# Percepciones de una pyme del sector de la construcción hacia la implementación de mejoras basadas en el análisis del ciclo de vida



## PERCEPTIONS OF A SME BUILDING SECTOR TOWARDS PROPOSALS FOR IMPROVEMENT BASED IN LIFE CYCLE ASSESSMENT

**DOI: http://dx.doi.org/10.6036/7092** | Recibido: 05/02/2014 • Aceptado: 20/05/2014

**Bélgica Pacheco-Blanco, Daniel Collado-Ruiz, Rosario Viñoles-Cebolla**

Universitat Politècnica de València. Grupo ID&EA (Investigación en Diseño y Evaluación Ambiental). Dpto. Proyectos de Ingeniería. Camino de Vera, s/n – 46022 Valencia. Tfno: +34 963 877007 (Ext. 85682). blpacbla@dpi.upv.es

## ABSTRACT

• The construction industry generates large environmental impacts throughout the life cycle of their products. Companies and particularly Small and Medium Enterprises (SMEs) are forced to be competitive and add value to their proposals to survive. A way to add value is through the improvement of the environmental performance of buildings, to save time, money and materials.
In this paper, we inspect the perceptions of SMEs to the proposed improvements based on Life Cycle Analysis (LCA). The methodology consists of 3 phases: simplified life cycle assessment of modular housing, improvement of the proposals attending LCA results, and evaluation of the proposals by the company, based on criteria determined by them.
The results of this case are exploratory about willingness to accept environmental improvements, and this show a lack of understanding about the concept of life cycle, although a positive disposition to incorporate environmental criteria into design decisions. However, the implementation of improvements based on the LCA in the studied case must produce short-term results, not influence the relationship with suppliers, and not affect quality perceived by final customer.
• **Key Words:** building sector, LCA, Ecodesign, SMEs.

## RESUMEN

El sector de la construcción genera grandes impactos al medio ambiente durante todo el ciclo de vida de sus productos. Las empresas del sector y en particular las PYMEs se ven obligadas a ser competitivas y a añadir valor a sus propuestas. Una forma de añadir valor es a través de la mejora del comportamiento ambiental de las construcciones, que se traduce en ahorro de tiempo, costes y materiales.

En este artículo, se revisan las percepciones de una PYME hacia las propuestas de mejora basadas en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV). La metodología seguida consta de 3 fases: análisis del ciclo de vida simplificado de una vivienda modular, propuestas de mejora atendiendo a los resultados del ACV, y valoración por parte de la empresa de las propuestas, en base a criterios acordados con su participación.

Los resultados de este caso de estudio son exploratorios en cuanto al grado de aceptación de las mejoras desde el punto de vista ambiental, e indican que existe desconocimiento del concepto del ciclo de vida, aunque hay una voluntad positiva a incorporar el medio ambiente en decisiones de diseño. Sin embargo en el caso estudiado, la implementación de mejoras basadas en el ACV debe producir resultados a corto plazo, no debe influir en la relación de la PYME con proveedores, y no debe afectar la percepción de calidad del cliente final.

**Palabras Clave**: sector de la construcción, ACV, Ecodiseño, PYMEs.

## 1. INTRODUCCIÓN

En términos económicos, el sector de la construcción genera cerca de un 9,1% del PIB de la Unión Europea y un 6,8% del empleo Asimismo, de un total de 3.1 millones de empresas (EU 27) el 95% de las empresas corresponde a Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) de menos de 20 trabajadores y el 93% tiene menos de 10 [1].

En este sector, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) ha tenido recientemente una considerable aceptación. Se pueden encontrar diversos estudios que demuestran que el mayor impacto de una vivienda convencional se produce en la fase de uso, fundamentalmente enfriando o calentando la vivienda [2-6]. Sin embargo, algunos estudios otorgan mayor importancia a otras etapas del ciclo de vida tales como la selección de materiales, construcción, fin de vida, y uso del agua. En este contexto, no se encuentran antecedentes sobre cómo perciben

los empresarios la información proveniente del ACV. ¿Cuál es el impacto de estos estudios en los empresarios? Para abordar este tema, se muestra un caso de estudio exploratorio que analiza las percepciones de una PYME.

La percepción ha sido estudiada para explorar el comportamiento e intentar predecir de alguna manera las acciones de los usuarios. En el sector de la alimentación las percepciones han sido estudiadas por Hartikainen et al. [7] quienes han explorado el conocimiento y actitudes hacia la información ambiental de los productos (Huella de Carbono). En términos más amplios, la información ambiental de productos ha sido revisada por Leire & Thidell [8] a través de encuestas; en el sector textil, Armstrong et al. [9] han valorado las percepciones sobre sistemas de productos y servicios (SPS), entre otros.

