REVISIÓN

El ecodiseño en el ámbito de la ingeniería del diseño

Jorge Sierra-Pérez, Manuel Domínguez y María del Mar Espinosa

Ecodesign in design engineering

RESUMEN

Actualmente la consideración de los criterios ambientales en las diferentes actividades de la sociedad es un hecho, al igual que sucede en el ámbito de la ingeniería del diseño. La actividad que incorpora este tipo de criterios en el proceso de diseño es el ecodiseño, cuyo principal objetivo es el aumento de la eficiencia de los productos o servicios, generando a su vez el menor impacto ambiental posible a lo largo de su ciclo de vida.

La metodología del ecodiseño es aplicada a través de las diversas herramientas existentes, a lo largo de las diferentes fases del proceso de diseño. En el presente artículo, además de abordar el ecodiseño como concepto, se plantea una clasificación original de las herramientas de ecodiseño con el objetivo de facilitar su implantación.

Por otro lado, se va a abordar el futuro del ecodiseño en el ámbito industrial, y su correspondiente rol dentro del mismo. Además, teniendo en cuenta las olas del progreso tecnológico, se analizará cómo el ecodiseño puede mejorar, a través de la ecoinnovación, la competitividad del sector industrial.

Recibido: 9 de septiembre de 2013
Aceptado: 23 de febrero de 2014
Avance *online*: 18 de noviembre de 2014

Palabras clave
diseño industrial, diseño, sostenibilidad, metodología, ingeniería del diseño, impacto ambiental

ABSTRACT

Nowadays the consideration of environmental criteria in the various activities of society is a fact, as it is the case in the field of engineering design. The activity that incorporates such criteria in the design process is ecodesign; whose main objective is to increase the efficiency of products or services, generating the minimal environmental impacts throughout their life cycle.

Ecodesign methodology is applied using the diverse available tools, along the different stages of the design process. In this paper, as well as addressing the ecodesign concept, an original classification of ecodesign tools is proposed, in order to facilitate its implementation.

On the other side, the future of ecodesign in industry, and its corresponding role on it, will be addressed. The influence of ecodesign and ecoinnovation on the competitiveness of the industrial sector will be also analysed, taking into account the waves of technological progress.

Received: September 9, 2013
Accepted: February 23, 2014
Online first: November 18, 2014

Keywords
industrial design, design, sustainability, methodology, design engineering, environmental impact

Foto: Meryll / Shutterstock.

Introducción

El presente artículo tiene por objetivo presentar el estado actual del ecodiseño en el campo de la ingeniería del diseño. Para ello, se van a presentar en primer lugar los conceptos básicos sobre los que se asienta el ecodiseño: sostenibilidad y desarrollo sostenible, con el objetivo de comprender los fundamentos del mismo.

Uno de los aspectos más innovadores del ecodiseño es su traslado desde el concepto teórico del mismo hasta los productos o servicios que se desarrollan. Este traslado se produce gracias a las herramientas de ecodiseño ya aceptadas por la comunidad científica y que se explicarán a continuación. El artículo presenta una agrupación original de estas herramientas atendiendo a criterios de los objetivos de su utilización así como por la fase del proceso de diseño en la que son aplicadas. Esta nueva clasificación pretende ayudar en la selección de la herramienta según los objetivos que se quieran obtener, además de orientar al equipo de diseño sobre el momento del proceso de diseño en que utilizarla. Además, este análisis del estado del arte señala el potencial de la implantación del ecodiseño en el sector industrial y qué papel puede tener en el futuro dentro del desarrollo tecnológico.

Sostenibilidad y desarrollo sostenible

La comisión Brundtland (1987) proporcionó una definición de carácter filosófico para expresar el concepto de sostenibilidad: "Sostenibilidad es satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". Esta definición general y universal de la sostenibilidad fue ampliada por el científico Karl-Henrik Robèrt (2002) a través de las *Four System Conditions* (Cuatro Condiciones del Sistema). Estas condiciones establecen una serie de compromisos con el objetivo de lograr dicha sostenibilidad y, con ello, que las generaciones futuras puedan satisfacer sus necesidades:

-Disminución de la concentración de sustancias extraídas de la corteza terrestre.

-Disminución de la concentración de sustancias producidas por la sociedad.

-Disminución de la degradación por medios físicos.

-Cumplimiento de las necesidades humanas en todo el mundo.

La sostenibilidad hace referencia a tres pilares fundamentales: las preocupaciones económicas, las sociales y las medioambientales, incluyendo términos más comunes como la responsabilidad personal, calidad de vida, salud, bienestar, felicidad, participación democrática y comportamiento cooperativo. Y como también señalan Karlsson y Luttropp (2006), se podría señalar que el adjetivo sostenible está llegando a ser sinónimo de inteligente, ya que se relaciona con un consumo y producción responsable, optimizando todos los recursos que intervienen en el desarrollo de un producto o servicio. En la misma línea la Comisión Europea (2010) plantea su estrategia de crecimiento en los próximos años, con el lema *Una estrategia para un crecimiento inteligente*, *sostenible e integrador*, dentro del marco Europa 2020.

