

Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3

Circular economy as an ecodesign framework: the ECO III model

Recibido: 21- 11-2013 Aceptado: 25-05-2014

Catalina Hermida Balboa C.¹
Manuel Domínguez Somonte²

Resumen

Se analizó la situación actual del ecodiseño y su relación con la economía circular, proponiéndose para tal fin un modelo filosófico interrelacional: el modelo ECO-3. El modelo constituyó un nuevo enfoque, propuso una respuesta al actual problema medioambiental global ante la falta de recursos y los modelos productivos con costes energéticos cada vez más elevados. Asimismo, se presenta como una nueva cultura empresarial, laboral e investigadora en un sistema de innovación industrial y tecno-científica. El modelo conectó todos los puntos y estableció: las conexiones y sinergias entre la economía circular, el ecodiseño, la urbanización sostenible y las esperanzas, sueños y necesidades prácticas de los ciudadanos.

Palabras clave: modelo ECO-3; economía circular; ecodiseño; diseño sostenible; filosofía de la cuna a la cuna; diseño regenerativo; economía; ecología industrial; economía azul; biomímesis; permacultura; ecosistemas triple-E; sostenibilidad; urbanización sostenible.

Abstract

The current status of ecodesign and its relationship with circular economy are analyzed and an inter-relational philosophical model, ECO III, is proposed. This model takes on a new approach, proposing a response to current global environmental problems in view of the lack of resources and production models with increasing energy costs. The model also serves to introduce a new organizational and research culture as part of a system for industrial and technical-scientific innovation. The proposed model interconnects all system components and establishes connections and synergies between circular economy, ecodesign, sustainable development, and citizens' hopes, dreams, and practical needs.

Keywords: ECO-3 model, circular economy, eco-design, sustainable design, Ezio Manzini, cradle to cradle, C2C, regenerative design, performance economy, industrial ecology, blue economy, biomimicry, permaculture, eco-innovation, eco-efficiency, eco-intelligence, triple-E system, sustainability, sustainable urbanization.

¹ Española, Ingeniero en Diseño Industrial. Alumna, máster universitario en Ingeniería del diseño. Escuela de Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED.

² Español. Doctor Ingeniero Industrial. Profesor, máster universitario en Ingeniería del Diseño. Escuela de Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia-UNED

Introducción

La cumbre de Río de 1992 constituyó un hito histórico respecto al estudio de la variable medioambiental en el ámbito económico-empresarial; en ella se definió el concepto de “desarrollo sostenible”, ratificado por 180 países.

El modelo de “economía circular” recibió varias denominaciones entre las que se encuentran: “economía de la cuna a la cuna” o “economía de bucle cerrado”; sus principales defensores insistieron en que no se debía considerar como un movimiento ecológico, sino como una forma de pensar distinta, una filosofía del diseño (Ellen Macarthur, 2013). Uno de los principales propulsores Ezio Manzini, planteó el diseño sostenible como un enfoque filosófico del diseño de carácter más social, en el que se tuvieron en cuenta factores como: el ambiente, la cultura, los procesos de producción, los materiales, su uso y los aspectos posteriores a su vida útil. Planteó el papel del diseñador no sólo como creador de productos, sino también de escenarios cotidianos, así como nuevas ideas de bienestar (Manzini y Bigues, 2000).

El ecodiseño, se tomó como una herramienta necesaria para la fabricación de productos y servicios eficientes, sostenibles, socialmente responsables y competitivamente diferenciados; se analizó: la interrelación entre conceptos/herramientas, donde la economía circular constituyó el marco del trabajo, en el que se desarrolló el ecodiseño como un modelo circular integral donde confluyeron diversas filosofías: las diferentes fuentes en las que se inspiró la economía circular, desde las filosofías primitivas que se inició en los años 70 como la “permacultura” hasta las más actuales como la “economía azul”.

