



---

## **Análisis de Ciclo de Vida de recubrimientos cerámicos - ASCER**

---

**Anexo 1 del Informe del ITC C234993. Versión preliminar previa a la verificación**

Castellón, 23 de noviembre de 2023



# ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Aspectos generales</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>2. Definición de Objetivos y Alcance del estudio</b> .....   | <b>4</b>  |
| 2.1. Objetivo del estudio .....   | 4         |
| 2.1.1. Destinatarios previstos .....  | 4         |
| 2.2. Alcance del estudio.....   | 4         |
| 2.2.1. Descripción del producto.....  | 4         |
| 2.2.2. Unidad funcional.....  | 5         |
| 2.2.3. Límites del sistema .....  | 5         |
| 2.2.4. Criterios de exclusión de entradas y salidas .....   | 7         |
| 2.2.5. Hipótesis realizadas .....   | 7         |
| 2.2.6. Expresión de los resultados .....  | 9         |
| <b>3. Análisis del inventario</b> .....   | <b>9</b>  |
| 3.1. Fabricación del producto (A1-A3).....  | 10        |
| 3.1.1. Suministro de materias primas para el soporte (A1) .....   | 11        |
| 3.1.2. Transporte de materias primas (A2) .....   | 15        |
| 3.1.3. Fabricación (A3) .....   | 15        |
| 3.2. Construcción (A4-A5).....  | 19        |
| 3.2.1. Transporte (A4).....   | 19        |
| 3.2.2. Procesos de instalación y construcción (A5).....   | 20        |
| 3.3. Uso del producto .....   | 21        |
| 3.3.1. Mantenimiento (B2) .....   | 22        |
| 3.4. Fin de Vida .....  | 23        |
| 3.4.1. Deconstrucción y derribo (C1) .....  | 23        |
| 3.4.2. Transporte (C2) .....  | 23        |
| 3.4.3. Gestión de residuos para reutilización, recuperación y reciclaje (C3) .....  | 23        |
| 3.4.4. Eliminación final (C4) .....   | 23        |
| 3.5. Módulo D. Beneficios y cargas ambientales potenciales derivadas de las actividades de reutilización, recuperación y reciclaje..... | 24        |
| 3.6. Cálculos y reglas de asignación de entradas y salidas .....  | 25        |
| 3.7. Validación de los datos.....   | 25        |
| 3.8. Contenido de carbono biogénico .....   | 25        |
| <b>4. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)</b> .....   | <b>26</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.1. Categorías de impacto ambiental para el programa GlobalEPD .....                             | 26        |
| 4.3. Parámetros relativos al uso de recursos, producción de residuos y materiales de salida ..... | 27        |
| 4.4. Resultados de los recubrimientos cerámicos .....   | 28        |
| <b>5. Interpretación de los resultados .....</b>  | <b>31</b> |
| 5.1. Discusión de resultados .....  | 31        |
| 5.2. Limitaciones .....   | 33        |
| 5.3. Análisis de calidad de datos .....   | 33        |
| 5.3.1. Incertidumbre .....  | 33        |
| 5.3.2. Integridad .....   | 33        |
| 5.3.3. Representatividad .....  | 34        |
| 5.3.5. Reproducibilidad .....   | 34        |
| 5.4. Elección de valores, razones o aseveraciones de expertos .....                               | 35        |
| 5.5. Análisis de sensibilidad .....   | 35        |
| <b>6. Datos disponibles para la verificación .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>7. Bibliografía .....</b>  | <b>36</b> |
| <b>8. Anexos .....</b>  | <b>39</b> |
| Anexo 1. Datos del inventario del ciclo de vida de los recubrimientos cerámicos .....             | 40        |
| Anexo 2. Fuente de los datos utilizados .....   | 45        |

## 1. Aspectos generales

Con fecha junio 2023 se recibió un presupuesto firmado por parte de la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (en adelante ASCER) para la elaboración de un Análisis de Ciclo de Vida (en adelante ACV) de sectorial y la renovación y redacción de su respectivo borrador de Declaración Ambiental de Producto (DAP) para recubrimientos cerámicos. La recogida de los datos necesarios para la elaboración de este estudio comenzó en mayo 2023 y finalizó en noviembre 2023. Estas tareas se realizan a través del proyecto titulado “Renovación de la Declaración Ambiental de Producto (DAP) para el sector cerámico” financiado por ASCER y la Conselleria de Hacienda y Modelo Económico de la Generalitat Valenciana en el marco del convenio de colaboración suscrito entre ambas instituciones.

Este estudio ha sido realizado por el Instituto de Tecnología Cerámica (en adelante ITC) mediante la aplicación de una herramienta informática, DAPCER, desarrollada por el ITC, la Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático de la Escola Superior de Comerç Internacional de la Universitat Pompeu Fabra (ESCI-UPF) y por su spin-off Cyclus Vitae Solutions, S.A., a petición de ASCER, en un proyecto financiado por IMPIVA y fondos FEDER.

## 2. Definición de Objetivos y Alcance del estudio

### 2.1. Objetivo del estudio

La finalidad de este estudio de ACV es la renovación de la Declaración Ambiental de Producto (DAP) sectorial de recubrimientos cerámico registrada en el programa GlobalEPD. En esta EPD se incluyen varios grupos de absorción de agua y conformado (según norma UNE-EN 14411:2016 [21] e ISO 13006:2012 [22]). Las DAPs (también denominadas declaraciones tipo III según nomenclatura ISO [20]), están basadas en el análisis de los impactos ambientales generados a lo largo del ciclo de vida de los productos sometidos a estudio.

Además, este estudio permitirá a las empresas asociadas a ASCER posicionar sus productos respecto a la media sectorial y poder establecer acciones de mejora para reducir los impactos ambientales asociados a sus productos.

El presente estudio de ACV sigue las recomendaciones y cumple con los requisitos de las normas internacionales UNE EN ISO 14040:2006 [14] y UNE EN ISO 14044:2006 [15], así como la UNE EN ISO 14025:2006 [17], UNE EN 15804:2012+A2:2020[19] y UNE-EN 17160:2019 [16]. La UNE-EN 17160:2019 fue desarrollada de acuerdo con la versión de la UNE EN 15804:2012+A1:2014, por ello, en aquellos puntos en los que la UNE EN 17160:2019 difiera de la versión más reciente de la EN 15804, se aplicará lo indicado en ésta última. En este estudio, se han seguido, además, las Reglas generales del programa GlobalEPD.

#### 2.1.1. Destinatarios previstos

Los destinatarios previstos de este estudio son ASCER, como entidad peticionaria del estudio y aquellas empresas o entidades que ASCER considere oportuno. Esta DAP se prevé que pueda ser utilizada en procesos de comunicación B2B, principalmente, así como por los organismos acreditados para la verificación de la DAP (GlobalEPD).

### 2.2. Alcance del estudio

#### 2.2.1. Descripción del producto

El alcance del estudio incluye recubrimientos cerámicos fabricados por las empresas asociadas a ASCER en un entorno geográfico y tecnológico en España entre los años 2021 y 2022. Muchas de estas plantas de producción se encuentran emplazadas en la provincia de Castellón. Concretamente, se ha conseguido **una representación del 55 % de producción en m<sup>2</sup> de recubrimientos cerámicos del sector** (tanto de ciclo parcial como de ciclo completo).

En la Tabla 1 se presenta el número de empresas que han participado en el presente estudio.

Tabla 1 Empresas sometidas a estudio según el tipo de instalación.

| Empresas fabricantes de gránulo atomizado | Empresas de ciclo completo | Empresas de ciclo parcial |
|---|----------------------------|---------------------------|
| 6   | 10                         | 28                        |

La función principal de este producto es la de recubrir superficies, tanto suelos como paredes, interiores y exteriores según las especificaciones técnicas de cada recubrimiento. En este estudio, se va a considerar que los recubrimientos cerámicos con absorciones de agua inferiores al 10% se emplean como recubrimientos de suelos y, aquellas con una absorción de agua superior al 10% se emplean como recubrimiento de paredes. En ambos casos, el escenario de uso que se considerará será residencial interior, tal y como se indica en las RCP para recubrimientos cerámicos [16].

Los principales componentes de los recubrimientos cerámicos se indican en la Tabla 2.

Tabla 2 Principales componentes de los recubrimientos cerámicos.

| Sustancia  |   | Contenido |
|------------|---|-----------|
| Soporte    | Arcillas, feldspatos, material cerámico reciclado, arenas, etc. | 97%       |
| Decoración | Feldspatos, Cuarzos, Zirconio, Carbonatos, etc.                 | 3%        |

Las sustancias contenidas en el producto que se enumeran en la “Lista de sustancias candidatas altamente preocupantes (SVHC) para la autorización”, no superan el 0,1% en peso del producto.

### 2.2.2. Unidad funcional

La unidad funcional se ha definido como “recubrimiento de 1 m<sup>2</sup> de una superficie (suelos, paredes) en un escenario residencial con recubrimientos cerámicos (21kg/m<sup>2</sup> de peso promedio) durante 50 años”.

### 2.2.3. Límites del sistema

El sistema estudiado incluye los siguientes módulos y procesos

#### A1. Suministro de materias primas:

- Extracción, preparación y elaboración de materias primas.
- Extracción y producción de materiales auxiliares o pre-productos, incluyendo los esmaltes cerámicos.
- Producción y transporte de energía.

#### A2. Transporte:

- Transporte medio de las materias primas y auxiliares desde el lugar de extracción o producción hasta la planta de fabricación de recubrimientos cerámicos.

#### A3. Fabricación:

- Fabricación del producto.
- Recogida de residuos y procesos de reciclaje hasta la fabricación de materias primas secundarias.
- Producción del embalaje.

Se agregan los resultados de los módulos A1, A2 y A3 y se declaran conjuntamente en un único valor A1-A3.

A4 y A5. Construcción:

- Transporte (desde la puerta de la fábrica hasta la obra) (A4).
- Etapa de proceso de instalación y construcción (A5).

B. Uso:

- Uso (B1).
- Mantenimiento (B2).
- Reparación (B3).
- Substitución (B4).
- Rehabilitación (B5).
- Uso de energía en servicio (B6).
- Uso de agua en servicio (B7).

C. Fin de vida:

- Deconstrucción (C1).
- Transporte de los residuos (C2).
- Tratamiento de residuos (C3).
- Eliminación de residuos(C4).

D. Beneficios y cargas ambientales más allá de los límites del sistema. Potencial de reutilización, recuperación y reciclaje

Véanse los módulos de información evaluados en la Tabla 3.

Tabla 3 Módulos de información.

| ETAPA DE PRODUCTO             |            |             | ETAPA DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN |  | ETAPA DE USO |               |            |              |                |                            |                         | ETAPA DE FIN DE VIDA |            |                         |                         | BENEFICIOS Y CARGAS MÁS ALLÁ DE LOS LÍMITES DEL SISTEMA |   |
|-------------------------------|------------|-------------|----------------------------------|--|--------------|---------------|------------|--------------|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-------------------------|---|---|
| Suministro de materias primas | Transporte | Fabricación | Transporte                       | Etapa de proceso de construcción – instalación | Uso          | Mantenimiento | Reparación | Substitución | Rehabilitación | Uso de energía en servicio | Uso de agua en servicio | Deconstrucción       | Transporte | Tratamiento de residuos | Eliminación de residuos | Potencial de reutilización, recuperación y reciclaje    |   |
| A1                            | A2         | A3          | A4                               | A5   | B1           | B2            | B3         | B4           | B5             | B6                         | B7                      | C1                   | C2         | C3                      | C4                      | D   |   |
| X                             | X          | X           | X                                | X  | X            | X             | X          | X            | X              | X                          | X                       | X                    | X          | X                       | X                       | X   | X |

#### 2.2.4. Criterios de exclusión de entradas y salidas

En este estudio de ACV *de cuna a tumba*, se ha aplicado un criterio de corte del 1% para el uso de energía (renovable y no renovable) y el 1% de la masa total en aquellos procesos unitarios cuyos datos son insuficientes. En total, se ha incluido más del 95% de todas las entradas y salidas de materia y energía del sistema, excluyendo aquellos datos no disponibles o no cuantificados. Los datos excluidos son los siguientes:

- Emisiones difusas de partículas a la atmósfera generadas durante el transporte y almacenamiento de materias primas de naturaleza pulverulenta.
- Emisiones atmosféricas canalizadas, **no** legisladas, generadas en las etapas de combustión (secado por atomización, secado de piezas y cocción).
- Emisiones a largo plazo (>100 años).
- Los procesos de reciclaje y reutilización de los residuos generados a lo largo del ciclo de vida de los recubrimientos cerámicos que vayan a formar parte de otro sistema, siguiendo criterios de las RCP[16].
- La producción de maquinaria y equipamiento industrial debido a la dificultad que supone inventariar todos los bienes implicados, y también porque la comunidad de ACV considera que el impacto ambiental por unidad de producto es bajo en relación con el resto de los procesos que sí se incluyen. Además, las bases de datos utilizadas no incluyen estos procesos así que su inclusión requeriría un esfuerzo adicional fuera del alcance del estudio.

#### 2.2.5. Hipótesis realizadas

Los datos para el inventario de la etapa de fabricación del producto han sido facilitados en su mayoría por las empresas participantes en el presente trabajo asociadas a ASCER. Para el resto de las etapas, se aplican los escenarios típicos incluidos en las RCP [16]. Se ha seguido el principio de modularidad en la asignación de cargas ambientales, es decir, que éstas aplican donde se producen, y el principio de “quien contamina paga”. Las principales hipótesis son:

- **Energía térmica procedente de Gas Natural.** Las cargas asociadas a la producción, distribución y consumo de gas natural se han obtenido de la base de datos *Managed LCA (GaBi) content* [32], tomando como referencia datos medios a nivel nacional leídos por *LCA for Experts (GaBi)* [32]. Se ha considerado un Poder Calorífico Inferior (PCI) de 10,554 kWh/Nm<sup>3</sup>.
- **Electricidad:** A la hora de considerar los impactos ambientales asociados a la producción de la electricidad consumida en el sistema, se ha considerado el mix eléctrico del año 2022, así como datos procedentes del MITERD [27] con tal de facilitar el desglose por tipo de tecnología.

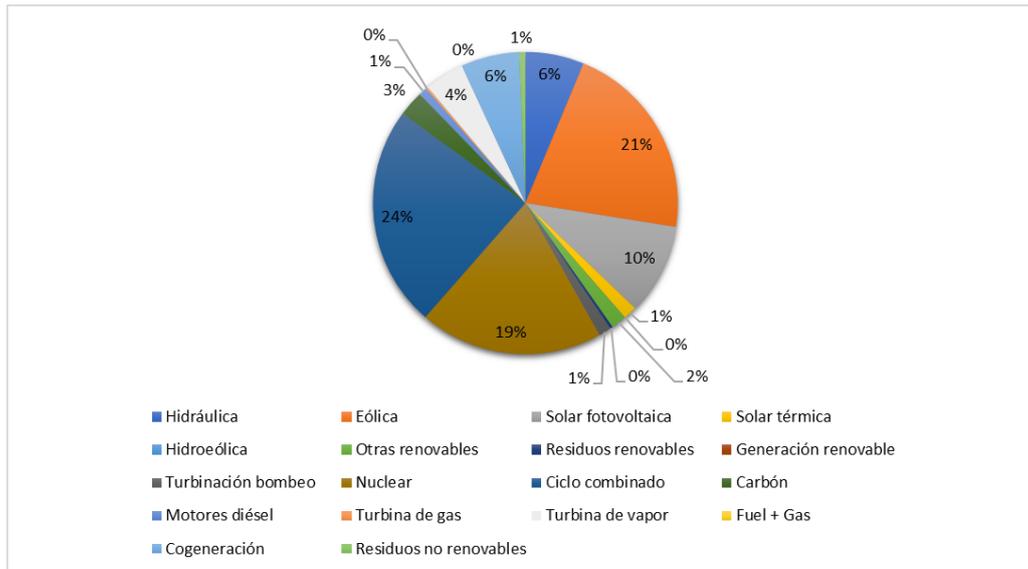


Figura 1 Mix eléctrico para el año 2022 por tecnología de generación de energía eléctrica.

- **Emisiones atmosféricas.** Las emisiones atmosféricas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) durante la etapa de cocción de los recubrimientos cerámicos se encuentra legisladas en las últimas actualizaciones de las AAI. En caso de que las empresas objeto de estudio, cuando no disponían aún de este valor límite, se les ha asignado una concentración de 20mg/Nm<sup>3</sup> en condiciones reales por foco de emisión.

En cuanto a las emisiones atmosféricas de partículas durante la etapa de cocción, en muchos casos, dado que su valor de concentración se encuentra por debajo de 10mg/Nm<sup>3</sup>, están exentos de realizar medidas reglamentarias. Por ello, para estos focos, se ha tomado como valor una concentración de 5mg/Nm<sup>3</sup>.

- **Distancias de transportes de materias primas.** Se ha considerado una distancia de 21km, entre las fábricas de materiales de decoración y las fábricas de los recubrimientos cerámicos y entre las fábricas de gránulo atomizado y las fábricas de recubrimientos cerámicos, en base a estimaciones realizadas a partir de las distancias por carretera [29].
- **Medios de transportes:** Para el cálculo de cargas asociadas al transporte de materias primas, se ha sumado la cantidad total de materias primas y se ha asignado la tipología de transporte de acuerdo con su procedencia. Para todos los transportes de materias primas por carretera en territorio nacional y europeo, se considera el uso de camión tráiler de 27 t de carga máxima y que cumple la normativa Euro 6.

En el caso de los transportes de embalajes (cartón, madera y plástico) se ha considerado el uso de un camión de 17,3 t de carga máxima y que cumple con la normativa Euro 6.

En cualquier caso, para distancias de transporte igual o inferior a 300 km, los camiones hacen el viaje de vuelta en vacío, mientras que para distancias superiores a los 300 km vuelven llenos con otras mercancías y, por tanto, el viaje de vuelta no se incluye en el inventario del sistema analizado. La velocidad media de transporte considerada es de 65 km/h.

Respecto a los transportes por vía marítima de las materias primas para el soporte y la decoración, así como para la etapa de distribución, se ha tomado un carguero medio con una capacidad de 100.000-200.000 toneladas.

- **Transportes de residuos:** Los residuos del producto se transportan en camión para ser gestionados, bien mediante su deposición en vertederos de inertes, o bien reciclados. Se considera una distancia media de 50km desde el lugar del edificio hasta destino final. Se incluye además el viaje de vuelta de los camiones (100% retorno vacíos), tal y como se indica en las RCP [16].

En cuanto al transporte de los residuos de embalaje (cartón, madera y plástico) generados en la etapa de fabricación e instalación de los recubrimientos cerámicos, se ha considerado el uso de un camión de 22t de carga máxima y que cumple con la normativa Euro 6. Se considera que los residuos de embalaje se transportan y gestionan en el lugar de eliminación situado a 50km del lugar de la obra, por lo que el viaje de retorno se incluye también en el sistema.