Un término más concreto dentro de la sostenibilidad es el de desarrollo sostenible, entendiéndose como tal "un proceso de cambio en el que las explotaciones de recursos, la dirección de las investigaciones, la orientación de los desarrollos técnicos y los cambios institucionales vayan todos en armonía e intenten mejorar tanto el potencial actual como el futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas" (Brundtland, 1987). Este concepto hace hincapié en que la evolución de la sociedad, desde un punto de vista económico, tendrá que estar de acuerdo con los procesos ambientales y naturales (Glavič y Lukman, 2007).

En el ámbito de la ingeniería de producto, y más concretamente en la ingeniería del diseño, la metodología que incorpora estos criterios ambientales en el proceso de diseño es el ecodiseño.

Ecodiseño

El ecodiseño está basado en los fundamentos del diseño y la ingeniería, y a su vez está integrado en las ciencias ambientales. De los primeros, el ecodiseño obtiene su carácter pragmático y de síntesis, mientras que de las ciencias ambientales obtiene el carácter analítico. Por ello, la metodología de ecodiseño puede promover una espiral de conocimiento más efectiva e interconectada con el desarrollo del conocimiento científico relacionado (Karlsson and Luttropp, 2005).

Según la norma UNE 150301:2003 se considera ecodiseño una "nueva metodología para el diseño de productos en la cual se consideran los impactos ambientales en todas las etapas del proceso de diseño y desarrollo de productos para lograr productos que generen el mínimo impacto ambiental posible a lo largo de su ciclo de vida".

Los productos que han sido desarrollados siguiendo esta metodología se denominan ecoproductos y están orientados a la generación de riqueza, como objetivo de cualquier empresa, pero incluyendo, además, las consideraciones ambientales. Esta metodología permite reducir las cargas ambientales asociadas al producto, aumentando al mismo tiempo su eficiencia.

En la definición anterior se indica el necesario enfoque global del ciclo de vida, lo que significa que el diseñador amplía su perspectiva ambiental de diseño más allá de las fases de producción y uso. De acuerdo con la norma UNE-ISO 14050:2005, se define ciclo de vida como "las etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales, hasta la disposición final". Estas etapas consecutivas siguen el orden lógico que se puede observar en la figura 1, adaptación de la presentada por Rebitzer et al (2000).

Para el desarrollo de este trabajo, las fases del ciclo de vida se analizan según la importancia de los impactos ambientales producidos en las mismas:

-En la **fase de diseño** comienza la vida de un producto, partiendo de unas especificaciones de diseño que serán la base de los diferentes conceptos de producto planteados. Se considera que esta fase es la más importante con respecto a los costes económicos del producto, ya que, aproximadamente, entre el 70% y el 80% del coste total queda comprometido en este momento (Boothroyd y Dewhurst, 1994). Según la Agencia Federal Alemana de Medioambiente, el 80% de los impactos ambientales de los productos se compromete durante esta fase de diseño (Umweltbundesamt, 2005).

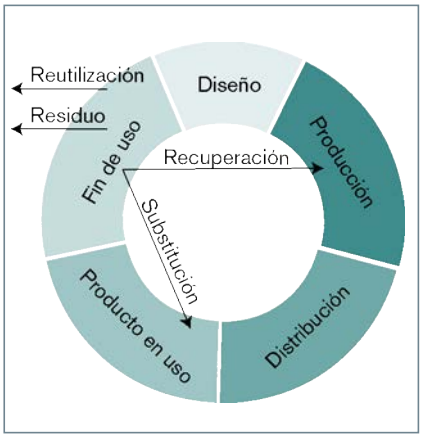

Figura 1. Esquema de las etapas del ciclo de vida de un producto

-La **fase de producción** engloba todos los procesos de extracción y procesado de las materias primas, la producción y ensamblado de los componentes del producto, incluyendo los procesos de transporte asociados. En esta fase es donde los impactos ambientales son más perceptibles, ya que todos los procesos incluidos requieren de gran cantidad de recursos energéticos.

-La globalización del comercio y la deslocalización de la producción respecto del consumo de bienes han generado que la **fase de distribución** vaya incrementando su impacto ambiental año tras año, debido al incremento de las distancias entre el lugar de producción y de consumo. Este factor provoca un aumento en la cantidad y calidad de los embalajes para los productos que transportar, con el impacto ambiental que esto produce (O'Brien y Leichenko, 2000).

-En la **fase de uso del producto** es necesario diferenciar en primer lugar el concepto de productos "activos" y productos "pasivos". Por una parte, los productos "activos", también denominados ErP (*Energy-related Products* o productos relacionados con la energía), requieren energía para desarrollar su función a lo largo de toda su vida útil. Un ejemplo de este tipo de productos son motores, frigoríficos y calderas. Por otra parte, los productos "pasivos", o non-ErP (*Non Energy-related Products* o productos no relacionados con la energía), no requieren prácticamente de estos recursos, como es el caso de productos textiles, materiales de construcción y envases y embalajes. Para los productos "activos", la etapa de uso es la de mayor impacto ambiental, que puede llegar a concentrar el 80-90% del impacto total del ciclo de vida.

-En la **fase de fin de uso** es el momento en que termina la vida útil del producto y en el que es posible aplicar diferentes estrategias. Esta es la etapa fundamental para cerrar el ciclo de vida y lograr que las piezas o los materiales que componen el producto se puedan volver a integrar en el montaje de nuevos productos. Otras estrategias interesantes son la facilidad de separar los componentes en el desensamblado como poder identificar los materiales distintos y poder separarlos. Un aspecto destacable es la valorización final del producto, tanto desde los propios materiales como de la energía que podría obtenerse del producto y que podría destinarse a otros usos.