Inspiración: modelos de pensamiento de la economía circular

De la Cuna a la Cuna (Cradle to Cradle o también denominada C2C). En los noventa, McDonough (arquitecto estadounidense) y Braungart (químico alemán) desarrollaron la filosofía de diseño, que consideró los materiales involucrados en los procesos industriales y comerciales como nutrientes, clasificándolos en: técnicos y biológicos. Este modelo se centró en el impacto positivo que generó los flujos de productos, a diferencia del enfoque tradicional centrado en la reducción de los impactos negativos. La idea base se inspiró en la transformación de la biosfera como modelo para el desarrollo de la transformación del flujo de los procesos industriales, en la tecnosfera. Para ciertos productos, la durabilidad no es la estrategia óptima puesto que terminan en la basura o son difícilmente recuperables mediante reciclaje: es preferible diseñar bienes de consumo

de tal manera que la pureza del material se mantenga y sus componentes sean fácilmente regenerados o devueltos a la tierra (McDonough, 2007).

El modelo de diseño C2C representó la aplicación de la economía circular al mundo del diseño y la producción industrial. Planteó las bases de un nuevo paradigma de diseño inteligente basado en el cierre del ciclo de vida de los productos, tal y como ocurre en la naturaleza (McDonough y Braungart, 2003).

McDonough y Braungart, por encargo de la ciudad de Hannover (sede de la Exposición Mundial año 2000), elaboraron los “Principios de Hannover” que rigieron: el diseño, construcción, el entorno, de la exposición y que representaron un desarrollo sostenible para la ciudad, la región y el mundo entero. Estos principios son válidos para cualquier dimensión de la creación humana; defienden: el diseño, la construcción y la producción industrial, se pueden mantener dentro de los procesos de la naturaleza, utilizando materiales inocuos, más eficientes, y produciendo bienes sin generar residuos o elementos tóxicos que degraden el medio (McDonough y Braungart, 2007). En la figura 1, se presenta el diagrama de los Principios de Hannover para la sostenibilidad.

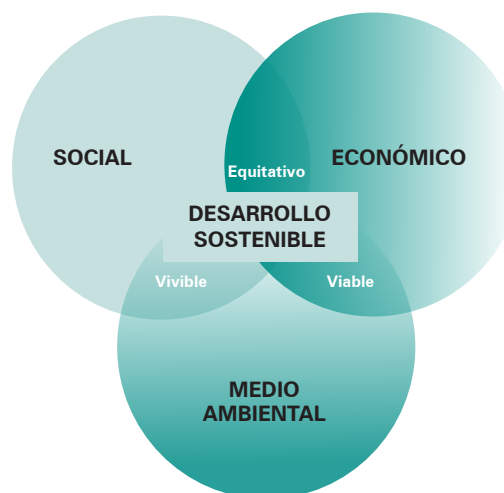


Figura 1. Diagrama de los principios de Hannover para la sostenibilidad

Diseño Regenerativo (Regenerative Design). Esta filosofía la planteó John T. Lyle (profesor Universidad P. de Pomona, California), a raíz de un trabajo educativo postuló, que cualquier sistema, partiendo de la agricultura, se puede organizar de forma regenerativa, emulando el funcionamiento de los ecosistemas, donde los productos se crearon e interaccionan sin producir residuos (Lyle, 1994). El objetivo del desarrollo sostenible es continuar creciendo (sin provocar daño al entorno), mientras que el objetivo del diseño regenerativo es crear sistemas humanos que no tengan que ser desechados.

Economía del Rendimiento (*Performance Economy*). Walter Stahel, arquitecto y analista industrial, planteó la visión de una economía en bucles y el consecuente impacto en la creación de empleo, competitividad económica, ahorro de recursos y prevención de residuos (Stahel, 2010).

En el 2013, Sathel, fundó el **“Product-Life Institute”** (Instituto de la Vida del Producto), considerado como uno de los principales foros dedicados a la sostenibilidad. Sus principales objetivos fueron: extender la vida del producto, plantear bienes de larga duración y actividades de reacondicionamiento y prevenir la producción de residuos. Del mismo modo, incidieron en la economía de servicios: aumentar la importancia de la venta de servicios en lugar de productos.

