

ESTIMACIÓN DE RESIDUOS CERÁMICOS GENERADOS POR LA INDUSTRIA DE BALDOSAS CERÁMICAS EN LA PROVINCIA DE CASTELLÓN, ESPAÑA

ESTIMATION OF CERAMIC WASTE GENERATED BY THE CERAMIC TILE INDUSTRY IN THE PROVINCE OF CASTELLÓN, SPAIN

M^a Ángeles Roca-Fernández⁽¹⁾, Eduardo del Olmo García⁽²⁾, Ángel M. Pitarch Roig⁽³⁾, Lucia Reig Cerdá⁽⁴⁾,
M^a José Ruá Aguilar⁽⁵⁾, David Hernández-Figueirido⁽⁶⁾, Marta Roig-Flores⁽⁷⁾, Vicente Alberó Gabarda⁽⁸⁾,
Ana Piquer Vicent⁽⁹⁾

¹ Escuela de Doctorado, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, marroca@uji.es

² Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, edelolmo@uji.es

³ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Cátedra Arquitectura Circular, Universitat Jaume I, Castellón, España, pitarcha@uji.es

⁴ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, reig@uji.es

⁵ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Cátedra Arquitectura Circular, Universitat Jaume I, Castellón, España, rua@uji.es

⁶ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, hernandd@uji.es

⁷ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, roigma@uji.es

⁸ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, valbero@uji.es

⁹ Dep. Ing. Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón de la Plana, España, ana.piquer@uji.es

RESUMEN

La provincia de Castellón es un núcleo destacado a nivel internacional en la producción de baldosas cerámicas de pavimento y revestimiento, caracterizada por su alta actividad industrial y su peso estratégico en la economía local y nacional. No obstante, la escasa disponibilidad de información sistematizada y actualizada sobre la cantidad, naturaleza y tipología de los residuos generados por esta industria limita de forma significativa la posibilidad de evaluar su impacto ambiental con precisión y dificulta el diseño de estrategias de gestión eficaces y sostenibles.

Este trabajo tiene como objetivo identificar y cuantificar los principales residuos generados en el proceso productivo de este sector mediante el análisis de datos proporcionados por las empresas gestoras de residuos localizadas en el entorno de la industria cerámica de Castellón. Los resultados permitirán correlacionar los volúmenes de producción cerámica con la generación de residuos, contribuyendo a caracterizar la huella ambiental de esta industria en la provincia de Castellón.

Además de identificar y cuantificar detalladamente los residuos, se plantean propuestas para su posible reutilización, promoviendo un modelo más sostenible de producción y gestión de recursos. Relacionar la producción industrial con los residuos derivados contribuirá al desarrollo de iniciativas de economía circular en la región, facilitando la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades y empresas implicadas. Finalmente, esta información servirá para orientar futuras líneas de investigación hacia los residuos de mayor volumen o que presenten mayores desafíos para su valorización, optimizando tanto la producción como la gestión de los residuos en el sector cerámico de Castellón.

Palabras clave: Árido reciclado, economía circular, puzolana, residuos cerámicos, reutilización

ABSTRACT

The province of Castellón is a relevant international hub for the production of ceramic wall and floor tiles, characterized by its high level of industrial activity and its strategic importance to both the local and national economy. However, the limited availability of systematized and up-to-date information regarding the quantity, nature, and typology of the waste generated by this industry significantly hampers the ability to

accurately assess its environmental impact and complicates the development of effective and sustainable waste management strategies.

This study aims to identify and quantify the main mineral types of waste generated in the production process of this sector through the analysis of data provided by waste management companies operating within the ceramic industry cluster of Castellón. The results will make it possible to correlate ceramic production volumes with waste generation, contributing to a more accurate characterization of the environmental footprint of this industry in the province of Castellón.

In addition to the detailed identification and quantification of ceramic waste, this study proposes potential strategies for its reuse, promoting a more sustainable model of production and resource management. Linking industrial production with the resulting waste will contribute to the development of circular economy initiatives in the region, facilitating informed decision-making by the relevant authorities and companies. Finally, the information collected will help guide future research efforts toward the most voluminous or challenging ceramic waste types in terms of recovery, with the aim of optimizing both production processes and waste management within Castellón's ceramic sector.

Keywords: Recycled aggregate, circular economy, pozzolana, ceramic waste, reuse, re-use

1. INTRODUCCIÓN

La industria española de baldosas cerámicas es una de las más dinámicas e innovadoras de España. A nivel mundial, el sector cerámico español se posiciona como líder en cuanto a desarrollo tecnológico, diseño y calidad de servicio. Con una producción de 394 millones de m² en 2023, fue el 8º productor mundial, y el tercer país exportador, con 3479 millones de euros en exportaciones (Baraldi, 2024; ASCER, 2023). Aproximadamente el 94% de la producción nacional de baldosas cerámicas tiene su origen en la provincia de Castellón, donde se ubica el 80% de las empresas del sector (ASCER, 2025). Así, este sector tiene un gran peso en la economía valenciana y española, representando el 22,2% del PIB industrial de la Comunidad Valenciana y más del 32,2% del total del PIB de la provincia de Castellón. Además, según un informe sobre el impacto socioeconómico del sector de azulejos y pavimentos cerámicos y su relevancia para la provincia de Castellón (PriceWaterhouseCoopers, 2024), en el año 2023 el clúster cerámico representó el 19,8% del empleo industrial de la Comunidad Valenciana y el 26,4% del total del empleo de la provincia de Castellón.