En el sector de la construcción Huang et al. [10], han revisado las percepciones sobre calidad ambiental al interior de residencias de larga estancia mediante consultas a distintos usuarios y diferentes parámetros. Los resultados demostraban que las percepciones estaban asociadas a las enfermedades y el nivel de educación (en el caso de los residentes) o con el nivel de educación y el tiempo de visita (no residentes). Lo et al. [11], han efectuado una comparación de las percepciones hacia el desarrollo sostenible de distintos profesionales de la construcción, como personajes influyentes en la modificación del entorno o percepciones de los usuarios respecto al desarrollo sostenible. Las diferencias entre los profesionales de distintas ciudades reflejan preocupaciones a partir de la influencia de su entorno. Estas diferencias de percepción pueden influir en la concepción de diseño de edificios. Nair et al. [12], centran su investigación en el estudio de necesidades y percepciones sobre las medidas energéticas de viviendas a partir de un cuestionario. Los resultados indican que propietarios de las viviendas estudiadas están conformes con el funcionamiento de su vivienda desde el punto de vida energético, por lo tanto no planifican implementar medidas de aumento de la eficiencia. Si tuvieran que implementar medidas, optan por la mejora de la eficiencia energética a través de cambios de ventanas o el aislamiento general de áticos. Sin embargo, las medidas adoptadas suelen ser las de menor coste o cambio de ventanas a pesar de ser conscientes en que la mejor alternativa es el aislamiento general del ático.

## 2. ESTADO DEL ARTE

Según el Directorio General de Empresas (DIRCE) a 1 de enero de 2012 había en España 3.195.210 empresas, de las cuales 3.191.416 eran PYMEs (entre 0 y 249 asalariados). Esto supone un 99,9% del total (frente a un 99,8 en la Unión Europea). Asimismo el sector de la construcción representa un 14,5% del volumen de negocios en España [13]. A nivel Europeo las cifras sobre PYMES en el sector de la construcción alcanzan un 90% del tejido empresarial [5].

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), es una metodología que permite analizar los impactos ambientales generados durante todo el ciclo de vida de un producto. Para su aplicación en el caso de estudio, se tiene en cuenta la normativa ISO 14040:2006 [14] e ISO 14044:2006 [15], compuesta de 4 partes: definición de objetivo y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación (Figura 1).

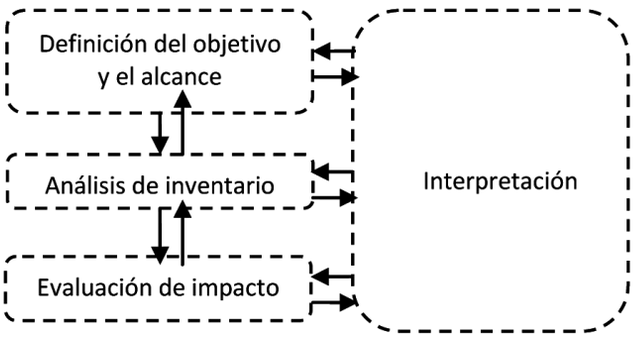



*Figura 1: Esquema de Análisis del Ciclo de Vida. Fuente: ISO, 2006*

Esta metodología ha sido aplicada a varios casos en el sector de la construcción, para evaluar el comportamiento ambiental de vivienda, edificios, materiales y procesos. Una revisión reciente [16] resume y organiza alrededor de 160 referencias sobre análisis del ciclo de vida (ACV), análisis del ciclo de vida energético (ACE) y análisis del ciclo de vida de costes (ACC). Las referencias fueron agrupadas por: ACV aplicados a una selección de productos para la construcción; ACV aplicados a la evaluación de sistemas y procesos de construcción, herramientas para el ACV y bases de datos relacionadas con el sector de la construcción, y desarrollo metodológico del ACV en el sector de la construcción. Entre los 18 trabajos revisados sobre uso del ACV para la evaluación de sistemas y procesos de construcción, tienen especial interés para este artículo aquellos que muestran resultados sobre etapas del ciclo de vida de mayores impactos al medio ambiente (una o varias, según los límites planteados por cada autor). En la revisión de Cabeza et al. [16] destacan: la importancia del correcto aislamiento y el uso de fuentes de energía renovables tanto en el proceso de fabricación en si, como en el proceso de fabricación de materiales para la construcción, y la valoración de la eficiencia energética residencial a partir de diseños y el cálculo de eficiencia a 12 años [17]; la valoración I-O (inputs outputs) para tres casos de estudio que demuestra que los mayores impactos se deben al consumo energético 90% y el 50% del agotamiento de recursos, efectos sobre el cambio climático, etc.; Ardente et al. [18] compara 6 edificios públicos de distintos países y detecta que los ahorros energéticos más importantes o la reducción de CO2 más relevantes se puede conseguir mediante un correcto aislamiento térmico. Es decir, el mantenimiento de la energía en la fase de uso genera una serie de beneficios al medio ambiente. Cuando los estudios se centran en etapas distintas del ciclo de vida, los resultados tenderán a dar más importancia a otros impactos, como por ejemplo en el caso de ACV aplicado a la fase de construcción de un garaje prefabricado [19], donde los mayores impactos se deben al transporte.

Por otra parte, Ortiz et al. [5] llevan a cabo una revisión de 25 artículos sobre ACV en el sector de la construcción a partir de las dos formas en que detectaron que se aborda el ACV: la combinación de piezas y materiales de construcción (60%) y, el proceso completo de construcción (40%). La mayoría de los estudios se centran en el consumo energético, demostrando que energía consumida durante las etapas previas a la construcción rondan entre un 10 y un 20% del consumo energético

total. En cambio en la fase de uso se estima entre un 40 y 50%, y la fase de demolición ronda el 1%. Las ventajas y limitaciones percibidas de los estudios de ACV en términos de evaluación de impactos ambientales, son de ayuda para la toma de decisiones en el sector de la construcción.

