación o codificación específica. Dos ejemplos claros son los de los materiales de plástico y papel/cartón. Por ejemplo en los plásticos, en los proyectos con un correcto plan de gestión, se diferencian 2 tipologías de segregación, una orientada al acopio de los materiales poliméricos propios de la construcción (170203) y otro para los plásticos de embalaje y packaging (150102), si en cualquiera de los casos, el residuo presenta un alto contenido en polvo o restos de suciedad, directamente son clasificados como mezcla, cuando en realidad, en caso de que ocurra sobre los clasificados como código 15, debería codificarse como plástico de construcción, entendiendo que los plásticos procedentes de este grupo presentan condiciones inherentes a su origen, y menor grado de valorización, pero nunca una mezcla de materiales.



Figura 2: Contenedores con residuos plásticos

En el caso del papel/cartón es similar, pero en este flujo ni siquiera se cuenta con la posibilidad de la clasificación específica sectorial, por lo que es mucho más fácil que, ante condiciones de calidad subjetivas de la planta de tratamiento, se clasifique directamente como un residuo mezclado. Se da el caso, especialmente, en los acopios de envases tipo saco, donde ni se acepta por parte de las plantas la clasificación como papel/cartón, debido a la composición mixta del envase, ni clasificarse como envase mixto, debido al alto contenido en restos de material polvo.



Figura 3: Contenedores con residuos de cartón

3. En los casos en los que se clasifica con codificaciones no específicas del sector de producción, se le aplican los datos y porcentajes de valorización de estas, no siendo reales, puesto que los residuos de construcción tienen un índice de calidad mucho menor, que los del sector industrial, simplemente por las condiciones de producción, tratamiento y acopio en obra.
4. En los residuos procedentes de materiales de yeso la inercia de los procesos y condiciones de clasificación, antes de la exigencia de la segregación obligatoria del flujo, marca la tendencia a clasificar erróneamente estos residuos. Antes de la obligatoriedad de la separación del yeso con la publicación de la Ley 7/2022, en obra solo se vigilaba que los residuos de yeso no se mezclaran con los de hormigón/fracciones minerales, y la chatarra metálica, pues se consideraba un impropio “contaminante”, generando un acopio junto con el resto de los residuos producidos en lo que en el argot de obra se conoce como “escombrosucio”. Actualmente, aún en las obras que ejecutan correctamente un proceso de segregación en origen, las plantas de tratamiento siguen clasificando el material como mezcla, clasificándose como 17 09 04, que ha sido históricamente la codificación utilizada para el denominado “escombrosucio”. Otra práctica habitual detectada es la de clasificar voluntariamente los residuos de yeso, o provocar mezclas con este material en obra, para alcanzar altos valores de valorización sobre el volumen total de residuos, puesto que como se ha visto anteriormente, las plantas otorgan altos porcentajes de valorización sobre las mezclas, sin analizar más allá de la codificación del residuo la realidad de la distribución de los mismos, mientras que debido a la falta de madurez del mercado de productos reciclados de yeso, estos residuos suelen terminar depositados en vertedero (0% valorización), por lo que la segregación en obra penaliza mucho las métricas de valorización.

5.4. Contenedores de obra y tasa de vertido

Desde la entrada en vigor de la Ley 7/2022, se ha fijado una tasa mínima de vertido a nivel nacional, para todos aquellos residuos que son depositados en vertedero. En la actualidad el

valor de esta tasa o impuesto para los residuos que afectan a las clasificaciones de RCD es de carácter general de 1,5€ por tonelada métrica.

El coste medio de la gestión y tratamiento de RCD (fracciones minerales) a nivel nacional oscila entre los 20-30 €/t en el 2023, mientras que para el resto de los flujos el precio se incrementa:

- Madera y Papel/cartón → 25%
- Plástico → 35%
- Vidrio → 65%
- Yeso y Aislamientos → 150%

Sin embargo, por regla general, se suele mantener el mismo coste aplicado a los residuos de RCD mezclado (LER 17 09 04), tan solo un pequeño porcentaje de gestores y plantas de tratamiento de RCD, aplica un sobrecoste por residuo mezclado.

