



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

## **Impactos ambientales del ciclo de vida de las baldosas cerámicas. Análisis sectorial, identificación de estrategias de mejora y comunicación**

Autor: Teresa Ros Dosdá<sup>(1)</sup>

Institución: Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)

e-mail: [teresa.ros@itc.uji.es](mailto:teresa.ros@itc.uji.es)

Otros Autores: I. Celades(1), E. Monfort(1), R. Moliner(1), V. Zaera(2), G. Benveniste(3), C. Cerdán(3), P. Fullana i Palmer(3)..

(1) Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). Asociación de Investigación de las Industrias Cerámicas (AICE), Universitat Jaume I. Castellón.

(2) Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER). España.

(3) Grupo de Investigación en Gestión Ambiental (GiGa). Escola Superior de Comerç Internacional (ESCI), Universitat Pompeu Fabra (UPF). España.)

## RESUMEN

Las baldosas cerámicas, como cualquier producto de origen industrial, generan impactos ambientales a lo largo de todo su ciclo de vida, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta su valorización o eliminación final del producto, pasando por su distribución, uso y mantenimiento. Conocer la magnitud y naturaleza de estos impactos es fundamental para poder focalizar los esfuerzos de reducción y, mejorar la sostenibilidad del producto frente a otros productos emergentes y materiales competidores.

Para ello, se propone la realización de un Análisis de Ciclo de Vida (en adelante ACV) de la baldosa cerámica a nivel sectorial, con el fin de obtener unos valores de referencia científicamente válidos y objetivos, sobre las diferentes cargas ambientales de la baldosa cerámica. El enfoque del ciclo de vida permite tratar los aspectos ambientales más allá de los límites locales de los sistemas analizados, evitando el problema de posible transferencia de carga ambiental entre los procesos de la cadena de producción o entre diferentes categorías de producto. La metodología de trabajo seguida para la elaboración del ACV, se basa en las normas de referencia UNE EN ISO 14040:2006 y UNE EN ISO 14044:2006.

En el proceso de obtención de los datos de inventario necesarios para la realización del ACV, han participado más de 50 empresas españolas del sector de la fabricación de baldosas cerámicas y afines, cubriendo aproximadamente el 50% de la producción española; obteniendo por tanto, unos valores de referencia válidos y suficientemente representativos para la cuantificación de las cargas ambientales de las baldosas cerámicas a lo largo de todo su ciclo de vida. Para completar los datos relativos a procesos más generales del ciclo de vida de la baldosa, como producción de energía, transportes, etc. se ha utilizado información bibliográfica y la base de datos del programa informático GaBi de PE International<sup>1</sup>.

Además, a partir de los resultados globales del proceso de fabricación de baldosas cerámicas, se han evaluado mediante un análisis de sensibilidad cuáles son los aspectos más significativos y cómo se puede incidir en ellos con el fin de mejorar la situación ambiental del producto.

Asimismo en este proyecto, los resultados del ACV también han servido como base para la redacción de las Reglas de Categoría de Producto (en adelante RCP) para los recubrimientos de materiales cerámicos, necesarias para la edición de Declaraciones Ambientales de Producto (también llamado ecoetiquetado tipo III en nomenclatura ISO). La redacción de las RCP se encuentra bajo el marco del sistema DAPc (promovido por la

<sup>1</sup> <http://www.gabi-software.com/gabi/gabi-4/>

Generalitat de Catalunya y CCATEB para materiales de la construcción), según las normas UNE-EN ISO 14025:2006 *de etiquetas ecológicas y declaraciones-tipo III Declaraciones ambientales- principios y procedimientos* y el borrador de la norma CEN prEN15804:2008 *Sustainability of construction Works-Environmental product declarations-core rules for the Product Category of Construction Products*, Así como otras RCP preexistentes. Este sistema es el único desarrollado a nivel español, siendo a nivel nacional las baldosas cerámicas, junto con los aislantes, los pioneros en la posibilidad de obtención de este distintivo.

Las entidades participantes en este estudio han sido el Grupo de Investigación de Gestión Ambiental (GiGa, ESCI-UPF) y el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC-AICE), contando con la colaboración de los asociados a la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER) como peticionario del estudio.

**Palabras Clave:** Análisis del ciclo de vida; cerámica; sostenibilidad.

## Introducción

La industria cerámica española es un sector que durante años ha representado uno de los tejidos industriales de mayor relevancia en el territorio español, superando el 40% de la producción europea, concentrada en un 94,5% en la provincia de Castellón. La situación económica actual ha propiciado que las empresas consideren un momento oportuno para evaluar y comunicar todos los esfuerzos supuestos, así como identificar otros aspectos hasta ahora no considerados, tras un periodo de adaptación a nuevos retos ambientales, impuestos por una normativa cada vez más exigente y una voluntad por desarrollar productos de elevada calidad, alcanzando así, un posicionamiento de referencia en términos de innovación, tecnología y elevada implantación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's).

Conscientes de que las baldosas cerámicas, como cualquier producto de origen industrial, genera una serie de impactos ambientales a lo largo de todo su ciclo de vida, se ha realizado un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), metodología que permite analizar y evaluar dichos impactos de forma objetiva y rigurosa para poder centrar esfuerzos en su reducción y, mejorar al mismo tiempo la sostenibilidad del producto. Para ello, el estudio se ha realizado siguiendo las normas ISO sobre ACV, (UNE EN ISO 14040:2006 y UNE EN ISO 14044:2006).

Merece la pena resaltar que la información obtenida en este tipo de trabajos permite mejorar la competitividad de un producto frente a otros alternativos o emergentes, además, el enfoque de ciclo de vida es la aproximación más apropiada para esta finalidad, ya que permite tratar los aspectos ambientales más allá de los límites locales de los sistemas analizados, evitando el problema de posibles desplazamientos a lo largo de los procesos de la cadena de producción o de diferentes categorías de impacto. Así, por ejemplo, a menudo determinadas soluciones constructivas se presentan como “ecológicas” porque mejoran aspectos ambientales muy concretos en determinadas etapas del ciclo de vida de los edificios – como puede ser su fabricación –. Sin embargo, cuando son analizadas de una manera más integrada y se consideran otras etapas del ciclo de vida – como su utilización, mantenimiento o disposición final –, estas soluciones pierden sus ventajas en comparación a otras. Por lo tanto, el enfoque de ciclo de vida, ayuda a la toma de decisiones con rigor científico a la hora de escoger las mejores tecnologías disponibles y minimizar, desde su diseño, el impacto ambiental de los productos.