En 1989, Robert Frosch y Nicholas Gallopoulos, ante la insostenibilidad de los procesos productivos crearon el modelo **Ecología Industrial** (*Industrial Ecology IE*), que contribuyó a la consecución del desarrollo sostenible.

El concepto se tomó como modelo productivo de los ecosistemas naturales, donde la industria funcionó como un organismo que se relacionó con otros, estableció relaciones sostenibles de energía, productos y servicios, como también conexiones (similares a la red alimentaria en la ecología), entre los diferentes operadores del ecosistema industrial base para el estudio de los flujos de materiales y las energías. Se conoce como la ciencia de la sostenibilidad, por su carácter interdisciplinario y porque sus principios se pueden aplicar también para los servicios. Creció rápidamente como disciplina, su posición industrial y científica se fortaleció con las nuevas apariciones: en 1997 del *Journal of Industrial Ecology*. En el 2001, con la Sociedad Internacional de Ecología Industrial, foro interdisciplinario de científicos naturales y sociales, ingenieros, diseñadores de políticas y los profesionales; y en el 2004, el *Journal Progress in Industrial Ecology*.

En el 2012, el economista belga Gunter Pauli, impulsó el modelo **Economía Azul** (*The Blue Economy*), cuyo paradigma se inspiró en la tierra, con puntos en común entre los modelos de la Cuna a la Cuna y la Biomímesis (Pauli, 2010). El modelo rechazó la actitud elitista de la economía verde que ofreció productos ecológicos que respetaron el medioambiente pero sólo eran accesibles a una élite con alto poder adquisitivo y poco sostenible. Los emprendedores y consumidores tenían acceso a la economía azul de forma sostenible, siendo competitivos, sostenibles e innovadores. El enfoque insistió en soluciones determinadas por su entorno local y características físicas y ecológicas. Defendió el olvido en perseguir un único beneficio, y el aprovechamiento de forma innovadora de los beneficios derivados del proceso de producción y de las fuentes de ingresos que existieron a lo largo del proceso productivo (no sirve la especialización, ni

las economías de escala) (Pauli, 2012). Con esta disciplina se diversificó el riesgo y abarataron los costes del subproducto o la eliminación de residuos, que se convirtieron en oportunidades de negocio para emprendedores.

En el 2012 Janine Benyus, presidenta del Biomimicry Institute, definió el modelo **Biomímesis** “*Biomimicry*”, como el estudio de las mejores ideas de la naturaleza, tomando como base los mecanismos artificiales, sintetizó los procesos naturales resolviendo de este modo problemas humanos. La Biomímesis es una innovación inspirada por la Naturaleza, en un mundo biomimético, se originó por los animales y las plantas, empleando la energía solar y compuestos simples para fabricar fibras totalmente biodegradables, materiales cerámicos, plásticos y productos químicos. El modelo se basó en tres principios fundamentales:

- la naturaleza como modelo (estudió y emuló las formas, procesos, sistemas y estrategias como ejemplos de resolución),
- la naturaleza como medida (utilizó un estándar ecológico para cuantificar la sostenibilidad de las innovaciones) y
- la naturaleza como mentor (cuyo valor se basó en lo que se puede aprender de ella) (Benyus, 2003).

A finales de los años 70, Mollison y Holmgren, ecologistas australianos definieron el modelo **Permacultura** (*Permaculture*), como el diseño consciente y mantenedor de ecosistemas agrícolas productivos. Los ecosistemas poseen la diversidad, estabilidad y resistencia de los ecosistemas naturales, que imitando las interrelaciones encontradas en los patrones de la naturaleza son capaces de producir para satisfacer sus necesidades, sin explotar recursos o contaminar, siendo sostenibles a largo plazo.

La permacultura, disciplina de diseño, aplicó e integró ideas y conceptos de innovaciones modernas (teoría de sistemas, biocibernética, sistemas agroforestales...), de la agricultura de conservación (ausencia y compactación de suelos, cubiertas permanentes del suelo...), de la agricultura orgánica (reciclaje de nutrientes), y de la agricultura tradicional (infiltración del agua de lluvia) mejorando el rendimiento y la calidad del suelo, reduciendo el consumo de elementos externos y protegiendo la biodiversidad (Mollison, 2005).

