

Metodología de la ecoinnovación PDCA, aplicada al prototipo de fachada vegetal aljibe Naturpanel en el Proyecto SOS-Natura.

Luis A. Alonso¹, Rocío Carabaño¹, Mariana Chanampa¹, Jesús García¹, Raquel Guerra¹, M. Carolina Hernández-Martínez¹, Jorge Orondo¹, Diego Ruíz¹, M. del Alba v. de la Rosa¹, Pilar Vidal¹, Alfonso García-Santos¹, Francesca Olivieri¹, César Bedoya¹.

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

cesar.bedoya@upm.es

Resumen: Este artículo expone la metodología de trabajo desarrollada en las investigaciones del Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM, basada en el concepto de ecoinnovación, y en la normativa AENOR de Ecodiseño (UNE-EN ISO 14006), en normativas relacionadas como la UNE-EN ISO 9001 y 14001, entre otras.

Dicha metodología considera los aspectos medioambientales desde las primeras fases de la investigación, para aumentar la ecoeficiencia de las propuestas producidas, de manera que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen una mejor calidad de vida, a la vez que reduzcan progresivamente los impactos ambientales y la intensidad de consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida, hasta un nivel, al menos, en línea con la capacidad de asimilación de la Tierra.

El objetivo de esta comunicación es explicar y dar a conocer, mediante ejemplos concretos, dicha metodología; los beneficios de la misma y cómo influye su utilización en el diseño arquitectónico de fachadas vegetales.

Área temática: Calificación medioambiental y energética: herramientas, estándares y sellos en la edificación.

Palabras clave: ecoinnovación, ecodiseño, construcción sostenible, análisis de ciclo de vida, fachada vegetal.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos arquitectónicos a día de hoy, es la asunción del “escenario 450” en el que la Agencia Internacional de la Energía (AIE) presenta un modelo alternativo para la construcción [7], tanto a nivel de diseño arquitectónico como urbano, basado en la ecoinnovación y que promueve una mayor eficiencia energética y un menor impacto ambiental. Desde las administraciones y colegios profesionales de todo el mundo, se está tratando de poner remedio al problema de la ineficiencia energética de nuestras edificaciones, pero estas iniciativas pierden fuerza cuando, a la hora de construir la envolvente del edificio, se utilizan técnicas arcaicas, mal evolucionadas y poco adaptadas a las exigencias de nuestros días [2, 3].

El proyecto de investigación SOS-Natura, Soluciones Arquitectónicas Vegetales, asume como propio este reto planteado por la AIE y busca dar respuesta, mediante la aplicación de la metodología de la ecoinnovación, a los problemas de eficiencia energética y de impacto ambiental que se plantean en las fachadas de las edificaciones.

Además de este gran reto, esta investigación cuenta con el valor añadido de que se busca revitalizar mediante la I+D+i y la ecoinnovación, el sector de la construcción que ha sido tradicionalmente motor de la economía española y que, en la actualidad se encuentra deprimido. En el caso que nos ocupa, su revitalización se fundamenta en el cambio a un modelo más sostenible, basado en sistemas de alta tecnología, que permitan reinventar un elemento de fachada, a nivel de fabricación y puesta en obra, para ofrecer soluciones tanto en el campo de la obra nueva como en el de la rehabilitación.

Esta comunicación desarrolla de forma pormenorizada la metodología de actuación en cuatro campos diferentes y conectados dentro del Proyecto, basándose en las siguientes herramientas:

- a) Simulación energética: Analiza las propuestas de mejora de los sistemas a nivel teórico, conociendo los resultados finales en un corto espacio de tiempo y con un mínimo coste. Ayuda a analizar las distintas opciones de mejora y a determinar la que mejor se adapta a las necesidades de la investigación.
- b) Monitorización: Permite la comprobación real, seguimiento y cuantificación de las características térmicas y acústicas que proporcionan las soluciones planteadas como objeto de estudio.
- c) ACV: Consiste en evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, cuantificando el uso de materia, energía y emisiones, para determinar el impacto que ese uso de recursos y esos vertidos producen en el medio ambiente, y llevar a la práctica mejoras ambientales.
- d) Evaluación ambiental: Soporta la toma de decisiones hacia la consecución de la sostenibilidad, proporcionando una evaluación de la investigación al aportar la información relativa a la sostenibilidad de manera estructurada.