La justificación de estos precios es, por un lado, los sobrecostes logísticos para los materiales “voluminosos” que, por sus características materiales intrínsecas, poseen densidades muy bajas, como es el caso de los plásticos y papel/cartón, lo que produce que se realicen movimientos del residuo con muy poco material efectivo en cada traslado. Y por otro lado, nos encontramos con la imposición de la tasa de vertido, que solo afecta de manera directa, a aquellos residuos que no tienen un mercado asentado de recuperación, como puede ser el caso de los aislamientos y los yesos.

Los precios sobre los flujos de mezcla se ajustan a los datos estadísticos de la composición de esta, a no ser que se trate de residuos “muy mezclados” (compuesto por materiales pétreos y otros elementos recuperables o con un % en peso muy bajo) lo que provoca que el precio respecto al flujo de fracciones minerales sea idéntico en la gran mayoría de casos. Además, como se ha visto anteriormente, en muchas ocasiones, las clasificaciones de mezcla se realizan sobre residuos claramente valorizables, pero que no cumplen unas condiciones concretas de calidad o limpieza, generalmente con baja densidad, por lo que incluso si los mismos terminan en vertedero, por no ser “rentable” su gestión/tratamiento, el sobrecoste del impuesto es muy bajo.

Sin embargo, en los residuos segregados correctamente en obra, sobre los que no existe mercado, y cuyo destino final por ello es el depósito en vertedero, sí que se aplican directamente los sobrecostes de las tasas de vertido, e incluso los sobrecostes logísticos, lo que provoca un aumento exponencial de los precios de gestión.

5.5. Gestores de residuos y su control de la trazabilidad

Una de las principales exigencias normativas hacia los productores, es el registro documental, tanto de la tipología, como del volumen de los residuos generados en los procesos

constructivos, con el fin de poder realizar una correcta trazabilidad desde el origen del residuo hasta su tratamiento final, ya sea este la recuperación/reciclaje o el depósito en vertedero.

En este apartado, al igual que ocurre en la obtención de métricas para la obtención de ratios de producción, el foco de la información se centra en la documentación emitida por parte del receptor del residuo, las plantas de tratamiento, especialmente en los Documentos de Identificación (DI's), denominados parte B, en los sistemas y plataformas de comunicación de la administración, y certificados de gestión emitidos una vez que el proceso se da por cerrado con la aceptación del residuo en la planta.

En este proceso realizado de forma estandarizada, se pierde toda la información contenida en los DI's, denominados parte A, y que aporta directamente el productor del residuo.

Tanto la plataforma nacional e-SIR, como las autonómicas existentes, se cargan directamente con la información importada desde los RP de gestión de las plantas, que son los que generan de forma unilateral y exclusiva ambas partes del Documento de Identificación (DI), que se genera realmente una vez finalizado el proceso y con la aceptación del residuo en planta, sin realizar registro real de la parte A (con la información del productor) previa a la realización del traslado.

Este sistema generalizado no ofrece una digitalización real de la trazabilidad, pues no existe una comunicación de información entre los dos agentes principales: Productor y Destino del residuo.

5.5.1. Comparativa entre el modelo registro trazabilidad parcial (entrada residuo) y el modelo de trazabilidad global (producción, entrada y tratamiento)

Al no existir un procedimiento digitalizado, que funcione como transmisión de datos, no solo se pierde la información de todos los cambios, principalmente la reclasificación de los residuos por parte de las plantas respecto a la declaración del productor, sino que además se combinan de forma errónea dos sistemas de control documental/trazabilidad, el físico y el digital, produciéndose importantes errores documentales.