Actualmente, los aspectos funcionales y económicos del producto suelen ser los que centran las prioridades en los diferentes departamentos de la empresa (Jeswiet, 2005). Ahora bien, como se ha comentado, las decisiones tomadas en la etapa de diseño son las más influyentes en el ciclo de vida del producto, incluyendo el fin de vida (*End Of Life*, EOF). Es aquí donde se ha centrado el control desde las directivas de la UE, y es una de las diferentes herramientas que se pueden utilizar en ecodiseño. Estas directivas, en combinación con las herramientas comunes del diseño de productos, tienen como objetivo encontrar un equilibrio entre el coste medioambiental y la función que realiza el producto.

A continuación se realiza una revisión de las herramientas de ecodiseño más destacables.

Herramientas de ecodiseño

En el campo del ecodiseño hay una gran variedad de herramientas, con diferentes objetivos y sectores de aplicación, como las que fueron desarrolladas de manera específica por empresas concretas, como en el caso de Philips (1995), que ha estado a la vanguardia en el desarrollo de metodologías de ecodiseño y otras herramientas de apoyo, como una serie de directrices específicas de ecodiseño para productos electrónicos.

Las clasificaciones que se encuentran para estas herramientas en el campo cien-

típico son muy diversas. Finnveden (2005) distingue: 1) si la herramienta describe el procedimiento o, en cambio, se trata de una herramienta más analítica, 2) el tipo de impacto que consideran, 3) según el campo de estudio de la herramienta y 4) según si la herramienta se aplica a un estudio descriptivo u orientado al cambio respecto a la situación actual. Por otro lado, Byggeth (2006) agrupa las herramientas de ecodiseño en tres tipos: herramientas analíticas, comparativas y prescriptoras.

En este artículo se han seleccionado las herramientas más citadas en los artículos referenciados (Robèrt, 2001; Finndeven, 2005; Byggeth, 2006; Luttropp y Lagerstedt, 2006; Lofthouse, 2006) y se han distribuido en tres grupos. Esta agrupación de las herramientas de ecodiseño se realiza según el objetivo de su utilización y en las fases en que se aplican. Un primer grupo de herramientas se utilizan como análisis preliminar al diseño, con el fin de establecer los diferentes requerimientos de diseño. Un segundo grupo de herramientas se utilizan en fases intermedias de diseño en las que ayudan en la valoración y elección entre las distintas alternativas o conceptos de diseño. Por último, existe una serie de herramientas que sirven para comunicar las cualidades ambientales de los productos una vez lanzados al mercado.

Herramientas de análisis preliminar

Este grupo de herramientas se aplica en fases iniciales del proceso de diseño, ayudando al establecimiento de los requerimientos y especificaciones y concretando las estrategias que se van a aplicar. Estas herramientas inciden en las características estructurales del producto, tomando parte en la definición de los requerimientos para desarrollar su función. Entre las herramientas existentes en este grupo se han seleccionado las más representativas y de distinta naturaleza para tener una visión global de este tipo de herramientas:

Lista de verificación de ecodiseño

Existen diferentes listas de verificación de ecodiseño, o *ecodesign checklists*, muchas de las cuales han sido desarrolladas por diseñadores o ingenieros. La lista de verificación de ecodiseño desarrollada por Brezet y Van Hemel (1997) es una de las más destacadas y está compuesta por un listado de preguntas referentes al producto y sus características. Esta lista actúa de manera global en cada una de las etapas del ciclo de vida, identificando de manera preliminar los potenciales impactos. La lista comienza con un análisis de las necesidades por las que el diseño debe existir, siguiendo por la cantidad de materiales y procesos necesarios para su construcción y terminando por el análisis de la energía que necesita para desarrollar su función. Entre las preguntas más destacadas del listado podríamos señalar las siguientes: "¿cómo satisface el producto actualmente las necesidades de la sociedad?, ¿qué problemas pueden surgir en la producción o suministro de materiales y componentes?, ¿qué tipo de reparaciones y mantenimiento serán necesarias?, ¿podría desensamblarse el producto sin dañar los componentes?

A pesar de los inconvenientes que pueden aparecer en el uso de este tipo de listas, puede ser una buena herramienta para comenzar con la implantación de las primeras estrategias de ecodiseño en una organización (Borchardt et al, 2009).

Diez reglas de oro (*Ten Golden Rules*)

El objetivo de esta herramienta, desarrollada por el Royal Institute of Technology (Suecia) y la Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (Francia), es definir las especificaciones del diseño de productos desde un punto de vista de sostenibilidad ambiental. Se trata de una herramienta cualitativa, al igual que los listados de verificación, aunque en este caso está pensada para ser personalizada por cada diseñador y adaptarla a sus necesidades.