En 1989, K. Robèrt, investigador del cáncer ante la realidad de que los seres humanos están destruyendo su entorno natural, planteó los principios fundamentales para invertir la situación y creó el **El Paso Natural** (*The Natural Step o TNS*), organización implementada en una docena de países que agrupó a: científicos, expertos y empresas comprometidas con la investigación, la educación y el asesoramiento para el desarrollo sostenible. Aportó herramientas de análisis integrado, criterios de diseño y métodos de planificación

y gestión para construir paso a paso un futuro mejor. El modelo propuso varios principios socio-ecológicos para alcanzar desarrollo sostenible basado en: las leyes de la termodinámica, las sustancias extraídas de la litosfera y las sustancias producidas por nuestra sociedad que no deben acumularse ni ser deterioradas de forma sistemática en la ecosfera, la utilización de los recursos que debe ser eficaz y coherente respecto a las necesidades humanas.

El modelo **Capitalismo Natural** (*Natural Capitalism*), propuesto por el ecologista P. Hawken, el físico A. Lovins y la socióloga H. Lovins, es una crítica al capitalismo industrial tradicional, reconoció principalmente el valor del dinero y los bienes de capital mientras que el Capitalismo Natural reconoció al capital natural y al capital humano; es decir se planteó el paso de la economía de consumo a la de los servicios y reinvertió los beneficios obtenidos en garantizar la conservación de los recursos naturales, lo cual constituyó una guía y un marco de actuación para que los futuros negocios saquen provecho de la responsabilidad ambiental y social. La transición al capitalismo natural implicó cuatro cambios básicos en las prácticas de negocio (Hawken Lovins, 2000):

- Aumentar la productividad natural de los recursos a través de cambios tanto en el diseño como en la tecnología para aprovechar los recursos naturales. Este ahorro de recursos proporcionó mayores ganancias, se amortizó con el tiempo, e incluso en muchos casos redujo la inversión del capital inicial necesario.
- Cambio a un modelo de producción inspirado biológicamente, se buscó no sólo disminuir los residuos, sino también eliminar del mismo el concepto de desecho. En los sistemas de producción de ciclo cerrado, cada *output* se devolvió al ecosistema como nutriente o bien se convirtió en un *input* para fabricar otro producto.

- Avanzó hacia un modelo de negocio basado en soluciones; el modelo de fabricación tradicional residió en la venta de bienes. En cambio, el nuevo modelo se sustentó en el flujo de servicios, esto conllevó una nueva percepción del valor de los bienes como la continua satisfacción de calidad, utilidad y funcionalidad.
- Reinvertir en capital natural; el negocio repuso, sostuvo, y expandió los ecosistemas del planeta, para producir servicios y recursos biológicos más abundantemente.

Economía circular

La economía circular es una filosofía de organización de sistemas inspirada en los seres vivos, que persiguió el cambio de una economía lineal (producir, usar y tirar) cada vez más difícil de implementar por el agotamiento de los recursos hacia un modelo circular y regenerativo, tal y como ocurre en la naturaleza y que además supone una gran oportunidad en el ámbito empresarial. Sus aplicaciones prácticas, tanto en sistemas económicos como en procesos industriales, han ido en aumento progresivo en los últimos años. La figura 2 muestra la comparación entre economía lineal y economía circular.

Su aplicación residió en diseñar productos sin desechos (ecodiseño), productos que facilitaron su desmonte y reutilización, así como en definir modelos empresariales socialmente inteligentes (Goleman, 1999), para que los fabricantes pudieran económicamente recoger, los productos y volver a fabricarlos y distribuirlos.

Para alcanzar el objetivo, el modelo dividió los componentes de los productos en dos grupos:

- Nutrientes biológicos son biodegradables, se introducen en la naturaleza después que su valor de uso ya no sea rentable.