En el primer caso en cuánto al modelo de registro de trazabilidad parcial, el problema principal recae en que independientemente de qué agente aparezca registrado como operador (productor o gestor), es el gestor el que realiza la documentación asociada al traslado (DI), y es el mismo el que cumplimenta la información del residuo a trasladar desde el centro productor, adaptándola según su necesidad o preferencias; por lo tanto:

- La solicitud se realiza fuera de un canal común digitalizado, mediante correo electrónico o llamada de teléfono, en el que simplemente se declara el centro productor y la necesidad de retirar uno o varios contenedores de acopio de residuo
- Con la apertura del servicio de retirada/transporte, se genera un DI (A) genérico, con los datos fijos del centro productor, transportista y destino (planta), aplicando una codificación de residuo acorde al origen de este. De esta parte documental DI (A), el productor, no tiene acceso ni información.

- Una vez cumplimentado el proceso completo y aceptado el residuo en planta, el residuo es recodificado si se cree oportuno por parte del receptor, sin conocimiento del productor del residuo, y se cumplimentan/actualizan los datos de volumen (peso), generando el DI (B), que es el que queda registrado de forma definitiva en el RP de la gestora y por lo tanto se cargará en la plataforma correspondiente de la administración pública.
- Solo una vez finalizado el proceso completo, el gestor, emite a través de su propio sistema un documento en formato pdf o formato papel que envía al productor.

Por otro lado, se plantea el caso en que el sistema de gestión unifique en un mismo agente transporte y planta de tratamiento/destino, en el caso en que los agentes sean independientes, y la comunicación/servicio se realice a través de un transportista, la comunicación todavía es menos eficiente y directa:

- La solicitud se realiza directamente desde el productor al transportista.
- En el caso de que el transportista posea autorización de agente y/o negociante, suele aparecer como operador del traslado, pero al igual que en el caso anterior es la planta la que genera mediante sus sistemas de RP el documento, en esta ocasión ni siquiera suele generarse el DI (A), ya que el transportista solo genera la carta de porte para transporte de mercancías por carretera.
- Cuando el transportista traslada el residuo hasta la planta y finaliza el proceso, en el mejor de los casos, se genera directamente el DI (B) por parte del receptor, repitiendo el pto 4, pero con el transportista como intermediario entre destino y productor, por lo que el retraso en la obtención de la documentación por parte del productor puede demorarse varios meses. En los peores casos, ni siquiera se genera el DI, puesto que la planta de recepción, al no identificarse como operador, no está obligada a su emisión, y exclusivamente registra la entrada del residuo con los datos del centro productor facilitados por el transportista, cumpliendo así con sus responsabilidades de registro para la memoria anual, y la exportación de datos a las plataformas de la administración. El transportista en su caso facilita exclusivamente al productor, los albaranes de transporte y registro de entrada/recepción en planta de tratamiento y los tickets de pesada. El productor a no ser cliente directo de la planta no puede realizar reclamación alguna de documentación.

En cualquiera de los dos modelos anteriores, los errores e incidencias detectados son:

- Nulo registro de trazabilidad digitalizada.
- Nulo registro clasificado por tipología de residuo y orden cronológico.
- Traslados realizados sin documentar.
- DI's incompletos, sin firma de documento y/o sin una declaración correcta de la aceptación del residuo.
- Documentación con presencia de errores de cumplimentación de información y/o datos:
 - Identificación de la dirección fiscal (empresa) como localización del centro productor.
 - Confusión de NIMA (identificación del NIMA de empresa en lugar del específico del centro

productor).

- Falta de NIMA de alguno de los agentes (productor, operador de traslado, transportista y/o receptor).

- Totalización de los residuos producidos por parte de los productores en base a los certificados de gestión, lo que arrastra errores de totalización y clasificación de residuos.

5.6. Legislación nacional y local, dificultades en la aplicación normativa. Políticas de incentivos a la valorización. Referencias de mejores prácticas.

5.6.1. Valorización efectiva

La nueva Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, ha fijado por primera vez, de forma específica el porcentaje de valorización mínimo que se ha de cumplir en cualquier centro productor de residuos, identificado como obra de construcción o demolición.

Este porcentaje se ha establecido en un 70%, sobre el volumen total de residuos no peligrosos, ni tierras producidas en los procesos de ejecución.

