



Desarrollo de una herramienta ágil y eficiente para el análisis y la comunicación ambiental

Autor: Teresa Ros Dosdá

Institución: Instituto de Tecnología Cerámica (ITC)

Otros autores: Gabriela Benveniste (Cyclus Vitae Solutions, S.L.); Irina Celades (Instituto de Tecnología Cerámica); Victoria Zaera (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos); Cristina Gazulla (Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climát

Resumen

La coyuntura actual, caracterizada por la globalidad de mercados y por la crisis económica, ha supuesto que sectores industriales tradicionales como el sector de las baldosas cerámicas, busquen una mejora de su competitividad a través de factores de diferenciación basados en gran parte por argumentos ambientales.

En este sentido, la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos que, durante los últimos años ha promovido entre sus asociados, políticas de **minimización de los impactos ambientales** generados en el proceso productivo y en los productos, ha querido también adaptarse a estos nuevos tiempos y ha iniciado y apoyado una línea de trabajo cuyo principal objetivo ha sido disponer de una información ambiental válida que permitiera a todos sus asociados, tanto a nivel individual como colectivo, estar en posición de responder ante la demanda de este tipo de información por parte de los diferentes grupos de interés.

El método escogido como canal de comunicación ambiental han sido las denominadas **Declaraciones Ambientales de Producto (ecoetiquetado tipo III según nomenclatura ISO)**, ya que es el mecanismo de comunicación ambiental que goza actualmente de mayor prestigio debido a la objetividad en el proceso de obtención, y por su contenido en información relevante y entendible sobre los productos.

La complejidad técnica y tiempo de dedicación que conlleva el proceso de consecución de una Declaración Ambiental de Producto se corresponde básicamente a la elaboración del Análisis de Ciclo de Vida que lleva asociado. En el caso de la industria de baldosas cerámicas, este hecho se ha visto subsanado gracias a la madurez y homogeneidad del sector. Estas características han hecho posible el desarrollo de una **herramienta informática** de simple manejo, la cual, a partir de la introducción de parámetros específicos facilitados por el propio fabricante de baldosas y de sus proveedores, permiten obtener en un plazo de tiempo relativamente corto, estudios de Análisis de Ciclo de Vida y borradores de Declaración Ambiental de Producto acordes a las Reglas de Categoría de Producto para recubrimientos cerámicos del programa AENOR GlobalEPD. Por otro lado, la verificación de esta herramienta desarrollada a partir de estudios sectoriales, optimiza los procesos de verificación de Declaraciones Ambientales de Producto individuales, de forma que se reducen los correspondientes costes.

Palabras claves: Análisis de Ciclo de Vida, Declaración Ambiental de Producto, Reglas de Categoría de Producto.

INTRODUCCIÓN

El sector español de baldosas cerámicas tradicionalmente ha ocupado una posición de liderazgo en el mundo. Sin embargo, al igual que otros sectores presentes en mercados internacionales, en los últimos años se ha visto expuesto a una creciente competencia de nuevos países productores de baldosas cerámicas. En algunos casos, estos países tienen inferiores exigencias en cuanto a condiciones sociales y ambientales, y en otros casos, se compete con países en los que se está realizando un importante esfuerzo de I+D, adaptando su estructura y estrategias para ofrecer nuevos y mejores productos, así como mejores prestaciones de calidad y diseño. Además, estos países a través de políticas ambientales, están promoviendo un uso sostenible de los recursos, favoreciendo a aquellos productos, que o bien presentan un mejor comportamiento ambiental o bien facilitan información ambiental cualificada y objetiva.

En este sentido, el sector de baldosas cerámicas español, ha apostado por la implantación de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) con el objetivo de orientarse hacia una producción más sostenible, al menos, desde el punto de vista ambiental. De hecho, son numerosos los trabajos que se han llevado a cabo para controlar y disminuir las emisiones atmosféricas durante el proceso productivo, optimizar el consumo energético, y en general tener un mayor conocimiento de los impactos ambientales generados durante el proceso, puesto que para establecer estrategias de mejora, se requiere identificar, cuantificar y calificar, tanto los recursos utilizados como los diferentes impactos generados.