La gestión de residuos en España viene regulada mediante la (Ley 7/2022), de residuos y suelos contaminados para una economía circular, y en el ámbito de la comunidad Valenciana con la (Ley 5/2022), de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular. En dicha legislación se definen los diferentes agentes que intervienen en el proceso de producción, gestión y tratamiento de los residuos, así como las obligaciones de cada uno de ellos. En especial, para la gestión de los residuos es necesaria la autorización e inscripción en el registro de productores y gestores de residuos (GVA, 2025). Asimismo, la trazabilidad de los residuos se establece de acuerdo con los códigos de la Lista Europea de Residuos (LER), basados en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por la (Decisión 2000/532/CE).

Por todo ello, el objetivo principal de este trabajo es identificar y cuantificar los residuos más relevantes generados en la provincia de Castellón durante el proceso de fabricación de baldosas cerámicas. Esta caracterización resulta esencial para evaluar el impacto ambiental del sector, diseñar estrategias de gestión más sostenibles y explorar posibles vías de reutilización de dichos residuos.

2. METODOLOGÍA

Tal como muestra la Figura 1, la presente investigación se desarrolló en 6 pasos. Los dos primeros se centraron en la búsqueda y solicitud de datos relacionados con la producción cerámica en la provincia de Castellón, las empresas gestoras de los residuos generados durante la fabricación de baldosas cerámicas, así como el tipo y cantidad de residuos gestionados anualmente. En la tercera etapa se elaboró una base de datos con la información recibida, que fue analizada en la cuarta fase del estudio, organizando y agrupando los datos obtenidos, y asignando una misma nomenclatura para el mismo tipo de residuo. Con el fin de evitar duplicar información, en esta etapa, se clarificaron aspectos como la relación entre las diferentes empresas actoras, diferenciando entre residuos consumidos y generados. En el quinto paso se concretaron los residuos más frecuentemente generados por la industria cerámica de la provincia, así como su volumen anual.

Finalmente, se establecieron posibles líneas de revalorización y reciclaje para los residuos estudiados, dentro y fuera del sector de la construcción.

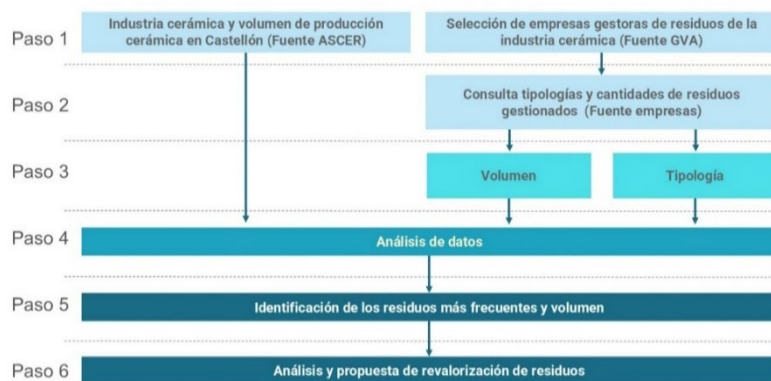


Figura 1. Esquema de la metodología utilizada

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Producción de la Industria cerámica en la provincia de Castellón

Tal como se ha indicado, la industria española de revestimientos cerámicos generó un volumen de 399 millones de m² durante el año 2023 (Baraldi, 2024; ASCER, 2023). Así mismo, el 94% de la producción española se localiza en la provincia de Castellón (ASCER, 2025), por lo que se puede estimar que en este entorno se fabrican aproximadamente 370 millones de m². Considerando un peso medio de 21,7 kg/m² (AENOR, 2019), resulta una producción aproximada en la provincia de 8 millones de toneladas anuales. Según la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER, 2023), la producción de baldosas cerámicas es mayoritariamente de pasta blanca con un 82% (productos fabricados con arcillas blancas), siendo un 18% de las baldosas de pasta roja (arcillas con óxidos de hierro). A su vez, según tipología de producto, entorno a un 65% de las baldosas cerámicas fabricadas en 2022 fueron de gres porcelánico, un 8,7% de gres, un 25,2% azulejos y el 0,5% restante otros productos.