2. OBJETIVOS

El proyecto SOS-Natura tiene como objetivo fundamental ecodiseñar, mediante una metodología de trabajo propia basada en el concepto de ecoinnovación, soluciones arquitectónicas para fachada que integren elementos vegetales que permitan mejorar la eficiencia energética del edificio a lo largo de todo su ciclo de vida.

Uno de los principales objetivos de dicha metodología es desarrollar soluciones constructivas sostenibles e innovadoras que contribuyan a mejorar la eficiencia energética del edificio a lo largo de todo su ciclo de vida. La metodología está orientada a obtener soluciones ecodiseñadas orientadas al mercado, por lo que un objetivo desde el punto de vista industrial es el desarrollo de sistemas en los que prime la flexibilidad, adaptabilidad, aplicabilidad y sencillez constructiva. En la medida de lo posible, los sistemas se deberían poder construir en fábrica, con los beneficios en seguridad, calidad y economía que esto conlleva y beneficiarse de una mejora en los tiempos de construcción de gran parte de los edificios actuales. Otro objetivo desde esta perspectiva es que los sistemas ecodiseñados deben requerir un mantenimiento mínimo (bajo coste) y ser aplicables tanto en edificios nuevos como en los ya existentes, para potenciarlos como herramienta de rehabilitación energética [5].

3. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

La ecoinnovación considera los aspectos medioambientales y energéticos desde las primeras fases de la investigación para aumentar la eficiencia de las propuestas producidas, de manera que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen calidad de vida, a la vez que reducen progresivamente los impactos ambientales y el consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida, hasta un nivel que esté al menos en línea con la capacidad de asimilación de la Tierra [9].

En la vertiente ambiental, se trata de que el uso de la ecoinnovación en el diseño de los sistemas constructivos haga que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética (Directiva 2002/91/CE), así como a la reducción de los impactos ambientales asociados a este sector [4].

A su vez, el sistema constructivo deberá estar concebido con aquellos materiales y productos que permitan disminuir el impacto ambiental de los edificios a lo largo de todo su ciclo de vida, de forma que, tanto el proceso de fabricación como los materiales empleados, sean respetuosos con el medio ambiente y no generen residuos con una complicada gestión al final de su ciclo de vida. Para asegurar el cumplimiento de este objetivo se utilizará la metodología del Análisis de Ciclo de Vida que, además, permitirá identificar los aspectos a optimizar en el diseño del sistema constructivo [10]. La ecoinnovación viene siendo utilizada, mejorada y evolucionada desde hace más de treinta años y se articula a través de una metodología dinámica tipo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)

[8] que permite identificar los "puntos críticos" de un proceso y, posteriormente, desarrollar y evaluar las diferentes alternativas.



Figura 1. Metodología de control de calidad PDCA (Plan-Do-Check-Act) Planificar, Hacer, Actuar, Verificar, basado en las investigaciones realizadas por P. C. Palmes 2010

Este sistema de trabajo permite respaldar la toma de decisiones gracias a las aportaciones de cuatro líneas permeables de trabajo, que analizan problemas y proponen soluciones desde los campos fundamentales del proceso de diseño: simulación energética, monitorización y ensayos empíricos, análisis del ciclo de vida (ACV) y evaluación ambiental.

3.1. Simulación energética

El principal objetivo de la simulación del comportamiento energético de los nuevos sistemas y elementos vegetales propuestos en esta investigación, es cuantificar el ahorro energético generado y estudiar su comportamiento higrótérmico.

La utilización de la simulación energética asistida por ordenador, como método de ensayo integrado y complementario con los ensayos empíricos, permite, una vez calibrada con los datos obtenidos por el grupo de monitorización en los ensayos empíricos, un ahorro de costes en la investigación. A su vez, abre las puertas a la posibilidad de realizar baterías de ensayos, que serían inviables si se tuvieran que realizar mediante la experimentación en laboratorio.

La simulación ofrece un apoyo al Análisis de Ciclo de Vida, calculando datos relativos al consumo energético a lo largo de la fase de uso de las distintas soluciones propuestas, facilitando el diseño de los diferentes escenarios de estudio. Sin el apoyo de la simulación energética sería más complicado hacerse una idea clara de los consumos de las soluciones de fachada durante la fase de uso.