La implantación de mejoras a partir de los ACV ha sido progresivo en las grandes empresas, aunque en menor grado en las PYMES, debido a la falta de tiempo, medios técnicos y humanos para su difusión [20]. En este sentido, algunos estudios como el de Kurczewski [21] aplica la metodología (ACV y ACC) a distintos productos de PYMES polacas con el objetivo de analizar la implementación de herramientas de ciclo de vida. Entre sus hallazgos indica que las PYMEs prefieren introducir soluciones simples que no requieran de un conocimiento especializado o de costes innecesarios. Sólo un pequeño porcentaje, principalmente empresas de tamaño medio con grandes capitales financieros y humanos, llegan a implementar aspectos más complejos. El estudio, destaca que las empresas ante la necesidad de decidir entre qué aspectos implementar a partir de los estudios de ACV suelen inclinarse por aquellos relacionados con la reducción de costes, mejora de competitividad, cumplimiento de requisitos legales, respuestas a demandas del mercado y sugerencias de socios empresariales.

Los principales inconvenientes de la implementación de medidas resultantes de estudios de ACV, tiene que ver con la dependencia con otras empresas (proveedores, clientes u otras empresas del grupo empresarial), lo que en ocasiones provoca que las medidas tarden en implementarse [22]. Asimismo, la dificultad de entender (en ocasiones), aplicar los resultados del ACV y la existencia ocasional de prejuicios sobre la arbitrariedad de los resultados del ACV [23].

Otro aspecto relevante para justificar los límites del sistema planteado en este caso de estudio, es cómo han sido abordados los límites del sistema en los ACV expuestos en la literatura. Pajchrowski et al. [24] destacan diferentes estudios de análisis de impactos de materiales para la construcción o de edificios, donde destaca que de acuerdo al tipo de estudio, su alcance varía pudiendo ser de "la cuna a la puerta", "de la puerta a la tumba" o "de la cuna a la tumba". Por ejemplo, Salazar et al. [25] han adoptado para el ACV de ventanas un enfoque de la "cuna a la puerta". Robertson et al. [26] desarrollan un ACV comparativo de materiales empleados para los pilares de edificios destinados a oficinas, comparando concretamente dos materiales: madera laminada y hormigón armado. El enfoque que se usa en este estudio es desde la cuna hasta el lugar de construcción/obra. En el ACV comparativo de Josa et al. [27] menciona la dificultad de desarrollar enfoques "cuna a tumba" justificando la necesidad de recurrir a enfoques "cuna a puerta" o "puerta a puerta".

## 3. METODOLOGÍA Y CASO DE ESTUDIO

La pregunta de investigación que se aborda en este artículo es "¿Cómo percibe una PYME los resultados y proceso del ACV?". Para ello, se ha elaborado un caso de estudio en la empresa Acustiter, consistente en el desarrollo de un ACV,

| | Fase de la metodología | Descripción | Involucrados |
|---|---|---|---|
| 1 | Definición de objetivos de investigación | Definir los objetivos y metodología presentados en este artículo de forma coherente con el caso de estudio exploratorio. | Investigadores |
| 2 | Contacto con PYME para explicar el estudio | Se explica a la empresa en qué consiste el estudio que se llevará a cabo y se solicita su participación en la recogida de datos y alcance del estudio. Explicación de metodología de ACV y sus beneficios. | Investigadores y Profesionales de la PYME |
| 3 | Definición del alcance del proyecto y recogida de datos | Se facilita que los profesionales de la PYME decidan cuál es el diagrama del ciclo de vida que se debe tener en cuenta para la recogida de datos y se consulta sobre la disponibilidad de los datos para el estudio. La falta de datos y escasa vinculación con algunas etapas, lleva a la empresa a desestimar algunas etapas del ciclo de vida (de la cuna a la puerta). | Investigadores y Profesionales de la PYME |
| 4 | Análisis del Ciclo de Vida de "vivienda tipo y propuestas de mejora inicial" | Se lleva a cabo el ACV simplificado para obtener datos de referencia que permitan comparar las mejoras ambientales que se pueden alcanzar con las nuevas propuestas. | Investigadores |
| 5 | Modificaciones y definición de criterios de valoración | Las propuestas iniciales son valoradas inicialmente en función de la experiencia de los profesionales de la PYME. Se efectúan modificaciones y se tienen en cuenta las ideas de la PYME.<br>Se llega a un acuerdo de criterios de valoración de las alternativas desde un enfoque cualitativo. Los profesionales de la PYME establecen los parámetros de mayor importancia a la hora de valorar las alternativas desarrolladas. | Investigadores y Profesionales de la PYME |
| 6 | Definición de propuestas definitivas y Valoración | Se presentan las soluciones consensuadas y son valoradas por los profesionales de la PYME. Se presta especial atención a las valoraciones subjetivas que permiten analizar las percepciones finales del proceso de inclusión de criterios ambientales en el proceso de diseño. | Investigadores y Profesionales de la PYME |
| 7 | Análisis e interpretación de resultados | Se clasifican y esquematizan las respuestas. Se interpretan los resultados obtenidos. | Investigadores |

*Tabla 1: Metodología de investigación del caso de estudio exploratorio*

sesiones para proponer mejoras al diseño actual, evaluaciones de estas mejoras, y entrevistas semi estructuradas con los dos empleados de la empresa que participaron en el proyecto. Estas entrevistas permiten entender la visión de los empleados, y ver qué aspectos del ACV y de la sostenibilidad tuvieron un impacto en su percepción, y dónde existe potencial de mejora. Se debe tener en cuenta que este caso de estudio no se centra en la rigurosidad de la metodología para el Análisis del Ciclo de Vida, sino que es tenida en cuenta para valorar las percepciones de la PYME desde que proporciona datos para el estudio hasta que valora los resultados obtenidos.