Para la realización del ACV, una de las fases más determinantes es la obtención de datos de inventario, en el proceso de recabar toda esta información, han participado más de 50 empresas españolas del sector de la baldosa cerámica (fabricantes de producto acabado, atomizado, esmaltes, etc.). Las empresas participantes cubren más del 40% de la producción de baldosas y, alrededor de un 50% de la producción de gránulo atomizado del total de la producción sectorial. Para completar los datos relativos a otras etapas del ciclo de vida de la baldosa (uso y gestión de residuos) y a procesos genéricos (producción de electricidad, combustibles, transportes, etc.) se ha utilizado información bibliográfica y la base de datos del programa informático GaBi de PE International<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> <http://www.gabi-software.com/gabi/gabi-4/>

A partir de los resultados globales del proceso de fabricación de baldosas cerámicas, se han evaluado cuáles son los aspectos técnicos de producto o proceso sobre los que la empresa puede incidir con el fin de mejorar la situación ambiental del producto; para ello, se han modelizado diferentes escenarios tecnológicos.

Asimismo, otra aplicación del ACV, es la elaboración de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP), éstas – también llamadas EPD (*Environmental Product Declarations*) o ecoetiquetas tipo III según nomenclatura ISO– se basan en estudios de ACV y permiten la divulgación y difusión de información ambiental cuantificada sobre el ciclo de vida de un producto.

Para que las DAP realizadas por distintos fabricantes sean coherentes entre sí, es fundamental que sigan las mismas directrices sobre cómo aplicar la metodología del ACV. Estas directrices reciben el nombre de Reglas de Categoría de Producto (RCP) que, entre otras cosas, determinan cómo debe ser la unidad funcional, las categorías de impacto, las etapas del ciclo de vida o la calidad de los datos. Una vez desarrolladas las RCP, las empresas, de forma independiente, podrán elaborar estudios de ACV y Declaraciones Ambientales de Producto (en adelante DAP) de sus productos individuales.

La redacción de las RCP es otra de las tareas del presente estudio, para ello se han seguido las normas UNE EN ISO 14025 e ISO 21930. Las RCP se desarrollan en el marco del sistema DAPc (promovido por la Generalitat de Catalunya y CAATEB<sup>3</sup>), el primer sistema de ecoetiquetado de productos de la construcción en España. Una vez aprobadas, las empresas del sector podrán aplicarlas para obtener una ecoetiqueta tipo III verificada por tercera parte.

## Objetivos

Los objetivos del presente estudio son:

- Obtener unos valores de referencia científicamente válidos y objetivos sobre las cargas ambientales de la baldosa cerámica mediante la realización de un Análisis de Ciclo de Vida.
- Obtener información técnica, objetiva, relevante y representativa a nivel sectorial para aumentar la competitividad de las baldosas cerámicas frente a otros productos competidores o mercados emergentes.
- Identificar los aspectos técnicos de producto o proceso sobre los que la empresa puede incidir con el fin de mejorar el comportamiento ambiental del producto.
- Redactar unas Reglas de Categoría de Producto (RCP) aplicables a recubrimientos cerámicos, de forma que éstas se puedan utilizar en el desarrollo de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP).

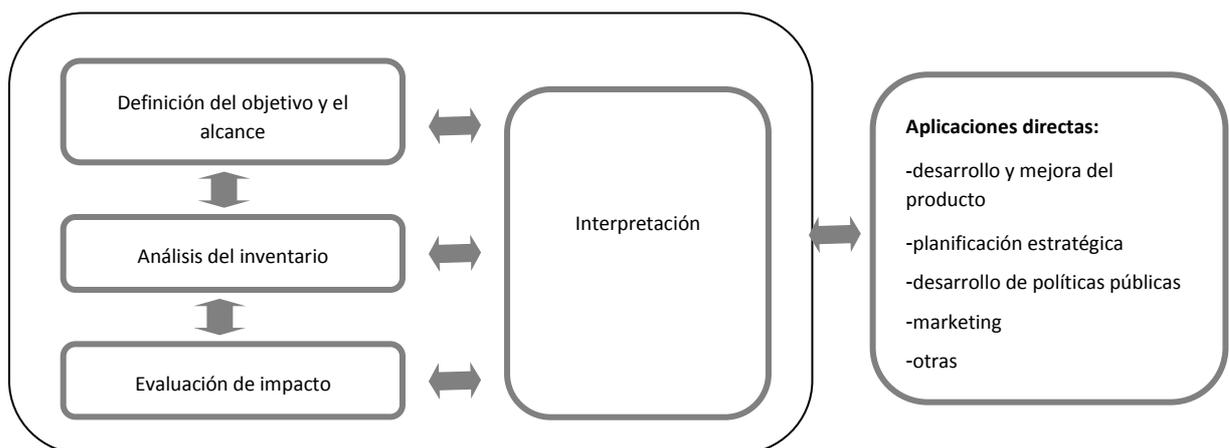
---

<sup>3</sup> Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics i Enginyers de Barcelona

## Análisis de Ciclo de Vida sectorial de baldosas cerámicas

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta válida para determinar, clasificar y cuantificar los impactos ambientales de un producto o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas que lo constituyen hasta que se convierte en un residuo (es por ello, que también es conocido como el análisis “desde la cuna a la tumba”).

La norma UNE EN ISO 14040 define el ACV como “una técnica para determinar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos potenciales asociados a estas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación a los objetivos del estudio” El ACV se estructura en cuatro grandes fases tal y como se muestra en la Figura 1 (Fullana, P. et al., 2009; Fullana, P. et al., 1997):



**Figura 1** Etapas de un Análisis de Ciclo de Vida. [Fuente: Norma UNE EN ISO 14040, 2006]

El ACV se utiliza habitualmente para identificar los principales elementos de un sistema que se deberían mejorar para disminuir su impacto ambiental a escala global, esto permite optimizar los esfuerzos destinados a tal fin. También es común utilizar esta herramienta para comparar alternativas o para estimar los efectos potenciales que puede tener un cambio en el diseño de un producto o sistema.

Otra de las aplicaciones más comunes del ACV es el cálculo de la “huella de carbono” (*Carbon Footprint*) de los productos o servicios, que coincide con el Potencial de Calentamiento Global (*Global Warming Potential, GWP*), es decir la cantidad de emisiones totales de gases de efecto invernadero asociadas al sistema analizado, siendo la unidad de medida los kg de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq.).