- **Diesel.** Para los transportes por carretera y transporte interno se ha seleccionado de la base de datos GaBi[33] un combustible diesel de las siguientes características: 7,86 % en peso de biocomponentes; 5,90 % en peso de carbono biogénico; 6,91 % en peso de proporción de bio C en el total de C; para uso en el proceso de transporte share\_CO2\_bio: 0,0691
- **Gestión de residuos.** Se han definido varias hipótesis de gestión de residuos, basadas en datos publicados en Eurostat [28] **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- **Palés.** Una gran parte de los palés utilizados son Europalés (normalizados en dimensiones) y permiten su reutilización, considerando hasta 5 usos, que comprenden la media de veces que puede ser utilizado por la cadena de valor dentro de los límites del sistema. También se utilizan palés de “un solo uso” y a estos se les ha asignado la totalidad de la carga ambiental asociada.

De esta manera, se quiere remarcar la responsabilidad del primer usuario del palé, sobre el desecho creado, aún si existe un tercer sujeto, ajeno a este estudio, que vaya a utilizar dicho palé.

- **Materiales de decoración.** Debido a la falta de información actualizada, se ha considerado la información ambiental utilizada en el estudio sectorial anterior de 2018 [2].

A lo largo del Análisis de Inventario se explican otras hipótesis y limitaciones aplicadas en la realización del estudio.

### 2.2.6. Expresión de los resultados

El objeto del presente estudio es la obtención de una Declaración Ambiental de Producto sectorial bajo el programa GlobalEPD, siguiendo las correspondientes RCP[16]. En lo que respecta a la expresión de los resultados, se presentará un promedio ponderado por la producción de cada una de las empresas participantes en el estudio, sin hacer distinción respecto a los diferentes tipos de recubrimientos cerámicos incluidos en la muestra considerada.

## 3. Análisis del inventario

Los datos cualitativos y cuantitativos incluidos en el inventario han sido facilitados, en su mayoría, directamente por las empresas participantes asociadas a ASCER obtenidos en algunas ocasiones de procesos unitarios y en otras, agregados de varios procesos, dependiendo de su disponibilidad o accesibilidad. En otros casos, se ha tenido que recurrir a medias bibliográficas o escenarios recogidos en las RCP; en cualquier caso, siempre se hace referencia a la fuente utilizada (véase Anexo 2). A lo largo del capítulo de inventario, se describen las principales consideraciones tomadas, tanto en la elección de procesos en el modelo diseñado en el software de ACV, como en los datos de inventario. Asimismo, en los apartados 5.2. y 5.3. se presenta un análisis detallado de las principales limitaciones y de la calidad de los datos.

El alcance del estudio y por tanto del inventario, se ha definido de la *cuna a tumba*, abarcando por tanto el módulo de producto (extracción y preparación de materias primas, fabricación de los recubrimientos cerámicos y los transportes entre estas etapas), su distribución, instalación, uso y fin de vida.

En el apartado 3.6. se hace una descripción detallada de las reglas seguidas para el cálculo y la asignación de entradas y salidas.

En la Figura 2, se muestran los procesos incluidos en este inventario y que son descritos a continuación.

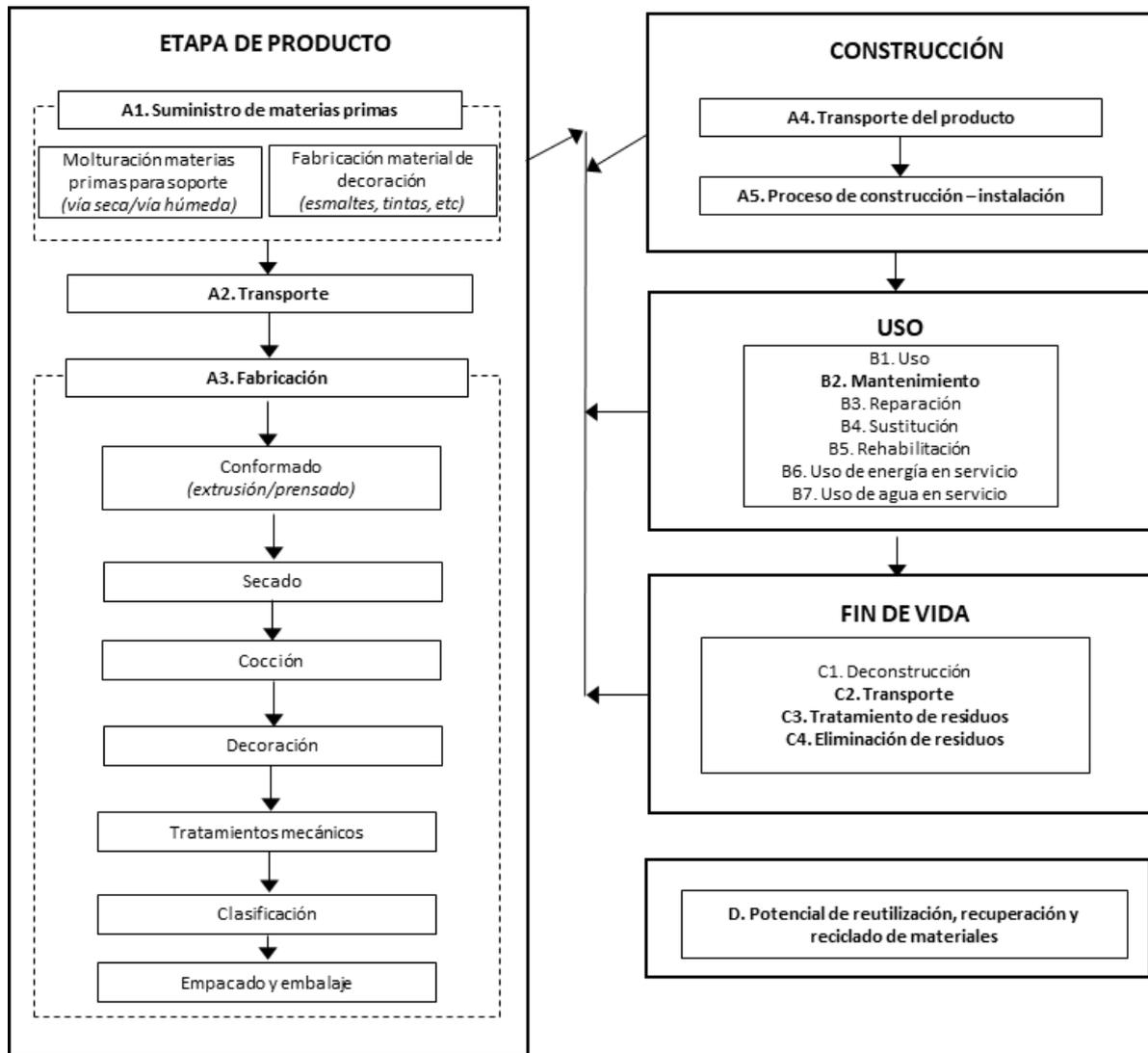


Figura 2 Alcance del estudio de Análisis de Ciclo de Vida.

En las tablas del Anexo 1 se presentan los datos de inventario de todo el ciclo de vida del producto.

Las etapas A1, A2 y A3 se muestran de forma agregada: A1-A3.

### 3.1. Fabricación del producto (A1-A3)

El proceso de fabricación se ha dividido en los siguientes módulos:

- Suministro de materias primas (A1) (véase apartado 3.1.1.)

Materias primas para el soporte (véase apartado 3.1.1.1.)

Transporte de las materias primas hasta la planta de gránulo atomizado (véase apartado 3.1.1.1.1.)

Fabricación del gránulo atomizado (véase apartado 3.1.1.1.2.)

Formulación

Almacenamiento y dosificación

Molienda

Materias primas para la decoración (véase apartado 3.1.1.2.)

Transporte de materias primas hasta la planta de fabricación de los esmaltes, engobes y tintas (véase

apartado 3.1.1.2.1.)

Producción de fritas, esmaltes, engobes y tintas (véase apartado 3.1.1.2.2.)

- *Transporte de las materias primas (A2)* (véase apartado 3.1.2.)
- *Fabricación del recubrimiento cerámico (A3)* (véase apartado 3.1.3)

Conformado (véase apartado 3.1.3.1.)

Secado de las piezas (véase apartado 3.1.3.2.)

Decoración (véase apartado 3.1.3.3.)

Desembalaje de los materiales de decoración (véase apartado 3.1.3.3.1.)

Molturación y aplicación de la decoración (véase apartado 3.1.3.3.2.)

Cocción (véase apartado 3.1.3.4.)

Tratamientos mecánicos (véase apartado 3.1.3.5.)

Clasificación (véase apartado 3.1.3.6.)

Embalaje (véase apartado 3.1.3.7.)

Datos generales de planta (véase apartado 3.1.3.8.)

Los datos agregados de la etapa de fabricación para los que no se dispone de datos de procesos unitarios se incluyen en el apartado 3.1.3.8.

Para inventariar las cargas ambientales asociadas a la extracción y transporte de las materias primas, se han utilizado bases de datos comerciales, concretamente las desarrolladas por *Managed LCA (GaBi) content* [32] y *Ecoinvent 3.9.1.* [34]. En el Anexo 2, se detallan las fuentes de datos concretas para cada material.

### **3.1.1. Suministro de materias primas para el soporte (A1)**

En este apartado se hace referencia tanto a las materias primas del soporte como a las de decoración - esmaltes, engobes y tintas. Dada la especificidad de los materiales de decoración para los recubrimientos cerámicos, en este apartado se hace una descripción detallada del proceso de obtención.

#### **3.1.1.1. Materias primas para el soporte**

Las materias primas necesarias para la fabricación del soporte de los recubrimientos cerámicos se clasifican como: materias primas plásticas y materias primas no plásticas o desgrasantes. En general, se puede aceptar que la proporción entre estos dos tipos de materiales debe ser tal, que la mezcla obtenida sea tan plástica como para poder realizar un correcto moldeo de la pieza, y a la vez conferir a ésta la suficiente resistencia en crudo como para permitir su procesado.

- Las materias primas plásticas por excelencia son las arcillas y los caolines.
- Las materias primas no plásticas o desgrasantes más habituales son: arenas silíceas, feldespatos alcalinos, carbonato cálcico, talco y silicato de circonio o circón.
- Otras materias primas a considerar son residuos cerámicos sin cocer y cocidos, que se incorporan al proceso en la etapa de molturación de las materias primas.

En la tabla del inventario que se incluyen en el Anexo 1, se muestran las materias primas escogidas para la formulación del soporte de los recubrimientos cerámicos sometidos a estudio, indicando las cantidades de cada una de ellas. Se ha obtenido una composición promedio a partir de los datos facilitados por las empresas proveedoras de gránulo atomizado.

#### *3.1.1.1.1. Transporte de las materias primas hasta la planta de fabricación de gránulo atomizado*

Las materias primas utilizadas para el soporte, según su tipología y origen, son transportadas por vía terrestre o marítima desde el lugar de extracción hasta la fábrica gránulo atomizado. Para los transportes por mar, se ha escogido un tipo de carguero, cuya distancia de transporte difiere en cada caso dependiendo el origen. Para los transportes por carretera en territorio nacional y europeo, se considera el uso de camión tráiler de 27 t de carga máxima y que cumple la normativa Euro 6, con las condiciones que se detallan en el apartado 2.2.5. del presente informe. En las tablas del inventario (Anexo 1), se presenta de forma detallada las distancias y medios de transporte utilizados.

Todas las materias primas que forman parte del soporte cerámico se transportan a granel, es decir, que no requieren material de embalaje. Los modelos empleados para los transportes utilizados están incluidos en la base de datos de *Managed LCA content (GaBi)* [32] y ecoinvent [34]. Los datos sobre las distancias representan las medias del transporte desde el origen de las materias primas la plata de preparación de las materias primas, independientemente del tipo de material, ya que el impacto generado por el transporte, en este caso, está asociado al peso de la carga y no al tipo de mercancía.

Para el cálculo de los porcentajes que aparecen en las tablas del inventario (Anexo 1), se han sumado todas las materias primas que conforman las piezas cerámicas y se ha calculado el porcentaje que viaja en cada tipo de medio de transporte.

Para el caso de las materias primas del soporte, los orígenes han sido declarados por los fabricantes de gránulo atomizado. Las distancias recorridas por vía terrestre se han obtenido a partir de mapas de carretera disponibles online y las recorridas por vías marítimas a partir de mapas de navegación [29].

#### *3.1.1.1.2. Fabricación del gránulo atomizado*

La preparación de materias primas se realiza generalmente en empresas especializadas fabricantes de gránulo atomizado, denominadas comúnmente atomizadoras, y en empresas de ciclo completo

##### *Formulación*

En este proceso se define la proporción de materias primas y el origen de estas se ajustan a las características de proceso productivo y prestaciones finales requeridas.

##### *Almacenamiento y dosificación*

Las materias primas son suministradas desde su origen tras haber sido sometidas a tratamientos de eliminación del hierro metálico, cribadas (separando partículas gruesas >15cm) y homogeneizadas. Las materias primas mayoritarias con granulometrías superiores son transportadas en camiones cuba y descargadas en naves cerradas o semicerradas; las minoritarias y las de granulometría más fina se descargan en silos.

##### *Molienda*

Esta etapa del proceso productivo consiste en obtener una mezcla íntima y homogénea de los distintos componentes con un tamaño de partícula determinado, y acondicionarla para el adecuado moldeo de la pieza. Según la operación de molienda se realice en ausencia o en presencia de agua se le denomina molturación vía seca o vía húmeda, respectivamente. En la muestra sectorial recogida, el 99,6% de la producción, las materias primas han sido molturadas por vía húmeda, mientras que el resto han sido molturadas por vía seca.

##### *Molienda vía seca*

La molturación en seco se realiza con molinos de martillos o, más habitualmente con molinos pendulares, que son capaces de producir partículas de menor tamaño. Los molinos pendulares están provistos de un sistema de calefacción para facilitar la molienda de las arcillas húmedas, y de un clasificador neumático que es capaz de extraer las partículas de menor tamaño, permaneciendo las de mayor tamaño en el interior de la cámara durante más tiempo hasta alcanzar el tamaño deseado. El material molturado puede emplearse en la fabricación de piezas por extrusión o por prensado.

### Molienda vía húmeda

La molienda vía húmeda se lleva a cabo en un molino de bolas que puede trabajar en continuo o discontinuo. En el molino se introducen los sólidos mezclados con agua y el aditivo defloculante que ayuda a mantener aquellos en suspensión. El producto molido en forma de suspensión se denomina *barbotina*. La barbotina obtenida se mantiene en unos depósitos provistos de agitadores (balsas) para homogeneizar el producto.

### Secado por atomización

La barbotina obtenida se seca en un proceso continuo y automático (atomización), obteniéndose aglomerados esféricos huecos, denominados gránulos de atomizado, con un contenido en humedad controlado (6% en peso aproximadamente) y con una forma y un tamaño idóneos para que fluyan adecuadamente en el proceso de conformado.

Antes del prensado, el gránulo atomizado se tamiza en un vibrotamiz, con objeto de eliminar posibles impurezas y aglomerados de gran tamaño formados por agregados de gránulos pegados.

Con objeto de minimizar las emisiones atmosféricas de partículas, hay instalados sistemas de depuración; las partículas retenidas son reintroducidas como materia prima. En cuanto a las emisiones de NO<sub>x</sub> y de SO<sub>2</sub> éstas se han asociado al propio proceso de combustión del gas natural, y por tanto, no aparecen en las tablas de inventario del anexo 1 como tal, pero los impactos ambientales asociados a dichas emisiones se le atribuirán al gas natural.

### Sistemas de cogeneración

El secadero por atomización incluye un sistema simultáneo de cogeneración de calor y energía eléctrica mediante turbinas de gas, utilizando como combustible gas natural, cuya combustión proporciona gases calientes de forma directa a la etapa de secado. Parte de la electricidad cogenerada se autoconsume y parte se vuelca a la red para su venta y distribución [11][12].

Para contabilizar el consumo de gas natural en la etapa de secado por atomización, se ha tenido en cuenta la energía térmica cogenerada y la eléctrica cogenerada autoconsumida, así como el gas consumido en los quemadores postcombustión. Para el cálculo del gas cogenerado, consumido en la fabricación de recubrimientos cerámicos en forma de energía térmica o eléctrica se ha tomado como referencia el Certificado de eficiencia del proceso de cogeneración de las empresas de atomización y ciclo completo [13]. Concretamente, se han tomado los valores de rendimiento en cogeneración asociados al calor útil CHP H<sub>η</sub> y electricidad CHP E<sub>η</sub> de los citados certificados y, las pérdidas del sistema se han distribuido proporcionalmente. La parte relativa a la electricidad cogenerada vendida se resta del consumo de gas natural que entra en el sistema de cogeneración.

En las tablas de inventario del Anexo 1, se cuantifican las entradas y salidas de materia y energía necesarias para la obtención del gránulo atomizado utilizado en la fabricación de 1m<sup>2</sup> de producto.

#### **3.1.1.2. Materias primas para la decoración**

Los datos relativos a los materiales de decoración (fritas, engobes, esmaltes y tintas) han sido los utilizados en el estudio sectorial anterior de 2018 [2] al disponer de datos más actualizados.

Los esmaltes cerámicos están compuestos fundamentalmente por materias primas inorgánicas, las más habituales utilizadas en la formulación son: fritas cerámicas, feldspatos, cuarzo, zirconio, carbonatos, caolines, otras. La composición de los esmaltes varía según el tipo de recubrimientos cerámicos sobre la que se va a aplicar, así como de los efectos y propiedades requeridas. Los esmaltes cerámicos destinados contienen un porcentaje variable de fritas, materias primas cristalinas y pigmentos cerámicos.

Las fritas cerámicas son vidrios insolubles, preparados previamente mediante fusión completa de sus materias primas originales y enfriamiento repentino con agua o con aire, formándose unas escamas vidriadas denominadas "fritas". En base a datos de estudios sectoriales, se ha estimado que un 50% de las materias primas utilizadas en los esmaltes son sometidas al proceso de "fritado" [2].

Además de las fritas y de las materias primas mencionadas anteriormente, en la formulación de los esmaltes, engobes

y tintas se emplean aditivos (suspensivantes, defloculantes, ligantes) que, utilizados en pequeñas proporciones, mantienen las propiedades reológicas de la suspensión dentro de unos niveles óptimos, para favorecer la operación de aplicación y para que las superficies decoradas, una vez cocidas, presenten el aspecto (textura, uniformidad del color) requerido.