Para este caso de estudio se ha optado por un enfoque exploratorio que requiere una definición previa de los constructos a usados:

- Percepciones: Sensación interior que resulta de una impresión material hecha en nuestros sentidos
- Juicios: Opinión, parecer o dictamen.

El objetivo de esta investigación es valorar las percepciones de una PYME respecto a las mejoras de diseño a partir del ACV. En este sentido se ha evitado el sesgo que podrían ocasionar las decisiones metodológicas de los investigadores, así como las interpretaciones. El primer desafío ha sido recoger los datos y desarrollar un ACV en función de sus intereses, para precisamente valorar "de dónde hasta dónde" están interesados en participar y cómo pueden percibir beneficios. Es por esto que se lleva a cabo un ACV simplificado que considera unos límites del sistema "de la cuna a la puerta" por decisión de la empresa, a pesar de la recomendación de los investigadores de incluir todo el ciclo de vida ("de la cuna a la tumba"). Las relaciones establecidas con los integrantes de la PYME para el desarrollo del ACV también son consideradas una influencia sobre la mejora de las percepciones sobre medio ambiente. Se han respetado los términos y conceptos empleados por los Profesionales de la Pyme durante el desarrollo del caso.

A partir de las características de este estudio, se ha desarrollado la metodología de investigación que muestra la Tabla 1.

El caso de estudio proporcionado consiste en un proyecto de vivienda modular unifamiliar de 50 m$^2$ (Figura 2), com-




*Figura 2: Caso de estudio "Vivienda Modular"*

| Nombre | Descripción y materiales |
|---|---|
| Estructura de anclaje al suelo | Vigas acero estructural según la norma UNE-EN 10025-4: 2007[28], en perfiles laminados en caliente, piezas simples IPE-200. |
| Panel sándwich | Panel sándwich aislante de 100 mm de espesor y 1150 mm de ancho, formado por dos paramentos de chapa de acero de 0,5 mm de espesor y alma aislante de espuma rígida de poliuretano. |
| Remates en acero | Chapa de acero galvanizado, de 0,6 mm de espesor, en perfil comercial galvanizado por ambas caras según la norma UNE EN 10346:2010 [29] |
| Tarima (pavimento laminado) | Placas de 1200 x190 mm y espesor de 7 mm, formado por tablero base de HDF, con laminado decorativo de cerezo de 0,2 mm y capa superficial de protección plástica. Pavimento laminado con instalación de sistema clic. Se puede dar un uso "Doméstico moderado" (Clase 21). Resistente a la abrasión (AC1). |
| Puerta de entrada | Puerta de entrada de una hoja de 52 mm de espesor, 790 x 2040 mm de luz y altura de paso, acabado pintado con resina de epoxi color blanco. |
| Ventana exterior | Carpintería de acero galvanizado, en ventana de 60 x120 cm, perfiles con pre-marco. La pieza está compuesta a su vez por 2 partes: Pre-marco (Fijo) y carpintería para hojas de la ventana. |
| Puerta interior | Puerta de paso de una hoja de 38 mm de espesor, 700x1945 mm de luz y altura de paso, acabado galvanizado y lacado en blanco. |
| Maestra | Perfil de acero galvanizado en forma de "C", utilizado como elementos que forman la estructura portante de los sistemas PLADUR. |
| Placa yeso laminado | Placa de yeso de composición estándar laminado de 15 mm de espesor, "PLADUR" sobre maestras. |
| Cable | Cable unipolar H07V-K con conductor multifilamento de cobre clase 5 (-K) de 4 mm$^2$ de sección, con aislamiento de PVC (V). |

*Tabla 2: Materiales del caso de estudio (vivienda modular)*

puesto por: una estructura de anclaje al suelo, una envolvente de paneles sándwich de 10 x 5m con una puerta, seis ventanas, particiones interiores fabricadas de placas de yeso, la cubierta y el suelo (Figura 2). Asimismo, la Tabla 2 muestra un listado general de materiales incluidos en la construcción de la vivienda tipo[1].