## Definición de objetivos y alcance del estudio

Para alcanzar los objetivos anteriormente definidos, se tendrán en cuenta los tipos de baldosas fabricadas mayoritariamente en España, así como las principales técnicas de producción existentes

En esta fase de la metodología, deben definirse claramente las características funcionales del producto que se está estudiando. La función principal de las baldosas es la de pavimentar (suelos) o revestir (paredes) con una duración definida en este estudio de 50 años. En el primer caso se aconseja utilizar Gres, dadas sus características mecánicas y niveles de absorción de agua, mientras que para el recubrimiento de paredes se aconseja el uso de azulejos, no obstante, dada la gran versatilidad de las baldosas cerámicas y el avance alcanzado en cuanto a propiedades técnicas, es posible utilizar el gres para revestir paredes.

La unidad funcional cuantifica las funciones identificadas que son objeto de estudio. Todos los datos del sistema (tanto las entradas y salidas de materia y energía) deben ir referidos a un flujo de referencia que dé respuesta a esta unidad funcional. Además, la unidad funcional permite hacer comparaciones cuando se analizan distintos sistemas. En este estudio, la unidad funcional consiste en “1m<sup>2</sup> de baldosa cerámica para recubrir paredes y suelos durante 50 años”.

En este estudio se han analizado los comportamientos ambientales de tres tipos de baldosas considerando dos coloraciones del soporte distintas. Para el revestimiento de paredes, se ha considerado el azulejo de coloración blanca (AB) y roja (AR). Para el pavimento, se han considerado el Gres Porcelánico (GP), el Gres Esmaltado de coloración blanca (GEB) y roja (GER). Esta clasificación se basa en la contemplada por la Guía de la Baldosa Cerámica–Valencia, 2006-, y en las especificaciones de la UNE EN 14411:2007 de baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado, en función de la absorción de agua.

Los límites del sistema determinan qué es lo que se incluye dentro del sistema estudiado y qué es lo que queda fuera. Normalmente, se excluyen del estudio aquellas etapas que se prevé que no serán significativas [Puig, R. et al., 2002].

En este estudio se analiza el ciclo de vida entero de todas las baldosas cerámicas estudiadas, incluyendo la extracción de las materias primas, su transporte, la fabricación del producto, su distribución hasta el punto de consumo y la gestión de sus residuos, tal y como se muestra en la Figura 2.

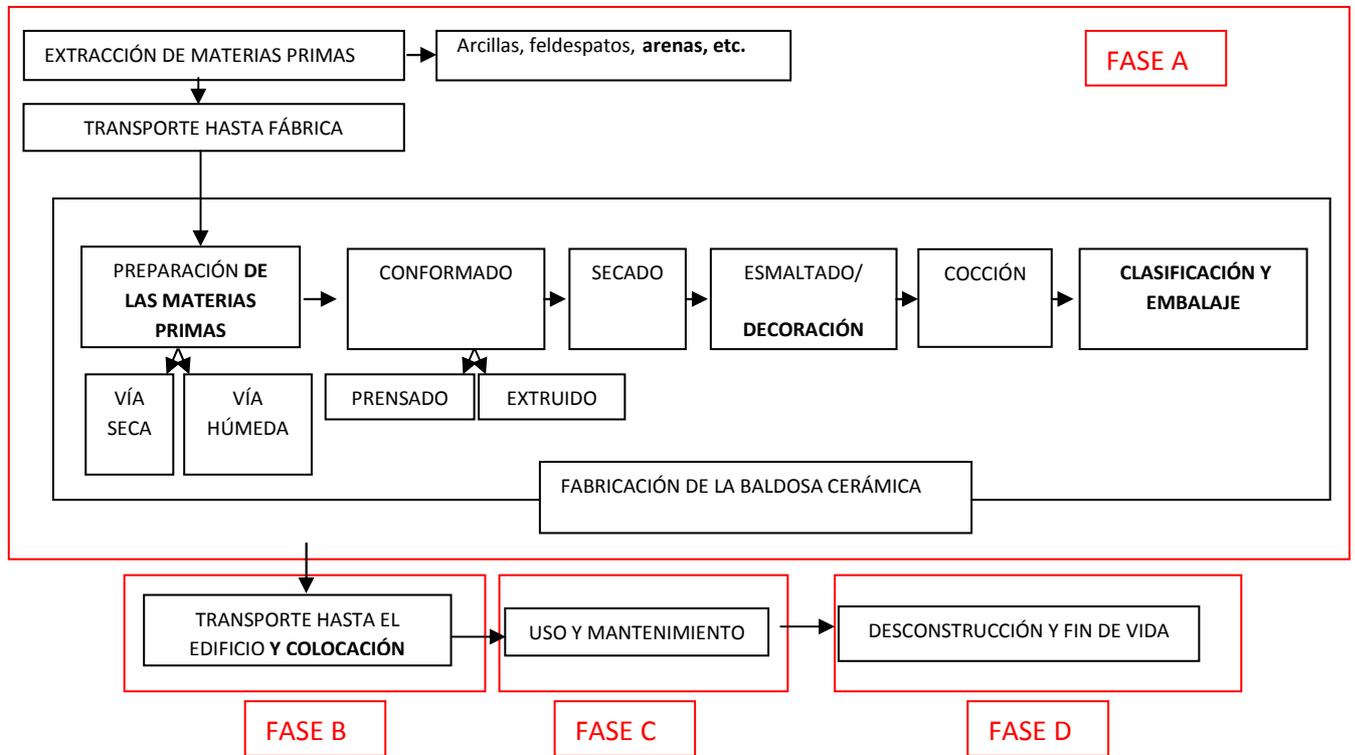


Figura 2 Sistema analizado (Fuente: ITC y ASCER, 2008)

Los elementos que **quedan fuera del sistema** analizado son:

- 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 al resto de procesos que sí se incluyen.
- Consumos de energía o emisiones producidas por las baldosas en su **etapa de utilización**, es decir, una vez colocadas, puesto que los impactos ambientales asociados a esta etapa son despreciables tanto en masa como en energía o en importancia ambiental. Sin embargo, sí se tendrán en cuenta parámetros como los impactos generados por los materiales durante la colocación de la baldosa sobre el pavimento.
- **El proceso de reciclaje de los distintos residuos** generados a lo largo del ciclo de vida de las baldosas cerámicas debido al método de asignación de cargas aplicado.