Además, las empresas de baldosas cerámicas, a través de su asociación empresarial, Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y pavimentos cerámicos (en adelante, ASCER), conscientes de la importancia de los temas ambientales, buscan implantar planes estratégicos con actuaciones de rápida respuesta y perdurables en el tiempo, basados en la búsqueda de argumentos de diferenciación, no únicamente para seguir creciendo, sino también para sobrevivir en mercados donde la variable ambiental es un criterio importante en las compras públicas y privadas. Además, se ha apostado por dotar a estas estrategias de un gran componente de visibilidad, ya que se ha comprobado que los esfuerzos en I+D+i orientados a la contribución del desarrollo sostenible no son rentables económicamente si no se hacen visibles.

En el planteamiento de esta estrategia de difundir y comunicar el comportamiento del sector de las baldosas cerámicas y de sus productos, ha sido necesario considerar los datos actuales de exportación, ya que éste es uno de los principales motores de supervivencia. Tal y como indican las cifras, durante el año 2011, el crecimiento de las exportaciones supera el 7% del año anterior, con cifras cercanas a los 2.000 millones de euros [9]. Teniendo en cuenta que una sola empresa puede exportar a más de 50 países que exigen diferentes requisitos ambientales, se hace necesario buscar una fórmula que permita comunicar los logros obtenidos en materia ambiental de una forma eficiente y “fácilmente reconocibles” o al menos, identificables en cualquier país potencialmente importador de baldosas cerámicas españolas.

En este sentido, es necesario considerar la importancia que ha adquirido en la última década el concepto de **construcción sostenible**, el cual ha fomentado el desarrollo de numerosas iniciativas y herramientas de cálculo para estudiar y limitar los impactos

ambientales, especialmente en la fase de uso del edificio (Código Técnico de la Edificación, Lider, Calener, CERMA, etc.). Sin embargo, se ha encontrado una carencia de herramientas para la cuantificación de los impactos ambientales debidos a la extracción de materias primas y fabricación de los productos que lo componen [16].

Para subsanar esta carencia, existen iniciativas para desarrollar herramientas o metodologías para el cálculo del impacto ambiental del edificio desde una perspectiva del ciclo de vida, las cuales requieren información ambiental de los productos/materiales de construcción, generalmente, aquella contenida en las Declaraciones Ambientales de Productos (en adelante DAP), por ser el único mecanismo de comunicación normalizado que ofrece información ambiental detallada de los mismos. Sin embargo, los fabricantes tienen grandes dificultades para poder ofrecer esta información, dado que su elaboración es un proceso costoso y complicado.

El sector de las baldosas cerámicas español, conocedor de esta realidad, ha promovido a través de ASCER varios estudios a escala nacional, contando para ello con la colaboración de grupos de expertos, tanto en procesos industriales como en técnicas de análisis ambiental, como son la Cátedra UNESCO del Ciclo de Vida y Cambio Climático, su spin-off *Cyclus Vitae Solutions* y el Instituto de Tecnología Cerámica. Los resultados más relevantes fruto de esta colaboración es la elaboración de un Análisis de Ciclo de Vida (en adelante ACV) a escala sectorial - que cuenta con el respaldo de más de 50 empresas fabricantes de baldosas cerámicas y de sus proveedores ([1] y [15]) - y la redacción de unas Reglas de Categoría de Producto (en adelante RCP) para recubrimientos cerámicos con el objeto de que las empresas fabricantes de baldosas pudieran optar a realizar DAP de sus productos. La redacción de estas RCP se encuentra bajo el marco del programa DAPc de materiales de la construcción [4], siendo las baldosas cerámicas junto con los productos aislantes los sectores pioneros en la posibilidad de obtención de este distintivo.

En la redacción de RCP, hay ciertos aspectos significativos que generalmente son objeto de debate, no llegando siempre, a una solución consensuada. En el caso de los recubrimientos cerámicos, uno de los temas más conflictivos ha sido el agrupamiento y expresión de los resultados. A menudo se presenta la duda de cómo delimitar el producto para el cual se va a declarar la información ambiental. ¿La DAP debe hacer referencia a una código comercial concreto? ó ¿se pueden agrupar productos similares bajo una misma DAP? De esta cuestión depende el número de DAPs que una empresa tendría que desarrollar para cubrir todo su catálogo de productos.