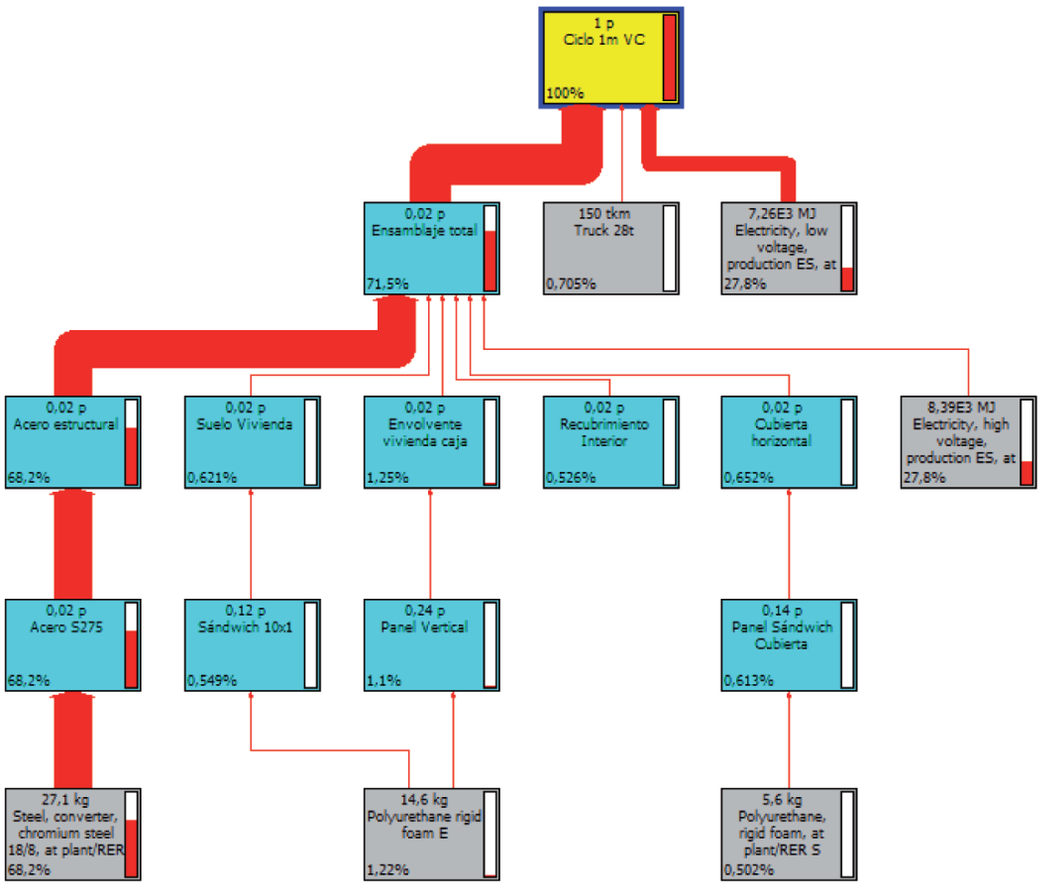



*Figura 4: Diagrama de flujos del caso de estudio*

## 4. RESULTADOS

Los objetivos planteados para el caso de estudio se centran en la percepción de la introducción de criterios ambientales en la propuesta de nuevas soluciones. Para ello se ha explorado la participación de la PYME y su valoración final de las propuestas. Por lo tanto, el ACV no es el objetivo de esta investigación, sino como es percibida por una PYME.

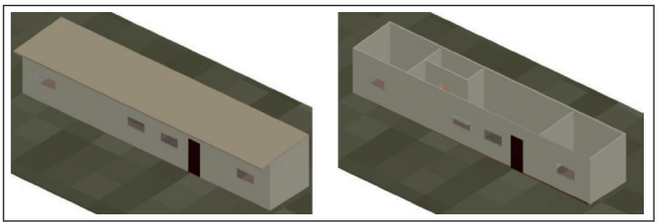
El primer paso de la investigación fue la realización de un ACV de la Vivienda Modular por parte de los investigadores con la información disponible del caso de estudio proporcionada por la PYME. De acuerdo a la literatura sobre ACV, los límites del sistema se definen en función de los objetivos del estudio planteado. En este caso de estudio exploratorio, los límites del sistema se han definido de la "cuna a la puerta" (materiales, transporte desde el almacén hasta el lugar de construcción y el montaje de la vivienda "in situ"). El equipo dejó fuera del alcance del estudio el transporte de los materiales hasta el almacén, la fase de uso y la fase de fin de vida (reciclaje o vertido de materiales). Se decidió usar una unidad funcional de "metro cuadrado construido", en base a estudios previos [6,30]. La evaluación de impactos se llevó a cabo con el método Eco Indicator 99 [31], usando el programa SIMAPRO v.7.1. En los casos en los que no se disponía de información específica sobre la empresa, se utilizó la base de datos del software Ecoinvent.

La PYME procedió al análisis de los resultados del ACV a través de reuniones informales con los investigadores. Los resultados para el valor agregado de ecoindicador (en mPt), mostrados en la Figura 4, destacan la alta incidencia ambiental de los materiales de construcción (en particular el acero) y de la electricidad utilizada en los procesos de montaje de la vivienda. En particular, destaca el impacto sobre la extracción de recursos minerales (no renovables), debida a la cantidad de acero utilizada y el impacto del mismo. Otras categorías de impacto destacadas son respirable inorgánicos y contribución al cambio climático.

La PYME destacó en este punto que los materiales de poliuretano, en particular el panel de sándwich, es la parte donde la empresa puede actuar mejor debido a su experiencia, y que éste es el siguiente impacto en importancia.