3.2 Estimación inicial de los residuos generados

Según (Álvaro, 2025), la estrategia “Hacia el Residuo Cero” ha permitido ahorrar en 2023 unas 810.000 toneladas de materias primas vírgenes, evitando la transformación de 77 hectáreas en vertederos. De acuerdo con el informe de “Economía Circular en el Sector de Baldosas Cerámicas” realizado por (Quereda, 2024), en 2024 las ratios de revalorización de residuos fueron de 2,1 kg/m² de residuos sólidos y de 2,34 l/m² de líquidos, lo que según supone un 12,9 % de productos reciclados respecto de la materia prima total. El contenido del reciclado representa el 93% en peso de los residuos generados en el sector. La Tabla 1 muestra una cuantificación aproximada de las materias primas y los residuos generados, realizada a partir de los estudios previos realizados.

Tabla 1. Recopilación de información sobre la producción y estimación de residuos generados y valorizados.

Dato	Unidad	Concepto	Fuente
394	Millones de m ²	Producción de baldosas cerámicas	(Baraldi, 2024)
8.400.000	Toneladas	Consumo de materias primas	(Quereda, 2024)
890.000	Toneladas	residuos sólidos	estimado a partir de (Quereda, 2024)
830.000	Toneladas	residuos sólidos valorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
62.277	Toneladas	residuos sólidos NO valorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
7.000.000	m ³	consumo de agua	(Quereda, 2024)
991.355	m ³	residuos líquidos generados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
921.960	m ³	líquidos revalorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)
69.395	m ³	líquidos NO valorizados	estimado a partir de (Quereda, 2024)

Por lo tanto, a pesar del gran esfuerzo de reutilización de los residuos cerámicos, aún existe un volumen importante, en torno a 60.000 toneladas de residuos sólidos y 70.000 m³ de líquidos, sin revalorizar. Estos datos se muestran gráficamente en la Figura 2.

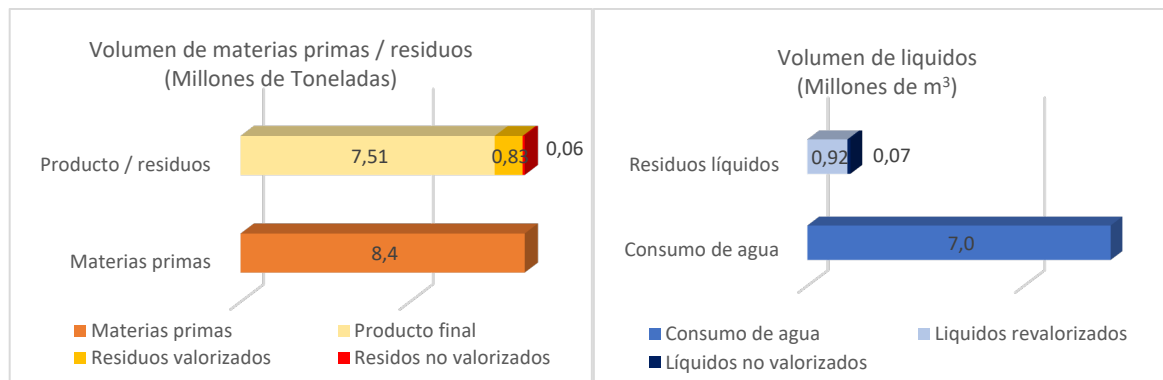


Figura 2. Estimación de los residuos sólidos y líquidos generados, realizada a partir de (Quereda, 2024)

3.3 Tipologías de residuos generados en la industria cerámica

Una fuente útil para la tipificación de los residuos de un determinado sector es el Análisis de Ciclo de Vida. En el caso de los revestimientos cerámicos, existe un Informe sectorial (ITC, 2023), en el que se definen las diferentes etapas del ACV de los revestimientos cerámicos, así como los residuos generados en cada una de ellas. En el caso de la etapa de fabricación, se definen los residuos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Residuos específicos por m² de revestimiento cerámico producido. (Fuente: Informe sectorial ACV. ITC 2023).

Agrupación de residuos	Residuos específicos	Código LER	Cantidad media (ponderada por producción (kg/m ²))
Residuos peligrosos que van a reciclaje	Aceite usado	13 02 05 *	2,0E-02
	Aerosoles	15 01 11 *	
	Envases contaminados	15 01 10*	
	Filtros usados/trapos y absorbentes contaminados	15 02 02*	
	Tierra contaminada	17 01 06*	
	Esmaltes antes de la cocción	10 11 09*	
	Filtros de aceite	16 01 07	
	Esmaltes antes de la cocción	101109*	
Residuos no peligrosos que van a reciclaje	Chatarra	17 04 05	3,4
	Equipos Electrónicos y eléctricos	16 02 14	
	Tiesto cocido	10 12 08	
	Tiesto crudo	10 12 01	
	Suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos	08 02 03	
	Lodos acuosos que contienen materiales cerámicos	08 02 02	
	Tortas filtro-prensa/partículas y polvo	10 12 13	
Residuos de papel y cartón que van a reciclaje	Envases Cartón/papel	15 01 01	1,1E-02
Residuos de madera que van a reciclaje	Envases de madera	15 01 03	1,5E-02
Residuos de plástico que van a reciclaje	Envases de plástico	15 01 02	1,8E-02
	Plásticos	07 02 13	
Residuos de piezas cerámicas cocidas que se reciclan en otro proceso	Preparación mezclas después del proceso de cocción	10 12 08	3,3E-01

(*) Residuos peligrosos

Cabe destacar que en la Tabla 2 existen residuos con el mismo código LER en diversas agrupaciones, como el 10 12 08 (tiesto cocido), presente en los residuos no peligrosos que van a reciclaje, y en residuos de piezas cerámicas cocidas que se reciclan en otros procesos.