La idea básica de las diez reglas de oro es ser una guía para el diseñador en el planteamiento del proceso de diseño y el establecimiento de requerimientos de ecodiseño. Este tipo de herramientas puede tener elementos contradictorios, por lo que deben ser tomadas dentro de un marco conceptual, siendo cada caso particular (Luttropp y Lagerstedt, 2006). Como ejemplo de estas reglas podemos citar las siguientes: "usar materiales de alta calidad y sus características estructurales para reducir el peso al mínimo, sin interferir en las propiedades funcionales de resistencia o flexibilidad"; "minimizar la energía y el consumo de recursos en la fase de uso, sobre todo en los productos que necesiten de estos para desarrollar su función"; "promover vidas útiles amplias, en especial para productos que no concentran sus impactos ambientales en la etapa de uso", y "proteger los productos de la suciedad, corrosión y el desgaste a través del uso de mejores materiales o tratamientos superficiales, garantizando un mantenimiento reducido y una mayor vida útil".

Estos fueron el punto de partida que utilizó la empresa francesa Bombardier para desarrollar su propia guía DFE (*Design for Environment*, o diseño para el medio ambiente). El mensaje básico de esta guía era considerar cómo el producto interacciona con el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, y que los propios trabajadores identificaran sus tareas habituales en la guía, adaptándolas a sus propias necesidades.

Normativas, directivas y legislación

Actualmente la legislación, de obligado cumplimiento, ha incidido en la etapa de final de vida de los productos, actuando sobre los residuos generados por las empresas y cómo han de ser tratados dichos residuos. A este grupo pertenecen las directivas sobre reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (Directivas 2002/96/CE y 2002/95/CE traspuestas a la legislación española por el Real Decreto 208/2005) que pretenden promover la reutilización, el reciclaje o la recuperación de los residuos de estos equipos para reducir su contaminación.

También se ha legislado sobre los productos que contienen elementos muy contaminantes, o que a lo largo de su vida útil tienen una elevada carga de impacto medioambiental. Un ejemplo son las directivas sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS, del inglés *Restriction of Hazardous Substances*) (Directiva 2002/95/CE, en España transpuesta por el Real Decreto 208/2005), incluyendo el plomo, mercurio y cadmio, entre otros.

En cuanto a legislación específica sobre diseño ecológico, se encuentra la directiva de Ecodiseño ErP (*energy-related products*, productos relacionados con la energía) (Directiva 2009/125/CE, en España traspuesta en el Real Decreto 187/2011). Su objetivo es el establecimiento de requisitos obligatorios de ecodiseño a productos que utilizan energía directamente y a productos que influyen indirectamente en su consumo (grifería, ventanas, etc.). Esta directiva es una directiva marco que no establece obligaciones directas a los fabricantes, sino requisitos a los productos para poder ser comercializados o puestos en servicio en el mercado.

En cuanto a normativa, de carácter voluntario, se pueden destacar las relativas a los sistemas de gestión ambiental, ISO 14001, y las relativas a los sistemas de calidad de las empresas, ISO 9001, muy valorados por la sociedad. Por otro lado, hay otras normas que sirven como herramientas de apoyo al producto: etiquetado ecológico de producto (ISO 14020 a 14025), análisis de ciclo de vida (ACV) (ISO 14040 a 14049) e integración de aspectos ambien-

	M Uso de MATERIALES (Entradas)	E Uso de MATERIALES (Entradas)	T EMISIONES TÓXICAS (Salidas)
Materias primas	- 0,05 kg Cobre - 0,3 kg Acero - 0,3 kg Aluminio - 1 kg Poliestireno (PS) - 0,1 kg PVC - 0,4 Vidrio - 0,1 kg Circuitos impresos	-149,51 MJ producción materiales y energía de transporte	- Piroretardantes en tarjetas de circuitos impresos - PS: emisiones de benceno - PUR: isocianato - Emisiones debidas al pintado y encolado
Producción	- Materiales auxiliares (materiales de soldadura, desengrasantes y lubricantes para las máquinas del sistema	- Energía en procesos varios (moldeo del Poliestireno, extrusión del Aluminio, soldaduras,...)	- Residuos metálicos y plásticos (recortes y rechazos) - Restos de lubricantes y desengrasantes de máquinas
Distribución	- Embalajes del producto 0,3 kg PE 0,1 kg cartón - Manual de instrucciones 0,04 kg papel	- 0,3 kwh Gasóleo	- Emisiones de la combustión del gasóleo - 0,4 kg Restos de embalajes:
Uso	- 65 kg café 7,2 kg papel filtros 1.095 l agua	- 3,2 MJ /café	- Residuos de consumibles (filtro con borra de café,...) (72,3 kg) - 10.950 l Aguas limpieza - Emisiones derivadas de energía (2305 kg CO_2).
Gestión de los residuos			- 2,5 kg de material no reciclable

Fuente: IHOBE

Figura 2. Ejemplo de aplicación de la matriz MET a una cafetera

tales en el diseño y desarrollo de productos (ISO 14062).

El compromiso de Europa, y de España, con la protección ambiental es destacable si se compara con EE. UU. y otros países emergentes. En el caso de EE. UU., tras su rechazo al Protocolo de Kioto y su resistencia a participar en los debates de la convención marco de la ONU sobre el cambio climático, preocupa su falta de compromiso. Como se comenta en el documento desarrollado por la Comisión Europea (2006), esta falta de compromiso puede retrasar la adopción de medidas ambientales concretas en todo el mundo.

Herramientas de diseño detallado

Las herramientas utilizadas en fases más avanzadas de diseño son empleadas, entre otros cometidos, para valorar las distintas alternativas de producto en la elección del concepto final. Este tipo de herramientas se centran en los impactos ambientales de productos con unos requerimientos ya fijados e intentan minimizar estos manteniendo las especificaciones establecidas.