#### *3.1.1.2.1. Transporte de las materias primas hasta la planta de fabricación de los esmaltes, engobes y tintas*

Según la distancia entre el punto de extracción y la planta de obtención de las materias de decoración, las materias primas son transportadas por vía terrestre o marítima. Para los transportes por mar, se ha escogido un tipo de carguero, cuya distancia de transporte difiere en cada caso dependiendo del origen. Para los transportes por carretera en territorio nacional y europeo, se considera el uso de camión tráiler de 27 t de carga máxima y que cumple la normativa Euro 6, con las condiciones que se detallan en el apartado 2.2.5. del presente informe. En la tabla del inventario (Anexo 1), se presenta de forma detallada las distancias y medios de transporte que se han considerado.

Todas las materias primas que componen el esmalte se transportan a granel, es decir, no requieren material de embalaje. Los datos sobre las distancias representan las medias del transporte desde el origen de las materias primas a fábrica, independientemente del tipo de material, ya que el impacto generado por el transporte, en este caso, está asociado al peso de la carga y no al tipo de mercancía. Por tanto, para el cálculo de los porcentajes que aparecen en la tabla del inventario (Anexo 1), se han sumado todas las materias primas que conforman las piezas cerámicas y se ha calculado el porcentaje que viaja en cada tipo de medio de transporte.

Los orígenes de las materias primas se han obtenido a partir de los datos proporcionados por los proveedores de esmaltes, engobes y tintas. Las distancias recorridas por vía terrestre se han obtenido a partir de mapas de carretera disponibles online [29] y las recorridas por vías marítimas a partir de mapas de navegación [29].

Los materiales de decoración son transportados en un camión de 17,3 t de carga útil que cumple con la normativa Euro 6 directamente desde las fábricas de fritas y esmaltes a la planta de las empresas participantes en el estudio. Las distancias utilizadas en el estudio de ACV se ha calculado a partir de un promedio ponderado por la cantidad suministrada entre los proveedores de esmaltes de las empresas asociadas a ASCER.

#### *3.1.1.2.2. Producción de fritas, engobes, esmaltes y tintas*

El proceso de fabricación de las fritas comienza con la dosificación de las materias primas, previamente seleccionadas y controladas en la proporción establecida. Mediante transporte neumático, se traslada a una mezcladora y posteriormente al horno donde tiene lugar el fritado propiamente dicho, el cual puede llevarse a cabo en hornos continuos o intermitentes. En cualquier caso, a la salida del horno, el material fundido se enfría bien con agua (proceso mayoritario) o con aire. En el caso de las emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> generadas en la fusión de las fritas, se ha eliminado la parte correspondiente a la combustión del gas natural, tomando como factor de emisión del combustible del SO<sub>2</sub>, 1,67 mg/MJ y para el NO<sub>x</sub>, 69,31 mg/MJ [7].

Las fritas pueden aplicarse en seco, a modo de granilla o bien formar parte de la composición de esmaltes. Para este último propósito, las fritas, junto con otras materias primas y pigmentos cerámicos, se molturan por vía húmeda, obteniendo una suspensión.

El 50%, de esmaltes utilizados por las empresas de fabricación de recubrimientos, son comercializados en seco (granillas, esmaltes en seco y micronizados) y posteriormente molturados por vía húmeda en la misma planta de fabricación de piezas cerámicas, mientras que el resto de los esmaltes consumidos se comercializan molturados. Estos esmaltes ya molturados se comercializan en cocios o garrafas, según la técnica de aplicación, tal y como se explica en las siguientes líneas.

Cuando los esmaltes se comercializan en seco, se ensacan en sacos de polipropileno denominados comúnmente *bigbags*. Los sacos más comunes en el ensacado de esmaltes cerámicos tienen un peso medio de 1,5 kg y contienen 1000 kg de esmalte. En el caso de las materias primas minoritarias, también se utilizan sacos de polipropileno de menor capacidad.

Cuando se comercializan ya molturados, se distribuyen en envases grandes de 800 litros. Se ha considerado que el transporte de estos envases desde el punto de fabricación a la planta de fabricación de los esmaltes se realiza en un

camión de 27 t de carga útil, que cumple con la normativa Euro 6 y que utiliza combustible producido en España. La distancia recorrida para los envases de polipropileno (*bigbags* y *cocios*) es de 450km y 35km respectivamente y los palés de madera de 45 km.

En las tablas del inventario del anexo 1 se presentan las entradas y salidas para la fabricación de los materiales de decoración necesarios para decorar 1 m<sup>2</sup> de producto.

### **3.1.2. Transporte de materias primas (A2)**

Se ha considerado una distancia de 21km, entre las fábricas de gránulo atomizado y las fábricas de los recubrimientos cerámicos y entre las fábricas de materiales de decoración y las fábricas de los recubrimientos cerámicos, en base a estimaciones realizadas a partir de las distancias por carretera [29].

En el caso del transporte del gránulo atomizado, el medio de transporte empleado es un camión bañera de 28 toneladas y en el transporte de los materiales de decoración un camión de 28 t de carga útil; ambo cumplen con la normativa Euro 6.

### **3.1.3. Fabricación (A3)**

#### **3.1.3.1. Conformado**

El gránulo atomizado se recibe en las plantas de fabricación de recubrimientos y se almacena en silos. Mediante un sistema de alimentación por cintas transportadoras con control de pesada, el gránulo se dirige a la etapa de conformado.

El sistema empleado para dar forma a los recubrimientos cerámicos es el prensado unidireccional en seco de los gránulos, realizado con prensas hidráulicas u oleodinámicas. Para piezas de formatos grandes de espesor reducido se emplean procedimientos especiales de compactación.

Se utiliza también el método por extrusión, que consiste en, tras molturar vía seca las materias primas, se mezclan con agua, hasta una humedad 15-20%, obteniéndose una pasta llamada generalmente amasado. Este amasado, se hace pasar por una extrusora y se cortan las piezas en las dimensiones deseadas.

#### **3.1.3.2. Secado de las piezas**

Las piezas conformadas se introducen en secaderos para reducir su humedad, aumentando notablemente así su resistencia mecánica, lo que permite su posterior procesado. El ciclo de secado depende, tanto de las variables propias de la operación (temperatura, caudal de aire, etc.), como de las características de las piezas conformadas (dimensiones, humedad, compacidad, etc.).

En las tablas del inventario (Anexo 1) se presentan las entradas y salidas de materia y energía para los procesos de conformado y secado de las piezas de forma conjunta. Los datos específicos de consumo de electricidad se han incluido en el apartado de la tabla *Datos agregados de la planta de fabricación de piezas cerámicas* (Anexo 1). El consumo de gas natural en esta etapa se ha contabilizado en el apartado de *Cocción*, puesto que solamente se ha facilitado el dato desagregado en 7 cuestionarios.

Las emisiones de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y de SO<sub>2</sub> en la etapa de secado están asociadas al propio proceso de combustión del gas natural, y por tanto, se le atribuirán al gas natural.

#### **3.1.3.3. Decoración**

Parte de las piezas recién salidas del secadero se recubren de una o varias capas de engobe, esmalte y tintas en la línea de esmaltado. Este tratamiento se realiza para conferir a la superficie del producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial, resistencia química y mecánica.

Los engobes, esmaltes y tintas son comprados a proveedores especializados.

#### 3.1.3.3.1. Desembalaje de los materiales de decoración

Los residuos de envases generados en la etapa de preparación y aplicación de los esmaltes, bien se reutilizan mediante un sistema de depósito, devolución y retorno, tal y como se ha comentado anteriormente, o bien se gestionan como residuos. Para la gestión de los residuos se ha definido la hipótesis de gestión presentada en la Tabla 4, basada en los datos publicados en Eurostat sobre residuos de envases y embalajes gestionados en España durante el año 2020 [28]. Para cualquier escenario de gestión, se ha supuesto que la distancia entre la fábrica y el destino de los residuos es de 50 km.

Tabla 4 Escenarios de gestión de los residuos de envases de los esmaltes [28].

| Residuos                               | Incineración (%) | Reciclaje (%) | Eliminación en vertedero (%) |
|--|------------------|---------------|------------------------------|
| Plásticos [LER 150102] y [LER 150110*] | 2,3              | 71,9          | 25,8                         |
| Palé de madera [LER 150203]            | 0                | 96,3          | 3,7                          |

#### 3.1.3.3.2. Molturación de los esmaltes y aplicación de los materiales de decoración

El 50%, de esmaltes utilizados por las empresas de fabricación de recubrimientos se reciben en vía seca y son molturados por vía húmeda en molinos de bolas en las empresas fabricante de recubrimientos cerámicos hasta obtener una suspensión cerámica.

La operación de esmaltado se realiza aplicando sucesivamente, mediante diferentes técnicas las suspensiones de esmaltes (aplicación a cortina, vela mediante pulverización). Posteriormente, se decora haciendo uso de diferentes tipos de aplicaciones (inkjet, serigrafía).

Las cantidades de materias primas decorativas a este proceso se presentan en las tablas de inventario del Anexo 1. El consumo de electricidad del proceso de molturación y aplicación de los esmaltes, así como aplicadas y las emisiones de partículas asociadas se han incluido en el apartado de la tabla de inventario “*Datos agregados de la planta de fabricación de piezas cerámicas*”.

#### 3.1.3.4. Cocción

Esta es la etapa más importante del proceso de producción, donde las piezas previamente conformadas sufren una modificación fundamental en sus propiedades, dando lugar a un material duro, resistente al agua y a los productos químicos y que posee, en general, excelentes prestaciones.

La cocción de las piezas cerámicas se realiza, en la mayoría de los casos por monococción, en hornos monoestratos de rodillo que permiten realizar la cocción en ciclos de 35 a 65 minutos, llegando a temperaturas alrededor de los 1000-1200°C en función de la naturaleza de la composición.

En el apartado de *Cocción* de las tablas del inventario (Anexo 1), se presentan los flujos de entradas y salidas correspondientes al proceso de cocción, siempre referido a la fabricación de 1 m<sup>2</sup> de recubrimiento cerámico.

De este proceso, cabe señalar que se desconocen los datos específicos de consumo de electricidad e igual que en procesos anteriores, este consumo se incluye como *Dato agregado de la planta de fabricación de piezas cerámicas* (Anexo 1).

En cuanto a las emisiones atmosféricas, cabe señalar que, el proceso de energía térmica mediante gas natural empleado en el software de ACV utilizado en el presente estudio, considera los datos de la combustión de dicho combustible (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>), por lo que hay que tenerlo en cuenta para no duplicar emisiones. En este foco y debido a las altas temperaturas alcanzadas en el proceso el Nox puede ser térmico y puede tener su origen en la descomposición termica del producto durante coccion; del mismo modo, parte de las emisiones de SO<sub>2</sub> procede de la combustión del combustible y parte de la descomposición de las materias primas. Por ello, se ha extraído a los valores de emisión medidos por las Entidades Colaboradoras en Materia Ambiental (ECMCA) la parte correspondiente a la

combustión del gas natural, tomando como factor de emisión del combustible 1,67 mg SO<sub>2</sub>/MJ y 69,34 mg NO<sub>x</sub>/MJ [7].

Para el caso de la emisión de CO<sub>2</sub> debida a la descomposición de los carbonatos presentes en la composición del soporte, éstos se contabilizan en la tabla de inventario del anexo 1 como “Descarbonatación”.

### 3.1.3.5. Tratamientos mecánicos

La búsqueda de nuevos efectos en los recubrimientos cerámicos ha dado lugar a toda una serie de tratamientos adicionales de la pieza una vez cocida: pre-corte, corte, pulidos superficiales, rectificados, biselados, etc. Estos tratamientos pueden hacerse en la misma empresa donde se fabrican las piezas cerámicas o en empresas especializadas en este tipo de procesos.

Este tipo de acabados se pueden realizar en húmedo o en seco sobre las piezas ya sometidas a inspección y clasificadas en función de su planaridad y rectilineidad de los bordes.

En cuanto al agua utilizada en los procesos de mecanizado vía húmeda, las empresas que los realizan cuentan con un circuito cerrado que le permite reutilizar esta agua. Estos procesos evaporan elevada cantidad de agua, que hace que los sólidos en suspensión y la conductividad de esta agua recirculada aumente considerablemente. Por ello, para compensar la pérdida de agua por evaporación y por la purga del circuito para reducir la conductividad, se debe incorporar agua en el proceso y estas aguas se someten a un tratamiento de decantación para la eliminación de sólidos; posteriormente, los lodos obtenidos o bien se ensacan en bigbags o bien se filtropresan, los cuales se gestionan mediante gestores autorizados, que suelen depositarlos en vertederos y en menor medida, se reintroducen como materia prima en el propio proceso. Esta última opción es poco común debido a sus características químicas.

La producción de piezas sometidas a este tipo de tratamientos entre las empresas que han participado en este estudio es de un 35%. En la Tabla 5, se muestra el grado de implantación de los tratamientos mecánicos más comunes, tanto en vía seca como en vía húmeda (referido a % de la producción total mecanizada).

Tabla 5 Tratamientos mecánicos más comunes en las empresas fabricantes de recubrimientos cerámicos.

| Tratamiento en Vía Húmeda (rectificado, pulido, corte, etc.) | Tratamiento en Vía Seca (rectificado, corte) |
|--|--|
| 70%  | 30%  |

Un gran porcentaje de las empresas encuestadas no disponen de datos específicos de consumo (tanto de agua como eléctrico para esta etapa. Por lo tanto, el consumo eléctrico y los residuos generados en esta etapa de proceso se encuentra en los *Datos agregados de la fabricación de recubrimientos cerámicos* y el consumo de agua se ha contabilizado en el apartado de agua en esmaltado, siempre que el tratamiento se haga vía húmeda

### 3.1.3.6. Clasificación

Aunque la operación de clasificado no interviene en las características del producto, constituye un proceso muy importante en el ciclo de producción. En esta fase, el material se selecciona y subdivide en función de los criterios de calidad establecidos por la Dirección de la empresa y/o en función de las orientaciones mismas del mercado.

En estos controles de calidad se eliminan las piezas defectuosas no aptas para su venta. Las piezas que cumplen unos requisitos de calidad mínimos de venta se clasifican en primera, segunda y/ tercera clase según sus características técnicas y estéticas, de forma manual y/o automática.

### 3.1.3.7. Embalaje del producto acabado

Las piezas clasificadas se embalan en un envase primario de cartón, que generalmente cubre sólo las aristas. El número de piezas que se incluyen en cada caja de cartón varía según el formato y peso de las piezas. Las diferentes cajas de cartón componen un palé de madera no reutilizables. Dichos palés son cubiertos por bolsas o filmes de LDPE retráctil o termorretráctil que se adapta a las dimensiones de los palés. Una vez conformado el palé, se almacena en la zona destinada a tal fin. Para el embalaje de las piezas de gran formato, se utilizan cajas de madera.

Para el transporte de estos materiales de embalaje (flejes, palés, film y cartón) desde el lugar de su fabricación hasta la fábrica de piezas cerámicas, se ha escogido un modelo de camión de 17,3 t de carga útil que cumple con la normativa

Euro 6 y, que utiliza combustible producido en España. La distancia estimada procede de la propia empresa solicitante del estudio.

Las cantidades de materiales de embalaje y la distancia recorrida se presenta en la tabla de inventario (Anexo 1). El consumo eléctrico en esta etapa y la cantidad de residuos de envases generados, se contabilizan junto con otros *datos agregados de la planta de fabricación de piezas cerámicas* (Anexo 1).

### 3.1.3.8. Datos agregados de la fabricación de las piezas cerámicas

Debido a la dificultad de diferenciar determinados consumos en cada uno de los procesos unitarios, en este apartado se han incluido datos agregados asociados a la fabricación de los recubrimientos cerámicos. Concretamente, se trata de los residuos generados, la energía eléctrica comprada y generada *in situ* mediante placas fotovoltaicas y de las emisiones frías atmosféricas de partículas.

En relación a las emisiones atmosféricas, el cálculo se ha realizado a partir de los valores medidos por las entidades de control, ECMCA (Entidades Colaboradoras en Materia de Calidad Ambiental). Al no disponer de la totalidad de los datos específicos de emisión de contaminantes en cada foco de aspiraciones de cada una de las empresas, se han agrupado y se han considerado conjuntamente en el apartado *Datos agregados*.

En relación con los residuos generados durante la etapa de fabricación relativos al proceso, éstos son gestionados de la siguiente forma:

- *Residuos de preparación de mezclas antes de la cocción (LER 101201)*: gestionados por los fabricantes de gránulo atomizado y empresas de ciclo completo. Estos residuos son triturados e introducidos de nuevo en el proceso de molienda como materias primas tras ajustar adecuadamente la formulación de la composición cerámica. Las cantidades reintroducidas referidas a la Unidad Funcional se presentan en la tabla del inventario (Anexo 1; módulo A1 Suministro de Materias Primas; referenciado como "Reciclado").
- *Residuos de piezas tras el proceso de cocción (LER 101208)*: son gestionados a través de gestores autorizados. En la mayoría de los casos estos residuos son reintroducidos en el proceso de fabricación de recubrimientos cerámicos como reciclado externo. En otros casos, se destina a otro proceso.
- *Lodos y suspensiones acuosas que contienen materiales cerámicos (LER 080202 y LER 080203)* generadas en las operaciones de limpieza de los molinos de la sección de preparación de esmaltes y los obtenidos en la limpieza de las líneas de esmaltado y operaciones de limpieza de la planta general. Éstos son gestionados a través de las empresas que fabrican gránulo atomizado (atomizadores) o a través de empresas de ciclo completo, siendo introducidos en el proceso de molienda como materia prima. Las cantidades referidas a la Unidad Funcional se presentan en la tabla del inventario (Anexo 1; módulo A1 Suministro de Materias Primas; referenciado como "Reintroducido crudo").
- *El material sólido retenido en los sistemas de tratamiento de emisiones atmosféricas (LER 101203)* de los focos fríos y calientes se gestionan a través de empresas que fabrican gránulo atomizado, tanto empresas de ciclo completo como empresas atomizadoras para ser introducidos en el proceso de molienda como materia prima. Las cantidades referidas a la Unidad Funcional se presentan en la tabla del inventario, en el apartado relativo al módulo A1 Suministro de Materias Primas, indicado como "Reintroducido crudo".
- *Los residuos del material de embalaje* generados en las plantas de fabricación de los recubrimientos cerámicos son principalmente: restos de plástico (LER 150102), cartón (LER 150101) y madera (LER 150103). Éstos se gestionan a través de gestores autorizados para su valorización. Se han inventariado las cargas ambientales asociadas al transporte de estos residuos utilizando un modelo relativo a un camión de 17 t de capacidad.

En la Tabla 6 se muestran los residuos generados en la etapa de fabricación. Estos residuos han sido agrupados según su naturaleza y modo de gestión. Las cantidades presentadas están referidas a 1 m<sup>2</sup> de recubrimiento cerámico.

Tabla 6 Residuos específicos por m<sup>2</sup> de recubrimiento cerámico producido.

| Agrupación de residuos   | Residuos específicos                                    | Código LER | Cantidad media (ponderada por producción (kg/m <sup>2</sup> )) |
|--|---|------------|--|
| 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

## 3.2. Construcción (A4-A5)

### 3.2.1. Transporte (A4)

Los principales mercados de los productos cerámicos fabricados por las empresas participantes en el estudio se han agrupado en 3 zonas geográficas diferentes: España Europa y resto del mundo. Las distancias medias asignadas son las recogidas como hipótesis en las RCP de recubrimientos cerámicos [16]. En la Tabla 7 se muestran los escenarios aplicados.