Con estas ratios de residuos, suponiendo una producción de cerámica total en la provincia de Castellón de 370 millones de m² (Baraldi, 2024; ASCER, 2023), resultan las cantidades de residuos de la Tabla 3:

Tabla 3. Estimación toneladas de residuos industria cerámica Castellón. Calculado a partir de (ITC 2023).

Tipología residuos	Ratio residuos ACV (kg/m ²)	Total residuos CS (kg)	Total residuos CS (t)
Residuos Peligrosos a reciclaje	0,02	7.407.200	7.407
Residuos No Peligrosos (Varios)	3,40	1.259.224.000	1.259.224
Papel y Cartón	0,01	4.073.960	4.074
Madera	0,02	5.555.400	5.555
Plástico	0,02	6.666.480	6.666
Piezas cocidas (10 12 08)	0,33	122.218.800	122.219
	3,79	1.405.145.840	1.405.146

En la Tabla 4 se indica una relación de los códigos LER de los residuos de composición definidos en la Tabla 2 como residuos sólidos que van a reciclaje, y residuos de piezas cocidas que se reciclan en otro proceso.

Tabla 4. Códigos LER de los residuos minerales definidos en Informe sectorial ACV. (ITC, 2023).

Código LER	Descripción del residuo
08 02 02	Lodos acuosos que contienen materiales cerámicos
08 02 03	Suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos
10 12 01	Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción
10 12 08	Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción (después del proceso de cocción)
10 12 13	Lodos del tratamiento in situ de efluentes

3.4 Empresas productoras y gestoras.

La Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana incluye las siguientes definiciones.

Residuo: cualquier sustancia u objeto que el poseedor tire o tenga la intención o la obligación de tirar.

Agente: toda persona física o jurídica que organice la valorización o la eliminación de residuos por encargo de terceros, incluidas aquellas que no tomen posesión física de los residuos.

Gestor de residuos: la persona física o jurídica, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de estos.

Poseedor de residuos: el productor de residuos u otra persona física o jurídica que esté en posesión de residuos. Se considera poseedor de residuos el titular catastral de la parcela en la que se localizan residuos abandonados o basura dispersa, y es responsable administrativo de estos residuos, excepto en aquellos casos en los cuales sea posible identificar al autor material del abandono o poseedor anterior.

Productor de residuos: cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de aquellos residuos...

En la Figura 3 se muestra de forma esquemática el proceso de fabricación de materiales cerámicos de revestimiento y sus procesos de gestión de los residuos.

Se consideran **productores de residuos** las empresas fabricantes de revestimientos cerámicos, de las cuales existen 101 registros con los códigos LER 101201 (tiesto crudo) y 101208 (tiesto cocido) en el registro de productores y gestores de residuos (GVA, 2025). Dicha información es coherente con el censo de fabricantes españoles, en el que se estiman 109 fabricantes en la Asociación (ASCER, 2023).

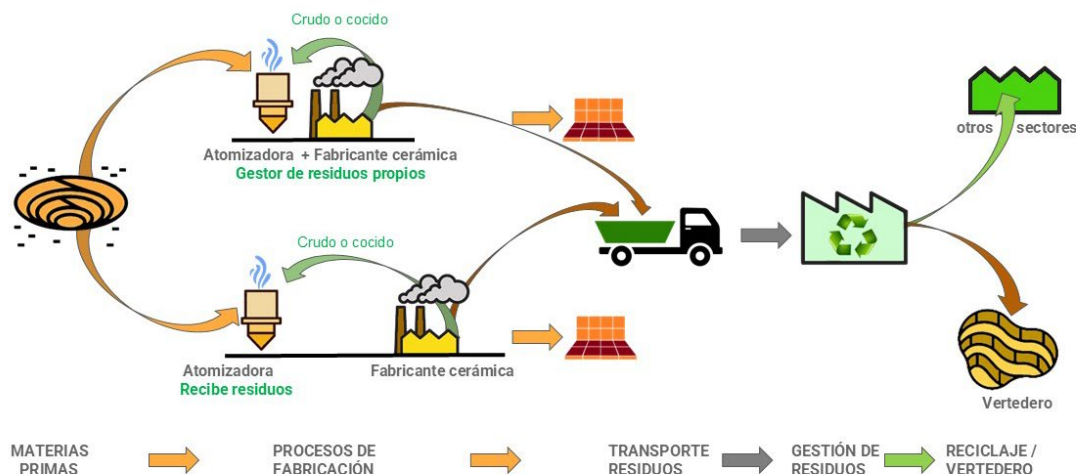


Figura 3. Esquema de la redistribución de los principales residuos procedentes de las empresas cerámicas. Elaboración propia.

