



**Evaluación de la sostenibilidad de sistemas
constructivos industrializados. Fachadas
en vivienda colectiva**

Autor: Ruth Vega Clemente

Institución: IE Universidad

Resumen

Este trabajo, parte de una reflexión sobre la integración de la Construcción Industrializada y el Desarrollo sostenible, y más concretamente, de la inquietud de querer comparar los diferentes sistemas de construcción industrializada para la construcción de vivienda colectiva bajo el punto de vista de la sostenibilidad. Sin embargo, la evaluación de la sostenibilidad es una tendencia en pleno desarrollo, cada vez surgen más herramientas y medios para poder ser aplicadas a todos los procesos involucrados en la construcción de edificios por lo que las primeras aproximaciones al efecto que se han hecho desde caminos muy diferentes concluyen de forma general en que la evaluación de la sostenibilidad en la arquitectura, lejos de ser una ciencia exacta, está condicionada por factores tan distintos que hace imposible su valoración de una forma objetiva. Los sistemas de evaluación ambiental, etiquetas ecológicas, así como las diferentes normativas sectoriales no hacen más que aproximarse al problema desde diferentes perspectivas, muchas de ellas coincidentes, en un intento de objetivizar la evaluación de la arquitectura sostenible. Un análisis previo de estos procedimientos parece necesario para encontrar criterios que nos permitan establecer un sistema de evaluación lo más unívoco posible. El objetivo final de este trabajo es establecer valores de referencia que permitan evaluar el grado de sostenibilidad del proceso global que implica cada uno de los sistemas constructivos industrializados y, más específicamente, el estudio se centrará en la evaluación de los sistemas constructivos de cerramientos exteriores para vivienda colectiva mediante indicadores de sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

En este momento de crisis, más que nunca, parece necesario realizar un esfuerzo conjunto en pensar y repensar los modos de construir en España. No es sólo que el desarrollo tecnológico de la industria de la construcción esté desfasado con respecto al de otras industrias sino que, además, ahora el sector de la construcción está siendo cuestionado por todos por su insostenibilidad, o lo que es lo mismo, por la gran cantidad de recursos que consume con enormes emisiones y residuos generados al medio ambiente.

La forma en que los edificios están contruidos revela en cierto modo la relación de la sociedad con la naturaleza. Y, ciertamente, los criterios que rigen actualmente la industria de la construcción se corresponden con una sociedad consumista en la que la gestión de los recursos dista mucho de ser eficiente. Frente a esta situación, empiezan a surgir propuestas que plantean soluciones que pasan por una mayor racionalización e industrialización de los procesos constructivos y el empleo de las nuevas tecnologías al servicio de una arquitectura más sostenible.

En un momento en que la sostenibilidad se ha convertido en la palabra de moda, a pesar de todo lo que ello implica en cuanto a mercantilización y aprovechamientos del término, ésta es sin duda, junto con la investigación, la única salida hacia delante para conseguir reestablecer las bases de una industria de una construcción que permita “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”.¹

EL TRABAJO: OBJETIVOS Y ESTRUCTURA

Esta comunicación presenta un avance y síntesis del trabajo realizado por la autora en su tesis doctoral titulada “Evaluación de la sostenibilidad de sistemas constructivos industrializados en fachadas en vivienda colectiva” que se está desarrollando en la Universidad Politécnica de Madrid, tutorizada por Don Alfonso del Águila García y Don Javier Neila González.

La tesis parte de la premisa de que la construcción en España se hace de forma poco sostenible manteniendo unos sistemas constructivos tradicionales heredados poco racionales y cuya organización y eficiencia en cuanto al aprovechamiento de recursos y energía en todo su ciclo de vida deja mucho que desear. Centrándose en el estudio de las fachadas industrializadas de vivienda colectiva, la autora pretende demostrar que es posible mejorar la sostenibilidad de los sistemas constructivos repensando los propios sistemas en todas las fases de su ciclo de vida y aplicando determinadas estrategias de sostenibilidad que además conduzcan a una mayor industrialización de los mismos.

El objetivo final es el desarrollo de un conjunto de estrategias para la sostenibilidad aplicables a los sistemas de fachadas en vivienda colectiva, en todo su ciclo de vida, así

¹ Definición de Desarrollo Sostenible según el Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común ONU (11/12/1987)

como establecer valores de referencia que permitan evaluar el grado de sostenibilidad del proceso global asociado a cada uno de los sistemas constructivos mediante indicadores de sostenibilidad.

La metodología desarrollada nos permitirá ofrecer juicios críticos soportados por una base fáctica sobre el grado de sostenibilidad de algunos sistemas sobre otros. De este modo, el trabajo desembocará en un análisis del estado actual del sector y de las posibilidades de mejora en cuanto a la sostenibilidad para concluir en unas directrices que permitan mejorar los sistemas existentes.

Supone una introspección en la industrialización sostenible de la construcción en lo que se refiere a la conservación de energía y los recursos naturales, la reutilización de estos recursos y la gestión del ciclo de vida de los materiales y componentes utilizados. Las consideraciones especificadas se refieren tanto a aspectos concernientes a los materiales empleados como al diseño de los componentes, las técnicas de construcción y las tecnologías utilizadas para obtener una mayor sostenibilidad de los edificios.