De la misma manera, se han considerado como despreciables los impactos generados por aquellas materias primas que componen la baldosa cuyo peso es inferior al 1 % sobre el peso total de la baldosa.

## Análisis del inventario

El inventario recoge las entradas y salidas de cada uno de los procesos que se incluyen en los límites del sistema estudiado. Los datos de inventario se han obtenido a partir de datos agregados de procesos en algunos casos y datos de procesos unitarios en otros, según la disponibilidad de datos en las empresas. Al tratarse de un análisis a nivel sectorial, los datos utilizados para el análisis son promedios ponderados en función de la producción, establecidas entre un número representativo de fabricantes del sector, no pudiendo atribuir, por tanto, los datos y los resultados a un único fabricante. La recogida de datos se ha realizado mediante cuestionarios, compilando información sobre consumos y orígenes de las materias primas y energía utilizadas (energía térmica o eléctrica), consumos de agua, materiales de embalaje, sistemas y distancias de transporte de las baldosas, residuos producidos y emisiones directas producidas en la fábrica.

Los cuestionarios han sido distribuidos entre las empresas asociadas a ASCER, tanto de ciclo completo (fabricación de gránulo atomizado de materiales cerámicos y producción de baldosas), ciclo parcial (fabricación de baldosas cerámicas a partir de la compra de gránulo atomizado), así como a las que únicamente producen gránulo atomizado (denominadas comúnmente “empresas atomizadoras”). Del total de las empresas asociadas a ASCER, 56 empresas contestaron y completaron el cuestionario, representando alrededor del 50% de la producción total de baldosas cerámicas en España. Además, con el objeto de asegurar la consistencia de los datos, se realizaron visitas a las empresas para verificar y completar “in situ” la información del cuestionario.

### Fase A-Fabricación

La Tabla 1 resume la composición media de las principales materias para una baldosa cerámica genérica.

**Tabla 1 Información recogida para el inventario en la etapa de fabricación**

ENTRADAS		
Materias primas baldosa	Arcilla	
	Feldespatos	
	Caolines	
	Carbonatos	
	Silicatos	
	Material recuperado durante el proceso	
	Esmalte genérico	Arcillas
		Feldespatos
		Cuarzo
		Otros
Pigmentos		

Las materias primas provienen de diferentes orígenes: provinciales, nacionales, europeos y del resto del mundo. Para poder evaluar el impacto ambiental provocado por la fase de transporte de las materias primas, el modelo creado permite seleccionar el tipo de transporte y la distancia, en función del origen de cada materia prima.

Respecto al consumo energético, tanto eléctrico como térmico en la etapa de fabricación, cabe citar que a nivel sectorial, el gas natural el combustible mayoritariamente utilizado como energía térmica en las etapas de secado por atomización, secado de las piezas y cocción; además, una parte de las empresas encuestadas disponen de plantas de cogeneración en el etapa de molturación, donde se genera, además de calor, una cantidad de energía eléctrica que es vendida al gestor de energía eléctrica. Esta producción ha sido considerada como una carga evitada en el sistema, ya que se reintroduce una parte de la electricidad consumida.

Otro aspecto significativo en la fabricación de baldosas cerámicas son la emisiones atmosféricas generadas directamente durante la fabricación, por ello, para poder caracterizarlas, se han tomado históricos de más de 5 años de medidas experimentales realizadas por la Unidad de Medio Ambiente del Instituto de Tecnología Cerámica-AICE asimismo, mediante este proyecto también se han realizado medidas experimentales de emisiones difusas de partículas, canalizadas frías (partículas) y calientes (procedentes de los procesos de combustión) en aquellos focos donde la representatividad tecnológica y temporal de estos datos no eran suficientes. Además de las emisiones directas, el modelo permite también calcular las emisiones no directas, es decir, no identificables por el productor, que pueden tener origen en el transporte, fabricación de determinadas materias primas o en la producción de energía primaria.

Los vertidos de agua se han desestimado ya que las plantas o bien poseen plantas de tratamiento de aguas residuales o bien se reintroducen directamente en el proceso como materia prima, tal y como también sucede con los residuos de productos cocidos y sin cocer, conocidos en el sector como tiesto.

Finalmente, las últimas etapas del proceso de fabricación son la clasificación que suele ser visual o mecanizada y el embalaje. Para este último se utiliza cartón corrugado, película de polietileno, flejes y palets, algunos reutilizables (europalés) y otros de un solo uso; el modelo ha previsto la cuantificación del embalaje para cada tipo de baldosa, su producción y su llegada a la planta de fabricación de baldosas.

## **Fase B Transporte e instalación de las baldosas cerámicas**

El sector cerámico produce baldosas que son comercializadas en todo el mundo; se estima que la producción total de baldosas va destinada a las siguientes regiones (Tabla 2).

Tabla 2. Destino de las baldosas cerámicas

Destino	Medio de transporte y distancia	Ventas [%]
España	Camión 27 t, 500 km	47
Europa	Camión 27 t, 2000 km	28
Resto del mundo	Carguero transoceánico, 5000 km	25

[Fuente: ASCER 2007]

La colocación de las baldosas se realiza de modo manual y se ha considerado que se utiliza mortero cola para su fijación, éstos 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. La cantidad de mortero adhesivo depende del tipo de baldosa, y oscila entre los 1.5 kg por m<sup>2</sup> de azulejo, hasta los 3.5 kg por m<sup>2</sup> de gres a instalar. Además se ha considerado el agua necesaria para formar la pasta adhesiva, cuya proporción es de 1:4.

Durante la colocación del material se generan los residuos de los embalajes de las baldosas cerámicas, cuya gestión es responsabilidad del cliente que recibe la mercancía.

Con el objeto de definir los posibles escenarios de gestión de estos residuos, se han aplicado las normativas y estadísticas representadas en el escenario del receptor. Para ello, se han utilizado los siguientes modelos con tres escenarios diferentes: gestión de residuos en España, en Europa y resto del Mundo utilizando los datos medios de recogida selectiva de los diferentes tipos de residuos tal y como se muestra en la Tabla 3. (Datos Plan Nacional de Integral de Residuos y Eurostat).