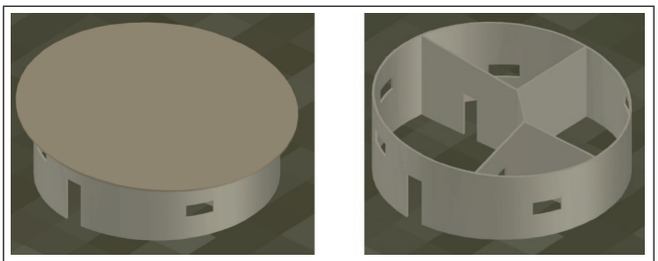
Una vez que los resultados estuvieron disponibles, los investigadores proporcionaron al equipo (o profesionales de la PYME) una serie de propuestas de mejora, basadas en ideas de mejora planteada por la Rueda de las Estrategias [32] que se ha usado como guía de referencia para generar nuevas ideas en procesos introductorios de ecodiseño, en particular en las estrategias de desarrollo de nuevos conceptos, selección de materiales de bajo impacto y reducción del uso de materiales. En la práctica habitual del ecodiseño, se han ido desarrollando guías sectoriales que han incorporado aspectos éticos y sociales [20]. Las propuestas del caso de estudio, se muestran en la Figura 5.

[1] *Algunos materiales fueron eliminados por razones comerciales.*



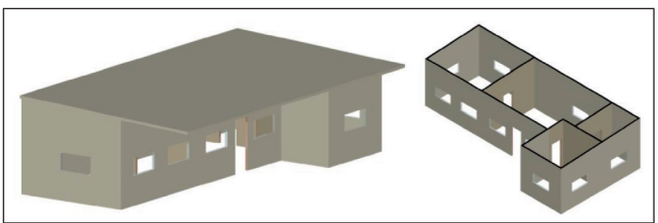
**Desarrollo de Concepto 1 (C1): Estructura de Vivienda**

El objetivo de esta propuesta es la desmaterialización de la estructura metálica. Se propone una de vivienda alargada y estrecha que la vivienda estudiada, con lo que se reducen las luces de la estructura, y esto permite el uso de perfiles más pequeños, que a su vez reducen el peso de la estructura. Se debe tener en cuenta la orientación de la fachada con el objetivo de mejorar el aprovechamiento de luz/calor, de acuerdo a los requerimientos del usuario y la zona de instalación.



**Desarrollo de Concepto 2 (C2): Vivienda circular**

El objetivo de esta propuesta es la desmaterialización de la estructura envolvente o de fachadas. El diseño circular es la forma geométrica que mejor optimiza la relación entre el perímetro (envolvente/fachada) y el área encerrada (área habitada). Esta propuesta también permite una reducción de la tabiquería interior.



**Desarrollo de Concepto 3 (C3): Vivienda porche**

El objetivo de esta propuesta es la desmaterialización de la estructura envolvente o de fachadas. Haciendo más grande la vivienda, mejora el ratio entre área habitable y la envolvente. Se debe considerar la correcta posición respecto al sol para mejorar la relación luz/calor de la vivienda.

**Propuesta puntual 1 (P1): Ventanas de madera**

Se plantea la sustitución de las ventanas de acero galvanizado por ventanas fabricadas con madera.

**Propuesta puntual 2 (P2): Puertas interiores de madera**

Se plantea la sustitución de las puertas de aluminio por puertas fabricadas con madera.

**Propuesta puntual 3 (P3): Recubrimientos interiores en madera**

Se propone la sustitución de todos los recubrimientos y particiones de yeso laminado por tableros de madera. Esta decisión generalmente requeriría comprobaciones en cuanto a la eficiencia térmica del recubrimiento (aunque en el caso de vivienda prefabricada, la decisión de optar por paneles sándwich no se haga en base a un criterio térmico).

**Propuesta puntual 4 (P4): Eliminación de falsos techos**

Los falsos techos tienen una función de aislantes térmica (reduce la pérdida de calor generada al interior de la vivienda) y estética (oculta instalaciones eléctricas). Se plantea eliminarlos, y mejorar el aislamiento térmico del techo de otro modo. Esto requeriría de una comprobación de la eficiencia térmica, así como de los materiales requeridos para la nueva propuesta.

*Figura 5: Propuestas de mejora (conceptos y diseños puntuales) evaluadas por la PYME*

En base a las propuestas discutidas por los investigadores y la PYME, la PYME evaluó su viabilidad a partir de criterios definidos por ellos mismos. Coincidiendo con los hallazgos de Kurczewski [21], uno de los comentarios en este punto fue que solamente abordarían aquellas propuestas que no supusiesen un gran esfuerzo a medio plazo. Cada propuesta fue evaluada desde el punto de vista económico, técnico y de marketing (entendido como el conjunto de principios y prácticas que buscan el aumento del comercio, especialmente de la demanda), en una escala del 1 (muy poco adecuado) al 10 (muy adecuado). Fueron los miembros de la empresa los que decidieron utilizar estos factores. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Las propuestas de mayor aceptación fueron C1, P1, P2 y P3. En general, las propuestas que bajan la calidad percibida del producto fueron descartadas por la empresa, dado que el impacto sobre el marketing es demasiado alto. Un ejemplo de esto es la eliminación de la tabiquería. La empresa se centró en aquellas mejoras que fuesen fáciles de implementar en un corto o medio plazo, y que no supusiesen ni ningún compromiso con los proveedores para limitar los riesgos.