Para ello, se establecen unos objetivos previos como herramientas necesarias para poder llevar a cabo la evaluación, que son en sí mismos concluyentes. El trabajo se desarrolla en tres partes: la primera parte está dedicada al estudio, análisis y síntesis de los aspectos fundamentales relacionados con la construcción industrializada, el desarrollo sostenible y la medida de la sostenibilidad en la construcción que sean relevantes para este trabajo; la segunda parte se centra en la sistematización del conjunto de estrategias orientadas a la sostenibilidad de cerramientos de fachada y sus correspondientes indicadores y la tercera parte recoge el desarrollo de una metodología propia para la evaluación de la sostenibilidad en los sistemas de construcción industrializados de fachadas, junto con el estudio de una selección de casos actuales y la obtención de los resultados.

PARTE PRIMERA: ESTADO DEL ARTE

Construcción y desarrollo sostenible.

O cómo la industria de la construcción afecta al desarrollo sostenible del planeta. Definiciones fundamentales de conceptos en base a diferentes autores y explicación de tendencias actuales.

La medida de la sostenibilidad en la construcción.

Estudio de los diferentes sistemas de evaluación ambiental, sellos de calidad, ecoetiquetados y normativas que regulan y llevan a cabo la evaluación de la sostenibilidad en la construcción desarrollados -o en desarrollo- por relevantes organismos e instituciones, tanto a nivel nacional, como a nivel internacional

La construcción industrializada.

Perspectiva histórica de los sistemas de construcción industrializados, detectando indicios de sostenibilidad, hasta llegar a una valoración en nuestros días, definición de conceptos fundamentales y establecimiento de las categorías de análisis de los sistemas constructivos. Clasificación y descripción de los diferentes sistemas industrializados de fachadas.

PARTE SEGUNDA: ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD

Fachadas industrializadas sostenibles. Estrategias de sostenibilidad.

A partir de la información sistematizada en los capítulos anteriores, se procederá a la deducción y descripción de las principales estrategias de sostenibilidad que se han de considerar a lo largo del ciclo de vida de los cerramientos industrializados de fachadas de vivienda colectiva, incluyendo estrategias de diseño, fabricación, construcción, mantenimiento y reconstrucción, reutilización o reciclaje.

PARTE TERCERA: METODOLOGÍA A BASE DE INDICADORES Y ESTUDIO DE CASOS

Desarrollo de una metodología propia.

Se desarrollará una metodología específica de evaluación que permita cuantificar y cualificar el grado de sostenibilidad de los cerramientos industrializados de fachadas en vivienda colectiva. Esta evaluación se llevará a cabo mediante la verificación del cumplimiento de unos indicadores de sostenibilidad que derivarán de las estrategias definidas en el capítulo anterior.

Guía de evaluación.

Desarrollo de una guía de referencia que detalla los requerimientos exigidos a los sistemas constructivos y los criterios de puntuación de cada indicador. Cada uno de los parámetros se desarrollará independientemente en una tabla-guía donde se especifique la metodología a seguir en la evaluación.

Estudio de casos.

Se estudiará una selección de sistemas constructivos de fachadas reales mediante el análisis de unidades funcionales de fachadas completas y se evaluarán según el método desarrollado. Esto no se considera como una mera aplicación final del método sino que es a su vez una forma de testarlo a la vez que ayuda a identificar mejor las estrategias y a concretar los indicadores.

LA MEDIDA DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN

La evaluación de la sostenibilidad es una tendencia en pleno desarrollo, cada vez surgen más herramientas y medios para poder ser aplicados a todos los procesos involucrados en la construcción de edificios por lo que las primeras aproximaciones al efecto que se han hecho desde caminos muy diferentes concluyen, de forma general, en que la evaluación de la sostenibilidad en la arquitectura, lejos de ser una ciencia exacta, está condicionada por factores tan distintos que hace muy difícil su valoración de una forma objetiva.

Los sistemas de evaluación ambiental, etiquetas ecológicas, así como las diferentes normativas sectoriales no hacen más que aproximarse al problema desde diferentes perspectivas, muchas de ellas coincidentes, en un intento de objetivar la evaluación de la arquitectura sostenible. Un análisis previo de estos procedimientos parece necesario

para encontrar criterios que nos permitan establecer un sistema de evaluación lo más unívoco posible.

Pese a que el debate sobre el propio concepto de sostenibilidad, de su adecuación y de la implicación de sus valores en la construcción, está todavía vigente, disponemos en la actualidad de diferentes sistemas de evaluación de la sostenibilidad en la edificación suficientemente empleados y contrastados para que sirvan, analizados en su conjunto, de referente para, como mínimo, conocer qué hay que medir para valorar la sostenibilidad de los sistemas constructivos. Pero si se trata de resolver los problemas de sostenibilidad, son necesarios datos objetivos, son necesarios números, no adjetivos y debemos basar lo que hacemos en pruebas, no en relaciones públicas.

En este capítulo se analizarán algunas de las diferentes herramientas y métodos de evaluación que existen hoy en día para bien elegir un material en la fase de diseño como para evaluar el edificio completo en relación al medio ambiente. Las herramientas se describirán brevemente haciendo especial hincapié en como evalúan los aspectos relacionados a sistemas constructivos (de fachadas).