Según se cita en el apartado 2. del Artículo 20 (de esta misma ley):

“Cuando los residuos se entreguen desde el productor inicial o poseedor a alguna de las personas físicas o jurídicas mencionadas en el apartado anterior para el tratamiento intermedio o a un negociante, como norma general no habrá exención de la responsabilidad de llevar a cabo una operación de tratamiento completo. La responsabilidad del productor inicial o poseedor del residuo concluirá cuando quede debidamente documentado el tratamiento completo [...]”

Del cumplimiento de estas exigencias se extrae que el porcentaje de valorización exigido es el obtenido en el proceso completo de tratamiento, es decir el obtenido por tratamientos finalistas con los que se consigue que el residuo deje de serlo, o bien por depósito en vertedero, o bien porque se ha alcanzado la condición final de residuo, o por que haya sido reciclado.

Sin embargo, en la mayoría de los proyectos analizados, en los que intervienen gestoras o plantas de tratamiento de RCD, los tratamientos declarados para todos aquellos residuos que no son fracciones minerales y metales, no son finalistas, sino acopio para transferencia a plantas específicas de reciclaje, codificado como R13-Almacenamiento de residuos en espera de cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R12.

Esta tipología de tratamiento suele recibir porcentajes de valorización del 100%, pues al declarar únicamente almacenamiento para transferencia no sufre pérdidas por triaje y/o clasificación. Desconociéndose tanto el tratamiento ulterior como el porcentaje de valorización del mismo.

Sin embargo, la cuantificación de los porcentajes de valorización totales alcanzados, al final del proceso de ejecución, y declarados en los certificados aportados por los gestores y plantas

de tratamiento, únicamente recogen los tratamientos propios, sean éstos o no finalistas, y siendo aceptados por las entidades públicas, en caso de reclamarlos para devolución de depósitos de fianza.

Uno de los principales problemas en conseguir los certificados de las plantas finalistas a través del gestor intermedio que directamente ejecuta el servicio es que se suele alegar que no es posible facilitar la información, al tratarse de un agente tercero ajeno al Centro de Tratamiento directo entre productor y planta de destino primaria. Sin embargo, la legislación actual, obliga al poseedor de los residuos (la constructora) a exigir y recopilar todos los certificados de valorización final de todos los residuos que genera en obra, ya que en caso contrario, se trataría de una infracción tipificada y podría ser aplicado el régimen sancionador (Art.107 al 118 de la Ley 22/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular)

5.6.2. Segregación de flujos

Tras la publicación de la última normativa en materia de gestión de residuos, la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, y la vigente regulación específica de los residuos de construcción; Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, los flujos que es obligatorio segregar en origen son:

- Fracciones minerales (hormigón, materiales cerámicos y piedras naturales y/o artificiales)
- Metales
- Madera
- Vidrio
- Plástico
- Yeso
- Papel/Cartón (siempre que se alcance como mínimo 0,5 Tn de producción)

Respecto a las exigencias normativas anteriores a la actualización realizada en abril del 2022, el mayor cambio ha sido la introducción del flujo de yeso como segregación obligatoria en origen, puesto que el resto de los flujos, aunque dependía de la cantidad producida, su segregación ya era exigida.

Para todos los flujos de segregación en origen exigida, excepto para el yeso, existen tratamientos de valorización finalista e incluso de reciclado, más o menos perfeccionados, para los cuales se consigue una mayor optimización, y por lo tanto porcentaje de valorización, si la segregación y manipulación del residuo en origen es correcta, pudiendo cumplir así con la doble exigencia de flujos segregados y porcentaje de valorización mínimo.

En cambio en el caso del yeso, ni el sector de gestión de residuos está preparado para la realización de tratamientos de valorización finalistas, ni existe un mercado para el material reciclado obtenido, lo que provoca que aun realizando una correcta segregación en obra, se siga manteniendo la inercia del sector de gestión, derivando los residuos a vertedero, si bien

no se realiza nunca de forma directa, se hace con codificación de tratamiento R-13 (transferencia) para posteriormente ser enviado junto con los flujos de impropios, generados en los tratamientos de triaje de los flujos de mezcla, a vertedero, obteniéndose porcentaje de valorización del 0%.