Los **gestores de residuos** son aquellas empresas que se encargan de la recogida y gestión de los residuos producidos por las empresas cerámicas. En el registro de productores y gestores de residuos (GVA, 2025) constan 998 empresas en la provincia de Castellón autorizadas para el almacenamiento, tratamiento, eliminación y transporte de residuos no peligrosos, de las cuales sólo unas 50 empresas cuentan con autorización para la gestión de los códigos LER 101201, 101208, 101213, 080202 y 080203 (Tabla 4).

Dado que algunas de estas empresas realizan la gestión de residuos como una actividad accesoria, en la Tabla 5 se han agrupado las empresas autorizadas para la gestión de estos residuos en función de su actividad principal.

Tabla 5. Tipologías empresas autorizadas gestión de residuos cerámicos en la provincia de Castellón. Elaborado a partir de (GVA, 2005).

Tipología de empresas	LER 080202	LER 080203	LER 101201	LER 101208	LER 101213	Total
Empresas Gestión de residuos	4	2	7	8	2	9
Fabricantes de cerámica	13	13	11	5	4	15
Atomizadoras de arcilla	9	9	9	5	4	9
Fabricantes de esmaltes	1	1	1		1	1
Constructoras y fabricantes de materiales	1	1	3	5	1	5
Fabricantes de cemento			1	1		1
Empresas fuera del sector	2	2	3	7	3	10
Total empresas	30	28	35	31	15	50

Dada la complejidad del clúster de empresas cerámicas y gestoras de residuos, en las que algunas de ellas gestionan sus propios residuos, mientras que otras los derivan a empresas intermediarias o gestoras de residuos, resulta muy compleja la interpretación de estos resultados. Sin embargo, como se puede apreciar en la Tabla 5 sólo existen **9 empresas cuya misión principal es la gestión de residuos y tienen la autorización para la gestión de los residuos con los códigos LER indicados**. El resto de las empresas tienen la autorización para poder introducir sus propios residuos, o residuos de otras empresas, en sus procesos de producción de cerámica u otros materiales.

3.5 Listado y cantidades anuales de los residuos gestionados

Tras realizar una consulta a las 9 empresas gestoras con autorización en los códigos de la Tabla 5 sobre el volumen anual de residuos gestionados procedentes de empresas cerámicas, se han obtenido los resultados de la Tabla 6.

Tabla 6. Recopilación de las tipológicas y cantidades de residuos gestionadas por las empresas consultadas.

Código LER	Cantidad (t)	Descripción
101111	480	Residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio que contienen metales pesados.
101201	1.322	Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción.
101203	51.121	Partículas y polvo.
101208	224.102	Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción [después de cocción].
101208r	13.614	Rodillos alúmina
101211	511	Residuos del vidriado que contienen metales pesados.
101213	7.407	Lodos del tratamiento in situ de efluentes.
161106	1.080	Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de 161105.
Total	299.637	Toneladas año de residuos gestionados.

El conjunto de residuos con códigos LER 101111; 101203; 101211; 101213 y 161106, que presentan una mayor dificultad para su revalorización, suponen un volumen de 60.598 toneladas año.

A modo de aproximación se pueden comparar los residuos del testillo cerámico cocido (101208), de 224.102 toneladas, con los resultados obtenidos del ACV sectorial (ASCER, 2023), en el que se deducen unas 122.219 toneladas (Tabla 3). De otro modo, según (Quereda, 2024) se deduce que el volumen de residuos sólidos no revalorizados puede ser de 62.277 toneladas, que se aproxima a las 60.598 toneladas obtenidas.

Por ello, y aun con el riesgo de que en la recopilación de información pudieran existir duplicidades o residuos cerámicos cocidos procedentes de otros sectores, el volumen de residuos sólidos procedentes de la fabricación de baldosas cerámicas es realmente considerable, y previsiblemente entorno de las 299.000 toneladas / año, tal como se puede ver en la Tabla 6.

3.6 Gestión y tratamiento de los residuos procedentes de la fabricación de baldosas cerámicas

A partir de las consultas realizadas a las empresas gestoras de residuos y a algunas empresas fabricantes de cerámica, se ha obtenido información sobre los distintos procesos de revalorización o depósito en vertedero que se están realizando para cada tipología de residuo.

Residuos de la preparación de mezclas antes del proceso de cocción (LER 101201)

Este grupo comprende baldosas defectuosas o deterioradas antes del proceso de cocción. No se puede estimar el volumen real de generación de estos residuos, sin embargo, no suponen un problema, ya que normalmente se reintroducen en el proceso de preparación de arcillas en los procesos de atomizado. Una de las limitaciones conocidas es el color de las partículas cuando se pretende obtener cerámica de pasta blanca.

Residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio

En este grupo se incluyen los residuos de pequeñas partículas de vidrio y de polvo de vidrio que contienen metales pesados [por ejemplo, de tubos catódicos] LER 101111 y los residuos del vidriado que contienen metales pesados LER 101211.