Una de las prioridades de las nuevas políticas de sostenibilidad relacionadas con la industria es el desarrollo de sistemas de evaluación de la sostenibilidad (ambiental, social y económica) que permita a las organizaciones controlarse así mismas de acuerdo con la normativa ambiental y, de este modo, mejorar su rendimiento respecto al medio ambiente.

En la Unión Europea, la implantación de sistemas de gestión destinados a mejorar el comportamiento sostenible de los sistemas de producción no es todavía de carácter obligatorio, aunque se han tomado medidas para fomentar e incentivar el cumplimiento voluntario. Como consecuencia, los condicionantes medioambientales se van imponiendo en el panorama industrial y están presentes en el mercado. Los fabricantes se ven, cada vez más, obligados a demostrar, de una manera objetiva y rigurosa, que sus productos tienen un adecuado comportamiento sostenible. El sector de productos de la construcción se encuentra fuertemente involucrado en esta problemática.

Poco a poco se van desarrollando e implantando políticas medioambientales en todos los países desarrollados a modo de recomendaciones o normativas de obligado cumplimiento. A fecha de hoy, todavía constituyen un conjunto de acercamientos de diferentes índoles, con mayor o menor conexión, a distintos aspectos y etapas de la construcción.

Se espera que el análisis de los indicadores y parámetros que recogen los principales sistemas de evaluación de la sostenibilidad aplicados a la edificación pueda derivar en el desarrollo de una instrumentalización con la que valorar los sistemas industrializados para la construcción de viviendas colectivas sostenibles de una forma sistemática. En la elección de estos sistemas se han priorizado aquellos que estén reglamentados, reconocidos y certificados por organismos oficiales o de reconocido prestigio.

Las principales herramientas de evaluación tenidas en cuenta en el desarrollo de nuestro trabajo son las siguientes:

Gestión ambiental y etiquetado ecológico. ISO 14.000

Ante la masiva presencia y nueva incorporación de normas ambientales, la Organización Internacional para la Estandarización ha desarrollado en los últimos años una serie de normas englobadas dentro de la familia ISO 14.000 y que pretende ser un indicador universal que evalúe los esfuerzos de cualquier organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada. Estas normas actúan, desde el punto de vista ecológico, en dos vías principales: la certificación de los sistemas de gestión ambiental y la consecución de un “etiquetado” o sello ecológico.

Las dos primeras normas de la familia tratan de los Sistemas de Gestión Medioambiental, proveyendo requerimientos y estableciendo directrices generales. Las otras normas y guías se refieren a aspectos medioambientales específicos entre los que se incluyen las auditorías ambientales, las etiquetas ecológicas y las declaraciones medioambientales de producto y análisis de ciclo de vida, entre otras.

Análisis del ciclo de vida

La evaluación de impactos, ya sean de índole económica, ambiental o social, de un producto, sistema o actividad concreta se ha de llevar a cabo considerando su ciclo de vida completo. Desde un punto de vista ecológico, los sistemas de evaluación ambiental han adoptado el término de ciclo de vida para cuantificar el impacto ambiental de un producto, sistema o actividad desde que se le extrae de la naturaleza hasta que regresa al ambiente como desecho, dentro de un proceso sistémico en el que se consumen recursos naturales y se emiten desechos. La SETC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) define el ACV como un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como los vertidos de todo tipo al entorno para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

En este trabajo se han estudiado los principales impactos considerados en el desarrollo de los sistemas de evaluación ambiental para seleccionar aquellos que puedan ser importantes para nuestro estudio.

Declaraciones Ambientales de Producto

Las Declaraciones Ambientales de Producto (Environmental Product Declaration EPD), conocidas como Ecoetiquetas tipo III, están basadas en el estudio del ACV y tienen como finalidad aportar información cuantitativa de los impactos ambientales que comporta un determinado producto a lo largo de su ciclo de vida.

En los últimos años se han desarrollado en diversos países europeos, así como en Estados Unidos, Canadá o Japón, entre otros. Las DAP no definen criterios de preferencia ambiental ni establecen requisitos mínimos a cumplir, simplemente proveen información obtenida del análisis de ciclo de vida de un material para la toma de decisiones de proyecto y ejecución de obras.

Perfiles Ambientales de Productos de la Construcción (Environmental Profiles of Building Products)

Desarrollada por BRE (Building Research Establishment) en dos versiones: papel y on line, para dar soporte al sistema de evaluación BREEAM (BRE Environmental Assessment)

Method), da información sobre los impactos ambientales relativos producidos por más de 1.200 componentes constructivos empleados en seis usos genéricos como son oficinas, educación, sanidad, centros comerciales, residencial e industrial. Se basa en el análisis del ciclo de vida usando una metodología propia (Environmental Profiles Methodology 2008).

Es uno de los pocos sistemas de evaluación que se refieren específicamente a componentes o sistemas constructivos y no a materiales o a edificios. La información proporcionada está dirigida a diseñadores y constructores permitiendo comparar el “perfil ambiental” de diferentes componentes de construcción divididos e las siguientes categorías: muros exteriores, muros interiores y particiones, techos, forjados sanitarios, forjados, ventanas, aislamiento, paisaje y acabados de suelos.