Tabla 3. Gestión de los residuos de embalaje según área geográfica de destino

Tipo de gestión de residuos		España	Europa	Mundo
Cartón	Incineración	20%	2%	20%
	Vertedero	10%	24%	10%
	Reciclaje	70%	74%	20%
Película de polietileno	Incineración	14%	26%	10%
	Vertedero	66%	47%	70%
	Reciclaje	20%	27%	70%
Palé de madera	Incineración	47%	20%	20%
	Vertedero	9%	42%	50%
	Reciclaje	44%	38%	30%

### Fase C- Uso y mantenimiento

En esta fase se considera la limpieza de las baldosas utilizando agua y detergente líquido como agentes de limpieza, asimismo se ha supuesto una determinada frecuencia a lo largo de su vida útil que depende del uso que se hace de las baldosas y de los hábitos de cada persona, pudiendo simplificarse en estos tres escenarios (véase Tabla 4). Los datos representan los consumos de agua y detergente por lavado referidos a 1 m<sup>2</sup> de baldosas, dichos escenarios siguen las premisas planteadas por Paulsen, J. 1999.

Tabla 4. Escenarios de mantenimiento y limpieza

Material limpieza	Uso residencial	Uso comercial	Uso sanitario
Agua por lavado (kg/m <sup>2</sup> )	0,1	0,1	0,1
Detergente por lavado (kg/m <sup>2</sup> )	0,0006	0,0006	0,0006
Frecuencia de lavado (número de veces/semana)	1	7	14
Vida media estimada de la baldosa (años)*	50	50	50

\* Se ha estimado igual que la vida útil del edificio según UNE EN 14411: 2007 Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado.

## Fase D- Demolición y fin de vida

Esta fase pertenece a la actividad de demolición y posterior gestión de los residuos sólidos generados, considerándola como el final de la vida útil de la baldosa cerámica. Teniendo en cuenta que las baldosas representan un 0,32% sobre el peso total del edificio, el consumo energético asociado a su arranque puede ser, por lo tanto desestimado. Sin embargo, una vez demolido el edificio, se ha considerado que las baldosas son depositadas en vertederos como material inerte de construcción, tal como se indican en el informe del Plan Nacional Integrado de Residuos (2006), anexo 6, Residuos de la construcción. Se han considerado los impactos ambientales de este tipo de gestión y aquellos asociados al transporte del material de demolición hasta el vertedero (50 km).

## Evaluación de impactos e interpretación

Las categorías de impacto ambiental escogidas se encuentran entre las recomendadas por la guía operativa de aplicación de las normas ISO de ACV de [Guinée, J. et al., 2001], (

Tabla 5)

Tabla 5. Indicadores de impacto utilizados

<b>Categoría de impacto</b>	<b>Agotamiento de Recursos Abióticos (PARA)</b>
Resultado del inventario:	extracción de minerales y combustibles fósiles (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	potencial de agotamiento para cada extracción de minerales y combustibles fósiles (kg de Sb equivalente/kg extraídos)
<b>Categoría de impacto</b>	<b>Acidificación (PA)</b>
Resultado del inventario:	emisiones de sustancias acidificantes (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	potencial de acidificación de cada emisión ácida (kg de SO <sub>2</sub> equivalente/kg de emisión ácida)(kg de SO <sub>2</sub> equivalente)
<b>Categoría de impacto</b>	<b>Calentamiento Global (PCG)</b>
Resultado del inventario:	emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	potencial de calentamiento global de cada gas de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años (kg de CO <sub>2</sub> equivalente/kg de gas de efecto invernadero)
<b>Categoría de impacto</b>	<b>Formación de foto-oxidantes (PFOF)</b>
Resultado del inventario:	emisiones de sustancias (VOC, CO) al aire (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	potencial de creación de ozono fotoquímico de cada emisión de VOC o CO al aire (kg de etileno equivalente/kg de emisión foto-oxidante)
<b>Categoría de impacto</b>	<b>Potencial de agotamiento del ozono estratosférico (PAOE)</b>
Resultado del inventario:	Emisiones de sustancias al aire (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	Potencial de agotamiento de cada emisión en el aire (kg de R11 equivalente/kg de emisión)
<b>Categoría de impacto</b>	<b>Eutrofización (PE)</b>
Resultado del inventario:	emisiones de nutrientes al aire, agua o suelo (en kg)
Factor de caracterización y unidades del indicador	potencial de eutrofización de cada emisión eutrofizante en el aire, agua o suelo (kg de <sup>PO3-4</sup> equivalente/kg de emisión eutrofizante)

Además de estas categorías, en la evaluación de impactos se han incluido una serie de indicadores de flujo para ayudar a la toma de decisiones y la interpretación de resultados. Estos indicadores son:

- **Consumo de energía primaria:** cantidad total de energía calorífica bruta consumida por el sistema, procedente tanto de recursos renovables como no renovables, teniendo en cuenta tanto los consumos directos para la fabricación del producto, como los indirectos derivados de las actividades para la obtención de la energía directa. Unidad de medida: Mega Joules (MJ).
- **Consumo de agua:** cantidad total de agua dulce consumida por el sistema. Se calcula sumando la cantidad de todos los consumos de agua que se producen a lo largo del ciclo de vida del producto. Unidad de medida: kilogramos (kg).

En la Tabla 6 se muestran los valores obtenidos de las categorías de impacto seleccionadas para cada tipo de baldosa analizada:

Tabla 6. Perfil ambiental de las baldosas cerámicas analizadas

Tipología	Unidades	Gres porcelánico	Azulejo rojo	Gres esmaltado blanco	Gres esmaltado rojo	Azulejo blanco
<b>Agotamiento de Recursos Abióticos (PARA)</b>	kg de Sb eq.	7,05E-02	6,53E-02	7,09E-02	6,29E-02	7,54E-02
<b>Potencial de Acidificación(PA)</b>	kg de SO <sub>2</sub> eq.	7,41E-02	5,91E-02	6,74E-02	5,95E-02	6,96E-02
<b>Potencial de Eutrofización (PE)</b>	kg de PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> eq.	9,26E-03	8,24E-03	9,12E-03	8,37E-03	8,92E-03
<b>Potencial de Calentamiento Global (PCG)</b>	kg de CO <sub>2</sub> eq.	1,25E+01	1,28E+01	1,29E+01	1,16E+01	1,43E+01
<b>Potencial de Agotamiento Ozono (PAOE)</b>	kg de R11 eq	1,90E-06	1,80E-06	1,90E-06	1,78E-06	1,89E-06
<b>Potencial de Formación de Ozono fotoquímico (PFOF)</b>	kg de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.	1,16E-02	1,06E-02	1,13E-02	1,06E-02	1,14E-02
<b>Consumo de Energía Primaria</b>	MJ	2,24E+02	2,10E+02	2,26E+02	2,05E+02	2,35E+02
<b>Agua</b>	kg	3,44E+02	3,32E+02	3,38E+02	3,21E+02	3,37E+02