Las empresas consultadas recogen aproximadamente entre 480 y 511 toneladas anuales de cada uno de estos residuos, procedentes de la fabricación de esmaltes cerámicos. Presentan la problemática de la contaminación con metales pesados, lo que impide su reutilización para la fabricación de nuevos productos de vidrio, como se hace habitualmente con los residuos de vidrio con código LER 101112.

Partículas y polvo (LER 101203)

Estos residuos proceden fundamentalmente de los procesos de limpieza, aspiración ambiental para la reducción del polvo en suspensión y procesos de rectificado en seco de las baldosas cerámicas.

Las empresas consultadas recogen aproximadamente 50.000 toneladas al año, siendo su principal destino el depósito en vertederos, con la problemática adicional del reducido tamaño de partículas.

Residuos de cerámica, ladrillos, tejas y materiales de construcción, después del proceso de cocción (LER 101208)

Las empresas consultadas recogen aproximadamente 224.000 toneladas al año en forma de baldosas fracturadas. Se pueden distinguir diferentes tipologías de residuos en función de la cerámica original, con diferentes absorciones de agua (gres y cerámica porosa) y diferente color (pasta roja y pasta blanca). Habitualmente las empresas gestoras las trituran para la fabricación de áridos con diferentes usos, tales como rellenos y hormigones no estructurales. En algunos casos estos productos se reintroducen en los procesos de elaboración de las pastas cerámicas, con bajos porcentajes de sustitución de la materia prima natural.

Rodillos de alúmina (LER 101208r)

Este residuo corresponde a los rodillos de alúmina utilizados en los hornos de cocción de cerámica, con aproximadamente 13.600 toneladas al año. Como consecuencia de la pureza de este residuo, las empresas gestoras envían estos residuos a otras empresas en las que se revalorizan como materia prima.

Lodos del tratamiento in situ de efluentes (LER 101213)

Este residuo resulta de los procesos de decantación de las aguas residuales utilizadas para la limpieza y refrigeración de las máquinas de pulido y rectificado. Sólo una de las empresas consultadas recoge del orden de 7.400 toneladas al año. Dado que se trata de una mezcla de partículas de distintas composiciones, habitualmente su destino es el depósito a un vertedero.

Revestimientos y refractarios procedentes de procesos no metalúrgicos, distintos de los especificados en el código 161105 (LER 161106)

Al igual que los tubos de alúmina, en este caso se trata de residuos resultantes del mantenimiento y actualización de los hornos de cocción cerámica, lo que supone un volumen de 1.080 toneladas al año.

4. PROPUESTAS PARA SU POSIBLE REUTILIZACIÓN

Las posibilidades de uso de los residuos cerámicos han sido ampliamente estudiadas y difundidas en publicaciones científicas recientes, mostrando un potencial significativo para su valorización en diversos sectores industriales, especialmente en la construcción y la ingeniería civil. Así, las principales aplicaciones de estos residuos son:

- Utilización de áridos reciclados para la fabricación de hormigón: existen estudios que muestran las posibilidades de utilización de diferentes residuos cerámicos (101208) como áridos para la fabricación de hormigones convencionales o incluso con propiedades especiales (Albero et al, 2024; Roig et al, 2023; Pitarch et al, 2013), o áridos en mezclas asfálticas (Solarte, 2022).
- Sustitución parcial del cemento Portland: diversos estudios demuestran que los residuos cerámicos (101208 y 101203) molturados a tamaño polvo, pueden sustituir hasta un 25% del cemento Portland en la fabricación de morteros y hormigones, actuando como materiales puzolánicos. (Pitarch et al, 2021; Saavedra, 2019).
- Mejora y estabilización de suelos: más allá de su uso como áridos para rellenos, los residuos cerámicos, junto con los de vidrio, pueden emplearse para mejorar suelos en obra civil, ofreciendo resultados comparables a los obtenidos con materiales tradicionales como el cemento o la cal. Esta técnica reduce el impacto ambiental, el consumo de materias primas y las emisiones asociadas, y mejora las propiedades mecánicas de suelos de baja calidad (Teza et al, 2024).
- Fabricación de materiales compuestos y aislantes: los residuos cerámicos se han utilizado como refuerzo en compuestos de PVC, sustituyendo al carbonato cálcico y mejorando las propiedades de los materiales finales. Esta aplicación promueve la economía circular y reduce la cantidad de residuos depositados en vertederos. Además, se emplean en la fabricación de aislantes eléctricos y térmicos, materiales abrasivos y barreras geológicas para contención de residuos peligrosos. (Planelles, 2024; Árias & Rojas, 2023).
- Obtención de geopolímeros y nuevos materiales sostenibles: los residuos cerámicos, se han empleado en la producción de cementos activados alcalinamente (geopolímeros), con buenas propiedades mecánicas y menor huella de carbono. Estos materiales requieren temperaturas de

procesamiento más bajas que las cerámicas tradicionales y ofrecen una alternativa sostenible para la industria de la construcción (Carrillo-Beltrán et al, 2021; LIFE HYPOBRICK ITC, 2020).