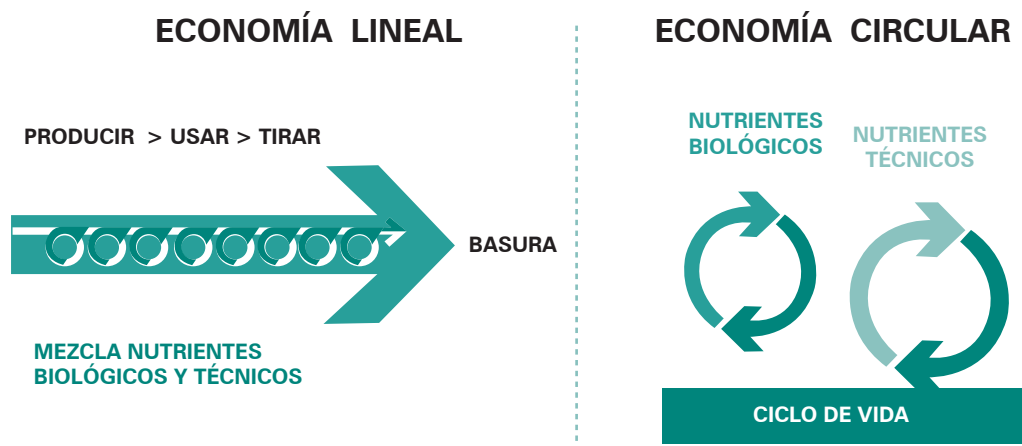


Figura 2. Comparación entre economía lineal y economía circular
Fuente: Ellen Macarthur Foundation 2013

- Los componentes técnicos de los productos se diseñaron para poder ser ensamblados y desmontados un gran número de veces, y favorecer la reutilización de materiales y el ahorro energético (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

La filosofía de diseño de la Cuna a la Cuna representó la aplicación de la economía circular al mundo del eco-diseño y la producción industrial. En la figura 3, se presenta el diagrama del modelo de economía circular.

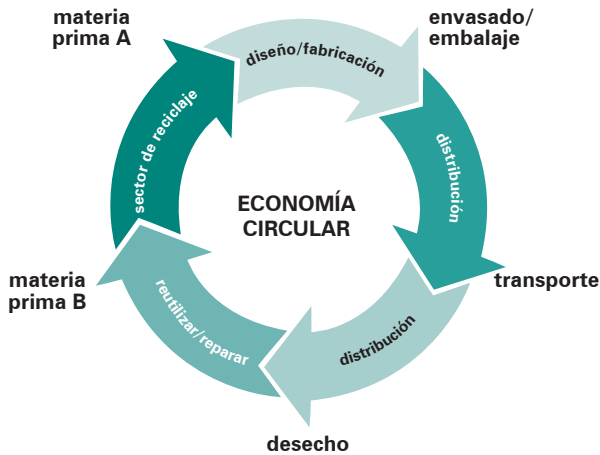


Figura 3. Diagrama del modelo de economía circular
Fuente: Ellen Macarthur Foundation (2013)

El concepto de economía circular viene de diversas fuentes referentes de ecointeligencia. La **ecointeligencia** es la capacidad de vivir tratando de dañar lo menos posible a la naturaleza, consistió en comprender las consecuencias que tuvo sobre el medio ambiente, las decisiones que se toman día tras día e intentar, en lo posible, elegir las más beneficiosas para la salud del planeta (Ramírez, y Galán, 2012).

La **economía circular** se basó en los siguientes principios:

- Desperdicios versus alimentos: desapareció el concepto de basura o residuo. Los productos se desmontaron una vez que dejaron de ser útiles, y sus componentes (biológicos) volvieron a formar parte de los ciclos naturales o industriales (técnicos) con un consumo mínimo de energía. Los nutrientes biológicos compuestos por materiales totalmente biodegradables, regresaron a la naturaleza sin problemas para ser integrados en los procesos naturales; los nutrientes técnicos (principalmente polímeros o aleaciones) pueden ser reutilizados de manera sencilla y poco costosa en términos energéticos.
- La diversidad fortaleció los sistemas naturales más resistentes y resilientes: son los ecosistemas que están compuestos por una mayor diversidad de organismos

y de interacciones entre los mismos. En el ámbito económico aplicaron una filosofía similar, para mejorar las respuestas a crisis económicas y productivas.