CEN/TC 350 – Sostenibilidad en la construcción

En el ámbito europeo, el comité técnico CEN/TC 350 fue creado en 2005 para dar respuesta al mandato de la Dirección General de Empresa e Industria de la Comisión Europea (M/350 Standardisation Mandate to CEN dated 29 March 2004) para desarrollar un método voluntario para la evaluación de edificios nuevos y ya existentes a lo largo de todo su ciclo de vida y de estándares para la declaración ambiental de producto de los productos de construcción. El alcance de estos estándares pretende incluir aspectos económicos y sociales de los edificios. No incluyen valores de referencia o comparativos y no establecen niveles o clases para ningún tipo de medida de comportamiento.

La subestructura de este grupo de trabajo es la siguiente:

- CEN/TC 350/WG 1 Comportamiento ambiental de los edificios
- CEN/TC 350/WG 2 Descripción del ciclo de vida de los edificios
- CEN/TC 350/WG 3 Niveles de productos
- CEN/TC 350/WG 4 Evaluación del comportamiento económico de los edificios
- CEN/TC 350/WG 5 Evaluación del comportamiento social de las edificaciones

Sistemas de Evaluación de la Sostenibilidad de Edificios

BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) fue el primer sistema en ofrecer una etiqueta medioambiental para edificios. Hoy en día nos encontramos con diferentes esquemas en todo el mundo, la mayoría de los cuales se han basado o inspirado en éste, reflejando las especificidades de cada región (país) donde vayan a ser aplicados. En este estudio se han analizado, a parte del BREEAM británico, el sistema estadounidense LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), el japonés CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), el australiano Green Star y el español VERDE.

Las últimas versiones de cada uno de estos sistemas poseen gran similitud en varias de las categorías lo cual es un indicativo de que la industria de la construcción presenta desafíos similares en distintas partes del mundo debido a que gran parte de las problemáticas medioambientales son de carácter global.

Aspectos comunes en las herramientas de evaluación

El estudio de estos sistemas ha permitido llegar a una serie de conclusiones que se pueden aplicar directamente en el desarrollo del método propio de evaluación.

- **La evaluación basada en indicadores de impacto**

Las evaluaciones se basan en la verificación del cumplimiento de los indicadores de sostenibilidad relacionados con diferentes impactos ambientales. Los indicadores son cifras u otras medidas que permiten simplificar la información disponible de un fenómeno complejo, como son los impactos ambientales, sociales y económicos, en una forma relativamente sencilla de utilizar y comprender, teniendo como finalidad principal la cuantificación, la simplificación y la comunicación). Según la norma UNE-EN 15643, Los métodos de evaluación deben ser creíbles, transparentes y sistemáticos para que los resultados de la evaluación sean verificables, transparentes y comparables.

- **Puntuaciones ponderadas**

Los sistemas básicos de calificación de impactos de sostenibilidad puntúan una serie de cuestiones relativas a la sostenibilidad, dando a cada una un valor unitario, sumando las puntuaciones individuales para obtener una calificación general. Otros sistemas utilizan un sistema de puntuaciones integral para resumir el cumplimiento relativo de cada indicador y luego sumar cada una de estas puntuaciones ponderadas para obtener una puntuación global.

- **Elección de los créditos, diferencia de escenarios**

Los sistemas de evaluación más avanzados ofrecen la posibilidad de elegir cuales son los créditos, u objetivos a alcanzar, en función del escenario en que se esté realizando la evaluación. Esto flexibiliza el sistema de evaluación convirtiéndolo en una herramienta más flexible con capacidad de adaptarse a cada mercado.

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PROPIA DE EVALUACIÓN

La sistematización del análisis comparativo de los sistemas de construcción industrializada incluye el desarrollo de una metodología propia que puede servir de base para realizar una comparación cuantitativa y cualitativa de la sostenibilidad de los sistemas de construcción industrializada, aplicado a las fachadas de edificios de viviendas.

La evaluación se basa en la verificación del cumplimiento de los indicadores de sostenibilidad relacionados con el consumo de materiales, diseño, fabricación, transporte, puesta en escena y la reutilización.

Objetivo

Establecer una metodología que permita evaluar los sistemas constructivos industrializados de fachadas bajo el punto de vista de su sostenibilidad.

Alcance

El estudio se realizará mediante el análisis de **Unidades Funcionales de fachadas**, esta unidad corresponde con un elemento constructivo colocado en obra y que cumpla una

determinada función. De este modo los resultados de las evaluaciones de varias unidades funcionales podrán ser comparables entre sí.

En nuestro caso la Unidad Funcional será la correspondiente a 1m^2 de cerramiento de fachada opaco, con una transmitancia térmica igual a $U=0,3\text{ W/m}^2\text{K}$. El tiempo de vida útil estimado de cada Unidad Funcional será de 50 años. Se tendrán en cuenta en la evaluación las siguientes fases de su ciclo de vida: PRODUCCIÓN, CONSTRUCCIÓN, USO Y DISPOSICIÓN FINAL

Evaluación

La evaluación tendrá en cuenta los tres pilares básicos de la sostenibilidad:

- a) Dimensión económica: desarrollo tecnológico eficaz
- b) Dimensión ambiental: integridad del medio natural
- c) Dimensión social: Bienestar de la población

Indicadores

Una vez analizados los principales sistemas de evaluación de la sostenibilidad de edificios con criterios y, entendidas las repercusiones que la propia definición de sostenibilidad tiene en la construcción, a continuación se establecen y definen los parámetros que se van a tener en cuenta en el análisis de la sostenibilidad de los sistemas industrializados.