## 5. CONCLUSIONES

Para conocer el grado de aceptación de propuestas de mejora ambiental de un producto, se ha llevado a cabo el análisis del ciclo de vida de una vivienda modular tipo, ofertada por una PYME del sector de la construcción. A partir de los resultados se han planteado 3 propuestas que modifican en términos conceptuales la propuesta y 4 acciones puntuales enfocadas en el reemplazo de materiales por otros de menor impacto ambiental, y reducción de cantidad y peso de materiales. Las diferentes alternativas fueron evaluadas por el personal de la PYME (director y administrativa) en función de los criterios que ellos mismos consideraron importantes para su empresa.

| | Criterios de puntuación | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Propuesta de Concepto | Económico | Técnico | Marketing | Media | Comentarios durante la evaluación |
| C1 Estructura de Vivienda | 8 | 7 | 5 | 6,67 | "La principal ventaja que veo es la fabricación en serie en una nave, por la facilidad de transporte." "Debido a la longitud reducida de las luces entre paneles, no es necesaria estructura auxiliar para la sustentación de la cubierta. En definitiva los paneles son autoportantes. Sin embargo, sería necesaria la estructura en caso de transportar la vivienda fabricada en vez de construirla en el lugar." |
| C2 Vivienda Circular | 5 | 6 | 6 | 5,67 | "La dificultad radica sobre todo en el machihembrado de los paneles, lo que hace que se eleve mucho el coste." |
| C3 Vivienda Porche | 7 | 7 | 8 | 7,33 | |
| P1 Ventanas de madera | 5 | 6 | 8 | 6,33 | "Las ventanas de madera son bastante más caras. Aunque también las hay de aluminio imitación madera." |
| P2 Puertas interiores de madera | 8 | 6 | 8 | 7,33 | "Creo que lo más barato (por ser lo más habitual), es que las puertas sean de madera." |
| P3 Recubrimientos interiores de madera | 4 | 5 | 8 | 5,67 | "El perímetro podría ser sándwich imitación madera o fabricado con un chapado de madera natural o melanina acoplado." |
| P4 Eliminación de cielos falsos | 6 | 6 | 8 | 6,67 | "En esta propuesta, los criterios económicos y de marketing se contrarrestan. Cuanto mejor sea el acabado, más caro será el producto." |

*Tabla 3: Matriz de valoración de las propuestas de mejora*

Los resultados permitieron destacar una serie de retos en la implementación de mejoras ambientales:

- La empresa fue reticente a adoptar un modelo completo de ciclo de vida que incluyese las etapas de uso de fin de vida, mostrando una visión limitada del concepto de ciclo de vida. En bibliografía previa se ha podido comprobar que la etapa de uso puede tener un impacto significativo en el impacto ambiental total de una vivienda. Esto limita la visión del ciclo de vida que se puede tener a través del ACV (se opta por un enfoque de la cuna a la puerta en lugar de de la cuna a la tumba) y puede hacer que propuestas que empeoren la eficiencia térmica se perciban como mejores para el medio ambiente, aunque no sea así.
- Algunas de las propuestas implican riesgos con los proveedores, lo cual desincentiva a la empresa a aplicarlas. En general, propuestas que se puedan probar sin riesgo son mejor aceptadas por el equipo (independientemente de la mejora que constituyan para el medio ambiente).
- Las propuestas que implican mejoras a largo plazo son contempladas con escepticismo, y descartadas más fácilmente.
- La percepción del usuario es uno de los criterios predominantes, con lo que cualquier propuesta que implique un deterioro de la imagen es descartada casi automáticamente. Las propuestas de mejora ambiental deben por tanto suponer una mejora estética y/o funcional perceptible.

Por otro lado, se comprobó también una predisposición por parte de la empresa a entender mejor sus impactos ambientales y a intentar realizar mejoras en esta dirección. Esto plantea visos a mejoras sustanciales en la aceptación del ACV y el ecodiseño si se tienen en cuenta los factores mencionados anteriormente.

Este artículo muestra un caso de estudio en particular, sin embargo líneas futuras de esta investigación deberían incluir sucesivos casos, tanto en el sector de la construcción como en otros sectores. A partir de los resultados de esta exploración, se debe trabajar en la mejora de la integración de las empresas en el desarrollo de propuestas basadas en el ACV. En general, existen más publicaciones sobre métodos de ecodiseño que sobre su aplicación [33], y entender el cómo son entendidos y aplicados puede tener un alto impacto en la sostenibilidad del tejido industrial en su conjunto.

## AGRADECIMENTOS

Este estudio se llevó a cabo durante 2011-2012 gracias a la información proporcionada por José García Moreno y Acustiter S.L.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] European Construction Industry Federation, 2013. Annual report 2013. http://www.fiec.eu/en/library-619/annual-report-english.aspx

[2] Aye L., Ngo T., Crawford R.H., Gammampila R., Mendis P., 2012. Life Cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules. Energy and Buildings 47, p. 159-168 http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.049

[3] Basbagill J., Flager F., Lepech M., Fischer M., 2013. Application of life-cycle assessment to early stage building design for reduced embodied environmental impacts. Building and Environment 60, p. 81-92 http://dx.doi.org/10.1016/j.

buildenv.2012.11.009

[4] Buyle M., Braet J., Audenaert A., 2013. Life cycle assessment in the construction sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 26, p. 379-388 http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.001

[5] Ortiz O., Castells F., Sonnemann G., 2009. Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials 23, p. 28-39 http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.11.012