- Sistema de interrelaciones: los elementos del sistema están altamente interrelacionados muestran entre ellos, relaciones no lineales; cuando se diseñó el sistema se tuvo en cuenta las interrelaciones internas y externas de los elementos que lo componían.
- Reconceptualización del modelo de propiedad: la economía circular apostó por el nuevo modelo en el que la tecnología se alquiló por la empresa productora al usuario. El fabricante/productor mejoró cada cierto tiempo el producto utilizando/reutilizando los componentes de los aparatos que van quedando obsoletos.
- Energías renovables como fuente de energía, ocurre en la naturaleza; toda la energía procedió de fuentes que se van renovando con el paso del tiempo. La economía circular apostó por la sustitución de los combustibles fósiles y nucleares, por energías renovables.
- Precios verdaderos: los precios reflejaron el coste real del producto para favorecer un consumo racional.

En la economía circular existen tres niveles básicos de acción:

- Primer nivel: la organización buscó mayor eficiencia a través de las 3R: reducir el consumo de recursos y emisiones de residuos; reutilizar los recursos, y reciclar los componentes.
- Segundo nivel: se reutilizaron y reciclaron los recursos dentro de parques eco-industriales e industrias encadenadas, de tal manera que circularon totalmente en el sistema de producción local.
- Tercer nivel: se integraron diferentes sistemas de producción y consumos locales, los recursos circularon entre las industrias y los sistemas urbanos. Este nivel requirió el desarrollo local de sistemas de recolección, almacenaje, procesado, y distribución, por producto.

El esfuerzo en los 3 niveles influyó en: el desarrollo de recuperación de recursos, empresas de producción más limpia, y facilidades públicas. Esto produjo un incremento de la dimensión del desarrollo económico a través de la inversión en nuevas empresas; por tanto, la economía circular ofreció nuevas oportunidades empresariales. Un ejemplo de este nivel de tipo regional podría ser la integración de la gestión de flujos entre sistemas de recuperación urbanos, suburbanos, y rurales: las bio-refinerías (utilizando biomasa descartada de fuentes rurales y urbanas) que podrían convertir estos recursos en bioenergía, y biomateriales, otro ejemplo fue el Eco-Industrial Park de Kalundborg, en Dinamarca (Ehrenfeld y Gertler).

ECODISEÑO

La evolución del mercado global, y la demanda cada vez más exigente de los clientes ha generado la necesidad de implementar políticas y normativas para lograr el objetivo de **desarrollo sostenible**.

El ecodiseño es la **metodología para el diseño de productos industriales** en el que el medioambiente se tuvo en cuenta durante el proceso de desarrollo del producto como un factor adicional a los que tradicionalmente se utilizó para la toma de decisiones. Martin Charter (director del The Centre for Sustainable Design, lo explicó del siguiente modo:

“Las tendencias internacionales están demostrando que los conceptos y herramientas como el Diseño para el medio ambiente, Análisis del Ciclo de Vida y Responsabilidad Extendida de los Productores están aquí para quedarse. Están rápidamente convirtiéndose en herramientas clave para las organizaciones proactivas. Más aún, un creciente cuerpo de evidencias sugiere que este tipo de aproximaciones son excepcionalmente avanzadas para proporcionar un rango de beneficios por encima y más allá de los beneficios ambientales y el simple cumplimiento” (Tukker, Charter y Vezzoli, 2008).