Matriz de ciclo del material, uso de energía y emisiones tóxicas

También conocida como matriz MET (*Material cycle*, *Energy use and Toxic emissions Matrix*) recogida en los trabajos de Brezet y Van Hemel (1997) es una herramienta semicuantitativa a modo de inventario sobre lo que alberga un sistema producto. Y de allí su carácter más objetivo que las herramientas de análisis preliminar.

La matriz MET es una herramienta de análisis en las primeras etapas del proceso de diseño, estudiando los productos existentes con el propósito de obtener una mejora ambiental del mismo. El objetivo de esta herramienta es explorar las diferentes etapas del ciclo de vida y localizar zonas en las que el producto podría ser mejorado, con el fin de ser más sostenible y respetuoso con el medioambiente. Por ejemplo, la cantidad o el peso de una materia prima o de un residuo es una indicación de la importancia del aspecto ambiental, en especial si el material precisa en su obtención de un elevado consumo de energía.

La matriz MET se genera dividiendo el ciclo de vida en sus diferentes etapas, de modo que se pueda visualizar y analizar qué etapas son las que probablemente generarán los impactos ambientales más destacados. El procedimiento de uso se realiza recabando y examinando los datos de las entradas (*inputs*), de material y energía asociada a cada etapa, y de las

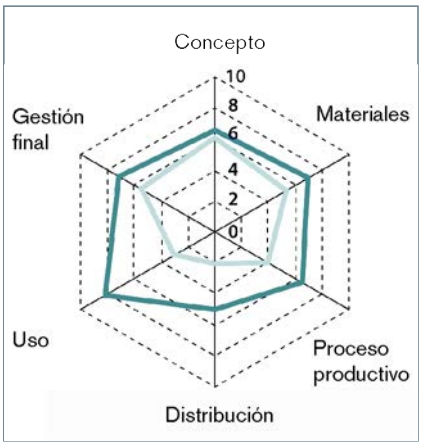

Figura 3. Ejemplo de diagrama Vea
Propuesta de ecodiseño
Posición estratégica del punto inicial

Figura 4. Declaración ambiental del tranvía de Zaragoza (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, SA). Fuente: CAF.

salidas (*outputs*) de emisiones y residuos generados. En el siguiente esquema (figura 2) se muestra una matriz MET aplicado a una cafetera.

Análisis del ciclo de vida (ACV)

El análisis del ciclo de vida de un producto desde una perspectiva medioambiental (*Life Cycle Assessment*, LCA), tiene un carácter objetivo y cualitativo, al igual que la matriz MET, aunque se trata de una herramienta más sofisticada. Actualmente, es la herramienta más extendida de ecodiseño y fue introducida inicialmente en la década de 1970 por diferentes estudios para empresas como Coca-Cola y la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (Basler & Hofman, 1974; Hunt et al, 1974). Los procedimientos para la aplicación de esta herramienta están recogidos en las normas ISO 14040 y 14044.

Al igual que la matriz MET, la herramienta ACV se basa en la recopilación, a modo de inventario, de datos de entrada y salida de energía, materiales, emisiones y residuos. Posteriormente, se evalúan los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas utilizando bases de datos basadas en ecoindicadores. Los ecoindicadores son un modo de valoración de los impactos ambientales ideado para diseñadores. Convierte los resultados de los impactos generados por las entradas y salidas en valores medidos en puntos (Pt) o milipuntos (mPt), y de esta manera pueden ser comparados entre sí. Finalmente, se interpretan los distintos resultados de inventario e impactos para cada una de las fases definidas en la norma y se relacionan con los objetivos del estudio.

La metodología del ACV se utiliza para definir el camino que seguir en el desarrollo ambiental del producto. También es usada para evaluar alternativas de un producto y tener datos comparativos entre ellas. La gran cantidad de datos que hay que manejar puede hacer complicadas las primeras etapas de desarrollo de producto, por lo que actualmente se realizan con *software* específicos utilizando amplias bases de datos, como Gabi y Simapro. Estas bases de datos también han sido integradas en sistemas de diseño asistido por ordenador, como en el programa de diseño 3D Solidworks, permitiendo conocer las características ambientales del modelado en las diferentes fases de diseño.

Valoración Estratégica Ambiental (VEA)

Se trata de una herramienta que evalúa de un modo subjetivo el grado de implantación o de beneficio de las ideas de mejora ambiental propuestas para el producto en cada una de las etapas de su ciclo de vida (Brezet y Van Hemel, 1997).

Los datos se sitúan en un diagrama tipo telaraña dividido en varios ejes como se puede observar en la figura 3. En cada eje se evalúan las distintas estrategias de mejora en diferentes aspectos del producto así como en las diferentes etapas del ciclo de vida, obteniendo un área que representa el impacto ambiental. Algunas de las estrategias que analizar pueden ser: aspectos funcionales; uso de materiales limpios, menor consumo de materiales y energía, reducidas emisiones durante el uso, etc. (Rieradevall y Vinyets, 1999).