Para mostrar cómo la simulación ayuda al ecodiseño, a continuación se expone un ejemplo de resultados obtenido en la investigación: utilizar los módulos vegetales tipo Naturpanel aljibe, desarrollados en el proyecto SOS-Natura para fachadas multicapa que utilizan lana mineral con una resistencia (R) de 0,031 W/m·K, lleva a una reducción de 3,56 cm del aislamiento térmico estudiado para las condiciones térmicas de Madrid.

En este tipo de fachadas, para obtener un valor U de 0,3W/m²·K, con el Naturpanel aljibe vegetado, el espesor de lana mineral es de 9 cm. Por el contrario, para el mismo tipo de fachadas, si queremos obtener el mismo valor U prescindiendo del panel vegetal Naturpanel aljibe, el espesor de lana mineral de dicha composición debería ser de 12,59 cm. Gracias a estos datos obtenidos mediante la simulación, se concluye que el aporte del módulo Naturpanel a nivel de aislamiento, equivale a 3,59 cm de lana mineral para las condiciones térmicas de Madrid.

En este caso, no sólo se ha tenido en cuenta la relación entre la fachada SOS-Natura y sus aportaciones al confort higrotérmico interior, sino que también se ha estudiado la interacción entre la vegetación y su entorno. Para ello se han realizado simulaciones en varios escenarios, a través del software libre ENVI-met v. 3.1, evaluando su influencia en la calidad del aire y mejora del confort urbano en función de varios parámetros: orientación solar, ratio alto/ancho de calle, dirección del viento y proporción de contaminantes.

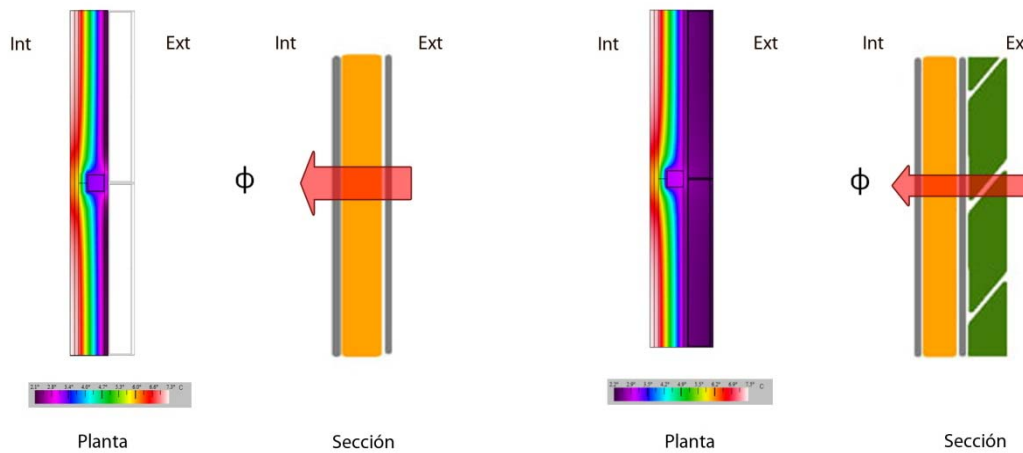


Figura 2. Simulación energética del comportamiento de la influencia del panel vegetal aljibe en la transmisión de calor a través del cerramiento ligero en estudio.

3.2. Monitorización

El objetivo de la monitorización es la comprobación, seguimiento y cuantificación de las características térmicas y acústicas que proporciona la fachada vegetal SOS-Natura.

La construcción de su prototipo permite ensayar a escala real el sistema y detectar posibles inconvenientes surgidos de su puesta en obra, además de la realización de ensayos a largo plazo y obtención de datos reales que puedan ser continuamente comparados con aquellos obtenidos de la simulación. Gracias a este proceso, no sólo comprobamos los resultados teóricos sino que afinamos de manera constante las futuras modelizaciones. Es un balance de ajuste continuo, innovador y necesario para el ecodiseño.

El análisis térmico se está llevando a cabo mediante la comparación continua de dos módulos prefabricados experimentales y adiabáticos, salvo en el paramento vertical de la fachada vegetal, de iguales dimensiones y características. Uno lleva incorporado el sistema innovador y el otro módulo un sistema convencional. Cada módulo está acondicionado con un sistema de climatización que garantiza su temperatura constante en un rango de temperaturas previamente definido (20 °C etapa invernal, 26 °C etapa estival).