Se trata de valorar y cuantificar las causas y efectos sobre los sistemas tanto de los indicadores cuantificables, mediante el Análisis de su Ciclo de Vida, como de los de difícil cuantificación, pero siempre basándonos en prácticas anteriormente recogidas y contrastadas que nos permitan evaluar cuestiones como la durabilidad de los sistemas, las condiciones de trabajo de los trabajadores, etc.

Los indicadores de los parámetros pretenden abarcar el proceso general de diseño, fabricación, puesta en obra y reciclaje de un sistema constructivo determinado. De este modo se han clasificado en los siguientes capítulos: Diseño, Materiales y Componentes, Fabricación, Ejecución y Otros.

Obtención de datos

Se tomarán datos obtenidos directamente a partir de una buena muestra de fabricantes españoles de materiales, componentes y sistemas, mediante un proceso de selección debidamente documentado. De aquellos materiales o productos que no se puedan obtener datos directamente se podrán emplear datos obtenidos de bases de datos comerciales.

Los datos que podemos consultar en las bases de datos españolas son básicamente ambientales y referidos a energía, emisiones y residuos. Generalmente estos impactos son considerados los más relevantes para materiales de construcción pero constituyen un análisis parcial. La lista de impactos y su medida debería irse desarrollando y actualizando progresivamente a medida que se vayan desarrollando nuevos estudios y aparezcan nuevos datos al respecto.

Puntuación

Cada indicador será evaluado en una escala numérica de 1 a 3 (con algunas excepciones que llegarán hasta 5). La puntuación estará asociada a un nivel de sostenibilidad para cada indicador. Los niveles irán de 1 (nivel 1) a 3 (nivel 3).

Como norma general, el nivel 1 se corresponde con los sistemas que reúnen los requerimientos mínimos y el nivel 3 se corresponde con el óptimo de sostenibilidad.

EVALUACIÓN DE UNIDADES FUNCIONALES COMPLETAS

Selección de los componentes de las Unidades Funcionales

Para desarrollar el estudio, se han seleccionado una serie de componentes industriales abiertos que, combinados entre sí, forman unidades funcionales completas dentro del edificio. La evaluación de estas Unidades Funcionales nos permitirá mejorar el método, así como llegar a una serie de conclusiones parciales en cuanto a la sostenibilidad de los sistemas estudiados.

La elección de estos sistemas y componentes se ha basado en los siguientes factores clave en el estudio:

- a) Estudio de diferentes productos y fabricantes
- b) Colaboración con los fabricantes: entrar en contacto con expertos y visitar las fábricas.
- c) La existencia de ejemplos construidos para estudiar los sistemas llevados a cabo en casos reales, así como estudiar cuestiones de durabilidad.

Evaluación

Una vez que los componentes y sistemas han sido seleccionados, y estudiados en colaboración con los servicios de soporte técnico del fabricante, se llevará a cabo el estudio de las Unidades Funcionales completas.

Estas unidades son evaluadas en sus características ambientales, económicas y sociales en todas las etapas de producción (diseño, fabricación, montaje in situ y mantenimiento).

A partir de los datos obtenidos, y aplicando la metodología descrita, un valor numérico se obtendrá. Este valor muestra el grado de sostenibilidad e industrialización obtenida por la unidad completamente funcional, válida para su comparación con otras unidades analizadas.

Por otra parte, esta evaluación es también un indicador de los posibles puntos débiles de los sistemas analizados, relacionados con la sostenibilidad, que nos permite diagnosticar aquellos aspectos susceptibles de ser mejorados.

Ejemplo de evaluación de una Unidad Funcional completa de fachada.

GRC_01

Unidad funcional de fachada ligera compuesta placas autoportantes de GRC de tipo Stud-Frame, aislamiento de lana de roca y trasdosado de cartón yeso.

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD FUNCIONAL

Panel tipo *Stud Frame* de GRC proyectado de 10 mm de espesor con bastidor de tubo de acero zincado, 70.40.3, con una separación entre montantes de 60 cm, fijado mediante conectores de acero zincado fijados a dicha lámina, sujeto a forjado mediante angular de enlace soldado al bastidor y a la placa del forjado; con aislamiento a base de 4 cm de poliuretano proyectado *in situ*.
Trasdosado autoportante de cartón-yeso con montantes separados cada 600 mm a ejes entre ellos.

FABRICANTES ESPAÑA (Consultados en este estudio)