- Según (Árias & Rojas, 2023) también se explora la utilización de residuos cerámicos para la recuperación de arrecifes de coral, la elaboración de estructuras mediante fabricación aditiva y la extracción de alúmina, aunque su uso más rentable sigue siendo en morteros y hormigón.

5. CONCLUSIONES

En el clúster cerámico de la provincia de Castellón interactúan numerosos agentes: suministradores de materias primas, elaboradores de la arcilla (atomizadoras), fabricantes de esmaltes y de baldosas cerámicas, así como gestores de residuos. Esta compleja red dificulta una evaluación precisa del volumen total de residuos generados por el sector. No obstante, considerando el elevado volumen de producción y las ratios asociadas de generación de residuos, se estima que aproximadamente un 10% de las materias primas empleadas en el proceso de fabricación cerámica acaba convirtiéndose en residuo, lo que representa cerca de **890.000 toneladas anuales**.

El sector presenta un elevado nivel de compromiso con la valorización de estos residuos, alcanzando tasas de recuperación cercanas al 93% de los residuos generados (Quereda, 20024). Sin embargo, los datos obtenidos en el presente estudio indican que las empresas que se dedican exclusivamente a gestión de residuos en la provincia de Castellón gestionan anualmente unas **299.000 toneladas** de residuos sólidos no peligrosos, de los cuales aproximadamente 60.000 toneladas tienen dificultades para su revalorización.

La literatura científica respalda ampliamente la viabilidad y sostenibilidad de la valorización de residuos cerámicos. Su reutilización permite reducir el consumo de materias primas, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover modelos productivos más sostenibles. Actualmente, estos residuos se emplean principalmente como materiales de relleno y estabilización de suelos, áridos reciclados para hormigones, sustituto parcial del cemento, o en materiales compuestos con menor impacto ambiental.

La utilización de residuos cerámicos como alternativa a materias primas naturales contribuye de forma efectiva a la reducción del consumo energético y de las emisiones de CO₂, impulsando así el desarrollo de una **economía baja en carbono**. No obstante, pese a que algunas tipologías de residuos cerámicos presentan distintas opciones de valorización, otras presentan limitaciones que dificultan su aprovechamiento. Además, muchas de las soluciones desarrolladas solo han sido validadas a escala de laboratorio, sin llegar todavía a una implantación efectiva a escala industrial. Todo ello resalta la necesidad de **reforzar la investigación aplicada y transferencia tecnológica**, con el fin de avanzar hacia una economía circular tanto en el sector cerámico como en el de la construcción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Generalitat Valenciana por el apoyo financiero otorgado a través del proyecto CIGE/2023/96.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AENOR (2019). Declaración Ambiental de Producto Baldosas cerámicas. Gres porcelánico AZTECA PRODUCTS & SERVICES, S.L.U. https://www.aenor.com/Producto_DAP_pdf/GlobalEPD_002_005_r1_ESP.pdf (Consultada 10/3/2025)
- Albero, V., Reig, L., Hernández-Figueirido, D., Roig-Flores, M., Melchor-Eixea, A., Piquer, A., & Pitarch, A. M. (2024). Fire and postfire compressive strength of recycled aggregate concrete made with ceramic stoneware. *Journal of Building Engineering*, 89, 109363. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109363>
- Alvaro, M. (2025). Producto cerámico, economía circular y diseño estratégico. Asociación Española de Técnicos Cerámicos. <https://atece.org/producto-ceramico-economia-circular-diseno-estrategico/> (Consultada 10/3/2025)
- Árias Ocampo, M. A., y Rojas González, A. F. (2023). Alternativas de reutilización y valorización de residuos cerámicos: una revisión. *Revista EIA*, 20(40), 4018 pp. 1–19. <https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1680>
- ASCER (2023), Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos. Informe ASCER Sector español de fabricación de baldosas cerámicas. <https://portal.ascer.es/wp-content/uploads/2024/05/Informe-energia-ASCER-2023.pdf> (Consultada 30/6/2025)