Ambas fachadas-probeta tienen unas dimensiones de 1,8 metros de ancho y 2,8 metros de alto. Se registran los datos térmicos mediante termopares en las sucesivas capas que componen el sistema constructivo, sensores de flujo de calor en el centro geométrico de la fachada en su cara interior, sensores de parámetros ambientales interiores y exteriores de cada módulo (temperatura, humedad relativa, flujo térmico y conductividad térmica) y mediante una estación meteorológica (dirección y velocidad de viento, radiación, humedad relativa, temperatura y pluviometría).

El análisis acústico se realizará mediante mediciones in situ del aislamiento a ruido aéreo, tal como se indica en la norma UNE EN ISO 140-5 (1998) parte 5, apoyándose además en el Documento Básico HR: Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación.

3.3. Análisis del ciclo de vida (ACV)

Un claro ejemplo de cómo el ACV ha intervenido en las primeras etapas del desarrollo del producto lo constituye la evaluación ambiental del contenedor Naturpanel aljibe, donde se desarrolla la vegetación de la fachada.

Para la búsqueda de alternativas de materiales para el contenedor, se barajaron únicamente los materiales poliméricos que permitiesen la fabricación de componentes por moldeo por inyección, debido a que ya se disponía de un molde para tal fin. Para la aplicación en cuestión y como resultado de una búsqueda previa en la bibliografía al uso [6, 1], se consideraron como alternativas válidas el polietileno de alta densidad (HDPE), el polipropileno (PP) y el poliestireno de alto impacto (HIPS). Esta decisión se fundamentó en la amplia presencia de estos polímeros en la industria del plástico y su buen comportamiento durante la fase de procesado (moldeo por inyección). Por otro lado, estos materiales cumplen en todo momento con las especificaciones técnicas exigidas al contenedor.

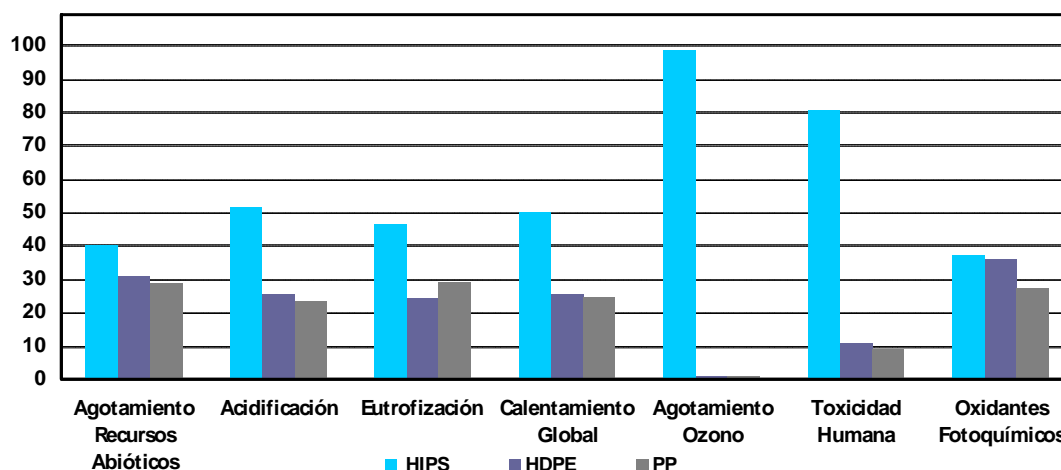


Figura 3. Contribución relativa con respecto al total de los impactos de los tres materiales analizados para la fabricación del contenedor

Se llevó a cabo un ACV de estos tres polímeros, con el fin de aportar información ambiental que ayudase a la toma de decisiones en la elección del material del contenedor. En dicho análisis se tuvo en cuenta la diferencia de densidades entre estos tres materiales. En la figura 3 se muestra la contribución relativa de cada uno de los tres contenedores con respecto a la suma de sus impactos, analizados según la metodología CML 2001.