PREINCO. San Martín de la Vega, Madrid. www.preinco.com

SEIS. Valdemoro, Madrid. www.seis6.com

MGS (Modular GRC Systems). Can Xirgu, Girona. www.mgs-grc.com

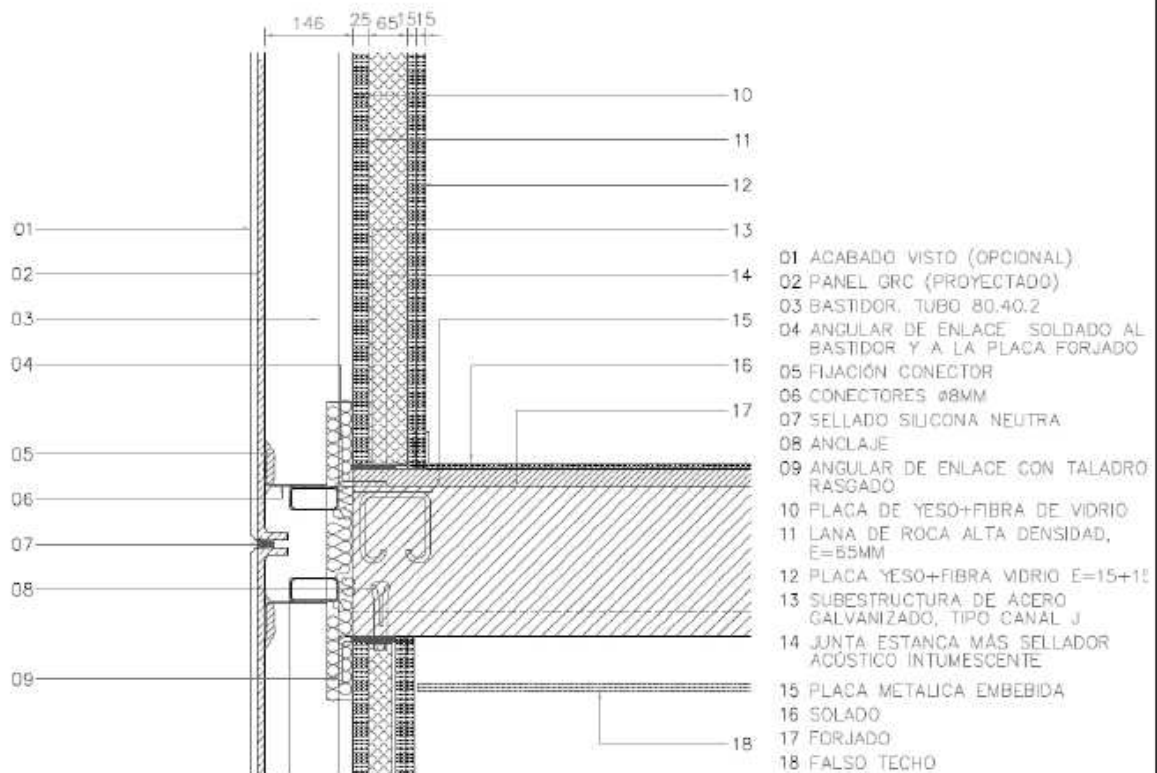
PANELCO. Yeles, Toledo. www.panelcogrc.es

GRC BARCELONA.

Otros fabricantes en España: PRESOLTEC, HOUSING FORMULA,

Otros organismos consultados: ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE FABRICANTES DE GRC.
www.grca.org.uk

(DETALLE)



$U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

GRC_01_RECOGIDA DE DATOS
MATERIALES

	PESO		VOLUMEN		CO ₂	ENERGIA	RESIDUOS		PRTR	PROCESADENCIA	RENOV. RÁPIDA	REC %	VIDA UTIL ANOS
	Kg	%	m ³	%			Kg	MJ					
PANEL GRC	40,00	35,97%	0,01	7,58%					NO	NO	NO	0,00%	40
BASTIDOR ACERO ZINCADO	15,00	13,49%	0,00126	0,95%					NO	NO	NO	0,00%	40
PLACA PLADUR CH	21,70	19,52%	0,025	18,95%					NO	NO	NO	0,00%	20
ESTRUCTURA ACERO GALVANIZADO	4,86	4,37%	0,005	3,79%					NO	NO	NO	0,00%	
TORNILLERIA	0,88	0,80%	0,0002	0,15%					NO	NO	NO	0,00%	
LANA MINERAL	4,20	3,78%	0,06	45,47%	6,41	101,03	0,122	2,8E-05	NO	NO	NO	0,00%	50
PLACA YESO LAMINADO	24,00	21,58%	0,03	22,73%					NO	NO	NO	0,00%	20
PINTURA PLÁSTICA	0,55	0,49%	0,0005	0,38%	4	27,11	0,37	0,00614	NO	NO	NO	0,00%	5
TOTAL	111,19	100,00%	0,13196	100,00%									

ELEMENTOS Y COMPONENTES

	PESO		VOLUMEN		MEDIDAS DE FABRICACION	CONEXIONES	DESMONTAJE
	Kg	%	m ³	%			
PANEL GRC STUD FRAME	55,00	49,46%	0,01126	8,53%	FABRICACIÓN A MEDIDA 22 m ² máximo 3,5 ml máximo	ANCLAJES SOLDADOS NORMALIZADOS	COMPLEJO PARA REUTILIZACIÓN
PLADUR CH	51,44	46,27%	0,0602	45,62%	MEDIDAS ESTANDARIZADAS DE FACIL MANIPULACIÓN	ATORNILLADO A SUBESTRUCTURA	FACILMENTE SEPARABLE
LANA MINERAL	4,20	3,78%	0,06	45,47%	MEDIDAS ESTANDARIZADAS DE FACIL MANIPULACIÓN	ACOPLADA ENTRE MONTANTES	MUY FACILMENTE SEPARABLE
PINTURA PLÁSTICA	0,55	0,49%	0,0005	0,38%		ADHERENCIA	NO SEPARABLE
TOTAL	111,19	100,00%	0,13196	100,00%			

USO DE LAS TIC	FABRICACION	CONSTRUCCION	MANTENIMIE	DESMONTAJE
----------------	-------------	--------------	------------	------------