- ASCER (2025), Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos. <https://portal.ascer.es/> (Consultada 30/6/2025)
- Baraldi, Luca. (2023). World production and consumption of ceramic tiles Ceramic World Review, Year34, Nº 158 <https://www.ceramicworldweb.com/index.php/en/economics-and-markets/world-production-and-consumption-ceramic-tiles-2023> (Consultada 10/03/20245)
- Carrillo-Beltrán, R.; Corpas-Iglesias, F. A.; Terrones-Saeta, J. M.; Bertoya-Sol, M. (2021). New geopolymers from industrial by-products: Olive biomass fly ash and chamotte as raw materials. Construction and Building Materials, Elsevier. Volume 272, 22 February 2021, 121924. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121924>
- Decisión 2000/532/CE. Catálogo Europeo de Residuos CER, aprobado por la Decisión 2000/532/CE, de la Comisión, de 3 de mayo, modificada por las Decisiones de la Comisión, Decisión 2001-118, de 16 de enero, Decisión 2001-119, de 22 de enero, y por la Decisión del Consejo Decisión 573-2001, de 23 de julio. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000D0532-20231206> (Consultado 10/3/2025)
- Decisión 2014/955/UE. Decisión de la Comisión, de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo Texto pertinente a efectos del EEE <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32014D0955> (Consultado 10/3/2025)
- GVA (2025), Buscador de productores y gestores de residuos Generalitat Valenciana, Conselleria de Medio Ambiente, Infraestructuras y Territorio. Generalitat Valenciana. https://residuos.gva.es/RES_BUSCAWEB/buscador_residuos_avanzado.aspx (Consultada 10/3/2025)
- ITC (2020). Proyecto Life Hypobrick. Instituto de tecnología Cerámica. <https://www.itc.uji.es/portfolio/life-hypobrick/> (Consultado 15/4/2025)
- ITC (2023). Análisis de Ciclo de Vida de recubrimientos cerámicos - ASCER Anexo 1 del Informe del ITC (Instituto de Tecnología Cerámica) C234993. Versión preliminar previa a la verificación Castellón, 23 de noviembre de 2023. <https://transparencia.ascer.es/media/1123/anexo-01-informe-acv-sectorial.pdf> (Consultado 15/4/2025)
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. (BOE núm. 85, de 09 de abril de 2022). <https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7/con>
- Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana. (BOE núm. 34, de 9 de febrero de 2023). <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2022/11/29/5>
- Pitarch, A. M.; Reig, L.; Tomás, A. E.; López, F. J. (2019). Effect of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware recycled aggregates on structural concrete properties. Waste and Biomass Valorization, 2019, vol. 10, núm. 6, p. 1779-1793 <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0154-0>
- Pitarch Roig, A. M.; Reig, L.; Tomás, A.E.; Forcada, G.; Soriano, L.; Borrachero, Mª V.; Payá, J.; Monzo Balbuena, J. M. (2021). Pozzolanic activity of tiles, bricks and ceramic sanitary-ware in eco-friendly Portland blended cements. Journal of Cleaner Production, vol. 279, p. 123713. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123713>
- Planells Aragó, J.; Lázaro Magdalena, V.; Pérez Argilés M.; Pérez Quiles, V.; Poveda Rodríguez, J. (2024). Valorización de residuos cerámicos en el sector de la construcción: un caso de simbiosis industrial. Congresos Nacional del Medio Ambiente CONAMA 2024. https://www.fundacionconama.org/wp-content/uploads/conama/comunicaciones/7787/Comunicacion-tecnica-CONAMA_JPlanells_ITC.pdf
- Price Waterhouse Coopers (2024). El sector de los azulejos y pavimentos cerámicos en 2023: impacto socioeconómico y relevancia para la provincia de Castellón. Castellón. https://portal.ascer.es/wp-content/uploads/2024/12/Impacto_sector_azulejero_ASCER.pdf (Consultada 10/03/2025)
- Quereda Vázquez, P. (2024), Economía Circular en el Sector de Baldosas Cerámicas, Instituto de Tecnologías Cerámica 2. https://portal.ascer.es/wp-content/uploads/2024/12/2_Presentacion-EC_Sector-baldosas-Ceramicas.pdf (Consultado 15/4/2025)
- Roig-Flores, M.; Reig, L.; Alberó, V.; Hernández-Figueirido, D.; Melchor-Eixea, A.; Pitarch, Á.M.; Piquer, A. (2023). Utilisation of Ceramic Stoneware Tile Waste as Recycled Aggregate in Concrete. Buildings 2023, 13, 1968. <https://doi.org/10.3390/buildings13081968>
- Saavedra Borelli, M.M. (2019) Valorización de Residuos Cerámicos Nacionales. Estudio Preliminar de su Capacidad Puzolánica. Instituto de la Construcción. Tesis Doctoral Facultad De Arquitectura, Diseño y Urbanismo Montevideo, Uruguay. https://www.fadu.edu.uy/investigacion/files/2017/10/TESIS-DE-MAESTRIA_SAAVEDRA_junio.pdf
- Solarte Vanegas, NC.; García García, A.; Pérez Ruíz, DD.; Serrano Guzmán, MF.; Alonso Troyano, C. (2022). Ceramic waste in semi-dense asphalt mixtures: alternatives for low-traffic roads in Colombia. Lámpsakos. (26):52-68. <https://doi.org/10.21501/21454086.4114>
- Teza, A. J.; Micó, M. Cremades, E.; Ferre, A.; Ibanco, F. J. (2024) Proyecto Mejora y estabilización de suelos con nuevos materiales cementantes revalorizado residuos. Universidad de Alicante. Agencia Valenciana de Cooperación 2023 – 2025. <https://www.residuosprofesional.com/residuos-ceramicos-suelos-construccion/> (Consultado 15/6/2025)