Tabla 7 Escenarios aplicados para el transporte del producto desde el centro de producción hasta el lugar de instalación

| Destino         | Producción (%) | Tipo de Transporte | Distancias (km) |
|-----------------|----------------|--------------------|-----------------|
| España          | 33%            | Camión 27 t        | 300 km          |
| Europa          | 28%            | Camión 27 t        | 1.390 km        |
| Resto del mundo | 39%            | Carguero           | 6.250 km        |

A continuación, se muestra la información técnica adicional para el transporte desde la puerta de la fábrica hasta la obra

Tabla 8 Información adicional sobre el transporte de los recubrimientos hasta el lugar de la obra (expresado por unidad funcional)

| Información del escenario  | 1 m <sup>2</sup> de recubrimiento cerámico   |
|--|--|
| Tipo y consumo de combustible del vehículo   | Según destinos en la distribución anteriormente expuestos:<br>0,1262 l diesel (camión Euro 6, 27 t)<br>0,0260 l fueloil (carguero) |
| Distancia  | 300 km distribución nacional: 33%<br>1390 km distribución resto Europa: 28%<br>6520 km distribución resto del mundo: 39%           |
| Utilización de la capacidad (incluyendo el retorno en vacío)   | 85% en camiones<br>100% en carguero  |
| Densidad aparente de los productos transportados   | ≈1800kg/m <sup>3</sup>   |
| Factor de capacidad útil (factor: = 1 o < 1 o ≥ 1 para los productos que se empaquetan comprimidos o anidados) | n.a.   |

n.a.: no aplica

### 3.2.2. Procesos de instalación y construcción (A5)

#### 3.2.2.1. Recepción y gestión de residuos de los embalajes

Una vez el producto se ha llevado al punto de colocación, se desembala y se procede a su instalación.

Se han creado tres escenarios diferentes que representan la gestión de los residuos de embalaje teniendo en cuenta los valores medios estadísticos según Eurostat [28] para la gestión de residuos no peligrosos (cartón, plástico, palé de madera) para España, Europa y resto del mundo, según destino en la distribución. Para el caso del Resto del mundo, dada la incertidumbre de los datos disponibles, se han tomado la misma casuística que para el escenario de España. La Tabla 9 resume el destino final de los residuos para cada uno de los escenarios considerados.

Tabla 9 Escenarios para la gestión de los residuos de embalaje de los recubrimientos cerámicos [28].

| Tipo de gestión de residuos | España | Europa | Resto del mundo |
|-----------------------------|--------|--------|-----------------|
| <b>Papel y cartón</b>       |        |        |                 |
| Incineración (%)            | 0      | 0      | 0               |
| Reciclaje (%)               | 99,1   | 99,8   | 99,1            |
| Vertedero controlado (%)    | 0,9    | 0,2    | 0,9             |
| TOTAL                       | 100    | 100    | 100             |
| <b>Plástico</b>             |        |        |                 |
| Incineración (%)            | 2,3    | 0,5    | 2,3             |
| Reciclaje (%)               | 71,9   | 92,8   | 71,9            |
| Vertedero controlado (%)    | 25,8   | 6,8    | 25,8            |
| TOTAL                       | 100    | 100    | 100             |
| <b>Madera</b>               |        |        |                 |
| Incineración (%)            | 0      | 0,6    | 0               |
| Reciclaje (%)               | 96,3   | 98,7   | 96,3            |
| Vertedero controlado (%)    | 2,3    | 0,5    | 2,3             |
| TOTAL                       | 100    | 100    | 100             |

En este estudio se ha utilizado un modelo en ciclo abierto, y por lo tanto los procesos de reciclaje y sus respectivos impactos o beneficios ambientales que van a formar parte de otro sistema no se asignan al producto analizado. Ahora bien, dichas cargas y beneficios sí se incluyen en un módulo aparte, el módulo D (véase capítulo 3.5.).

### 3.2.2.2. Proceso de instalación del producto

Una vez el producto se ha llevado al punto de colocación, se desembala y se procede a su instalación.

De acuerdo con las recomendaciones de las RCP[16], se ha seleccionado la Opción 1 de los escenarios propuestos en esta norma: utilización de mortero y agua para la instalación de los recubrimientos cerámicos. Los morteros cola son adhesivos cementosos formados por una mezcla de conglomerantes hidráulicos, cargas minerales y aditivos orgánicos, que sólo tienen que mezclarse con agua o adición líquida justo antes de su uso. Están formados por una mezcla de cemento blanco o gris, cargas minerales de naturaleza silíceas y/o caliza y aditivos orgánicos: retenedores de agua, polímeros redispersables en agua, modificadores reológicos, fibras, etc.[31].

Las cantidades de los materiales para la colocación, referidos a la unidad funcional se presentan en las tablas de inventario del Anexo 1 del presente informe.

En esta etapa las empresas han declarado que durante el proceso de instalación se genera un 5,3% de residuos de piezas cerámicas como promedio. Esta cantidad puede variar ligeramente entre fábricas y modelos ya que la cantidad en peso depende de los formatos de las piezas cerámicas y de la geometría de la superficie a recubrir

En esta etapa se ha considerado la producción, transporte (A1-A3 y A4) y tratamiento de estos residuos, tal y como indican las RCP [16].

En cuanto a los residuos, se transportan y gestionan en el lugar de eliminación situado a 50km del lugar de la obra, contabilizando el viaje de retorno.

En la Tabla 10, se muestra información técnica adicional para la instalación de los recubrimientos cerámicos en el edificio.

Tabla 10 Información adicional sobre la instalación de los recubrimientos cerámicos en el edificio (expresado por unidad funcional)

| Información del escenario  | Recubrimientos cerámicos  |
|--|---|
| Materiales auxiliares para la instalación (especificando cada material)  | 3,3 kg  |
| Uso de agua  | 0,8 l   |
| Uso de otros recursos  | No aplica   |
| Descripción cuantitativa del tipo de energía (mix regional) y el consumo durante el proceso de instalación   | No aplica   |
| Desperdicio de materiales en la obra antes de tratamiento de residuos, generados por la instalación del producto   | Residuos de piezas cerámicas: 1.121g<br>Residuos de embalaje:<br>Cartón: 127 g<br>Plástico: 33g<br>Madera: 264 g  |
| Salida de materiales como resultado del tratamiento de residuos en la parcela del edificio, por ejemplo recogida para el reciclaje, valorización energética, eliminación (especificada por ruta) | Piezas cerámicas a reciclado 785g<br>Piezas cerámicas a vertedero:336g<br>Cartón incinerado: 0g<br>Cartón reciclado: 126g<br>Cartón depositado en vertedero: 1 g<br>Plástico incinerado: 1 g<br>Plástico reciclado: 26g<br>Plástico depositado en vertedero:7g<br>Madera incinerada: 0g<br>Madera reciclada: 256g<br>Madera depositada en vertedero 8 g |
| Emisiones directas al aire ambiente, al suelo y al agua  | No relevante  |

### 3.3. Uso del producto

La etapa de uso se divide en los siguientes módulos:

Uso (B1)

Mantenimiento (B2)

Reparación (B3)

Substitución (B4)

Rehabilitación (B5)

Uso de la energía en servicio (B6)

Uso del agua en servicio (B7)

Una vez instalado, el producto no requiere ningún aporte energético para su utilización, ni necesita mantenimiento después de su puesta en obra, excepto las normales operaciones de limpieza. Por este motivo, de todos los módulos anteriormente citados, tan solo se contemplan las cargas ambientales atribuibles al mantenimiento del producto (módulo B2).

De acuerdo con las empresas participantes en el estudio la vida útil de referencia del producto será la misma que la del edificio donde se encuentre instalado, puesto que siempre que sea instalado correctamente, se trata de un producto de larga vida útil y no sustituible fácilmente. Según las RCP, este arco temporal se define como 50 años [16].

En la *Tabla 11* se presenta información técnica adicional sobre la vida útil y prestaciones de los dos tipos de baldosas objeto de estudio.

*Tabla 11 Información adicional sobre la vida útil de los recubrimientos cerámicos*

| Parámetro   | Recubrimientos cerámicos  |
|---|---|
| Vida útil de referencia   | Mínimo 50 años  |
| Propiedades declaradas del producto (en puerta), acabados, etc.   | Como mínimo, los valores de las características aplicables según la norma UNE-EN 14411.<br>Para más información solicitar fichas técnicas según modelo.   |
| Parámetros de diseño de la aplicación (instrucciones del fabricante), incluyendo las referencias de las prácticas adecuadas   | Para más información solicitar fichas técnicas según modelo.  |
| Estimación de la calidad de trabajo, cuando se instala de acuerdo con las instrucciones del fabricante  | Para más información solicitar fichas técnicas según modelo.  |
| Ambiente exterior (para aplicaciones en exteriores), por ejemplo, la intemperie, los contaminantes, la radiación UV y la exposición al viento, la orientación del edificio, el sombreado o la temperatura | Resultados de los valores de las características requeridas según la norma UNE-EN 14411.<br>Para más información, solicitar fichas técnicas según modelo. |
| Ambiente interior (para aplicaciones de interior), por ejemplo, la temperatura, la humedad, la exposición a químicos  | Resultados de los valores de las características requeridas según la norma UNE-EN 14411.<br>Para más información, solicitar fichas técnicas según modelo. |
| Condiciones de uso, por ejemplo, la frecuencia de uso, la exposición mecánica   | Para más información, solicitar fichas técnicas según modelo.   |
| Mantenimiento, por ejemplo, la frecuencia requerida, el tipo y la calidad y la sustitución de los componentes reemplazables   | Para más información, solicitar fichas técnicas según modelo.   |

### 3.3.1. Mantenimiento (B2)

Las operaciones de mantenimiento se reducen a la limpieza. Ésta se puede realizar con un paño húmedo y, si la superficie presenta suciedad o grasa, se pueden añadir agentes de limpieza como detergentes o lejías. Para el cálculo de la cantidad de detergente, entendido como agente tensoactivo, se ha estimado que los limpiadores presentes en mercado contienen un 5% de este tipo de compuestos en su formulación.

El mantenimiento se ha definido según las RCP [16], considerando un uso residencial. Este tipo de escenario se ha definido en base a unas condiciones y frecuencias de lavado considerando un arco temporal de 50 años para cada tipo de recubrimiento cerámico y colocación más habitual (suelo o pared).

Estas condiciones consideran una limpieza con agua y detergente cada tres meses durante 50 años para los

recubrimientos instalados en paredes y una vez a la semana para los recubrimientos pavimentando suelos (una vez a la semana con agua y cada dos con agua y detergente) y, cuyas cantidades se presentan en las tablas de inventario del Anexo 1 del presente informe.

Para obtener una cantidad promedia de agua y detergente empleado para limpiar los recubrimientos de suelos y paredes se han considerado datos de producción facilitados por ASCER:

- Porcelánico: 66,5% (recubrimiento de suelos)
- Gres: 7,5% (recubrimiento de suelos)
- Azulejo: 25,1% (recubrimiento de paredes)
- Pieza especial: 0,3% (recubrimiento de paredes)

A continuación, se muestra información técnica adicional asociadas al mantenimiento de los recubrimientos cerámicos objeto de estudio

Tabla 12 Información adicional sobre el mantenimiento de los recubrimientos cerámicos (unidades expresadas por unidad funcional)

| Información del escenario  | Recubrimientos cerámicos  |
|--|---|
| Proceso de mantenimiento   | Según RCP para recubrimientos cerámicos (UNE-EN17160) escenario residencial para la limpieza de suelos y paredes interiores |
| Ciclo de mantenimiento   | Lavado 7,69E-01 veces a la semana con agua y detergente   |
| Materiales auxiliares para el mantenimiento (por ejemplo productos de limpieza) (especificando cada material)  | Detergente: 8,38E-05 kg/m <sup>2</sup> por lavado   |
| Desperdicio de material durante el mantenimiento (especificando el tipo)   | No aplica   |
| Consumo neto de agua corriente   | 0,1 l/m <sup>2</sup> por lavado   |
| Entrada de energía durante el mantenimiento (por ejemplo limpieza por aspiración), tipo de vector energético (por ejemplo electricidad) y cantidad, si es aplicable y pertinente | No aplica   |

### 3.4. Fin de Vida

#### 3.4.1. Deconstrucción y derribo (C1)

Una vez finalizada su vida útil, el producto será retirado, ya sea en el marco de una rehabilitación del edificio o bien durante su demolición. En el marco del derribo de un edificio, en cualquier caso, los impactos atribuibles a la desinstalación del producto son despreciables, tal y como se especifica en las RCP para recubrimientos cerámicos[16].

#### 3.4.2. Transporte (C2)

Los residuos del producto se transportan en camión de gran tonelaje (24 t) que cumple la normativa Euro 6 para ser gestionados, bien mediante su deposición en vertederos de inertes, o bien reciclados. Se considera una distancia media de 50km desde el lugar del edificio hasta destino final. Se incluye además el viaje de vuelta de los camiones (100% retorno vacíos).

#### 3.4.3. Gestión de residuos para reutilización, recuperación y reciclaje (C3)

Según se describe en las RCP[16], un 70% de las baldosas se reciclan y/o reutilizan, suponiendo en este caso, como material de relleno.

#### 3.4.4. Eliminación final (C4)

Se considera que un 30% del producto es enviado a vertedero controlado tras el fin de su vida útil [16].

En la Tabla 13 se presenta información técnica adicional asociada a la etapa del fin de vida de los recubrimientos cerámicos

Tabla 13 Información adicional sobre el fin de vida de los recubrimientos cerámicos (expresada por unidad funcional).

| Parámetro  | Recubrimientos cerámicos   |
|--|--|
| Proceso de recogida, especificado por tipo                           | 24,3 kg totales  |
|  | 17,0 kg para reciclado   |
| Eliminación, especificada por tipo                                   | 7,3 kg producto o material para eliminación final  |
| Hipótesis para el desarrollo de escenarios (por ejemplo, transporte) | Los residuos del producto se transportan en camión de gran tonelaje (27 t) que cumple la normativa Euro 6 para ser gestionados, bien mediante su deposición en vertederos de inertes, o bien reciclados. Se considera una distancia media de 50km desde el lugar del edificio hasta destino final. Se incluye además el viaje de vuelta de los camiones (100% retorno vacíos). |

### 3.5. Módulo D. Beneficios y cargas ambientales potenciales derivadas de las actividades de reutilización, recuperación y reciclaje

En el módulo D se declara la existencia de créditos ambientales, es decir impactos ambientales evitados debido a la reutilización, recuperación o reciclaje de los flujos netos de salida del sistema de los módulos A4-C4, así como las cargas ambientales netas derivadas de las operaciones de reciclado. Cada corriente de desechos reciclados se acredita con la producción evitada de la materia prima que estarían desplazando en la tecnosfera si se reciclaran, considerando unas eficiencias específicas para cada material (Tabla 14). En el módulo D se calculan a efectos de sustitución solo para el flujo de salida neto resultante.

Se han considerado que se evitan cargas en:

- a. Reciclado de residuos de embalaje generados en las siguientes etapas del ciclo de vida:
  - La etapa de fabricación de fritas y esmaltes cerámicos (apartado 3.1.1.2.3.)
  - La etapa de construcción (apartado 3.2.2.1.)
- b. Valorización (reciclado)n de residuos generados en el fin de vida de los recubrimientos cerámicos (apartado 3.4.3)

La fórmula aplicada para al cálculo del impacto correspondiente al Módulo D es:

$$D = (R_2 - R_1) \times (E_{recycled} - E^*V) \times \frac{Q_P}{Q_S}$$

Donde:

$R_2$ : es la cantidad de material que sale del sistema que se recuperará en un sistema posterior. Esta cantidad corresponde a los residuos generados en los módulos A4, A5, B y C que se destinan a reciclaje. Expresado en kg.

$R_1$ : es la cantidad de material de entrada en el sistema de producto que se ha recuperado de un sistema anterior. Expresado en kg.

$E_{recycled}$ : es la carga ambiental asociada a los procesos de recuperación (reciclaje) del material de sistema objeto de estudio hasta que se alcance el fin de la condición de residuo.

$E^*V$  es la carga ambiental asociado al material, desde la cuna hasta el punto de equivalente funcional, en que sustituiría el material secundario que se utilizaría en el sistema posterior.

$Q_R/Q_S$ : es la relación de calidad entre el material de salida recuperado (reciclado) y el material sustituido. Estos ratios se presentan en la Tabla 14.

Tabla 14 Consideraciones utilizadas para el módulo D.

| Tipo de residuos         | $Q_R/Q_S$ | Producto sustituido      |
|--------------------------|-----------|--------------------------|
| Cartón                   | 95%       | Cartón corrugado         |
| Plástico                 | 80%       | Film LDPE                |
| Madera                   | 95%       | Fibras de madera de pino |
| Recubrimientos cerámicos | 95%       | Grava                    |

### 3.6. Cálculos y reglas de asignación de entradas y salidas

De acuerdo con las normas y RCP [14][16][18], siempre que ha sido posible, se ha aplicado el principio de causalidad a la hora de asignar las entradas y salidas en procesos con múltiples entradas y/o salidas. Por lo tanto, se ha intentado establecer la relación física existente entre las entradas y salidas del sistema y sus diferentes productos. Cuando esto no ha sido posible, se ha recurrido al criterio de la masa y el volumen. De forma general, en las asignaciones de entradas y salidas a la unidad funcional se han realizado promedios ponderados por la producción, tanto en masa como en  $m^2$ , tal y como se muestra a continuación.

- Los consumos de materias primas, agua, energía térmica y energía eléctrica, así como la generación de residuos, y emisiones atmosféricas de partículas en la etapa de preparación de materias primas para el soporte y emisiones ácidas en los procesos de combustión han sido facilitados por las empresas fabricantes de gránulo atomizado y corresponden a datos generales del año 2022. Para asignar estas entradas y salidas a la Unidad Funcional, se ha considerado la producción de gránulo atomizado de cada planta.
- Los consumos de energía eléctrica y térmica en la etapa de fabricación de las piezas cerámicas, cantidades de esmalte, materiales de embalaje, corresponden a datos generales del año 2022 (exceptuando 2 empresas cuyos datos son del 2021). Para asignar estas entradas y salidas a la Unidad Funcional, se ha considerado un criterio de producción de cada planta.
- Para la obtención del valor promedio de las emisiones atmosféricas por etapa de proceso, se ha aplicado el estadístico “mediana”.

En la tabla de inventario (Anexo 1), se encuentra la descripción de las consideraciones tomadas para cada uno de los parámetros de forma detallada.