De la gráfica se desprende que el contenedor de poliestireno de alto impacto (HIPS) es el que presenta mayores contribuciones en todas las categorías de impacto. A su vez se observa que el contenedor de polietileno de alta densidad (HDPE) presenta, con respecto al de polipropileno (PP), mayores valores en todas las categorías excepto para la eutrofización. Partiendo de esta información, el material con el que se realiza el contenedor tiene como base el polipropileno.

3.4. Evaluación ambiental

Se puede definir como un proceso que dirige la toma de decisiones hacia la consecución de la sostenibilidad. Cubriendo diferentes fases del ciclo de vida y teniendo en cuenta distintos factores, proporciona una evaluación entendible de la investigación, usando un conjunto de criterios y objetivos comunes y verificables, aportando la información relativa a la sostenibilidad de manera estructurada.

La mayoría de las metodologías de evaluación ambiental están basadas en un sistema de criterios e indicadores asociados, repartidos en categorías, a través de los que se analiza y evalúa el rendimiento

de los edificios, otorgándoles una valoración. Aunque las categorías no deberían ser tratadas por separado, al ser los materiales y sistemas constructivos de los aspectos más significativos en el estudio de los edificios, requieren que para su definición se consideren los criterios contemplados en las metodologías reconocidas, además de las exigencias de proyecto y presupuesto.

El proceso de diseño requiere el desarrollo constante de alternativas que deben ser evaluadas, evolucionadas y finalmente optimizadas para alcanzar la combinación más efectiva de las mismas.

4. CONCLUSIONES

La metodología de ecoinnovación propuesta en esta comunicación, basada en la interacción de las cuatro líneas de investigación ya descritas, permite ecodiseñar productos arquitectónicos más eficientes y de calidad. Los ejemplos realizados en el proyecto de investigación SOS-Natura muestran cómo el sistema de trabajo evalúa, refina y mejora las soluciones de ecodiseño, mediante los datos validados por la monitorización aportados por la simulación y el ACV, para así tomar decisiones en el proceso de diseño como la reducción de 3,59 cm en el espesor del aislamiento térmico o la utilización de materiales que tienen como base el polipropileno para fabricar el contenedor Naturpanel aljibe.

5. AGRADECIMIENTOS

El equipo SOS-Natura UPM agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación su subvención dentro del Plan Nacional de Investigación científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (Plan de I+D+i), Programa Nacional de cooperación Público-Privada, subprograma Innpacto, convocatoria 2010.

Los autores quieren agradecer la colaboración de la empresa líder del proyecto, Intemper Española, S.L., así como de los socios del proyecto: Tecnalía y Ametslab, S.L.

Parte del equipo investigador desarrolla su labor dentro del Programa Propio de Formación de Personal Investigador de la Universidad Politécnica de Madrid.

6. REFERENCIAS

- [1] CAMPO, E. A. (2008): "Selection of polymeric materials: how to select design properties from different standards". New York. William Andrew Publishing.
- [2] ENGLISH HERITAGE (2008): "Energy conservation in traditional buildings" English Heritage Program.
- [3] GROESSER, S. N. Groesser, ULLI-BEER, S. y MOJTAHEDZADEHM M. T. (2006): "Diffusion Dynamics of Energy-Efficient Innovations in the Residential Building Environment". 24th International Conference of the System.
- [4] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000): "Libro Blanco del Agua", Madrid
- [5] MINISTERIO DE VIVIENDA (2009): "Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2012".
- [6] MYER K. (2002) "Handbook of Materials Selection". John Wiley & Sons.
- [7] NIETO, J. y LINARES, P. (2011): "Cambio Global España 2020/50. Energía, Economía, Sociedad". Resumen ejecutivo. Fundación Conama, Centro Complutense de Estudios e Información Ambiental.
- [8] P. C. PALMES, P.C. (2012): "PDCA :planificar, hacer, verificar, actuar." Asociación Española de Normalización y Certificación, (AENOR).
- [9] UNE-EN ISO 14006:2011. Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación del ecodiseño. (ISO 14006:2011).
- [10] WONG, N.H., Kwang Tan, A.Y. et al (2009): "Energy simulation of vertical greenery systems, Building and Environment", vol. 41, pp. 1401-1408.

“Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo a Grupo Tecma Red una licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato. Además, afirmo que esta cesión no lesiona los derechos de terceros”.