OBJETIVOS

El estudio que aquí se presenta tiene como principal objetivo **agilizar** la respuesta de los fabricantes de baldosas cerámicas ante demandas de información ambiental de sus productos por parte de clientes o partes interesadas, concretamente, a partir de estudios de **Análisis de Ciclo de Vida** y/o **Declaraciones Ambientales de Producto**.

Para la consecución de este objetivo se ha desarrollado una **herramienta informática** de sencillo manejo, que facilita a los fabricantes de baldosas cerámicas asociados a ASCER obtener este tipo de distintivo, **disminuyendo los plazos** de ejecución y **costes económicos** para su obtención.

METODOLOGÍA

Este proyecto se plantea como el desarrollo de una herramienta informática, con fundamento científico-técnico de carácter innovador, capaz de generar documentación válida, objetiva y cuantificada de los impactos ambientales de la baldosa cerámica mediante una DAP y su correspondiente ACV de forma rápida y económica.

Las actividades desarrolladas se presentan a continuación:

Desarrollo de RCP de recubrimientos cerámicos en el programa AENOR GlobalEPD ASCER, con objeto de asegurar la libre elección de sus asociados, decidió desarrollar unas RCP bajo un nuevo programa nacional de Declaraciones Ambientales, AENOR GlobalEPD.

Para el desarrollo de estas RCP se ha utilizado como base el estudio sectorial de ACV de baldosas cerámicas ([1] y [15]), y se han seguido los estándares internacionales recogidos en la norma UNE-EN 15804:2012, así como otras RCP existentes.

El hecho de desarrollar simultáneamente estas RCP con las reglas generales de este programa, ha supuesto un reto importante, especialmente en lo relativo al agrupamiento y expresión de los resultados que se deben presentar en la DAP.

Para resolver estas dudas, se ha hecho una revisión de las RCP de recubrimientos cerámicos y de materiales de la construcción de los programas de etiquetado ecológico tipo III más relevantes a nivel europeo:

Tabla 1 Resumen de las consideraciones de distintos programas DAP para el agrupamiento de varios productos dentro de una misma DAP

Programa/norma	Consideración de agrupamiento
UNE-EN 15804:2012	Deberá explicarse el modo de agrupamiento y además, también se deberán describir el rango y variabilidad de los resultados de impacto ambiental, en caso de que sean significativos
International EPD® System	Si diferencias entre impactos son <5% → promedio indicando rango de variabilidad Si diferencias entre impactos son >5% → datos individuales
FDE&S	Indicar los resultados de aquel de todos ellos que genera unos impactos ambientales mayores
IBU System	Podrá declararse un promedio siempre que se describa el modo para poder desglosar dicho promedio.
Sistema DAPc®	Sólo si las diferencias entre impactos es <10% se podrá declarar un promedio, indicando el grado de desviación en relación a la media

Mejora de la representatividad del modelo de ACV y adaptación a las RCP

Por otro lado, también se ha mejorado la representatividad del modelo realizado en el software de ACV para dar cobertura a todos los tipos de recubrimientos cerámicos y todo escenario tecnológico presente en el sector español de baldosas cerámicas. Además, se han identificado los aspectos más significativos llevando a cabo un análisis de sensibilidad y de escenarios para definir aquellos datos que deberán ser facilitados por las empresas para la obtención de la DAP, estos son por ejemplo, el consumo de materias primas o de energía. El resto de indicadores ambientales menos significativos, serán tomados del inventario del ciclo de vida del ACV de baldosas cerámicas realizado a nivel sectorial ([1] y [15]), como por ejemplo, los orígenes de los materiales de embalajes, tipos de transporte o cantidad de adhesivo cementoso para su colocación. Asimismo, también ha sido necesario adaptar este modelo a los requerimientos contenidos en los borradores de RCP de recubrimientos cerámicos del programa AENOR GlobalEPD.