En relación con otras consideraciones de cálculo, cabe mencionar los siguientes:

- Los procesos de reciclaje cuya materia secundaria resultante sea parte de otro sistema se han modelado como ciclos abiertos, es decir, los procesos de reciclaje se asignarán al producto fabricado a partir de las materias primas secundarias (y no a los productos objeto de estudio). Así, en el caso del reciclaje de los residuos de fábrica, como los residuos de embalaje o fin de vida, se incluye solo el proceso de recogida y transporte desde la planta de fabricación al lugar de tratamiento. Los beneficios y cargas ambientales derivados del reciclaje se declaran en el módulo D.

### 3.7. Validación de los datos

En el Anexo 2 – Fuentes de los datos utilizados se recogen las fuentes de la información utilizada.

### 3.8. Contenido de carbono biogénico

Tal y como requiere la norma UNE EN 1580:2012+A2:2020 [19], se deben declarar separadamente el contenido de carbono biogénico tanto del producto como de su embalaje.

En el caso de producto objeto de estudio, los componentes de los recubrimientos cerámicos son inorgánicos, por lo que el cálculo del carbono biogénico no aplicaría. En cuanto al embalaje utilizado para la distribución de las baldosas, la masa de éste es menor al 5% de la masa total del producto, así que se omite la declaración del contenido de carbono biogénico del embalaje.

En la Tabla 15 se declara, para los recubrimientos cerámicos objeto de estudio, la cantidad y el porcentaje en masa que representa el embalaje utilizado.

Tabla 15 Cantidad de embalajes en el producto.

| Material de embalaje | Cantidad (kg/m <sup>2</sup> ) | % (en masa) |
|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Cartón               | 1,3E-01                       | 0,6%        |
| Plástico             | 3,3E-02                       | 0,2%        |
| Madera               | 2,6E-01                       | 1,3%        |

## 4. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

Los resultados obtenidos son expresiones relativas y no predicen impactos en categorías de punto final, la superación de unos niveles, márgenes de seguridad ni riesgos.

Los resultados mostrados incluyen tanto las salidas y entradas de materia y energía directas de fábrica, como las procedentes de procesos anteriores y posteriores que se llevan a cabo a lo largo del ciclo de vida considerado del producto. Así pues, se incluyen, por ejemplo, las emisiones de la extracción y el tratamiento de las materias primas o las de los diferentes transportes requeridos.

Las etapas consideradas en este estudio se muestran en la Tabla 3.

Los datos de inventario han sido modelizados con el software *LCA for Experts (GaBi)* [32] con soporte de sus bases de datos [32] y ecoinvent 3.9.1. [34].

### 4.1. Categorías de impacto ambiental para el programa GlobalEPD

Las categorías de impacto e indicadores de flujo escogidos, los métodos de evaluación de impactos y los factores de caracterización utilizados son los recomendados por la norma UNE EN 15804:2012+A2:2020 [18] incluidos en el método Environmental Footprint. Los factores de caracterización aplicados son los de la EC-JRC disponibles en el siguiente enlace web: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/LCDN/developerEF.xhtml> y no se consideran las emisiones a largo plazo (>100 años). Los parámetros de impacto ambiental a declarar se dividen en básicos (a declarar en la DAP) y adicionales (a incluir en el informe de ACV y que pueden declararse en la DAP).

Tabla 16 Categorías de impacto ambiental básicas

| Parámetros de categoría de impacto ambiental básicos  | Abreviatura            | Unidad <sup>(*)</sup>             |
|---|------------------------|-----------------------------------|
| Potencial de calentamiento global <sup>a</sup>  | GWP-total <sup>a</sup> | kg de CO <sub>2</sub> equivalente |
| Potencial de calentamiento global de los combustibles fósiles                               | GWP-fossil             | kg de CO <sub>2</sub> equivalente |
| Potencial de calentamiento global biogénico   | GWP-biogenic           | kg de CO <sub>2</sub> equivalente |
| Potencial de calentamiento global del uso del suelo y cambio del uso del suelo <sup>b</sup> | GWP-luluc <sup>b</sup> | kg de CO <sub>2</sub> equivalente |
| Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico                                 | ODP                    | kg de CFC 11 equivalente          |
| Potencial de acidificación, excedente acumulado   | AP                     | mol H <sup>+</sup> equivalente    |
| Potencial de eutrofización del agua dulce   | EP-freshwater          | kg de PO <sub>4</sub> equivalente |
| Potencial de eutrofización del agua marina  | EP-marine              | kg N equivalente                  |
| Potencial de eutrofización, excedente acumulado   | EP-terrestrial         | mol N equivalente                 |

| Parámetros de categoría de impacto ambiental básicos                                       | Abreviatura           | Unidad <sup>(*)</sup>                      |
|--|-----------------------|--|
| Potencial de formación de ozono troposférico   | POCP                  | kg NMVOC equivalente                       |
| Potencial de agotamiento de los recursos abióticos para minerales y metales <sup>c d</sup> | ADP - minerals&metals | kg de Sb equivalentes                      |
| Potencial de agotamiento de los recursos abióticos para recursos fósiles <sup>c</sup>      | ADP-fossil            | MJ, valor calorífico neto                  |
| Potencial de privación de agua   | WDP                   | m <sup>3</sup> mundial equivalente privada |

<sup>a</sup> GWP-total es la suma de: GWP-fossil, GWP-biogenic y GWP-luluc

<sup>b</sup> Se permite omitir GWP-luluc como información separada si su contribución es <5% de GWP-total en los módulos declarados, excluyendo el módulo D.

<sup>c</sup> El potencial de agotamiento abiótico se calcula y declara mediante dos parámetros distintos:  
 - ADP-minerals&metals incluye todos los recursos de materiales abióticos no renovables (es decir, excluyendo los recursos fósiles)  
 - ADP-fossil incluye todos los recursos fósiles y también el uranio

<sup>d</sup> Modelo de reserva última del modelo de ADP-minerals&metals.

\*Expresada por unidad funcional

Tabla 17 Categorías de impacto ambiental adicionales

| Parámetros de categoría de impacto ambiental adicionales | Abreviatura | Unidad <sup>(*)</sup>      |
|--|-------------|----------------------------|
| Emisiones de materia particulada                         | PM          | Incidencia de enfermedades |
| Radiación ionizante, salud humana                        | IRP         | kBq U235 equivalente       |
| Ecotoxicidad agua dulce                                  | ETP-fw      | CTUe                       |
| Toxicidad humana, efectos cancerígenos                   | HTP-c       | CTUh                       |
| Toxicidad humana, efectos no cancerígenos                | HTP-nc      | CTUh                       |
| Impactos relacionados con el uso y calidad del suelo     | SQP         | adimensional               |

\*Expresada por unidad funcional

Los resultados obtenidos son expresiones relativas y no predicen impactos en categorías de punto final, la superación de unos niveles, márgenes de seguridad ni riesgos.

### 4.3. Parámetros relativos al uso de recursos, producción de residuos y materiales de salida

En las siguientes tablas se muestran los parámetros relativos al uso de recursos, producción de residuos y materiales de salida evaluados el programa de DAP.

Tabla 18 Parámetros relativos al uso de recursos.

| Parámetro  | Abreviatura | Unidad <sup>(*)</sup>     |
|--|-------------|---------------------------|
| Uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima             | PERE        | MJ, valor calorífico neto |
| Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima   | PERM        | MJ, valor calorífico neto |
| Uso total de energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima) | PERT        | MJ, valor calorífico neto |
| Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima      | PENRE       | MJ, valor calorífico neto |
| Uso de energía primaria no renovable utilizada como materia prima  | PENRM       | MJ, valor calorífico neto |
| Uso total de la energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria utilizados como materias primas)  | PENRT       | MJ, valor calorífico neto |
| Uso de materiales secundarios  | SM          | kg                        |
| Uso de combustibles secundarios renovables   | RSF         | MJ, valor calorífico neto |
| Uso de combustibles secundarios no renovables  | NRSF        | MJ, valor calorífico      |

| Parámetro                              | Abreviatura | Unidad <sup>(*)</sup> |
|--|-------------|-----------------------|
|  |             | neto                  |
| Uso neto de recursos de agua corriente | FW          | m <sup>3</sup>        |

\*Expresada por unidad funcional

Tabla 19 Parámetros sobre la producción de residuos y materiales de salida.

| Parámetro   | Abreviatura | Unidad <sup>(1)</sup>       |
|---|-------------|-----------------------------|
| Residuos peligrosos eliminados                                    | HWD         | kg                          |
| Residuos no peligrosos eliminados                                 | NHWD        | kg                          |
| Residuos radiactivos eliminados                                   | RWD         | kg                          |
| Salida de componentes destinados a la reutilización               | CRU         | kg                          |
| Salida de materiales destinados al reciclaje                      | MFR         | kg                          |
| Materiales para valorización energética (recuperación de energía) | MER         | kg                          |
| Energía exportada   | EE          | MJ (por vector energético). |

\*Expresada por unidad funcional

Los resultados obtenidos son expresiones relativas y no predicen impactos en categorías de punto final, la superación de unos niveles, márgenes de seguridad ni riesgos.

#### 4.4. Resultados de los recubrimientos cerámicos

En la Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22 se presentan los resultados de las categorías de impacto básicos y adicionales, para la DAP sectorial asociada a recubrimientos cerámicos.

Tabla 20 Resultados de impactos ambientales básicos (1) para 1 m<sup>2</sup> de recubrimientos cerámicos (Valores promedio).

|          | GWP-GHG                  | GWP-total                | GWP-fossil               | GWP-biogenic             | GWP-luluc                | ODP            | AP           | EP-freshwater |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------|
|          | [kg CO <sub>2</sub> eq.] | [kg CFC11 eq.] | [mol H+ eq.] | [kg P eq.]    |
| A1-A3    | 11,9                     | 12,1                     | 12,0                     | 3,0E-02                  | 6,9E-03                  | 2,0E-08        | 2,9E-02      | 9,0E-05       |
| A4       | 5,6E-01                  | 5,7E-01                  | 5,7E-01                  | -6,3E-03                 | 4,3E-03                  | 6,7E-14        | 3,7E-03      | 1,7E-06       |
| A5       | 1,5                      | 1,6                      | 1,6                      | -7,4E-04                 | 1,2E-03                  | 1,0E-09        | 3,6E-03      | 6,4E-06       |
| B1       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| B2       | 2,3E-01                  | 2,5E-01                  | 2,4E-01                  | 2,0E-03                  | 1,8E-05                  | 1,1E-07        | 2,6E-03      | 6,0E-06       |
| B3       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| B4       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| B5       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| B6       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| B7       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| C1       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| C2       | 1,1E-01                  | 1,1E-01                  | 1,1E-01                  | -1,5E-03                 | 9,7E-04                  | 1,4E-14        | 1,0E-04      | 3,8E-07       |
| C3       | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0              | 0            | 0             |
| C4       | 1,1E-01                  | 1,1E-01                  | 1,1E-01                  | 1,1E-03                  | 4,7E-04                  | 6,3E-14        | 8,1E-04      | 2,3E-06       |
| Módulo D | -2,1E-01                 | -2,1E-01                 | -2,1E-01                 | -9,9E-05                 | -5,6E-04                 | -4,3E-09       | -6,9E-04     | -1,7E-06      |

**NOTA:** Potencial de calentamiento global, UNE EN15804:2012+A1:2014 (**GWP-GHG**); Potencial total de calentamiento global (**GWP-total**); Potencial de calentamiento global de los combustibles fósiles (**GWP-fossil**); Potencial de calentamiento global biogénico (**GWP-biogenic**); Potencial de calentamiento global del uso del suelo y cambio del uso del suelo (**GWP-luluc**); Potencial de agotamiento de la capa de ozono

|   | GWP-GHG                  | GWP-total                | GWP-fossil               | GWP-biogenic             | GWP-luluc                | ODP            | AP           | EP-freshwater |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------|
|   | [kg CO <sub>2</sub> eq.] | [kg CFC11 eq.] | [mol H+ eq.] | [kg P eq.]    |
| estratosférico (ODP); Potencial de acidificación (AP); Potencial de eutrofización del agua dulce (EP-freshwater). |                          |                          |                          |                          |                          |                |              |               |

Tabla 21 Resultados de impactos ambientales básicos (2) para 1 m<sup>2</sup> de recubrimientos cerámicos (Valores promedio).

|          | EP-marine  | EP-terrestrial | POCP           | ADP-m&m (1) | ADP-fossil (1) | WPD (1)           |
|----------|------------|----------------|----------------|-------------|----------------|-------------------|
|          | [kg N eq.] | [mol N eq.]    | [kg NMVOC eq.] | [kg Sb eq.] | [MJ]           | [m <sup>3</sup> ] |
| A1-A3    | 9,3E-03    | 1,0E-01        | 2,7E-02        | 5,8E-05     | 182,0          | 2,2               |
| A4       | 9,2E-04    | 1,0E-02        | 2,7E-03        | 3,2E-08     | 7,5            | 5,7E-03           |
| A5       | 1,2E-03    | 1,3E-02        | 3,4E-03        | 3,1E-06     | 15,0           | 0,2               |
| B1       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| B2       | 2,8E-04    | 1,1E-02        | 1,9E-03        | 1,7E-08     | 1,5            | 13,7              |
| B3       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| B4       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| B5       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| B6       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| B7       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| C1       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| C2       | 3,1E-05    | 3,7E-04        | 9,7E-05        | 7,0E-09     | 1,4            | 1,3E-03           |
| C3       | 0          | 0              | 0              | 0           | 0              | 0                 |
| C4       | 2,2E-04    | 2,4E-03        | 6,5E-04        | 1,1E-08     | 1,5            | 8,3E-03           |
| Módulo D | -2,1E-04   | -2,3E-03       | -5,7E-04       | -8,3E-08    | -3,5           | -1,5E-03          |

**NOTA:** Potencial de eutrofización del agua dulce (EP-freshwater); Potencial de eutrofización del agua marina (EP-marine); Potencial de eutrofización, excedente acumulado (EP-terrestrial); Potencial de formación de ozono troposférico (POCP); Potencial de agotamiento de recursos abióticos para minerales y metales (ADP-m&m); Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles (ADP-fossil); Potencial de privación de agua (WDP).

Aviso 1: Los resultados de estos indicadores de impacto ambiental deben utilizarse con prudencia, ya que las incertidumbres de los resultados son elevadas y la experiencia con este parámetro es ilimitada.

Tabla 22 Resultados de impactos ambientales adicionales para 1 m<sup>2</sup> de recubrimientos cerámicos (Valores promedio).

|       | PM (1)                       | IRP (2)        | ETP-fw (1) | HTP-c (1) | HTP-nc (1) | SQP (1)        |
|-------|------------------------------|----------------|------------|-----------|------------|----------------|
|       | [incidencia de enfermedades] | [kBq U235 eq.] | [CTUe]     | [CTUh]    | [CTUh]     | [adimensional] |
| A1-A3 | 1,4E-05                      | 3,2E-01        | 29,5       | 3,2E-09   | 6,7E-08    | 82,6           |
| A4    | 6,1E-08                      | 2,0E-03        | 5,3        | 1,1E-10   | 4,6E-09    | 2,6            |
| A5    | 7,9E-07                      | 4,8E-02        | 4,2        | 3,0E-10   | 1,3E-08    | 12,4           |
| B1    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| B2    | 1,7E-08                      | 1,9E-03        | 7,4E-01    | 8,7E-11   | 1,0E-08    | 279,0          |
| B3    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| B4    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| B5    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| B6    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| B7    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| C1    | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |

|          | PM (1)                       | IRP (2)        | ETP-fw (1) | HTP-c (1) | HTP-nc (1) | SQP (1)        |
|----------|------------------------------|----------------|------------|-----------|------------|----------------|
|          | [incidencia de enfermedades] | [kBq U235 eq.] | [CTUe]     | [CTUh]    | [CTUh]     | [adimensional] |
| C2       | 7,9E-10                      | 4,0E-04        | 1,0E+00    | 2,1E-11   | 9,3E-10    | 6,0E-01        |
| C3       | 0                            | 0              | 0          | 0         | 0          | 0              |
| C4       | 9,8E-09                      | 1,9E-03        | 8,8E-01    | 1,1E-10   | 1,2E-08    | 3,4E-01        |
| Módulo D | -3,9E-09                     | -9,6E-03       | -1,1E+00   | 3,5E-12   | -1,1E-09   | -1,6           |

**NOTA:** Emisiones de materia particulada (**PM**); Radiación ionizante, salud humana (**IRP**); Ecotoxicidad agua dulce (**ETP-fw**); Toxicidad humana, efectos cancerígenos (**HTP-c**); Toxicidad humana, efectos no cancerígenos (**HTP-nc**); Impactos relacionados con el uso y calidad del suelo (**SQP**).

Aviso 1: Los resultados de estos indicadores de impacto ambiental deben utilizarse con prudencia, ya que las incertidumbres de los resultados son elevadas y la experiencia con este parámetro es ilimitada.

Aviso 2: Esta categoría de impacto trata principalmente con los impactos eventuales de las dosis bajas de las radiaciones ionizantes sobre la salud humana del ciclo del combustible nuclear. No considera los efectos debido a posibles accidentes nucleares ni la exposición ocupacional debida a la eliminación de residuos radioactivos en las instalaciones subterráneas. El potencial de radiación ionizante del suelo, debida al radón o de algunos materiales de construcción no se mide con este parámetro.

Asimismo, en la Tabla 23 y Tabla 24 se presentan los parámetros que describen el uso de los recursos y las categorías de residuos generados a lo largo del ciclo de vida considerado, así como información ambiental que describe otros flujos de salida para los recubrimientos cerámicos objeto de estudio

Tabla 23 Resultados de los parámetros relativos al uso de recursos de recubrimientos cerámicos (valores promedio).

|          | PERE                        | PERM                        | PERT                        | PENRE                       | PENRM                       | PENRT                       | SM   | RSF                         | NRSF                        | FW                |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
|          | [MJ, valor calorífico neto] | [kg] | [MJ, valor calorífico neto] | [MJ, valor calorífico neto] | [m <sup>3</sup> ] |
| A1-A3    | 41,4                        | 0                           | 41,4                        | 183,0                       | 0                           | 183,0                       | 0    | 0                           | 0                           | 3,9E-02           |
| A4       | 4,6E-01                     | 0                           | 4,6E-01                     | 7,5                         | 0                           | 7,5                         | 0    | 0                           | 0                           | 5,1E-04           |
| A5       | 3,7                         | 0                           | 3,7                         | 15,1                        | 0                           | 15,1                        | 0    | 0                           | 0                           | 4,0E-03           |
| B1       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| B2       | 5,7                         | 0                           | 5,7                         | 1,5                         | 0                           | 1,5                         | 0    | 0                           | 0                           | 1,8E-01           |
| B3       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| B4       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| B5       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| B6       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| B7       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| C1       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| C2       | 1,0E-01                     | 0                           | 1,0E-01                     | 1,4                         | 0                           | 1,4                         | 0    | 0                           | 0                           | 1,1E-04           |
| C3       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0                           | 0    | 0                           | 0                           | 0                 |
| C4       | 1,7E-01                     | 0                           | 1,7E-01                     | 1,5                         | 0                           | 1,5                         | 0    | 0                           | 0                           | 2,8E-04           |
| Módulo D | -3,0                        | 0                           | -3,0                        | -3,5                        | 0                           | -3,5                        | 0    | 0                           | 0                           | -1,9E-03          |

**NOTA:** Uso de energía primaria renovable excluyendo los recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (**PERE**); Uso de energía primaria renovable utilizada como materia prima (**PERM**); Uso total de energía primaria renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (**PERT**); Uso de energía primaria no renovable, excluyendo los recursos de energía primaria no renovable utilizada como materia prima (**PENRE**); Uso de la energía primaria no renovable utilizada como materia prima (**PENRM**); Uso total de la energía primaria no renovable (energía primaria y recursos de energía primaria renovable utilizada como materia prima (**PENRT**); Uso de materiales secundarios (**SM**); Uso de combustibles secundarios renovables (**RSF**); Uso de combustibles secundarios no renovables (**NRSF**); Uso neto de recursos de agua dulce (**FW**).