Paradójicamente, esta situación penaliza gravemente a los productores que ejecutan correctamente una segregación efectiva en obra y cuentan con proveedores de gestión y tratamiento de residuos transparentes y con métricas de valorización correctamente realizadas.

5.6.3. Complejidad de los procesos de valorización, sistemas de retorno, costes y trazabilidad

Por otro lado, queda de manifiesto la incoherencia de los datos facilitados en los documentos emitidos por los gestores y plantas de tratamiento, respecto a la propia naturaleza de los residuos, o incluso las tarifas aplicadas y su justificación. Lo que provoca una incorrecta gestión del residuo en origen, penalizando aquellos agentes que redactan correcta y fehacientemente la documentación.

El ejemplo más claro lo tenemos en los residuos, sobre los que no existe un mercado de materias primas recicladas, lo suficientemente asentado, como es el caso de los aislamientos de fibras minerales y el yeso, en el que la justificación de los elevados costes de gestión es la repercusión de los cánones de vertido, mientras que, en la justificación documental, se aportan documentos de valorización asociados a tratamientos de transferencia (R13) con porcentajes superiores al 90%.

Tampoco a nivel administrativo se controla la trazabilidad del residuo desde el origen (centro productor) con la exigencia de la comunicación de los DI's por parte del productor/poseedor, perdiendo la posibilidad de conocer la recodificación y modificaciones realizadas por parte de las plantas, en la aceptación del residuo.

Ante esta situación, la alternativa más viable es la de contratar o implantar sistemas de retorno a aquellos fabricantes que lo ofrecen, puesto que, en estos casos, sí que, a nivel económico, se penaliza la "contaminación" del residuo y se reduce el coste de tratamiento, repercutido al productor, prácticamente a cero, puesto que se compensan los costes por la eliminación de intermediarios y la obtención directa de la materia prima a reutilizar nuevamente.

El problema principal es la localización física de las plantas de fabricación a las que se destina el residuo y la imposibilidad de reutilizar la infraestructura logística para el retorno del material. Esto se debe también a la complejidad de adaptación de las instalaciones de suministro de material al cumplimiento normativo de la gestión/manipulación de los materiales identificados como residuos.

5.7. Potencial de los RCDs para su reutilización y reciclaje.

Según datos obtenidos del informe “Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union 2024”, donde se proporciona información sobre el potencial de reciclado y reutilización de las diversas fracciones de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), se ha realizado la siguiente Tabla 11:

Tabla 11. Estimación de la proporción de la tasa de recuperación del residuo, según datos del informe Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union 2024.

Material	Tasas de recuperación
Hormigón	100%
Madera	60% y 44%
Acero	99%
Aluminio	99%
Yeso	95%
Plástico PVC	90%
Plástico EPS	14%
Cerámica	79%
Lana de vidrio	100%
Lana de roca	100%
Ladrillos	100%
Vidrio	100%
Tierra excavada	100%

A continuación, se presenta una estimación del potencial de reutilización de diversas fracciones de materiales:

Hormigón: Se asume, según la revisión de literatura, que solo el hormigón prefabricado puede ser reutilizado. La cantidad de hormigón prefabricado se ha estimado y multiplicado por su potencial de reutilización, que, según Lacovidou & Purnell (2016), se sitúa alrededor del **50%**.

Madera: Dada la complejidad en estimar el potencial de reutilización de la madera, se utilizó la madera estructural como un indicador para estimar el potencial de reutilización de toda la madera de construcción. Varias fuentes proporcionan diferentes estimaciones, y se optó por la estimación de Höglmeier et al. (2017), que sugiere un potencial de reutilización del **25%** basado en un estudio de caso alemán de 2011.