La aplicación del VEA consta de tres etapas: 1) determinación de las potenciales estrategias de mejora ambiental del producto, 2) valoración cualitativa y 3) representación gráfica. En el ejemplo de la figura 3, se puede ver la representación de un producto en el que se ha analizado cuál es la posición del producto inicial según las estrategias planteadas. Con el objetivo de mejorar ambientalmente el producto, se proponen diferentes estrategias que aplicar que reduzcan el impacto ambiental del mismo. En el ejemplo de la figura 3, basado en trabajos del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona (ICTA-UAB), se detectan diversos aspectos críticos como el número de etapas productivas, el exceso de material de embalaje para su transporte y un alto consumo de energía durante el uso.

Uno de los aspectos positivos de esta herramienta es la posibilidad de superponer en el mismo diagrama diferentes estrategias, por lo que se pueden hacer comparaciones de una manera más gráfica. Entre sus puntos débiles está la excesiva simplificación de las estrategias y la dificultad en la apreciación de la importancia del impacto en cada etapa y, sobre todo, por la subjetividad en la valoración de las mismas. Esta herramienta se suele usar en combinación

Figura 5. Ejemplo de producto de higiene personal con ecoetiqueta europea (www.sanexzero.com)

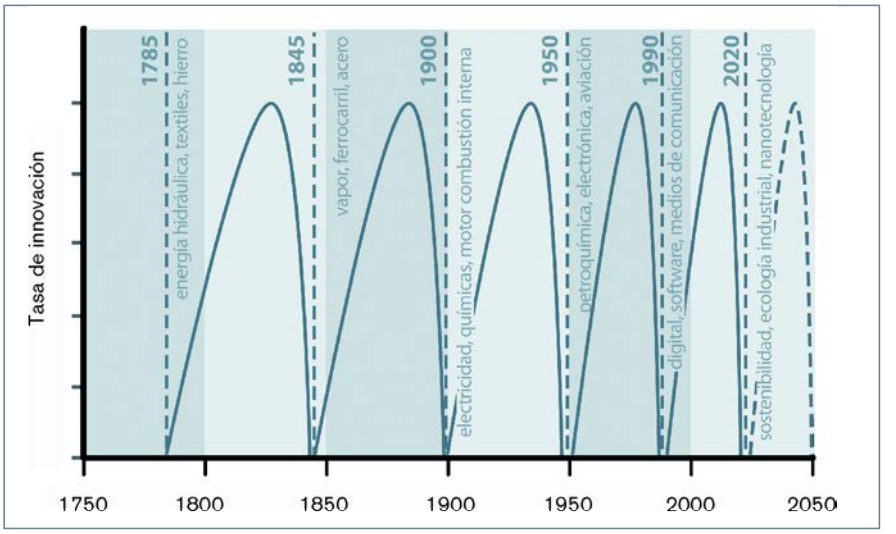

Figura 6. Olas de innovación tecnológica

con herramientas cuantitativas, como el ACV, que la complementa.

Herramientas de información y comunicación del producto ecodiseñado

Una vez que el producto es lanzado al mercado, existen una serie de herramientas que ayudan a presentarlo a los consumidores destacando su carácter ambiental y utilizando información objetiva a través del cumplimiento de las normas específicas.

Declaración ambiental de producto (DAP)

Una declaración ambiental de producto es una manifestación voluntaria que indica los aspectos ambientales de un producto o servicio, proporcionando datos ambientales cuantificados. La norma ISO 14025:2006 marca todos los requisitos que debe incluir, así como los parámetros predeterminados que se deben utilizar y, cuando corresponda, otra información adicional que explique la metodología utilizada en los análisis ambientales del producto.

El principal objetivo de las declaraciones ambientales es fomentar la demanda y el suministro de aquellos productos que causan la menor repercusión sobre el medio ambiente. Esto permite al comprador o al usuario comparar el desempeño ambiental de los productos basándose en el ciclo de vida a través de la comunicación de información exacta y verificable, que no sea engañosa.

Actualmente, los sectores que más utilizan este tipo de declaraciones ambientales son los de la construcción, la energía y el transporte, por ejemplo la Declaración Ambiental de Producto según ISO 12025 del tranvía de Zaragoza fabricado por CAF (figura 4).

Etiquetas ecológicas

La etiqueta ecológica proporciona a los consumidores orientación e información exacta, y con base científica, sobre los productos. Un ejemplo de ello es la etiqueta ecológica Europea que es concedida por el Comité de Etiqueta Ecológica de la Unión Europea (CEEUE) mediante el cumplimiento de unos requisitos medioambientales determinados en función de una matriz de valoración del producto. Estas etiquetas están basadas en las características ambientales del producto y las etapas del ciclo de vida del mismo, y todos los requisitos para conseguir esta distinción están recogidos en la norma ISO 14024:1999. Esta etiqueta todavía tiene una tímida presencia en los productos cotidianos, aunque marcas de consumo como desengrasantes y de higiene personal están empezando a incorporarla (figura 5).

Existen otras etiquetas de carácter regional o específico de cada país que, como en el caso de la ecoetiqueta europea, son de carácter voluntario. En España encontramos un distintivo a nivel nacional, además de otros a nivel regional como el distintivo de garantía de calidad ambiental de Cataluña. Al igual que España, otros países europeos tienen sus etiquetas específicas, como el ángel azul en Alemania y el cisne nórdico perteneciente a la asociación de países nórdicos (Dinamarca, Finlandia, Noruega, Suecia e Islandia).