Tabla 24 Resultados de los parámetros relativos a la generación de residuos y otros parámetros descriptores de otros flujos de salida

de los recubrimientos cerámicos (valores promedio).

|          | HWD      | NHWD     | RWD      | CRU  | MFR     | MER  | EE                          |
|----------|----------|----------|----------|------|---------|------|-----------------------------|
|          | [kg]     | [kg]     | [kg]     | [kg] | [kg]    | [kg] | [MJ, por vector energético] |
| A1-A3    | 3,0E-02  | 4,7      | 3,8E-03  | 0    | 3,7E-01 | 0    | 0                           |
| A4       | 2,3E-11  | 1,1E-03  | 1,3E-05  | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| A5       | 1,6E-03  | 6,7E-01  | 4,0E-04  | 0    | 1,1     | 0    | 0                           |
| B1       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| B2       | 6,4E-12  | 5,0E-02  | 1,8E-05  | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| B3       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| B4       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| B5       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| B6       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| B7       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| C1       | 0        | 0        | 0        | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| C2       | 4,5E-12  | 2,2E-04  | 2,7E-06  | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| C3       | 0        | 0        | 0        | 0    | 17,0    | 0    | 0                           |
| C4       | 2,3E-08  | 6,8      | 2,0E-05  | 0    | 0       | 0    | 0                           |
| Módulo D | -3,6E-08 | -9,4E-04 | -2,2E-05 | 0    | 0       | 0    | 0                           |

**NOTA:** Residuos peligrosos eliminados (**HWD**); Residuos no peligrosos eliminados (**NHWD**); Residuos radiactivos eliminados (**RWD**); Componentes para su reutilización (**CRU**); Materiales para el reciclaje (**MFR**); Materiales para valorización energética, recuperación de energía (**MER**); Energía exportada (**EE**).

## 5. Interpretación de los resultados

### 5.1. Discusión de resultados

En los siguientes apartados se presenta la contribución de cada una de las etapas del ciclo de vida de las categorías de impacto evaluadas, para recubrimientos cerámicos.

Los resultados obtenidos en la evaluación de impacto ambiental del recubrimiento cerámico promedio se presentan en la Figura 3 y **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, para las categorías de impacto básicas y adicionales respectivamente de la UNE EN 15804:2012+A2:2020 [19].

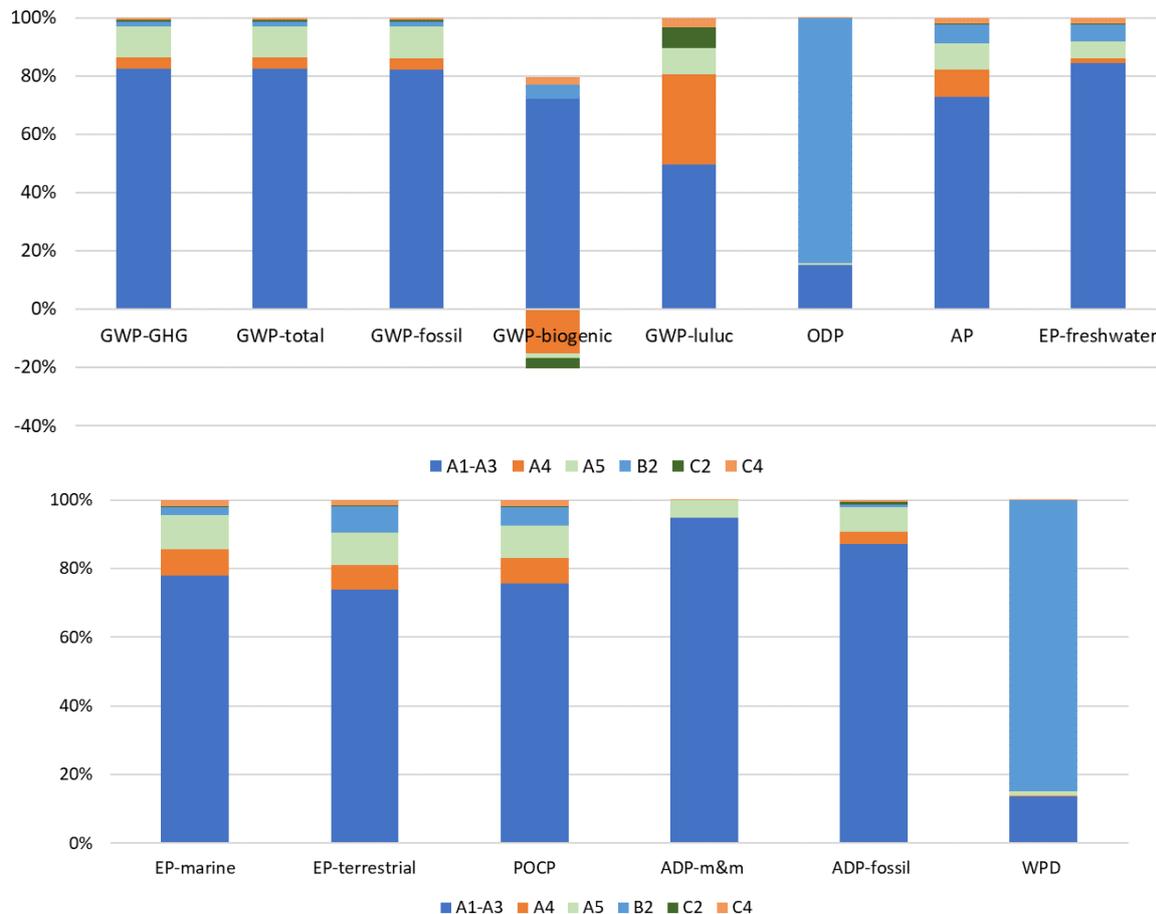


Figura 3 Perfil ambiental del recubrimiento cerámico (valores promedio) (impactos básicos).

La extracción y transporte de las materias primas del soporte contribuyen un 39% en EP-fresh water y un 27% en GWP-luluc, con contribuciones; en el resto de impactos, la contribución de estos procesos es igual o inferior al 14%.

Los esmaltes, cuyos datos han sido tomados del informe de ACV sectorial realizado en 2018, suponen 1,16kg/m<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub> equivalente, es decir, casi el 8,5% del GWP total.

La preparación de las materias primas para la obtención del gránulo atomizado supone en torno a un 20% en los impactos ADP-fósil y GWP debido al consumo de gas natural en el secado por atomización; el resto de los impactos generados por esta etapa suponen menos del 8,5% del total del ciclo de vida.

La fabricación de los recubrimientos cerámicos es la etapa que mayor impacto debido al consumo de gas natural en las operaciones de secado y cocción principalmente. Concretamente, esta etapa supone el 46% del GWP, cuyo origen principalmente procede del consumo de gas natural y de la descarbonatación de las composiciones cerámicas. El consumo de gas natural en estas etapas general casi el 50% del consumo de recursos fósiles (ADP-fossils). Esta etapa contribuye entre un 10-23% a las categorías de impacto AP, EP (todas) y POCP. El resto, suponen impactos inferiores al 6,5%.

En cuanto a la etapa de distribución, el uso de combustibles en los transportes por carretera suponen un impacto del 34% del GWP-luluc y 21% del GWP biogénico, debido a la carga de biodiesel del combustible seleccionado de las datos (véase apartado 2.2.5.). En el resto de categorías de impacto ambiental contribuye menos de un 10%.

Por otra parte, la etapa de instalación, contribuye en más de un 2% en casi todas las categorías de impacto analizadas, como consecuencia del material de agarre utilizado en la instalación de recubrimientos cerámicos.

El mantenimiento considera la limpieza de los recubrimientos cerámicos durante 50 años con agua y detergente. Estos

dos flujos con los responsables del >85% en ODP y en WPD por el uso del detergente (uso de antiespumantes en la síntesis) y consumo de agua, respectivamente.

El fin de vida es una etapa poco significativa, cuyo mayor impacto es el GPW-luluc (7,4% del total) por el depósito en vertedero 30% de los recubrimientos cerámicos en vertederos; el resto no supone más del 2% en ninguna de las categorías de impacto.

## 5.2. Limitaciones

Las principales limitaciones del estudio han sido:

- Conseguir datos de fabricación de materiales de decoración actualizados. Esto se ha solventado utilizando datos bibliográficos y sectoriales del año 2018 [2]
- Asignar consumos de agua, energía eléctrica y térmica y emisiones atmosféricas de partículas procedentes de aspiraciones en las diferentes etapas del proceso de la fabricación de los recubrimientos cerámicos de forma específica, llevado a cabo en algunas de las instalaciones de las empresas participantes en el proyecto. Esto se ha solventado agrupando dichos consumos en cada planta.

Exceptuando los datos utilizados para inventariar la etapa de producto, en el resto de los casos se han utilizado datos primarios definidos mediante las hipótesis planteadas en las RCP[16]. Es importante tener en cuenta que todos los resultados aquí calculados se cumplen únicamente para las hipótesis establecidas, pudiendo variar si se establecen diferentes criterios e hipótesis.

A pesar de las limitaciones expuestas, se considera que los resultados obtenidos en este estudio son representativos, puesto que se basan en información actual proporcionada por las empresas participantes.

## 5.3. Análisis de calidad de datos

### 5.3.1. Incertidumbre

La precisión y exactitud de los datos escogidos de las bases de datos utilizados [32] y [34] han sido evaluadas por sus autores y se ha obtenido que el grado de incertidumbre es aceptable con el objetivo que se quiere presentar en el informe.

Por otro lado, se ha calculado la desviación de los datos facilitados por las empresas que han sido tratados para obtener promedios ponderados por la producción.

No obstante, se considera que los datos facilitados en este estudio tienen un bajo grado de incertidumbre, puesto que hacen referencia a la información de las empresas y ha sido explicada en detalle por los responsables de las empresas participantes en el estudio

### 5.3.2. Integridad

Se han incluido todos los procesos relevantes dentro del sistema analizado y se han considerado más del 95% de todas las entradas y salidas de materia y energía del sistema analizado.

El ciclo de vida de estos recubrimientos cerámicos ha sido modelizado con la herramienta DAPCER, desarrollada con *LCA for Experts (GaBi)* y de cada tipo de recubrimiento cerámico se han parametrizado 235 flujos, de los cuales:

- El 57% han sido facilitados directamente por las empresas fabricantes de gránulo atomizado y de recubrimientos cerámicos. Estos datos están asociados a la fabricación del gránulo atomizado y a la fabricación de los recubrimientos cerámicos conformadas. Concretamente son: tipo y cantidad de materias primas necesarias para la fabricación soporte y sus orígenes, energía térmica y eléctrica, consumos de agua,

cantidades y naturaleza de los embalajes, emisiones atmosféricas y generación de residuos.

- El 16% ha sido obtenido de bibliografía e información sectorial previa y hace referencia únicamente a la fabricación de materiales de decoración
- El 20% ha sido obtenido de bibliografía y hace referencia únicamente a la gestión de los residuos de envases y embalajes.
- El 6% de los datos han sido definidos mediante hipótesis que se incluyen en el apartado 2.2.5. del presente estudio y de las RCP [16].

### **5.3.3. Representatividad**

Los datos primarios empleados para este estudio representan el 55% de la producción española de recubrimientos cerámicos en el año 2022.

La calidad de los datos se ha evaluado tal y como requiere la UNE EN 15804:2012+A2:2020 [19], aplicando los criterios UNEP [25] para valorar su representatividad temporal, geográfica y tecnológica. El anexo 2 recoge la puntuación de cada conjunto de datos en relación con estos 3 criterios y considerando 5 niveles de puntuación: muy bueno (1 punto), bueno (2 puntos), medio (3 puntos), pobre (4 puntos) y muy pobre (5 punto).

#### **5.3.3.1. Cobertura temporal**

Los datos específicos de fabricante representan a un año completo y corresponden al año 2022 y 2021, por lo que tienen una antigüedad inferior a 5 años.

En lo que respecta a los datos genéricos tomados de las bases de datos, no tienen una antigüedad superior a los 10 años con respecto al año de referencia de estudio, 2022.

Todos los datos genéricos incluidos están disponibles en el formato ILCD actual. En general, el nivel de representatividad temporal de los datos secundarios es bueno.

Siempre que ha sido posible, se han utilizado datos referentes al país en el que se desarrolla el proceso en cuestión o, cuando esto no ha sido posible, se han aplicado datos de ámbito regional o global (Véase anexo 2).

El nivel de representatividad geográfica de los datos primarios utilizados es muy bueno y, en general, bueno para los datos secundarios.

#### **5.3.3.3. Cobertura tecnológica**

Los datos utilizados reflejan la realidad tecnológica del sistema analizado.

El nivel de representatividad tecnológica de los datos primarios utilizados es muy bueno y, en general, buena para los datos secundarios.

### **5.3.4. Coherencia**

Para asegurar la coherencia de los datos utilizados, se ha utilizado siempre la base de datos profesional con la extensión de materiales de construcción de *Managed LCA Content (GaBi Databases)* [32] y en menor medida Ecoinvent 3.9.1. [34]. A la hora de combinar estos datos con los medidos directamente en las fábricas participantes en el estudio se han seguido criterios de buenas prácticas de la ILCD.

### **5.3.5. Reproducibilidad**

Se han descrito los métodos y datos utilizados de manera que un profesional independiente, siempre y cuando disponga de las mismas bases de datos, pueda reproducir los mismos resultados. Por motivos de confidencialidad, los

modelos de las bases de datos comerciales no se pueden reproducir en el informe (aunque sí pueden consultarse si se adquieren), en cambio los datos calculados o añadidos por los autores han sido descritos en detalle (véase anexo 2).

#### 5.4. Elección de valores, razones o aseveraciones de expertos

En el presente estudio se han consultado diferentes expertos aplicando sus conclusiones de acuerdo con el objetivo del estudio. Se han establecido hipótesis tanto para los consumos energéticos como para los procesos productivos de diferentes materias primas.

##### *Tratamiento de datos sectoriales*

- La información recopilada de los fabricantes ha sido tratada estadísticamente de forma individual y, posteriormente, se ha hecho un tratamiento colectivo, estudiando la dispersión de los datos, eliminando valores no lógicos para, finalmente, hacer promedios ponderados por la producción de cada una de las empresas participantes.

##### *Consumo energético:*

- Para la energía eléctrica, se ha aplicado el mix eléctrico de la REE [26] y MITERD[27] con tal de desglosar la información por tipo de tecnología.
- El proceso de energía térmica se ha tomado como dato medio europeo.

##### *Procesos productivos:*

- El proceso de producción de carbonato se ha asimilado a la caliza puesto que su componente mayoritario es carbonato.

##### *Consumo de agua:*

- Cuando el consumo de agua es procedente de red, se ha tomado un proceso de agua de red procedente de aguas subterráneas, ya que, en el Levante, hay una fuerte dependencia de acuíferos.

#### 5.5. Análisis de sensibilidad

A continuación, se analiza la relevancia de los parámetros significativos y su influencia en los resultados. Se ha utilizado la función GaBi Analyst del programa informático *LCA for Experts (GaBi)* [32] para simular cambios en el valor de cada uno de ellos y calcular los resultados correspondientes.

En la Tabla 25 se resumen aquellos parámetros cuya variación en  $\pm 99\%$  sobre el valor inicial, modificaría el valor del indicador de impacto GWP en más de un 2% (en valor absoluto).

Tabla 25 Variación de parámetros superior al 2% (en valor absoluto) en los recubrimientos cerámicos.

| Parámetro   | Variación del parámetro GWP (%) |
|---|---------------------------------|
| Cantidad de materias primas para el soporte (peso en crudo)                                   | 35%                             |
| Consumo de gas natural en cocción y secado de recubrimientos cerámicos                        | 32%                             |
| Consumo de gas natural en secado por atomización  | 16%                             |
| Cantidad de esmalte   | 8%                              |
| Obtención de materias primas para el soporte  | 7%                              |
| Mortero   | 6%                              |
| Emisiones atmosféricas de CO <sub>2</sub> procedentes de la descomposición de materias primas | 6%                              |

| Parámetro  | Variación del parámetro GWP (%) |
|--|---------------------------------|
| Obtención de materias primas para el esmalte                             | 5%                              |
| Consumo de energía eléctrica en fabricación de las piezas cerámicas      | 4%                              |
| Electricidad generada a partir de gas natural                            | 4%                              |
| Distribución de los recubrimientos cerámicos (transporte por carretera)+ | 3%                              |

El parámetro más sensible a la categoría del potencial de calentamiento global (GWP) es la cantidad de materias primas procesadas, ya que la gran mayoría de los flujos del proceso de fabricación dependen de éste, como es el ejemplo del consumo de gas natural en los procesos térmicos de secado, cocción y gránulo atomizado.

Otros parámetros sensibles pero menos importantes (debido a la contribución inicial) son las materias primas del soporte el esmalte y el mortero utilizado para la colocación de los recubrimientos cerámicos.

## 6. Datos disponibles para la verificación

En la realización del presente estudio de Análisis de Ciclo de Vida se ha utilizado el programa informático *LCA for Experts (GaBi)*. Los modelos creados utilizando este programa podrán ser consultados por los verificadores acreditados del programa GlobalEPD.