Acero y Aluminio: Según Cooper & Allwood (2012), el acero estructural tiene un potencial de reutilización del **79%** a nivel global. Sin embargo, este valor disminuye a 38% cuando se considera el contenido total de acero en edificaciones y a 29% cuando se abarca todo el sector

de la construcción. El aluminio tiene un potencial de reutilización del **50%**, según la misma fuente.

Plástico PVC: Basándose en una revisión de la literatura, especialmente en Lacovidou & Purnell (2016), se asume que el PVC no tiene potencial de reutilización y es más adecuado para el reciclaje.

Plástico EPS (Poliestireno expandido): Según la revisión de literatura, se asume que el EPS no tiene potencial de reutilización y al igual que el PVC es más adecuado para el reciclaje.

Yeso: Se distingue entre yeso y placas de yeso. Se asume que el yeso no tiene potencial de reutilización. La información sobre las placas de yeso es menos definida, y debido a diversas fuentes que indican que reutilizarlas no es práctico, se asume un potencial de reutilización del **0%**.

Cerámica y Azulejos: Se hace una distinción entre tejas de techo y azulejos de suelo. Se estima un potencial de reutilización del **10%** para esta categoría.

Lana de Vidrio y Lana Mineral: Se asume que la lana de vidrio no tiene potencial de reutilización, y para la lana mineral, también se asume un potencial de reutilización del **0%**.

Ladrillos: Según Lacovidou & Purnell (2016), los ladrillos de arcilla con mortero de cemento no tienen potencial de reutilización, mientras que aquellos con mortero de cal tienen un alto potencial de reutilización (**>50%**).

Vidrio: Según varias fuentes, el vidrio tiene un bajo potencial de reutilización (<50%). Se utiliza un valor del **20%** para el vidrio de ventana, ya que se refiere al contenido general de vidrio en edificaciones.

Estas estimaciones se han realizado a partir de revisiones de literatura y consultas con partes interesadas, proporcionando una base para entender el potencial de reutilización de diversos materiales en el contexto de la gestión de residuos de construcción y demolición.

Además, según se indica en el informe “Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union 2024”, en el escenario MRP (Potencial Máximo de Reciclaje):

- La fracción con mayor potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) es la suma de residuos inertes (ladrillos, cerámicas, azulejos, vidrio, concreto), alcanzando un total de 27.9 Mt de CO₂-eq. El hormigón contribuiría con 6.6 Mt CO₂-eq., pero a un costo total de 6.5 mil millones de euros.
- El costo más bajo está asociado con las tierras excavadas, generando ahorros de 5.4 mil millones de euros, aunque con ahorros limitados de emisiones de GEI.

- Plásticos (EPS y PVC) y metales (aluminio y acero) también contribuyen con ahorros significativos.

En términos generales, considerando todos los residuos de construcción y demolición (RCD) no peligrosos, el escenario podría llevar a una reducción total de aproximadamente 34 Mt CO₂-eq. con un ahorro neto de costos de 2.9 mil millones de euros. Excluyendo las tierras, el potencial de ahorro de GEI es de aproximadamente 33 Mt CO₂-eq. a un costo de 6.3 mil millones de euros. Este análisis destaca cómo diferentes fracciones de residuos pueden contribuir significativamente al ahorro de emisiones de GEI y los costos asociados en un escenario de máximo reciclaje.