SOLUCIONES HABITABILIDAD

AISLAMIENTO TERMICO	PERSONALIZADO SEGUN GROSOR DEL AISLAMIENTO. BUENA TRANSMITANCIA
PREVENCIÓN DE CONDENSACIONES	NO EXISTE RIESGO DE CONDENSACIONES
PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	CUMPLIMIENTO EXIGENCIAS CTE
MEJORAS BIOCLIMATICAS	NO EXISTEN

EFICIENCIA CONSTRUCCIÓN

HORAS DE PRODUCC + CONSTRUCC	TOTAL	FABRIC	OBRA
SIMPLICIDAD DEL SISTEMA			
GRADO DE INDUSTRIALIZACION			

GRC_01_EVALUACIÓN: PUNTUACIÓN

		MAX. P DISP	PTOS ASIGN	PONDE RAC	PUNTAJÓN TOTAL
D DISEÑO				0,4	8
D.1 DISEÑO RACIONAL	D.1.1 ADAPTABILIDAD DEL SISTEMA A CUALQUIER TIPO DE MEDIDAS	0-3	3	0,4	1,2
	D.1.2 ELEMENTOS CON CONEXIONES UNIVERSALES	0-3	3	0,3	0,9
	D.1.3 REUSABILIDAD DE MATERIALES Y COMPONENTES	0-5	4	0,25	1
	D.1.4 USO DE LAS TIC	0-3	0	0,1	0
	D.1.5 DOCUMENTOS TÉCNICOS (DIT)	0-1	1	0,1	0,1
D.2 DURABILIDAD Y FIABILIDAD DE LOS COMPONENTES	D.2.1 VIDA ÚTIL EN SERVICIO (SERVICE LIFE) DE LOS COMPONENTES. ACABADOS EXTERIORES	0-5	5	0,15	0,75
	D.2.2 VIDA ÚTIL EN SERVICIO (SERVICE LIFE) DE LOS COMPONENTES. ACABADOS INTERIORES	0-5	5	0,15	0,75
D.3 SOLUCIONES DE HABITABILIDAD	D.3.1 AISLAMIENTO TÉRMICO	0-3	3	0,3	0,9
	D.3.2 PREVENCIÓN DE CONDENSACIONES	0-3	3	0,3	0,9
	D.3.3 PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO	0-3	1	0,3	0,3
	D.3.4 MEJORAS BIOCLIMÁTICAS EN EL DISEÑO	0-3	0	0,3	0
D.4 FUNCIONALIDAD	D.4.1 USO EN VIVIENDA	0-1	1	0,3	0,3
	D.4.2 NÚMERO MÁXIMO DE PLANTAS	0-3	3	0,3	0,9
M MATERIALES Y ELEMENTOS				0,4	0,45
M.1 IMPACTO AMBIENTAL (ACV)	M.1.1 EMISIONES DE CO2	0-3	0	0,4	0
	M.1.2 ENERGÍA PRIMARIA	0-3	0	0,3	0
	M.1.3 RESIDUOS	0-3	0	0,3	0
	M.1.4 MATERIALES DE BAJA EMISIÓN	0-3	0	0,2	0
M.2 EXPLOTACIÓN RESPONSABLE	M.2.1 CERTIFICACIÓN DE PROCEDENCIA RESPONSABLE	0-3	0	0,2	0
	M.2.2 MATERIALES Y COMPONENTES REGIONALES	0-3	3	0,15	0,45
	M.2.3 MATERIALES DE RENOVACIÓN RÁPIDA	0-3	0	0,1	0
	M.2.4 USO DE MATERIALES Y COMPONENTES RECICLADOS	0-3	0	0,2	0
F FABRICACIÓN				0,2	2,2
F.1 AUTOMATIZACIÓN DE LA FÁBRICA	F.1.1 VOLUMEN DE PRODUCCIÓN	0-3	2	0,4	0,8
	F.1.2 MAQUINARIA ESPECIALIZADA	0-3	1	0,3	0,3
	F.1.3 CADENA DE MONTAJE	0-3	0	0,4	0
F.2 CONDICIONES LABORALES	F.2.1 CONDICIONES SOCIALES	0-3	2	0,4	0,8
	F.2.2 CONDICIONES AMBIENTALES	0-3	1	0,3	0,3
E EJECUCIÓN				0,2	4
E.1 TRANSPORTE	E.1.1 DIMENSIONES / PESO MÁXIMO	0-1	1	0,4	0,4
	E.1.2 NECESIDAD DE VEHÍCULOS ESPECIALES	0-1	1	0,3	0,3
E.2 PUESTA EN OBRA	E.1.1 REDUCCIÓN DEL TRABAJO <i>IN SITU</i>	0-3	3	0,4	1,2
	E.1.2 SIMPLICIDAD DEL SISTEMA	0-3	3	0,3	0,9
	E.1.3 GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL SISTEMA	0-3	3	0,4	1,2
O OTROS				0,2	1,8
O.1 EXPERIENCIA DEL SISTEMA	O.1.1 PROYECTOS DE VIVIENDAS REALIZADOS	0-3	3	0,4	1,2
	O.1.2 ESTUDIOS COMPARATIVOS	0-1	1	0,3	0,3
	O.1.3 ESTUDIO GRADO DE SATISFACCIÓN	0-1	1	0,3	0,3
				1	4,98
					5

RESULTADO DE LA EVALUACIÓN

Como objetivo final de esta metodología se pretenden estudiar las posibilidades reales de los sistemas industrializados en la construcción actual desde el punto de vista de la tecnología y la sostenibilidad.