## 7. Bibliografía

- [1] ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos), ITC (Instituto Tecnológico de la Cerámica y GiGa (ESCI) (Grup d'investigació en Gestió ambiental), 2010. Análisis del Ciclo de Vida de la baldosa cerámica (sectorial). 2010.
- [2] ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos), ITC (Instituto Tecnológico de la Cerámica), 2018. Análisis de Ciclo de Vida sectorial de recubrimientos cerámicos. 2018
- [3] Bovea MD, Díaz-Albo E, Gallardo A, et al (2010) Environmental performance of ceramic tiles: Improvement proposals. *Mater Des* 31:35–41. doi: 10.1016/j.matdes.2009.07.021
- [4] Celades, I. Caracterización física, química, mineralógica y morfológica del material particulado emitido por focos canalizados de la industria de baldosas y fritas cerámicas. Castellón: Universitat Jaume I, 2013. Tesis doctoral
- [5] Integrated Pollution Prevention and Control (IPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BATs) in the Ceramic Manufacturing Industry, European Commission, Directorate-General JRC, Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies (Sevilla). Technologies for Sustainable Development. European IPPC Bureau. 2007
- [6] Integrated Pollution Prevention and Control (IPPCB). Reference Document on Best Available Techniques (BATs) in the Glass Manufacturing Industry, European Commission, Directorate-General JRC, Joint Research Centre. Institute for Prospective Technological Studies (Sevilla). Technologies for Sustainable Development. European IPPC Bureau. 2012
- [7] Mallo Gasch, G.; Monfort Gimeno, E.; Busani, G.; Lezaun Navarro, F.J. Depuración de los gases de combustión en la industria cerámica. 2ª. Castellón: Instituto de Tecnología Cerámica, 2001.
- [8] SACMI; Asociación Española de Técnicos Cerámicos Tecnología cerámica aplicada. Castellón: Faenza Editrice Ibérica, 2004
- [9] Weidema B.P., Wesnaes M.S., (1996) Data Quality Management for Life Cycle Inventories- An example of Using Data Quality Indicators. *Journal of Cleaner Production* 4 (3-4) 167-174
- [10] Ros-Dosdá, T., Celades, I., Monfort, E., & Fullana-i-Palmer, P. (2018). Environmental profile of

Spanish porcelain stoneware tiles. The International Journal of Life Cycle Assessment, 23(8), 1562-1580.

- [11] Monfort, E, Mezquita, A., Granel, R., Vaquer, E., Escrig, A., Miralles, A., & Zaera, V. (2010). Análisis de consumos energéticos y emisiones de dióxido de carbono en la fabricación de recubrimientos cerámicos. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 49(4), 303-310.
- [12] Monfort, E., Mezquita, A., Mallo, G., Granel, R., & Vaquer, E. (2011). Guía de ahorro energético en el sector de recubrimientos cerámicos de la Comunidad Valenciana. Agencia Valenciana de la Energía–AVEN. Depósito legal, 2078.
- [13] SGS, Informe Nº: 940/IV/AB/0005/21 para Arcilla Blanca S.A. Certificado de eficiencia del proceso de cogeneración del año 2020.

### Normas y legislación

- [14] ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
- [15] ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines
- [16] UNE-EN 17160:2019 Reglas de Categoría de Producto para recubrimientos cerámicos
- [17] ISO 14025:2010 Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures
- [18] UNE EN 15804:2012+A1:2014. Sostenibilidad en la construcción – Declaraciones Ambientales de Producto – Reglas de Categoría de Producto Básicas para Materiales de la Construcción
- [19] UNE EN 15804:2012+A2:2020. Sostenibilidad en la construcción – Declaraciones Ambientales de Producto – Reglas de Categoría de Producto Básicas para Materiales de la Construcción
- [20] ISO 14020:2006 Environmental labels and declarations – General principles
- [21] UNE-EN 14411:2016 recubrimientos cerámicos. Definiciones, clasificación, características, evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones, y marcado
- [22] ISO 13006:2018 Ceramic tiles -- Definitions, classification, characteristics and marking
- [23] Real Decreto 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. BOE núm.38, de 13/02/2008.
- [24] Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas. DOUE-L-2008-82319
- [25] Global Guidance Principles for Life Cycle Assessment Databases. A basis for greener processes and products, “Shonan Guidance Principles” United Nations Environment Programme, 2011; ISBN: 978-92-807-3174-3

### Páginas web

- [26] Red Eléctrica Española (REE), 2022. Balance eléctrico 2022. <https://www.ree.es/es/datos/balance/balance-electrico> [última consulta el 15.11.2023]
- [27] MITERD (Ministerio para la Transición Ecológica y reto demográfico), 2020. <https://energia.gob.es/balances/Publicaciones/ElectricasMensuales/Paginas/ElectricasMensuales.aspx> [última consulta el 25.11.2022]
- [28] Eurostat, Statistical Office of the European Communities. Gestión de residuos. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env\\_wasrt/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_wasrt/default/table?lang=en) [última consulta el 15.11.2023]
- [29] Google maps: <https://www.google.es/maps?hl=es&tab=wl> [última consulta el 15.11.2023]

[30] Sea rates: <https://www.searates.com/> [última consulta el 15.11.2023]

[31] Construmática [http://www.construmatica.com/construpedia/Morteros\\_Cola#Definici.C3.B3n](http://www.construmatica.com/construpedia/Morteros_Cola#Definici.C3.B3n) [última consulta el 10.09.21]

#### **Softwares y bases de datos ambientales**

[32] LCA for experts (Sphera-GaBi) v 10 software-system. SpheraSolutions. Compilation 10.7.1.28. Further information: <https://sphera.com/life-cycle-assessment-lca-software/>

[33] Managed LCA Content (Sphera databases). SpheraSolutions Upgrade 2023.2 Edition. July 2023. Further information: <https://sphera.com/life-cycle-assessment-lca-database/>

[34] Ecoinvent 3.9.1. Desarrollada por Ecoinvent Centre. Further information: <https://ecoinvent.org/>

## 8. Anexos

## Anexo 1. Datos del inventario del ciclo de vida de los recubrimientos cerámicos

A continuación, la Tabla A1. 1 se muestra en una tabla los datos de inventario facilitados por las empresas sometidas a estudio.

Tabla A1. 1 Tabla de datos de inventario del ciclo de vida de recubrimientos cerámicos de las empresas sometidas a estudio (promedio ponderado por producción).

| Parámetros  | Unidades          | Promedio ponderado |
|---|-------------------|--------------------|
| <b>I. FABRICACION DEL PRODUCTO</b>                          |                   |                    |
| <b>SUMINISTRO DE MATERIAS PRIMAS (A1)</b>                   |                   |                    |
| <b>Materias primas para el soporte</b>                      |                   |                    |
| Peso del soporte cerámico crudo                             | kg/m <sup>2</sup> | 22,03              |
| Arcilla   | en tanto por uno  | 0,5234             |
| Arena   | en tanto por uno  | 0,0675             |
| Caolín  | en tanto por uno  | 0,0363             |
| Feldespatos   | en tanto por uno  | 0,2575             |
| Carbonatos  | en tanto por uno  | 0,0325             |
| Defloculante  | en tanto por uno  | 0,0067             |
| Pigmentos   | en tanto por uno  | 0,0029             |
| Reciclado/reintroducido                                     | en tanto por uno  | 0,0732             |
| <b>Materias primas para la decoración</b>                   |                   |                    |
| Boratos   | en tanto por uno  | 0,0353             |
| Carbonatos  | en tanto por uno  | 0,0964             |
| Cuarzo  | en tanto por uno  | 0,2351             |
| Feldespatos   | en tanto por uno  | 0,2364             |
| Caolines  | en tanto por uno  | 0,0721             |
| Silicatos   | en tanto por uno  | 0,0302             |
| Oxido de zinc   | en tanto por uno  | 0,047              |
| Zirconio  | en tanto por uno  | 0,1392             |
| Alúmina   | en tanto por uno  | 0,0142             |
| Arcilla   | en tanto por uno  | 0,0335             |
| Otras   | en tanto por uno  | 0,0606             |
| <b>TRANSPORTE (A2)</b>                                      |                   |                    |
| <b>Transporte de las materias primas para el soporte</b>    |                   |                    |
| Autonómica (150km camión 27t)                               | en tanto por uno  | 0,5691             |
| Nacional (500km camión 27t)                                 | en tanto por uno  | 0,1000             |
| Norte España (900km camión 27t)                             | en tanto por uno  | 0,0035             |
| Francia (1500km camión 27t)                                 | en tanto por uno  | 0,0017             |
| Italia (1000km buque+200km camión 27t)                      | en tanto por uno  | 0,0830             |
| Rumanía & Turquía (3000km buque+200km camión 27t)           | en tanto por uno  | 0,2023             |
| Ucrania (3500km buque+200km camión 27t)                     | en tanto por uno  | 0,0069             |
| Reino Unido (4200km buque+200km camión 27t)                 | en tanto por uno  | 0,0336             |
| <b>Transporte de las materias primas para la decoración</b> |                   |                    |
| Distancia de 500 km en camión de 27 t                       | en tanto por uno  | 0,371              |
| Distancia de 2000 km en camión de 27 t                      | en tanto por uno  | 0,234              |
| Distancia de 3500 km en carguero                            | en tanto por uno  | 0,231              |
| Distancia de 10000 km en carguero                           | en tanto por uno  | 0,164              |

| Parámetros  | Unidades  | Promedio ponderado |
|---|---|--------------------|
| <b>FABRICACION DE LOS RECUBRIMIENTOS CERÁMICOS (A3)</b>   |   |                    |
| <b>Molturación de las materias primas para el soporte</b>   |   |                    |
| <b>Molturación por vía seca</b>   |   |                    |
| Molturación por vía seca  | Fracción de la molturación realizada por vía seca, en tanto por uno   | 0,004              |
| Molturación vía húmeda  | Fracción de la molturación realizada por vía húmeda, en tanto por uno | 0,996              |
| Electricidad comprada   | MJ/m <sup>2</sup>   | 3,24               |
| Electricidad generada <i>in situ</i> mediante energía solar   | MJ/m <sup>2</sup>   | 6,67E-02           |
| Gas natural consumido (energía térmica cogenerada, electricidad cogenerada autoconsumida y gas de quemadores post-combustión) | MJ/m <sup>2</sup>   | 32,84              |
| Consumo de agua de pozo   | l/m <sup>2</sup>  | 3,32               |
| Consumo de agua de red  | l/m <sup>2</sup>  | 4,85E+00           |
| Cantidad de agua reciclada de origen externo en la molturación  | l/m <sup>2</sup>  | 2,38               |
| Emisión de partículas en el secadero por atomización y aspiraciones generales   | mg/m <sup>2</sup>   | 1092,89            |
| Emisión de NOx en el secadero por atomización (1)   | mg/m <sup>2</sup>   | 0                  |
| Emisión de SO2 en el secadero por atomización (1)   | mg/m <sup>2</sup>   | 0                  |
| Humedad de las piezas a la entrada del secadero   | En tanto por uno  | 0,064              |
| Aceites y grasas en atomización   | kg/m <sup>2</sup>   | 5,26E-03           |
| Bolas alúmina   | kg/m <sup>2</sup>   | 0,00E+00           |
| Diesel utilizado para transporte interno  | kg/m <sup>2</sup>   | 5,26E-03           |
| Residuos peligrosos en atomización  | kg/m <sup>2</sup>   | 2,83E-04           |
| Residuos no peligrosos en atomización   | kg/m <sup>2</sup>   | 2,43E-01           |
| <b>Fabricación de las piezas coformadas conformada</b>  |   |                    |
| Distancia entre proveedor gránulo y fábrica de recubrimiento  | km  | 21,00              |
| <b>Conformado y secado</b>  |   |                    |
| Energía térmica en el secado (2)  | MJ/m <sup>2</sup>   | 0                  |
| Emisiones de partículas   | mg/m <sup>2</sup>   | 251,92             |
| Emisiones de Nox (1)  | mg/m <sup>2</sup>   | 0                  |
| Emisiones de SO2 (1)  | mg/m <sup>2</sup>   | 0                  |
| Humedad de las piezas a la salida del secadero  | En tanto por uno  | 0,005              |
| <b>Esmaltado</b>  |   |                    |
| Cantidad de esmaltes  | kg/m <sup>2</sup>   | 0,57               |
| Esmalte que se compra molturado   | en tanto por uno  | 0,34               |
| Esmalte que se moltura en fábrica de baldosas   | en tanto por uno  | 0,66               |
| Cantidad de tintas  | kg/m <sup>2</sup>   | 0,01               |
| Agua de pozo  | l/m <sup>2</sup>  | 3,40E+00           |
| Agua de red   | l/m <sup>2</sup>  | 2,29E+00           |
| Agua reciclada procedente de otras empresas   | l/m <sup>2</sup>  | 0,00               |
| <b>Cocción</b>  |   |                    |
| Energía térmica en <b>secado + cocción</b> (gas natural) (2)  | MJ/m <sup>2</sup>   | 6,37E+01           |
| Emisiones de partículas   | mg/m <sup>2</sup>   | 6,89E+02           |
| Emisiones de NOx  | mg/m <sup>2</sup>   | 0,00E+00           |
| Emisiones de SO <sub>2</sub> (1)  | mg/m <sup>2</sup>   | 1,85E+03           |
| Emisiones de HF (1)   | mg/m <sup>2</sup>   | 3,64E+02           |

| Parámetros  | Unidades   | Promedio ponderado |
|---|--|--------------------|
| Emisiones de Cov  | mg/m <sup>2</sup>                                | 1,48E+03           |
| Descarbonatación  | en tanto por uno                                 | 4,67E-02           |
| <b>Tratamientos mecánicos adicionales</b>                                       |  |                    |
| Distancia recorrida para el mecanizado  | km   | 1,14E+00           |
| <b>Embalaje del producto acabado</b>  |  |                    |
| Cartón  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,27E-01           |
| Film  | kg/m <sup>2</sup>                                | 2,26E-02           |
| Flejes  | kg/m <sup>2</sup>                                | 9,09E-03           |
| Palés no reutilizables  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,97E-01           |
| Europalés   | kg/m <sup>2</sup>                                | 6,78E-02           |
| Nº reutilizaciones de los Europalés   | veces que se reutiliza un palé                   | 5,00E+00           |
| Porexpan  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,77E-04           |
| Polipropileno   | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,27E-03           |
| Distancia de la fábrica de cartón, transporte en camión 27 t                    | km   | 5,89E+01           |
| Distancia de la fábrica de film, transporte en camión 27 t                      | km   | 7,69E+01           |
| Distancia de la fábrica de flejes, transporte en camión 27 t                    | km   | 3,09E+01           |
| Distancia de la fábrica de palés para las cerámicas                             | km   | 3,40E+01           |
| Distancia de porexpan para para las cerámicas                                   | km   | 4,65E+01           |
| Distancia de la fábrica de polipropileno, transporte en camión 27t              | km   | 1,35E+01           |
| <b>Datos agregados de la planta de fabricación de piezas cerámicas</b>          |  |                    |
| Electricidad comprada   | MJ/m <sup>2</sup>                                | 8,02E+00           |
| Electricidad generada insitu mediante energía solar                             | MJ/m <sup>2</sup>                                | 7,65E-02           |
| Emisiones de partículas por aspiraciones generales (esmaltado, mecanizado, etc) | mg/m <sup>2</sup>                                | 3,92E+02           |
| Residuos peligrosos   | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,98E-02           |
| Residuos no peligrosos  | kg/m <sup>2</sup>                                | 3,42E+00           |
| Residuos de piezas cerámicas cocidas depositadas en vertedero                   | kg/m <sup>2</sup>                                | 0,00E+00           |
| Residuos de piezas cerámicas crudas depositadas en vertedero                    | kg/m <sup>2</sup>                                | 0,00E+00           |
| Residuos de piezas cerámicas cocidas que se reciclan en otro proceso            | kg/m <sup>2</sup>                                | 3,28E-01           |
| Residuos de papel y cartón que van a reciclaje                                  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,12E-02           |
| Residuos de madera que van a reciclaje  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,52E-02           |
| Residuos de plástico que van a reciclaje  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,77E-02           |
| Diesel consumido en transporte interno  | kg/m <sup>2</sup>                                | 3,20E-02           |
| Rodillos alúmina  | kg/m <sup>2</sup>                                | 1,90E-03           |
| Aceites prensas   | kg/m <sup>2</sup>                                | 3,04E-03           |
| Hierro  | kg/m <sup>2</sup>                                | 6,82E-04           |
| Distancia alúmina   | km   | 6,67E+01           |
| Distancia aceites prensa  | km   | 3,89E+01           |
| Distancia hierro  | km   | 4,00E+00           |
| Agua residual no reintroducida en el proceso                                    | l/m <sup>2</sup>                                 | 1,62E-01           |
| <b>Fabricación de engobes y esmaltes</b>  |  |                    |
| Fritas cerámicas  | porción de frita en el esmalte, en tanto por uno | 5,00E-01           |
| Agua  | l/kg de frita                                    | 1,85E+00           |
| Electricidad  | MJ/kg de frita                                   | 1,08E+00           |

| Parámetros   | Unidades                                 | Promedio ponderado |
|--|--|--------------------|
| Energía térmica (gas natural) en fusión de fritas                    | MJ/kg de frita                           | 1,05E+01           |
| Envases BigBag para 1 tonelada de esmalte                            | peso de un bigbag por tn de esmalte [kg] | 1,51E+00           |
| Nº reutilizaciones de los BigBags (esmaltes)                         | veces que se reutiliza un bigbag         | 2,50E+01           |
| Palé para 1 tn de esmalte  | nº de pallets por tn esmalte             | 1,00E+00           |
| Masa de 1 cocio de 800 l   | kg/cocio                                 | 9,08E+00           |
| Nº reutilizaciones de los cocios (esmaltes)                          | veces que se reutiliza un cocio          | 3,84E+00           |
| Distancia de la fábrica de BigBags                                   | (km                                      | 2,19E+02           |
| Distancia de la fábrica de cocios                                    | km                                       | 6,32E+01           |
| Distancia de la fábrica de palés para esmaltes                       | km                                       | 1,40E+02           |
| Emisiones de HCl   | mg/kg de frita                           | 5,70E+01           |
| Emisiones de HF  | mg/kg de frita                           | 2,90E+01           |
| Emisiones de NOx   | mg/kg de frita                           | 8,62E+03           |
| Emisiones de partículas  | mg/kg de frita                           | 2,30E+02           |
| Emisiones de SO2   | mg/kg de frita                           | 1,30E+02           |
| Emisiones de metales pesados (clase1 + Clase2)                       | mg/kg de frita                           | 2,90E+01           |
| Aceites y grasas en fábrica de esmaltes                              | kg/kg de frita                           | 7,00E-02           |
| Residuos peligrosos generados en fábrica de esmaltes                 | kg/kg de frita                           | 1,00E-02           |
| Residuos no peligrosos generados en fábrica de esmaltes              | kg/kg de frita                           | 9,20E-01           |
| Porción de residuos de envases de plástico que se depositan          | en tanto por uno                         | 2,58E-01           |
| Porción de residuos de envases de plástico que se incineran          | en tanto por uno                         | 2,26E-02           |
| Porción de residuos de plástico que se reciclan                      | en tanto por uno                         | 7,19E-01           |
| Porción de residuos de madera que se incineran                       | en tanto por uno                         | 2,28E-05           |
| Porción de residuos de madera que se reciclan                        | en tanto por uno                         | 9,63E-01           |
| Porción de residuos de madera que se depositan en vertedero          | en tanto por uno                         | 3,69E-02           |
| Distancia entre el punto de generación y de gestión                  | km                                       | 1,00E+02           |
| Distancia entre el colorificio y la fábrica de cerámica              | km                                       | 2,10E+01           |
| <b>II. CONSTRUCCION</b>  |  |                    |
| <b>TRANSPORTE (A4) y PROCESOS DE INSTALACION Y CONSTRUCCION (A5)</b> |  |                    |
| <b>Transporte</b>  |  |                    |
| Distribución en España   | en tanto por uno                         | 3,34E-01           |
| Distribución en Europa   | en tanto por uno                         | 2,80E-01           |
| Distribución al resto del mundo                                      | en tanto por uno                         | 3,86E-01           |
| Distancia considerada en la distribución en España                   | km                                       | 3,00E+02           |
| Distancia considerada en la distribución a Europa                    | km                                       | 1,39E+03           |
| Distancia considerada en la distribución al resto del mundo (BARCO)  | km                                       | 6,52E+03           |
| <b>Gestión de residuos de embalaje</b>                               |  |                    |
| Residuo de cartón incinerado en España                               | en tanto por uno                         | 0,0000             |
| Residuo de cartón incinerado en Europa                               | en tanto por uno                         | 0,0000             |
| Residuo de cartón incinerado en el resto del mundo                   | en tanto por uno                         | 0,0000             |
| Residuo de cartón reciclado en España                                | en tanto por uno                         | 0,9906             |
| Residuo de cartón reciclado en Europa                                | en tanto por uno                         | 0,9984             |
| Residuo de cartón reciclado en el mundo                              | en tanto por uno                         | 0,9906             |
| Residuo de cartón depositado en vertedero en España                  | en tanto por uno                         | 0,0094             |
| Residuo de cartón depositado en vertedero en Europa                  | en tanto por uno                         | 0,0016             |