En la siguiente figura se puede observar la contribución de cada etapa del ciclo de vida al valor total de cada una de las categorías de impacto evaluadas. Puesto que el patrón es el mismo para todos los tipos de baldosas, sólo se presentará un valor medio:

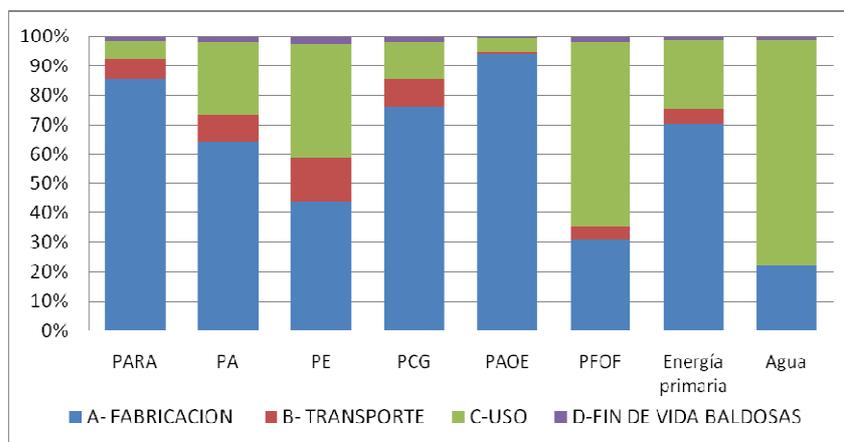


Figura 3 Contribuciones de las fases del ciclo de vida a las categorías de impacto estudiadas

Como se puede observar, las fases que más influyen en los indicadores de energía primaria y agua es la etapa de fabricación y uso.

Como energía primaria se contabiliza la energía eléctrica y la térmica consumida en todo el ciclo de vida de las baldosas cerámicas, tanto la consumida directa como indirectamente. Concretamente, el consumo directo de energía térmica se produce en el proceso de secado por atomización, secado de piezas y cocción, además, otro porcentaje significativo es el correspondiente a los combustibles utilizados en los transportes y la energía requerida para la extracción de materias primas, agua, la fabricación de detergente y procesado de otras materias auxiliares como los embalajes.

En cuanto al consumo de agua, el mayor consumo se produce durante la etapa de uso, derivados de la limpieza de la baldosa durante 50 años de vida útil. Esta actividad se encuentra sujeta a los hábitos del usuario, de la ubicación de la baldosa y del escenario en la que se encuentre, por lo que se considera un dato subjetivo. Sin embargo, cabe destacar que la actividad de limpieza es aplicable a cualquier tipo de recubrimiento, independientemente de la naturaleza del material, con la ventaja que su limpieza no requiere un consumo energético. Además, dada la elevada durabilidad de las baldosas no es necesario sustituirlas durante el arco temporal considerado, a diferencia de lo que puede ocurrir con otros materiales alternativos.

## Identificación de estrategias de mejora

Con el objeto de identificar estrategias de mejora, los autores han realizado un análisis de sensibilidad aplicando algunas hipótesis para observar la influencia de estas variaciones en los resultados finales del ACV. Concretamente, las relativas al peso de las baldosas y consumo energético durante la producción de las mismas.

Peso de las baldosas: la variación del peso de las baldosas afecta a la cantidad de materias primas utilizadas para su fabricación, con influencia en la energía primaria requerida, emisiones atmosféricas, transportes, etc. Para ello, se ha analizado cómo afecta la variabilidad de peso encontrada entre los distintos fabricantes participantes en el estudio, observándose el cambio más significativo en el azulejo, un 13%. Así pues, se ha

tomado este valor como referencia en el establecimiento de los distintos escenarios. Los resultados han determinado que para obtener una variación significativa (superior al 10%) el peso de la baldosa debería variar en un 50% aproximadamente tal y como se muestra en la siguiente figura.

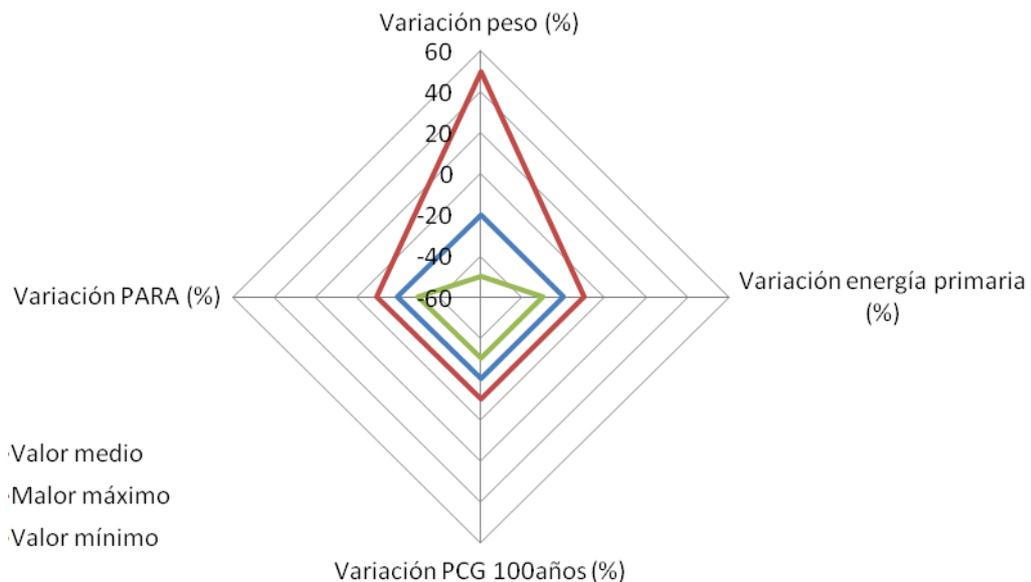


Figura 4 Variaciones en las categorías de impacto según las variaciones del peso de la baldosa

**Consumo energético:** Para determinar la significancia de la variación de energía térmica en el resultado final del ACV de la baldosa, se ha realizado una identificación de aquellas etapas del ciclo de vida con alcance de maniobra donde poder reducir el consumo energético. Concretamente, se ha determinado que la etapa donde mayor margen de maniobra tienen es en la etapa de secado de las piezas, ya que, dependiendo del diseño de la planta de fabricación, puede ser posible recuperar el calor residual de la etapa de cocción para ser reintroducidos en los secaderos, tal y como se indica en la literatura<sup>4</sup>. Por tanto, se ha aplicado una hipótesis de reducción del 50% en la etapa de secado e incluso la eliminación al 100% de este consumo.