Diseño y programación de la herramienta

Una vez realizadas estas tareas, se diseña y programa la herramienta informática utilizando el software GaBi, desarrollado por PE International [12]. Así, a partir de la introducción de valores característicos de cada producto y empresa, se podrá obtener un informe de ACV y un borrador de DAP de manera sencilla y eficiente.

Los pasos a seguir son:

- a. Elaboración de cuestionarios para la recogida de datos de los fabricantes. Estos datos son cotejados a partir de balances de materia y energía realizados de forma individual y teniendo en cuenta los métodos definidos de asignación de cargas.
- b. Diseño de los modelos de cálculo en el software de ACV.
- c. Desarrollo de informes tipo de ACV y de borrador DAP según las posibles alternativas productivas de las baldosas cerámicas fabricadas en España.
- d. Programación de la herramienta con el software de ACV, GaBi.
- e. Bloqueo de la herramienta.

Validación y verificación de la herramienta

En el proceso de validación y verificación de la herramienta se ha contado con la participación de 14 empresas fabricantes de distintos tipos de baldosas cerámicas que a su vez, emplean distintas tecnologías de proceso.

Esta validación y verificación se han llevado a través de pruebas piloto, las cuales consisten básicamente en una comprobación de la integridad y coherencia del cuestionario para la recogida de datos, de la validez de los informes tipo de ACV y del correcto funcionamiento de la herramienta. Asimismo, estas pruebas piloto también permiten estimar el tiempo y coste en la obtención de este tipo de distintivo.

Los informes de ACV y borradores DAP de estas empresas participantes y la herramienta serán verificadas por la entidad administradora del programa AENOR GlobalEPD.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados más relevantes de cada una de las fases del proyecto.

Desarrollo RCP de recubrimientos cerámicos en el programa AENOR GlobalEPD

Esta versión de RCP ha sido revisada por el panel sectorial constituido bajo este programa de ecoetiquetado. Estas RCP están en proceso de revisión por el administrador del programa y deberán ser sometidas a exposición pública en breve.

En cuanto a las condiciones de agrupamiento de varios productos bajo una misma DAP, se ha propuesto en estas RCP que únicamente se podrán agrupar aquellas baldosas que tengan el mismo grupo de absorción de agua - característica fundamental para clasificar las baldosas cerámicas según la norma UNE EN 14411:2006 (ISO 13006)-. Los resultados se expresarán mediante un promedio ponderado por la producción, acompañado por un mínimo y un máximo.

No obstante, siendo conscientes de que las RCP deben ser revisadas cada cierto periodo de tiempo y que actualmente hay grupos técnicos trabajando para la armonización de los programas nacionales bajo un mismo programa europeo, se ha desarrollado una metodología que asegura el cumplimiento de cualquier requerimiento de agrupación de productos similares bajo una misma DAP.

Esta metodología se ha definido a partir de los análisis de escenarios y de análisis de sensibilidad del modelo de ACV, obteniendo una expresión que permite determinar el perfil ambiental específico de un modelo concreto de baldosa cerámica a partir de factores de conversión. El fundamento de esta metodología consiste en discernir los impactos ambientales fijos y variables de las baldosas cerámicas.

Los impactos fijos se han definido como aquellos derivados de las entradas y salidas de materia y energía que dependen directamente de la Unidad Funcional, y no de las características másicas de ésta.

Los impactos variables vienen dados por dos categorías de datos:

- Aquellas entradas y salidas de materia y energía cuya asignación de cargas se basa en las características másicas de la Unidad Funcional
- Aquellas entradas y salidas de materia y energía propias de procesos unitarios opcionales en la fabricación de baldosas cerámicas, como es el proceso de esmaltado y el proceso de tratamiento mecánicos adicionales como el pulido y rectificado.

El primer paso para ello es obtener con el software de ACV los potenciales impactos ambientales cuantificados que derivan de las categorías de datos definidas anteriormente, obteniendo de este modo 4 sub-resultados de cada una de las categorías de impacto estudiadas:

- Impactos variables: todos los impactos están referidos a 1 kg de soporte cerámico crudo.
- Impactos fijos: todos los impactos están referidos a 1 m² de baldosa cerámica cocida.

- Impactos del esmalte: los impactos están referidos a 1 kg de esmalte en base seca.
- Impactos del mecanizado: los impactos están referidos a 1 m² de baldosa cerámica cocida y mecanizada.