| Parámetros  | Unidades                         | Promedio ponderado |
|---|----------------------------------|--------------------|
| Residuo de cartón depositado en vertedero en el resto del mundo   | en tanto por uno                 | 0,0094             |
| Residuo de madera incinerada en España                            | en tanto por uno                 | 0,0000             |
| Residuo de madera incinerada en Europa                            | en tanto por uno                 | 0,0059             |
| Residuo de madera incinerada en el resto del mundo                | en tanto por uno                 | 0,0000             |
| Residuo de madera reciclada en España                             | en tanto por uno                 | 0,9630             |
| Residuo de madera reciclada en Europa                             | en tanto por uno                 | 0,9872             |
| Residuo de madera reciclada en el resto del mundo                 | en tanto por uno                 | 0,9630             |
| Residuo de madera depositada en vertedero en España               | en tanto por uno                 | 0,0369             |
| Residuo de madera depositada en vertedero en Europa               | en tanto por uno                 | 0,0069             |
| Residuo de madera depositada en vertedero en el resto del mundo   | en tanto por uno                 | 0,0369             |
| Residuo de plástico incinerado en España                          | en tanto por uno                 | 0,0226             |
| Residuo de plástico incinerado en Europa                          | en tanto por uno                 | 0,0046             |
| Residuo de plástico incinerado en el resto del mundo              | en tanto por uno                 | 0,0226             |
| Residuo de plástico reciclado en España                           | en tanto por uno                 | 0,7192             |
| Residuo de plástico reciclado en Europa                           | en tanto por uno                 | 0,9279             |
| Residuo de plástico reciclado en el resto del mundo               | en tanto por uno                 | 0,7192             |
| Residuo de plástico depositado en vertedero en España             | en tanto por uno                 | 0,2582             |
| Residuo de plástico depositado en vertedero en Europa             | en tanto por uno                 | 0,0675             |
| Residuo de plástico depositado en vertedero en el resto del mundo | en tanto por uno                 | 0,2582             |
| <b>Proceso de instalación y construcción</b>                      |                                  |                    |
| Porcentaje de residuos de cerámica en instalación                 | en tanto por uno                 | 5,34E-02           |
| Adhesivo cementoso  | kg/m <sup>2</sup>                | 3,30E+00           |
| Distancia de la fábrica de adhesivo                               | km                               | 1,00E+02           |
| Agua para la colocación   | l/m <sup>2</sup>                 | 8,00E-01           |
| <b>III. USO</b>   |                                  |                    |
| Vida útil   | años de vida útil sin reposición | 5,00E+01           |
| <b>MANTENIMIENTO (B2)</b>   |                                  |                    |
| Frecuencia de lavado semanal                                      | limpiezas por semana             | 7,69E-01           |
| Agua necesario para 1 lavado                                      | l/m <sup>2</sup>                 | 1,00E-01           |
| Detergente necesario para 1 lavado                                | kg/m <sup>2</sup>                | 8,38E-05           |
| Distancia de la fábrica de detergente                             | km                               | 1,00E+02           |
| Electricidad para 1 lavado  | MJ/m <sup>2</sup>                | 0,00E+00           |
| Energía térmica (gas natural) para 1 lavado                       | MJ/m <sup>2</sup>                | 0,00E+00           |
| <b>IV. FIN DE VIDA</b>  |                                  |                    |
| <b>Gestión del fin de vida</b>                                    |                                  |                    |
| Reciclaje de la cerámica tras su vida útil                        | en tanto por uno                 | 0,7                |

- (1) Las emisiones de NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> de esta etapa están asociadas al propio proceso de combustión del gas natural, y, por lo tanto, se le atribuirán al gas natural, por ello en el dato de las emisiones facilitado para el inventario se le ha eliminado la parte correspondiente a la combustión del gas natural, según los factores de emisión publicados en [7]. El factor de emisión del NO<sub>x</sub> es de 69,31 mg/MJ de gas natural y el de SO<sub>2</sub> es de 1,67 mg/MJ de gas natural.
- (2) Energía térmica de secado de piezas cerámicas contabilizado en cocción.

## Anexo 2. Fuente de los datos utilizados

En la Tabla A2.1 se presenta la fuente de los datos utilizados la modelización e inventario del ciclo de vida de los recubrimientos cerámicos, así como el nivel de calidad de los datos utilizados, siendo 1 muy bueno y 5 muy pobre. Esta puntuación se ha realizado según las directrices ambientales globales de la ONU sobre el desarrollo de las bases de datos de ACV [25].

Tabla A2.1 Fuente de los datos utilizados en el Análisis de Ciclo de Vida sectorial de recubrimientos cerámicos.

| PROCESO                                      | BASE DE DATOS  | NOMBRE DEL PROCESO EN LA BASE DE DATOS   | NIVEL DE CALIDAD DE DATOS |         |          |   |
|--|--|--|---------------------------|---------|----------|---|
|  |  |  | Representatividad         |         |          |   |
| PROCESOS GENERALES                           |  |  | Geográfica                | Técnica | Temporal |   |
| Extracción y transporte materias primas      | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Producción de materiales de decoración       | Datos sectoriales  | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Molturación                                  | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Atomización                                  | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Energía desplazada                           | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Conformado                                   | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Secado                                       | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Decoración                                   | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Cocción                                      | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Clasificación y embalaje                     | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Consumo energético planta                    | Directo de empresas                                      | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| Modo de gestión de residuos                  | Datos bibliográficos                                     | n.a.   | 1                         | 1       | 1        |   |
| <b>MATERIAS PRIMAS</b>                       |  |  |                           |         |          |   |
| <b>Materias primas del soporte</b>           | <b>Elaboración propia a partir de datos de empresas:</b> |  |                           |         |          |   |
| Producción de caolín                         | Sphera - GaBi  | EU-27: Kaolin fine, granular or powder, moisture content 0 to 30%, expressed in dry mass | 2015-2025                 | 2       | 2        | 1 |
| Producción de arcilla                        | Ecoinvent 3.9.1  | RoW_ Clay pit production   | 2023                      | 2       | 1        | 1 |
| Producción arena                             | Sphera - GaBi  | DE:Silica sand (flour)   | 2020-2023                 | 3       | 1        | 1 |
| Producción de defloculante                   | Sphera - GaBi  | GLO: Dispersion agent (mixture of phosphate with polyacrylate)                           | 2016-2019                 | 2       | 2        | 2 |
| Producción de feldespato                     | Sphera - GaBi  | IT: Feldspar (estimation)  | 2019-2022                 | 3       | 3        | 1 |
| Extracción y beneficio del carbonato cálcico | Sphera - GaBi  | DE: Limestone flour (0.1mm) ts   | 2020-2023                 | 3       | 1        | 1 |
| <b>Materias primas del esmalte</b>           | <b>Elaboración propia a partir de datos de empresas</b>  |  |                           |         |          |   |
| Extracción y beneficio de los silicatos      | Sphera - GaBi  | DE: Silica sand (flour),   | 2020-2023                 | 3       | 1        | 1 |
| Producción de arcilla                        | Ecoinvent 3.9.1  | RoW_ Clay pit production   | 2023                      | 2       | 1        | 1 |
| Extracción y beneficio del carbonato cálcico | Sphera - GaBi  | DE: Limestone flour (0.1mm) ts   | 2020-2023                 | 3       | 1        | 1 |
| Producción de feldespato                     | Sphera - GaBi  | IT: Feldspar (estimation)  | 2019-2022                 | 3       | 3        | 1 |
| Producción de caolín                         | Sphera - GaBi  | EU-27: Kaolin fine, granular or powder, moisture content 0 to 30%, expressed in dry mass | 2015-2025                 | 2       | 2        | 1 |
| Producción de Alúmina                        | Sphera - GaBi  | EU-28: Aluminum oxide mix (alumina, Al2O3)   | 2016-2019                 | 2       | 2        | 2 |
| Producción de borato                         | Sphera - GaBi  | EU-28: Borax pentahydrate  | 2019-2022                 | 2       | 1        | 1 |

| PROCESO  | BASE DE DATOS   | NOMBRE DEL PROCESO EN LA BASE DE DATOS   |           | NIVEL DE CALIDAD DE DATOS |         |          |
|--|---|--|-----------|---------------------------|---------|----------|
|  |   |  |           | Representatividad         |         |          |
| PROCESOS GENERALES   | BASE DE DATOS   | NOMBRE DEL PROCESO EN LA BASE DE DATOS   |           | Geográfica                | Técnica | Temporal |
| Extracción y beneficio del zirconio                                      | Sphera - GaBi   | GLO: Zirconium dioxide (highly pure)   | 2019-2022 | 2                         | 1       | 1        |
| Producción de óxido de cuarzo  | Sphera - GaBi   | ES: Siliceous sand (fine flour) (SiO2)   | 2020-2023 | 1                         | 1       | 1        |
| Producción de óxido de zinc  | Sphera - GaBi   | DE: Zinc oxide (American process)  | 2019-2022 | 3                         | 1       | 1        |
| <b>ENVASES Y EMBALAJES</b>   |   |  |           |                           |         |          |
| Producción de madera (palé)  | Sphera - GaBi   | RER: EUR-flat pallet production (sin absorción)                                  | 2016-2019 | 2                         | 1       | 2        |
| Producción de bigbags  | Sphera - GaBi   | DE: Polypropylene fibers (PP) PE   | 2016-2019 | 3                         | 2       | 2        |
| Producción de cocios   | Sphera - GaBi   | RER : Polypropylene injection moulding part (PP)                                 | 2020-2023 | 2                         | 2       | 1        |
| Producción de cartón corrugado para embalaje de recubrimientos cerámicos | Sphera - GaBi   | EU-28: Corrugated board e 2018. Average production                               | 2018-2021 | 2                         | 1       | 1        |
| Film para embalaje de recubrimientos cerámicos                           | Sphera - GaBi   | DE: Polyethylene film (PE-LD; without additives)                                 | 2016-2019 | 3                         | 1       | 2        |
| Fleje para embalaje de recubrimientos cerámicos                          | Sphera - GaBi   | RER: Polystyrene part (PS)   | 2005-2012 | 2                         | 2       | 3        |
| EPS (porexpan) para embalaje de recubrimientos cerámicos                 | Sphera - GaBi   | RER: EPS- expanded polystyrene (white, 25kg/m3, cradle-to-gate, A1-A5)           | 2012      | 2                         | 1       | 2        |
| <b>COMBUSTIBLES Y ENERGÍA</b>  |   |  |           |                           |         |          |
| Producción fuel oil  | Sphera - GaBi   | RER: Heavy fuel oil at refinery (1.0wt.% S)                                      | 2017-2023 | 2                         | 1       | 1        |
| Producción del diesel  | Sphera - GaBi   | RER: Diesel mix at filling station ts (10 ppm sulphur, 7.23 wt.% bio components) | 2017-2023 | 2                         | 1       | 1        |
| Producción de energía térmica a partir de gas natural                    | Sphera - GaBi   | ES: Thermal energy from natural gas ts   | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
| Producción de aceite lubricante para prensas, grasas, lubricantes, etc.  | Sphera - GaBi   | RER: Lubricants at refinery  | 2017-2023 | 2                         | 1       | 1        |
| Rodillos y bolas de alúmina  | Sphera - GaBi   | EU-28: Aluminum oxide mix (alumina, Al2O3)                                       | 2016-2019 | 2                         | 1       | 1        |
| Producción de electricidad   | Creación propia a partir de mix facilitado por REE usando procesos de Sphera - GaBi | ES: electricity from biogas ts   | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from biomass ts  | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from hard coal ts  | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | IT: electricity from geothermal ts   | 2017-2023 | 3                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from heavy fuel oil (HFO) ts                                     | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from hydropower ts   | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from natural gas ts  | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from nuclear ts  | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from photovoltaic ts   | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from solar thermal   | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
|  |   | ES: electricity from waste ts  | 2017-2023 | 1                         | 1       | 1        |
| ES: electricity from wind ts   | 2017-2023   | 1  | 1         | 1                         |         |          |
| <b>AGUA</b>  |   |  |           |                           |         |          |
| Suministro de agua de red  | GaBi ts   | ES: Tap water ts (from groundwater)  | 2020-2023 | 1                         | 1       | 1        |
| Suministro de agua de pozo   | GaBi ts   | DE: Potable water from groundwater PE  | 2016-2019 | 3                         | 1       | 2        |
| Agua recirculada de otras empresas                                       | -   | Sin impacto asociado   | -         | n.a.                      | n.a.    | n.a.     |
| <b>TRANSPORTES</b>   |   |  |           |                           |         |          |

| PROCESO   | BASE DE DATOS | NOMBRE DEL PROCESO EN LA BASE DE DATOS                                      |           | NIVEL DE CALIDAD DE DATOS |         |          |
|---|---------------|---|-----------|---------------------------|---------|----------|
|   |               |   |           | Representatividad         |         |          |
| PROCESOS GENERALES  |               |   |           | Geográfica                | Técnica | Temporal |
| Transporte por carretera en camión                                | GaBi ts       | GLO: Truck trailer de 27t payload EURO 6                                    | 2020-2023 | 2                         | 1       | 1        |
|   |               | EU-28:Articulated lorry transport incl. fuel, Euro 0-6 mix,27 t             | 2020-2023 | 2                         | 1       | 1        |
|   |               | GLO: Truck trailer de 22t payload EURO 6                                    | 2019-2022 | 2                         | 1       | 1        |
|   |               | GLO: Truck trailer de 17,3t payload EURO 6                                  | 2020-2023 | 2                         | 1       | 1        |
| Transporte por vía marítima                                       | GaBi ts       | GLO: Bulk commodity carrier (average)/ocean GLO                             | 2020-2023 | 2                         | 1       | 1        |
| <b>GESTIÓN DE RESIDUOS Y CARGAS EVITADAS</b>                      |               |   |           |                           |         |          |
| Gestión de los residuos de construcción y demolición en vertedero | GaBi ts       | EU-28: Inert matter (Unspecific construction waste) on landfill             | 2016-2019 | 2                         | 1       | 2        |
| Eliminación del palé en vertedero                                 | GaBi ts       | EU-28:Vertedero pallet (Commercial waste for municipal disposal; ES, GR, PT | 2020-2023 | 1                         | 1       | 1        |
| Incineración del palé y cartón                                    | GaBi ts       | EU-28: Commercial waste in municipal waste incineration plant               | 2020-2023 | 2                         | 3       | 1        |
| Incineración de los plásticos                                     | GaBi ts       | EU-28: Plastic packaging in municipal waste incineration plant              | 2020-2023 | 2                         | 1       | 1        |
| Eliminación de los plásticos en vertedero                         | GaBi ts       | EU-28: Commercial waste (ES, GR, PT) on landfill                            | 2020-2023 | 1                         | 2       | 1        |
| Reciclado de palés de madera                                      | GaBi ts       | ES: Crédito_Pine timber (65% humedad sin absorción)                         | 2018-2021 | 1                         | 1       | 1        |
| Reciclado de plástico   | GaBi ts       | RER: Polyethylene film (PE-L)   | 2016-2019 | 3                         | 1       | 2        |

n.a.: no aplicable

En la siguiente tabla se muestra el nivel de calidad y la puntuación utilizada para cada una de las representatividades analizadas:

Tabla A2.2 Definición de pedigrí utilizado para el análisis de la representatividad de los datos utilizados.

| Nivel de calidad | Puntuación | Representatividad geográfica   | Representatividad técnica   | Representatividad temporal  |
|------------------|------------|--|---|---|
| Muy bueno        | 1          | Datos del área estudiada   | Datos de los procesos y de los productos estudiados. El mismo estado de la tecnología aplicada según se defina en el objetivo y en el alcance (es decir, idéntica tecnología) | Inferior a 3 años de diferencia entre el año de referencia de acuerdo con la documentación y el período de tiempo para el que los datos son representativos                               |
| Bueno            | 2          | Datos promedio a partir de mayor área en la que se incluye el área estudiada | Datos de los procesos y de los productos estudiados (con tecnología similar). Evidencia de desviaciones en el estado de la tecnología, por ejemplo, subproductos diferentes   | Inferior a 6 años de diferencia entre el año de referencia de acuerdo con la documentación y el período de tiempo para el que los datos son representativos                               |
| Medio            | 3          | Datos del área con condiciones de fabricación similares                      | Datos de los procesos y de los productos estudiados, pero con distinta tecnología. Este nivel se aplica además cuando no se especifica la tecnología                          | Inferior a 10 años de diferencia entre el año de referencia de acuerdo con la documentación y el período de tiempo para el que los datos son representativos                              |
| Pobre            | 4          | Datos del área con condiciones de fabricación ligeramente similares          | Datos sobre procesos o productos relacionados   | Inferior a 15 años de diferencia entre el año de referencia de acuerdo con la documentación y el período de tiempo para el que los datos son representativos                              |
| Muy pobre        | 5          | Datos de un área desconocida o notablemente distinta                         | Datos sobre procesos relacionados pero con una escala distinta o a partir de una tecnología diferente   | Edad de los datos desconocidos o más de 15 años de diferencia entre el año de referencia de acuerdo con la documentación y el período de tiempo para el que los datos son representativos |