6. Conclusiones

Del análisis profundo del presente informe que analiza la generación de residuos de construcción y demolición en proyectos residenciales, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Hay variaciones significativas en el porcentaje en peso y volumen entre las fuentes. Esto podría deberse a diferencias en los métodos de estimación o la diversidad de proyectos considerados.
- En lo relativo a la segregación en obra el principal problema se considera que es la falta de optimización de la segregación en el propio centro, la cual no se detecta correctamente debido a que los datos estadísticos no se obtienen de las métricas directas de los centros productores, si no de las métricas de las plantas de tratamiento, lo que produce una importante distorsión de los datos, pudiendo incluso llegar a “falsear” la analítica.
- La realidad es que, independientemente de la falta de rigor métrico para la obtención de los porcentajes de valorización, en las distribuciones teóricas planteadas por los gestores no se contemplan materiales comunes y existentes en la construcción, sobre los que apenas existe valorización por falta de mercado. Además, no existe un criterio unificado ni normalizado para la cuantificación y/o medición del porcentaje de valorización, por lo que nos encontramos con la falta de rigurosidad a la hora de la clasificación de los residuos según LER, o el abanico de posibilidades que ofrece el propio listado de clasificación.
- Lógicamente lo que esta situación provoca directamente al productor de los residuos, es que no se persiga una correcta manipulación y segregación en origen, pues no sólo no obtiene ningún beneficio en las métricas de valorización (si se obtiene la exigida valorización final y los gestores actúan correctamente y de forma transparente), si no que tampoco lo obtiene a nivel económico, resultando exponencialmente más caro gestionar correctamente el residuo.
- En cuanto a la trazabilidad de los residuos y su control documental se cree que con una trazabilidad generada desde el centro productor, que funcione como sistema de comunicación entre productor y receptor, en un formato totalmente digital (E3L), con posibilidad de integración con las plataformas de la administración, puede permitir controlar el proceso completo, casando la información origen-destino e identificando las diferencias, permitiendo además al productor, conocer en tiempo real las modificaciones y el porqué de las mismas, generando una base de datos digital y correctamente clasificada por tipología de residuo, centro y orden cronológico, sin la presencia de errores documentales o falta de información en los documentos físicos. En otros documentos, como en los Contratos de Tratamiento, al no estar regulado su registro, ni digitalización, también se detecta una gran disparidad en el formato, estilo e información registrada en su redacción. Al tratarse de documentos físicos, no pueden asociarse a la trazabilidad de los DI's, por lo que es difícil comprobar si la información inicial declarada, como los flujos de residuos a gestionar, su estimación volumétrica o los tratamientos que recibirán los residuos, coincide con la realidad del proceso de ejecución.
- En cuanto a la valorización efectiva la conclusión es que, aunque la normativa exige un porcentaje de valorización mínimo, obtenido del tratamiento completo del residuo, este no es facilitado por los agentes de gestión autorizados, y los valores de valorización no finalistas son aceptados por la administración, sin ser posible la verificación de que los objetivos

realmente se han alcanzado. De hecho, es muy común obtener altos porcentajes de valorización con esta codificación de tratamiento para residuos, cuyo destino ulterior es el depósito en vertedero, como ocurre con las mezclas bituminosas, los aislamientos o el yeso.

- Por otro lado, la segregación de flujos incorrecta penaliza gravemente a los productores que ejecutan correctamente una segregación efectiva en obra y cuentan con proveedores de gestión y tratamiento de residuos transparentes y con métricas de valorización correctamente realizadas.
- Del análisis de la problemática de la logística del transporte de los residuos se ha observado que para aquellos centros productores que no se encuentren dentro de una distancia razonable, los sobrecostos logísticos o transporte sean muy elevados, por lo que estos sistemas no permiten una implantación efectiva a nivel nacional.

7.Referencias bibliográficas.

- Guía Ratios Nacionales. Generación de Residuos de Construcción y Demolición. Consejo General de la Arquitectura Técnica, Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España. Edición 2020.
- Techno-economic and environmental assessment of construction and demolition waste management in the European Union. Status quo and prospective potential. Cristóbal García, J., Caro, D., Foster, G., Pristerà, G., Gallo, F., Tonini, D. 2024.
- INFORME TÉCNICO SOBRE PROCEDIMIENTO REAL DE GESTIÓN Y TRAZABILIDAD RCD´s. COCIRCULAR. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. 2022.
- EEH AURREZTEN: Manual para la herramienta de apoyo a la redacción y revisión de EGRs, PGRs e IFGs. Ihobe, Gobierno Vasco. Año 2019.
- Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla y León Este (COACYLE). Base documental generación de RCDs.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.