El estudio concluiría con el desarrollo de unidades funcionales completas con un óptimo grado de industrialización y sostenibilidad desde el punto de vista de la innovación tecnológica y la viabilidad económica, con productos competitivos en el mercado actual. Esto facilitará la elección a los arquitectos, ingenieros, promotores públicos y privados, etc. para utilizar los productos industriales, con aplicación tanto en obra nueva como rehabilitación.

Con el fin de lograr un estudio real y objetivo, se establecerán convenios de colaboración con las empresas más innovadoras en el sector de la construcción industrializada.

CONCLUSIONES

Este estudio está todavía en desarrollo. Hasta ahora se han realizado los dos primeros puntos y ahora se está llevando a cabo el desarrollo contrastado del método de evaluación, junto con la recopilación de datos y la valoración de las unidades funcionales.

No obstante, la búsqueda y el análisis de los sistemas de evaluación ambiental y la evaluación de los indicadores y parámetros específicos de construcción industrializada nos han llevado a ser capaces de esbozar conclusiones preliminares con el fin de establecer la tendencia en la que la construcción industrializada debe proceder para lograr la sostenibilidad en la edificación y proporcionar estrategias para lograrlo. En general, podemos identificar las siguientes estrategias encaminadas a una construcción industrializada sostenible:

- Elección de materiales y elementos de bajo impacto ambiental y que no supongan ningún riesgo para la salud humana. Para ello se hace imprescindible el Análisis del Ciclo de Vida de todo el proceso teniendo en cuenta la totalidad de las fases desde la fabricación, construcción hasta la deconstrucción. El ACV nos proporciona los datos del impacto ambiental del total de los sistemas constructivos y, por tanto, un criterio fundamental sobre la elección de unos materiales o procesos con respecto a otros.
- Utilización de sistemas constructivos y energéticos en base a productos y energías renovables.
- Uso de materiales de procedencia responsable. Esto implica evitar el uso de materiales que estén en vías de extinción así como aquellos que produzcan un gran impacto sobre el territorio y el ecosistema. Se apoyará el uso de los materiales regionales y recursos autóctonos.
- Reutilización de materiales y componentes en su doble vertiente: uso de materiales y componentes reciclados frente a la tendencia tradicional de la

extracción de materias naturales; y la posibilidad de reuso (reusabilidad) de materiales y componentes implicados en el sistema procedentes de trabajos de sustitución o de derribo.

- Diseño racional en consonancia con los métodos de gestión, producción y tecnológicos que conduzca a mejorar la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad. Para ello se tendrá especialmente en cuenta la universalidad del sistema en cuanto al uso de coordinaciones modulares y dimensionales internacionalmente aceptadas, el diseño de uniones con conexiones estándares y la posibilidad de futuro desmontaje o deconstrucción de los componentes.
- Calidad del sistema: desarrollo de elementos y componentes de gran durabilidad y fiabilidad. Esto en principio puede implicar mayor coste pero a la larga constituye una inversión acertada ya que ahorra energía y reduce los residuos.
- Búsqueda de soluciones bioclimáticas en el diseño. La consecución del mayor confort interior con la mínima energía puede pasar por recuperar estrategias de la arquitectura tradicional dándoles una lectura contemporánea mediante la utilización de la tecnología y los medios naturales. En este sentido, hay que tener especial cuidado con la importación de soluciones industrializadas de otros países ya que pueden resultar completamente ajenas a nuestra cultura, clima y modo de construir.
- Lograr la máxima eficiencia en la construcción. El término eficiencia se traduce aquí en reducción de costos, de tiempos de ejecución y de mano de obra en el tajo. Para ello se automatizará todo el trabajo posible y se emplearán elementos prefabricados frente a materiales fabricados in situ siempre y cuando esto esté justificado.
- Simplicidad del sistema. La alta tecnología disfraza las verdaderas necesidades, no por casualidad a veces las soluciones más simples son las más sostenibles.

REFERENCIAS

Anderson, Jane, Shiers, David, Steele, Kristian. *The green guide to specification. An Environmental Profiling System for building materials and components*, BRE and Oxford Brookes University. HIS BRE Press, Watford, 2009.

Atkinson, C. Yates, A. Wyatt, M., *Sustainability in the built environment*, HIS BRE Press, Watford, 2009

Baldwin, Roger. "Environmental Assessment and Management of Buildings" // The UK Viewpoint, Report 7150/1 for consultation, BSRIA, 1996.

Hegger, Fuchs, Starck y Zeumer. *Energy Manual. Sustainable Architecture*. Edition Detail. MacKay, David J. C. Sustainable Energy - without the hot air. Cambridge: UIT Cambridge, 2008.

Howard, Nigel; Edwards, Suzy y Anderson, Jane. *BRE methodology for environmental profiles of construction materials, components and buildings*. BRE press, 1999 Munich, 2008 English translation of the 1st German edition.

Kieran, Stephen y Timberlake, James. *Refabricating ARCHITECTURE*. McGraw-Hill Companies, Inc. New York, 2004.

Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común ONU (11/12/1987)

Saunders, Thomas. "A discussion document comparing International environmental assessment methods for buildings". www.breeam.org