[6] Thiers S., Peuportier B., 2012. Energy and environmental assessment of two high energy performance residential buildings. Building and Environment 51, p. 276-284. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.11.018

[7] Hartikainen H., Roininen T., Katajajuuri JH., Pulkkinen H., 2013. Finnish consumer perceptions of carbon footprints and carbon labelling of food products. Journal of Cleaner Production xxx, p. 1-9 http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.018

[8] Leire & Thidell, 2005 Leire C., Thidell A., 2005. Product-related environmental information to guide consumer purchases e a review and analysis of research on perceptions, understanding and use among Nordic consumers. Journal of Cleaner Production 13, p.1061-1070

[9] Armstrong C., Niinimäki K., Kujala S., Karell E., Lang C., 2014. Sustainable product-service systems for clothing: exploring consumer perceptions of consumption alternatives in Finland. Journal of Cleaner Production xxx, p. 1-10 http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.046

[10] Huang YC., Chu CL., Lee SN., Lan SJ., Hsieh CH., Hsieh YP., 2013. Building users' perceptions of importance of indoor environmental quality in long-term care facilities. Building and Environment 67, p. 224-230 http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.05.004

[11] Lo S.M., Zhao C.M., Cheng W.Y., 2006. Perceptions of building professionals on sustainable development: A comparative study between Hong Kong and Shenyang. Energy and Buildings 38, p. 1327–1334 http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2006.04.007

[12] Nair G., Mahapatra K., Gustavsson L., 2012. Implementation of energy-efficient windows in Swedish single-family houses. Applied Energy 89, p. 329-338 http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.07.040

[13] MIET (Ministerio de Industria, energia y turismo), 2013. Retrato de las PYME 2013. Subdirección General de Apoyo a la PYME. Disponible en http://www.iPYME.org/Publicaciones/Retrato_PYME_2013.pdf

[14] ISO (International Standard Organization), 2006. ISO 14040. Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and framework

[15] ISO (International Standard Organization), 2006. ISO 14044. Environmental Management. Life Cycle Assessment. Requirements and guidelines

[16] Cabeza L., Rincón L., Vilariño V., Pérez G., Castell A., 2014. Life Cycle Assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 29, p. 394-416 http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.037

[71] Citherlet S., Defaux T., 2007. Energy and environmental comparison of three variants of a family house during its whole life span. Building and Environment 2, p. 591–8 http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.09.025

[18] Ardente F., Beccali M., Cellura M., Mistretta, 2011. Energy and environmental benefits in public buildings as a result of retrofit actions. Renewable & Sustainable Energy Reviews 15, p. 460–70 http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.022

[19] Bilec M., Ries R., Matthews H.,Sharrard A., 2006. Example of a hybrid life-cycle assessment of construction processes. Journal of Infrastructure Systems 4, p. 207–15. http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)1076-0342(2006)12:4(207)

[20] Vallet F., Eynard B., Millet D., Mahut S., Tyl B., Bertoluci G., 2013. Using eco-design tools: An overview of experts' practices. Design Studies 34 (3), p. 345- 377. http://dx.doi.org/10.1016/j.destud.2012.10.001

[21] Kurczewski P., 2014. Life cycle thinking in small and medium enterprises: the results of research on the implementation of life cycle tools in Polish SMEs—part 1: background and framework. International Life Cycle Assessment 19, p. 593-600 http://dx.doi.org/10.1007/s11367-013-0675-0

[22] Hallstedt S., Thompson A., Lindahl P., 2013. Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. Journal of Cleaner Production 51, p. 277-288. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.043

[23] Zabalza I., Aranda A., Scarpellini S., 2009. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment 44, p. 2510-2520. http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001

[24] Pajchrowski G., Noskowiak A., Lewandowska A., Strykowski W., 2014. Wood as a building material in the light of environmental assessment of full life cycle of four buildings. Construction and building materials 52, p. 428-436. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.066

[25] Salazar J., Sowlati T., 2008. A review of life-cycle assessment of windows. Forest Product Journal 58 (10), p. 91- 96

[26] Robertson A., Lam F. Cole R., 2012. A Comparative Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Mid-Rise Office Building Construction Alternatives: Laminated Timber or Reinforced Concrete. Buildings 2, p. 245-270

[27] Josa A., Aguado A., Cardim A., Byars E., 2007. Comparative analysis of the life cycle impact assessment of available cement inventories in the EU. Cement and concrete research 37, p. 781-788. http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.02.004

[28] AENOR, 2007. UNE EN 10025-4:2007. Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 4: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino laminados termomecánicamente. Madrid, España

[29] AENOR, 2010. UNE EN 10346:2010. Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro. Madrid, España

[30] Jonsson A., Bjorklund T., Tillman A., 1998. LCA of Concrete and Steel Building Frames. Technical Environmental Planning, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden

[31] Goedkoop M., Spriensma R., 2001. The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology Annex. Pre-Consultants. http://www.pre-sustainability.com/download/EI99_annexe_v3.pdf

[32] van-Hemel C., 1998. EcoDesign empirically explored. Thesis Delft University of Technology, Delft. http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A75508637-dede-40f1-b232-85e12fcc4440/ Consulta: 05/05/2012

[33] Lindahl, M., 2006. Engineering designers' experience of design for environment methods and tools- Requirement definitions from an interview study. Journal of Cleaner Production, 14 (5), p. 487-496 DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.02.003