Esta hipótesis ha dado como resultado una reducción de 1,4 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes (8% del total del impacto de potencial de calentamiento global), que aunque a priori no parezca significativo, si se extrapola al total de la producción en 2008, puede evitar la emisión de casi 600.000 t de CO<sub>2</sub> equivalentes cada año.

<sup>4</sup> Bovea, et al. "Environmental performance of ceramic tiles: improvement of proposals". Materials and Design, 17 July, 2009

## Comunicación Ambiental

En los últimos años, los fabricantes de baldosas han realizado un gran esfuerzo en materia ambiental, propiciado por una parte para dar cumplimiento a los nuevos y numerosos requisitos legales aplicables a la etapa de fabricación y por otra, por satisfacer requerimientos de grupos de interés, como clientes, accionistas, Administración, ONG's, etc., colectivos cada vez más solidarizados con el medio ambiente.

Por otro lado, la aparición de nueva normativa aplicable a otras etapas del ciclo de vida, concretamente a la fase de uso, como los Códigos Técnicos de Edificación y la difícil situación económica que actualmente se está sufriendo en el sector, ha favorecido el interés de las empresas por posicionarse en un elevado grado de competitividad para fabricar productos con mayor calidad, considerando el medio ambiente como un aspecto más en su toma de decisiones, otorgándole al producto un elevado valor añadido

Sin embargo, durante estos años de retos ambientales en el que han conseguido alcanzar un posicionamiento de referencia en términos de innovación, tecnología y elevada implantación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTDs), el sector no había establecido una estrategia de comunicación basada en los criterios ambientales y no fue hasta el 2008 cuando consideraron el momento oportuno para evaluar y comunicar todos estos esfuerzos, así como identificar otros aspectos hasta ahora no considerados.

Por ello, tras haber determinado de forma objetiva y rigurosa el perfil ambiental de las baldosas cerámicas, se consideró que el mejor modo de comunicarlo era a través de Declaraciones Ambientales de Producto (DAP).

Las DAP o etiquetas ecológicas de tipo III según nomenclatura ISO, permiten la divulgación y difusión de información cuantificada sobre el ciclo de vida de un producto. A menudo, esta información ha sido verificada por una tercera parte independiente y consiste en datos relevantes sobre los impactos ambientales generados por un producto a lo largo de su ciclo de vida; por tanto, estas DAP se basan en estudios de Análisis de Ciclo de Vida. Sin embargo, para que estas DAP de productos con la misma funcionalidad puedan ser comparadas entre sí, los estudios de ACV deben estar realizados bajo las mismas directrices, llamadas Reglas de Categorías de Producto (RCP). Estas RCP entre otras cosas, determina cuál debe ser la unidad funcional aplicada, las categorías de impacto evaluadas, los límites del sistema estudiado o los requisitos de calidad de los datos utilizados.

La obtención de una DAP ofrece varias ventajas competitivas por dos motivos principalmente:

- Permiten demostrar el cumplimiento de criterios ambientales exigidos por determinadas certificaciones voluntarias sobre edificación sostenible.
- Ayudan a cumplir especificaciones obligatorias impuestas por la legislación de algunas Comunidades Autónomas, como la de Catalunya con el Decreto 21/2006 de Ecoeficiencia en la Edificación, que entre otras premisas, obliga que *"al menos una familia de productos de los utilizados en la construcción del edificio, entendiendo como familia el conjunto de productos destinados a un mismo uso, deberán disponer de un distintivo de garantía de calidad ambiental de la Generalitat de Catalunya, etiqueta ecológica de la Unión Europea o cualquier otra etiqueta ecológica de tipo I, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 14024/2001 o tipos III, de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 150025/2005 IN"*

En el momento de aprobación de dicha legislación, la Generalitat de Catalunya comenzó a promover un sistema de etiquetado tipo III en el sector de la construcción, DAPc, para que empresas o sectores colaboraran a la hora de redactar las anteriormente citadas Reglas de Categoría de Producto. Así pues, ASCER (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos) como representante de los fabricantes de baldosas cerámicas, apoyó el desarrollo de este etiquetado, siendo sector pionero de la Comunidad Valenciana en el desarrollo de estas PCR cuya base en la redacción ha sido el ACV de las baldosas cerámicas a nivel sectorial expuesto en puntos anteriores.

El procedimiento esquemático seguido para alcanzar estos objetivos ha sido el expuesto en Figura 5.

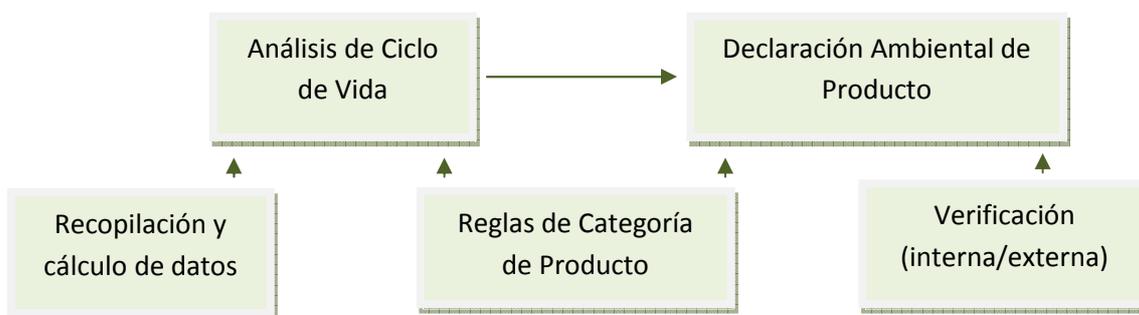


Figura 5 Procedimiento general de desarrollo de una Declaración Ambiental de Producto

En la redacción de las RCP para materiales de recubrimiento cerámico se han seguido las normas UNE EN ISO 14025 e ISO 21930 y el borrador prEN 15804, además se han consultado las RCP desarrolladas en otros sistemas, en particular en el sistema de RCP para la preparación de EPD de Environdec (Swedish Environmental Management Council).