El resultado del ciclo de vida **para cada categoría de impacto ambiental** podrá obtenerse aplicando la siguiente fórmula:

$$I_{CVB} = (M_{UF} * I_V) + I_F + (M_{Esm} * I_{Esm}) + I_{Mecan}$$

Donde:

I_{CVB} : Impacto total del ciclo de vida de las baldosas

M_{UF} : Peso de gránulo atomizado para fabricar 1 m²

I_V : Impactos variables del ciclo de vida de las baldosas

I_F : Impactos fijos del ciclo de vida de las baldosas

M_{Esm} : cantidad esmalte seco, engobe y tintas para decorar 1 m²

I_{Esm} : Impactos del esmalte

I_{Mecan} : Impactos del tratamiento mecánico adicional

Siendo los dos últimos sumandos opcionales según las características de la baldosa a analizar.

Mejora de la representatividad del modelo de ACV y adaptación a las RCP

Los cambios más importantes han sido la actualización e incorporación de algunos flujos y procesos, mejora de la flexibilidad en los diagramas de flujo mapeados y mejora de la exhaustividad mediante la parametrización de indicadores que hasta ahora estaban considerados como fijos.

En cuanto a los análisis realizados para definir los parámetros significativos, los resultados señalan la importancia que tiene el peso y la energía en la magnitud de impactos ambientales, así como la presencia o no de procesos opcionales. Por tanto, la exactitud de estos parámetros son fundamentales para la precisión de los resultados y para optimizar recursos a la hora de dar respuesta a los diferentes requisitos de agrupamiento de los distintos programas de DAP.

Diseño y programación de la herramienta

Se han diseñado dos modelos de cálculo en el software de ACV, en función de la decisión tomada por la empresa en relación al alcance: “de la cuna a la puerta de fábrica” o “de la cuna a la tumba” y se han “bloqueado” para asegurar el mantenimiento de la consistencia y el cumplimiento de lo establecido en las RCP de recubrimientos cerámicos del programa AENOR GlobalEPD.

Una vez introducidos los datos de inventario específicos de la empresa y de los proveedores de ésta, la herramienta dará como resultado un informe de ACV y un borrador de la DAP. Lógicamente, la interpretación de los resultados deberán ser tratados de forma individual.

Validación y verificación de la herramienta

Gracias a la participación de 14 empresas fabricantes de baldosas en pruebas piloto, se ha podido testear la validez, la idoneidad y el correcto funcionamiento de la herramienta. Estas empresas piloto serán las primeras en obtener Declaraciones Ambientales de Producto en el programa AENOR Global EPD.

En cuanto a los cuestionarios para la recogida de datos, éstos han sido adaptados acorde al modelo diseñado en el software de ACV y adecuándolo al modo de gestión de la información que manejan las empresas. A pesar de que la etapa de inventario del ciclo de vida es la más costosa, los cálculos necesarios para referir los datos de inventario a la unidad funcional es un proceso que prácticamente se ha automatizado debido a la experiencia del equipo técnico del proyecto, tanto en ACV como en el proceso de fabricación de las baldosas cerámicas.

Este modelo de cálculo estará validado por la entidad administradora del programa AENOR GlobalEPD. Esta verificación supondrá una optimización en tiempos y costes, ya que la verificación se centrará únicamente en los datos introducidos en la herramienta.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas de la metodología desarrollada y de los resultados obtenidos son:

- Se ha obtenido una herramienta que permite obtener de una manera sencilla y eficiente Declaraciones Ambientales de Productos de recubrimientos cerámicos, puesto que disminuye los plazos de ejecución y costes económicos, ya que la verificación de la Declaración se centrará únicamente en los datos introducidos en la herramienta.
- La obtención de este distintivo ayudará a aumentar la competitividad de la baldosa cerámica y posicionarla frente a otros mercados y materiales competidores que poseen distintivos ambientales.
- La metodología desarrollada en este estudio podría utilizarse en otras categorías de producto, siendo más sencillo para el caso de sectores homogéneos y maduros desde el punto de vista tecnológico.
- La herramienta permitirá obtener información muy valiosa para mejorar el perfil ambiental de la baldosa, la comparación con productos alternativos o para estudios de ACV de proyectos constructivos.
- Para asegurar el cumplimiento de cualquier requerimiento de agrupación de productos similares bajo una misma DAP, se ha desarrollado una metodología de cálculo para obtener el perfil ambiental individual de un modelo de baldosa en concreto mediante la aplicación de una expresión definida a partir de los impactos fijos y variables de las baldosas cerámicas de un fabricante.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de esta herramienta ha sido realizada por ITC, la Cátedra UNESCO del Ciclo de Vida y Cambio Climático y su spin-off Cyclus Vitae Solutions S.L., contando con la participación de 14 empresas fabricantes de baldosas cerámicas asociadas a ASCER como peticionario del estudio, a través de los planes sectoriales de competitividad 2011, financiado por el IMPIVA y los fondos FEDER.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AENOR GlobalEPD
<http://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/globalepd.asp>
- [2] Baumann, H. et Tillman, A.M. *“The Hitch Hiker’s guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application”*. Studentlitteratur. Sweden, 2004.
- [3] Benveniste, G.; Gazulla, C.; Fullana, P.; Celades, I.; Ros, T.; Zaera, V.; Godes, B. Análisis de ciclo de vida y reglas de categoría de producto en la construcción. El caso de las baldosas cerámicas. *Informes de la Construcción*, 63 (522), 71-81, 2011
- [4] Declaraciones Ambientales de productos de la construcción DAPc®
http://csostenible.net/sistema_dapc/index.php/dapc/es/inicio
- [5] Ekvall, T. et Tillman, A.M. “Open-loop recycling: criteria for allocation procedures”. *Int. J. LCA* 2 (3) 155-162. 1997.
- [6] FDE&S <http://www.inies.fr/>
- [7] Gazulla Santos, C. *Declaraciones Ambientales de Producto: instrumento para la mejora de productos*. [Tesis doctoral]. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, 2012.
- [8] IBU Environmental Product Declarations EPD. Institute Bauen un Umwelt e.V <http://bau-umwelt.de/hp481/Environmental-Product-Declarations-EPD.htm>
- [9] Instituto Valenciano de la Exportación. Generalitat Valenciana www.ivex.es
- [10] ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework
- [11] ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines
- [12] PE International. GaBi software: <http://www.pe-international.com/international/software/>
- [13] Red Eléctrica Española. “2009. El sistema eléctrico español”. Informe. España, 2009. Disponible online: http://www.ree.es/sistema_electrico/informeSEE-2009.asp
- [14] RCP, 2010. Reglas de Categoría de Producto (RCP) de Productos de recubrimiento cerámico del programa DAPc® RCP 002 Versión 1 – 2010.06.11
- [15] Ros, T.; Celades, I.; Monfort, E.; Moliner, R.; Zaera, V.; Benveniste, G.; Cerdán, C.; Fullana I Palmer, P. Impactos ambientales del ciclo de vida de las baldosas cerámicas. Análisis sectorial, identificación de estrategias de mejora y comunicación. En: CONAMA10 comunicaciones técnicas [archivo de Internet] : X Congreso Nacional del Medio Ambiente. Madrid: fundación Conama, 2011.
- [16] Ros-Dosdá, T.; Benveniste, G.; Celades, I.; Zaera, V.; Gazulla, M.F.; Sanfelix, V. Herramienta simplificada para la obtención de marcados ecológicos. [Poster] Qualicer 2012: XII Foro Global del Recubrimiento Cerámico. Castellón: Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, 2012. Castellón.

- [17] The international EDP® systems <http://www.environdec.com/>
- [18] UNE EN 15804:2012. Sostenibilidad en la construcción – Declaraciones Ambientales de Producto – Reglas de Categoría de Producto Básicas para Materiales de la Construcción
- [19] Wadel G. La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña-Departamento de construcciones arquitectónicas; 2009. Disponible Online en <http://www.tdx.cat/TDX-0122110-180946>.
- [20] Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., Scarpellini, S. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification Building and Environment, Volume 44, Issue 12, December 2009, Pages 2510-2520