Papel del ecodiseño en el futuro

Tradicionalmente la creación de valor económico era prácticamente la finalidad exclusiva de la empresa, teniendo los aspectos medioambientales relegados a la obligatoriedad de la legislación existente. Como sucede en el tratamiento de ciertos residuos o en el establecimiento de los requisitos de diseño en el desarrollo de productos electromagnéticos.

Actualmente, en la concepción de la empresa se han ido incorporando otros aspectos no económicos, como la sostenibilidad y la responsabilidad corporativa. Una de las herramientas utilizadas en la incorporación de estos aspectos es el ecodiseño, que además de crear productos menos impactantes para el medioambiente, persigue el progreso tecnológico a través de la eficiencia en todos los aspectos del producto.

Según las tendencias del progreso tecnológico presentadas en el modelo "Olas de innovación", propuesto por The Natural Edge Project (TNEP) (2004), y recogidas por Moody y Nogrady (2010) representadas en la figura 6, se observa que, en las próximas décadas, la sexta ola será "verde" y los esfuerzos de la innovación se concentrarán en lograr la sostenibilidad. Los campos de conocimiento más destacados serán la ecología industrial, las energías renovables o la nanotecnología verde. Y se puede observar que el ecodiseño en la mayoría de estas áreas tendrá un papel muy destacado debido a su carácter ambiental.

Con el planteamiento de las estrategias de crecimiento Europa 2020 por parte de la Unión Europea, (Comisión Europea, 2010), se pretende anticiparse a estas tendencias tecnológicas. Su finalidad no es solo superar la crisis que sufren muchas de las economías europeas, sino también subsanar los defectos del modelo de crecimiento actual y crear las condiciones propicias para un tipo de crecimiento distinto, más inteligente e integrador, pero sobre todo un crecimiento sostenible.

El crecimiento sostenible significa construir una economía que aproveche los recursos con eficacia, que sea sostenible y competitiva. Se debe aprovechar el liderazgo de Europa en la carrera para desarrollar nuevos procesos y tecnologías, incluidas las tecnologías verdes, que acelere el desarrollo de redes inteligentes en la UE y refuerce las ventajas competitivas de las empresas y las pyme.

Para conseguir que se produzca este tipo de crecimiento, uno de sus objetivos más importantes es actuar en el cambio climático y la sostenibilidad energética. Se pretende conseguir a través de la reducción en un 20% de emisiones de

gases de efecto invernadero y un aumento en un 20% del uso de energías renovables, mejorando en un 20% la eficiencia energética. Esto ayudará a desligar crecimiento y uso de la energía, pasando a ser una economía que aproveche más eficazmente los recursos, lo que no solo dará a Europa una ventaja competitiva, sino que también reducirá su dependencia con respecto a las importaciones de materias primas y mercancías.

Por todo lo anterior, la adopción de metodologías que, como el ecodiseño, tengan en cuenta esos objetivos ayudará a mejorar la competitividad del sector productivo y de las empresas en particular.

Conclusiones

En determinados entornos, el ecodiseño se ha tenido como un concepto superfluo y muy ligado a la filosofía de la ecología, considerándose como una posible estrategia de lanzamiento de producto y no como una herramienta para conseguir la ecoeficiencia que genere en los productos un mayor valor medioambiental y económico.

En la situación actual de crisis económica la creación de valor económico de las empresas ya no es tarea fácil; y habrá que mejorar algunos aspectos de la misma para conseguir tal fin, entre ellos la competitividad de los productos. Por ello, el ecodiseño puede convertirse en herramienta clave en este cometido y, a través de la ecoinnovación, lograr esta competitividad.

Los organismos gubernamentales han visto también en la ecoinnovación la oportunidad de mejorar la economía. Por ello han direccionado sus estrategias de crecimiento hacia la sostenibilidad. Estas estrategias de crecimiento llevan asociadas unas importantes inversiones presupuestarias que impulsarán todas las actividades relacionadas con el desarrollo sostenible, entre ellas el ecodiseño, por lo que la presencia del ecodiseño en las estrategias particulares de las empresas se verá incrementada de forma importante, y con ello su implantación en el sector industrial.

La adopción de nuevas metodologías de trabajo dentro de una empresa, y sobre todo en una pyme, puede representar barreras que frenen su implantación debido al desconocimiento de su existencia o de los objetivos de las mismas. Por ello, con el presente artículo se pretende presentar de una manera concreta en qué consiste el ecodiseño y de qué herramientas disponemos para su aplicación. La presentación de las herramientas divididas en tres grupos, según los objetivos que se quieran alcanzar, ayudará a detectar las posibles necesidades particulares que satisfacer y, de esta manera, se facilitará el primer contacto y aplicación de este tipo de herramientas.

Bibliografía

Aenor (2005). Gestión medioambiental. Vocabulario. UNE-ISO 14050:2005. Madrid.

Aenor (2003). Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño. UNE 150301. Madrid.

Aenor (2002). Gestión de la I+D+I. UNE 166000 EX, UNE 166001 EX, UNE 166002 EX. Madrid.

Basler y Hofman (1974). Studie Umwelt und Volkswirtschaft. Vergleich der Umweltbelastung von Behältern aus PVC, Glas, Blech und Karton. Bern (CH): Eidgenössisches Amt für Umweltschutz

Boothroyd, G. 1994. Product design for manufacture and assembly. *Computer-Aided Design*, 26(7): 505-520.