Una vez elaborado el primer borrador de las RCP, se sometió a exposición pública, para que empresas y organizaciones del sector presentaran sus comentarios y opiniones sobre los contenidos de las mismas, asegurando así la participación de las diferentes partes interesadas en el proceso de elaboración de las RCP.

Se considera necesario indicar que los impulsores del sistema DAPc tienen la voluntad de que éste sea compatible con otros sistemas de ecoetiquetado tipo III, como por ejemplo el sistema internacional "Environmental Product Declaration" administrado por el International EPD Consortium.

Además, el sistema es totalmente compatible con el artículo 6.2. del Decreto 21/2006 de la Generalitat de Catalunya, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios, dado que las DAP resultantes serán etiquetas tipo III de acuerdo con la norma UNE ISO 14025. Por otro lado, cabe recordar que el Código Técnico de la Edificación (CTE), en su capítulo 2 (párrafo 5.2.4), hace referencia a la posibilidad de que las Administraciones Públicas competentes reconozcan las certificaciones medioambientales que consideren el análisis del ciclo de vida de los productos. La Orden VIV/1744/2008, por la que se regula el registro general del CTE,

contempla en su apartado 2.2.c.3 la inscripción en el registro las certificaciones ambientales del análisis del ciclo de vida de los productos y otras evaluaciones ambientales de los edificios.

## Conclusiones

El sector de la baldosa cerámica está sufriendo directamente las consecuencias de la crisis económica global que ha afectado especialmente al sector de la construcción en España. En momentos como este, un estudio de este tipo, además de ser relevante, constituye una herramienta muy valiosa a la hora de afrontar las dificultades y detectar aquellos potenciales de mejora.

Conocer las principales problemáticas de carácter ambiental relativas a la producción, distribución, uso y gestión del fin de vida asociadas a la baldosa cerámica es fundamental para desarrollar planes estratégicos de diferenciación e innovación del producto basados en la variable ambiental. La información que ha obtenido ASCER mediante el estudio a escala sectorial es explotable tanto a nivel industrial como a nivel de comunicación, pues además de identificar las variables susceptibles de mejora, también es útil para obtener argumentos científicos que apoyen sus campañas de comunicación de este sector industrial.

El esfuerzo de investigación y recopilación de datos de inventario realizado para este ACV ha sido sumamente útil a la hora de redactar las Reglas de Categoría de Producto. Aprobadas en junio del 2010, los fabricantes de baldosas cerámicas tras realizar un ACV de sus productos siguiendo las directrices contenidas en las RCP, podrán obtener una Declaración Ambiental de Producto que deberá ser verificada y registrada adecuadamente. Estas DAP podrán ser utilizadas tanto por el fabricante para conocer mejor su sistema productivo y poder optimizarlo y también como herramienta de marketing y comunicación ambiental, útil para ser utilizada como criterio de compra.

## Agradecimientos

El proyecto ha sido realizado para ASCER mediante el apoyo financiero del IMPIVA (Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana de la Generalitat Valenciana) y los Fondos FEDER, a través de los Planes Sectoriales de Competitividad con número de expediente IMPCNC/2008/124.

## Referencias

1. Argüello Méndez, T. y Cuchí Burgos, A.: “Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10x10 con Techo-Chiapas del CYTED”, Mater. Construcc., Vol.60, nº509 (2008), pp. 25-34

2. Fullana P, Gazulla C, Bala A, Chiva P, Fabregó L, Vidal M.: “Guía de Aplicación Ecojoguina. Generalitat de Catalunya”. Barcelona (ISBN 9788439378914), (2009) pp.41-42.
3. Fullana, P. y Puig, R.: “Análisis del Ciclo de Vida”. Ed. Rubes, Barcelona (ISBN 8449700701), (1997) pp. 12-14.
4. González, M., Miralles, A. (ASCER); Monfort, R., Montón, L., Castaño, J.R. (COACV); Mazarredo, F.C., Palencia, J.J. (CIT); García, A., Enrique, J.E., Silva, G. (ITC); Benedé, R. (ANFAPA); García, M. (CEMARKSA); Pla, F., Pascual, J. (IVE).”Guía de la baldosa cerámica Valencia”: Instituto Valenciano de la Edificación, (5ª ed.). Valencia (ISBN: 84-96602-20-6), (2006) pp 21-37
5. ISO 21930:2007 Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products
6. Minguillón Bengochea, M.C.: Tesis Doctoral. “Composición y fuentes del material particulado atmosférico en la zona cerámica de Castellón: Impacto de la introducción de las mejores técnicas disponibles”. Universitat Jaume I, Castellón, 2007.
7. Monfort, E.; Celades, I.; Sanfelix, V.; Gomar, S. : “Estimación de emisiones difusas de PM10 y rendimiento de Mejores Técnicas Disponibles 's en el sector cerámico”. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, 48 (1), 15-24, 2009
8. Monfort, E.; García-Ten, J.; Celades, I.; Gomar, S. Monitoring and possible reduction of HF in stack flue gases from ceramic tiles. *J. Fluorine Chem.*, 2009.
9. Paulsen, J. Service life prediction for floor coverings. En: Lacasse, M.A.; Vanier, D.J. (Eds.) Durability of building materials and components. Ottawa: NRC, 1999, pp. 1467-1474
10. Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR) 2007-2015. Ministerio de Medioambiente, 2006
11. prEN 15804:2008 Sustainability of construction Works – Environmental product declarations – Core rules for the Product Category of Construction Products.
12. Product-Category Rules (PCR) for preparing an environmental declaration (EPD) for Building products, PCR 2006:02. Version 1.0. 2006-02-22. The Swedish Environmental Management Council.
13. Puig, R. et al; “Llibre didàctic d’Anàlisi del Cicle de Vida (ACV)” Xarxa temàtica Catalana d’ACV. Edició disponible digital [http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/ipp/lilibre\\_acv.pdf](http://mediambient.gencat.net/cat/empreses/ipp/lilibre_acv.pdf) (2002) p. 4.
14. RCP, 2010. Reglas de Categoría de Producto (RCP) para productos de recubrimiento cerámico RCP 002 Versión 1 (2010)
15. UNE-EN 14411: 2007 Baldosas cerámicas. Definiciones, clasificación, características y marcado
16. UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia (ISO 14040:2006)
17. UNE-EN ISO 14044:2006 Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices (ISO 14044:2006).

18. UNE-ISO 14025:2007 Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos (ISO 14025:2006)
19. Software de ACV GaBi: <http://www.gabi-software.com/gabi/gabi-4/>