Borchardt M, Poltos, LA, Sellitto MA, & Pereira GM. (2009) Adopting ecodesign practices: case study of a midsized automotive supplier.Environmental Quality Management, 19(1): 7-22.

Brezet H, Van Hemel C. (1997). United Nations Environment Programme. Industry and Environment (Paris). Rathenau Instituut (The Hague), Delft University of Technology (Delft). Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption. H. Böttcher, & R. Clarke (Eds.) UNEP.

Brundtland Commission (1987). “Our common future”. General Assembly of the United Nations. Oxford University Press, Oslo, 20 March.

Byggeth S & Hochschorner E (2006). Handling tradeoffs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. Journal of Cleaner Production, 14(15): 1420-1430.

Comisión Europea (2010). Europa 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. (Consultado el 13/12/2014). Disponible en: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:ES:PDF

Comisión Europea (2006). La Unión Europea y los Estados Unidos. Socios mundiales con responsabilidades mundiales. Disponible en Web: http://eeas.europa.eu/us/docs/infopack_06_es.pdf

Finnveden G, & Moberg Å (2005). Environmental systems analysis tools–an overview. Journal of Cleaner Production, 13(12): 1165-1173.

Glavič P & Lukman R (2007). Review of sustainability terms and their definitions. Journal of Cleaner Production, 15(18), 1875-1885.

Hunt RG, Franklin WE, Welch RO, Cross JA, & Woodall AE (1974). Resource and environmental profile analysis of nine beverage container alternatives; final report. EPA Report, 530.

ISO (2000). Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. ISO 9001, Ginebra.

ISO (2004). Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso. ISO 14001. Ginebra.

ISO (1999). Etiquetas ecológicas y declaraciones medioambientales. Ecoetiqueta (Etiquetado ecológico Tipo I). ISO 14024. Ginebra.

ISO (2006). Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. ISO 14040. Ginebra.

ISO (2006). Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Requisitos y directrices. ISO 14044. Ginebra.

ISO (2002). Gestión ambiental. Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos. ISO/TR 140 62. Ginebra.

Jeswiet J, & Hauschild M (2005). EcoDesign and future environmental impacts. Materials & design, 26(7), 629-634.

Karlsson R, & Luttropp C (2006). EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue. Journal of Cleaner Production, 14(15): 1291-1298.

Lofthouse V (2006). Ecodesign tools for designers: defining the requirements.Journal of Cleaner Production, 14(15), 1386-1395.

Luttropp C, & Lagerstedt J (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. Journal of Cleaner Production 14(15): 1396-1408.

Moody JB, & Nogrady B (2010). The Sixth Wave: How to succeed in a resource-limited world (Vol. 16). ReadHowYouWant.com.

O'Brien KL, & Leichenko RM (2000). Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. Global environmental change, 10(3): 221-232.

Philip White, Philips Corporate Design (1995). "Green Pages, Guidelines for ecological design", Philips Electronics NV.

Rebitzer G, Schiller U, Schmidt WP (2000). Methode euroMat'98–Grundprinzipien und Gesamtmethode. In: Fleischer et al. (Eds.), pp. 4–22

Rieradevall J., & Vinyets J (1999). Ecodiseño y ecoproductos.

Robèrt KH (2000). Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?. Journal of cleaner production, 8(3): 243-254.

Robèrt KH, Schmidt-Bleek B, Aloisi de Larderel J, Basile G, Jansen JL, Kuehr R, & Wackernagel M (2002). Strategic sustainable development-selection, design and synergies of applied tools. Journal of Cleaner production, 10(3): 197-214.

TNEP (2003). The Natural Edge Project, 2003-11. Disponible en: http://www.naturaledgeproject.net/Keynote.aspx

Umweltbundesamt (2005). Ökodesign von Produkten. Gestaltungsauftrag für mehr Umweltschutz und Innovation. Disponible en:
http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/oekodesign-von-produkten.

Jorge Sierra-Pérez
jsierra@unizar.es
Ingeniero técnico industrial e ingeniero técnico en diseño industrial por la Universidad de Zaragoza; ingeniero en Organización Industrial por la Universitat de Vic. Actualmente cursa el máster universitario en ingeniería del diseño por la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Desarrolla su actividad docente e investigadora en el Centro Universitario de la Defensa de Zaragoza tras varios años de actividad profesional en el ámbito del diseño industrial y la ingeniería de producto.

Manuel Domínguez
mdominguez@ind.uned.es
Doctor ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid y profesor titular de universidad desde hace más de 25 años. Ha compaginado durante varios años su actividad docente en la universidad con la actividad profesional en empresas de ingeniería de ámbito internacional. Ha participado en diversos proyectos de investigación, nacionales e internacionales, fruto de los cuales son más de 20 publicaciones de carácter internacional.

María del Mar Espinosa
mespinosa@ind.uned.es
Licenciada en ciencias por la Universidad de Valladolid y doctora ingeniera industrial por la UNED. Es profesora titular de universidad desde hace más de 15 años. Ha compaginado durante varios años su actividad docente en la universidad con la actividad profesional en empresas de ingeniería de ámbito internacional. Ha participado en diversos proyectos de investigación, nacionales e internacionales, fruto de los cuales son más de 15 publicaciones de carácter internacional. En la actualidad, desarrolla su actividad académica y de I+D+i en el ámbito del máster universitario en ingeniería del diseño, en la UNED, en Madrid.