El ecodiseño permitió obtener **oportunidades comerciales**, así como hacer frente a las amenazas externas. Es decir, permitió: reducir costos de producción, el consumo de productos y recursos, optimizar la calidad y aumentar la vida útil de los productos, seleccionar recursos más sostenibles o con menor consumo energético, buscar la utilización de tecnologías más limpias, y minimizar los costes de manipulación de residuos y desechos y, al mismo tiempo, hizo frente a la normativa gubernamental y atendió a las presiones de los consumidores, entre otros. Por tanto, el eco-diseño permitió **reducir** los distintos **impactos ambientales** de un determinado producto/servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.

Desde hace algún tiempo, se están usando modelos para analizar el **ciclo de vida ACV (LCA)** de los flujos de materia y energías de un producto o proceso; ello ha dado lugar al nacimiento y proliferación de gráficos y diagramas circulares necesarios para evaluar el impacto medioambiental dentro del sistema analizado. El análisis del ACV permitió detectar eficazmente oportunidades de mejora ambiental de todo el sistema (empresa, proveedores, distribuidores y usuarios); es una herramienta básica en la toma de decisiones para el ecodiseño, selección de las mejoras técnicas disponibles, diseño sostenible, etc.

Asimismo en el concepto de ciclo de vida (entendido como el conjunto de etapas de la vida útil de un producto hasta la gestión final de sus residuos) el producto no es el destino final, sino un estado temporal de materia y energía

con el fin de proporcionarnos un servicio.

Existen dos **tipos de metodologías de ACV**, dependiendo de la metodología aplicada.

Análisis del Ciclo de Vida cualitativo: Poco preciso, barato, fáciles de aplicar y no requirieron de grandes conocimientos de ecodiseño. Proporcionaron una visión general de los impactos ambientales del producto y mostraron las cuestiones ambientales más importantes sobre las cuales hay que tomar medidas. Uno de los más comunes fue la matriz MET.

Análisis del Ciclo de Vida cuantitativo: Estandarizado por la ISO (ISO 14040:2006), constituyó el método óptimo para aplicar a productos, procesos o actividades; sin embargo, es caro y de compleja aplicación. Estudió los aspectos ambientales y los impactos asociados del producto a lo largo de su ciclo de vida; se pudo identificar de este modo las fases más críticas y sus principales problemas y con base a ello elegir las soluciones que representen el menor impacto posible. También se deben nombrar los ecoindicadores, los cuales permiten obtener resultados numéricos de fácil interpretación para evaluar los requisitos medioambientales, frente a los complejos análisis que requieren otros resultados cualitativos.

Aunque el ecodiseño se pudo innovar tanto en sistemas como en productos, se propusieron soluciones más sencillas, con resultados a corto plazo. Dependiendo del objetivo marcado por la empresa se pudo distinguir cuatro **niveles** de aplicación del **eco-diseño** y por tanto cuatro tipos de resultados diferentes:

- Nivel 1. Mejora del producto: mejora progresiva e incremental.
- Nivel 2. Rediseño del producto: nuevo producto sobre la base de otro existente.
- Nivel 3. Nuevo producto en concepto y definición: innovación radical del producto.
- Nivel 4. Definición de un nuevo sistema: innovación radical del sistema.

La mayoría de empresas ya han orientado su política ambiental hacia un planteamiento global (tomando la economía circular) que contempló los flujos energéticos y de materiales entre el sistema productivo y su entorno; y percibió la variable medioambiental como una **oportunidad estratégica** para obtener ventajas competitivas (Ramirez, 2012).

En julio del 2011 se publicó la norma internacional ISO 14006:2011 “Directrices para la incorporación de ecodiseño”, la primera norma internacional de gestión medioambiental que integró aspectos propios del diseño, la evaluación de los

impactos en el medioambiente de los productos diseñados, y la gestión y tratamiento de dichos impactos dentro de una organización. Su objetivo es ayudar a las organizaciones en su gestión del ecodiseño como parte de un sistema de gestión medioambiental (EMS).

El ecodiseño se consolidó como **herramienta clave**, con aceptación empresarial, entre las que se pueden señalar: reciclaje de materiales, incremento de la durabilidad del producto, empleo de materiales reciclables, menor consumo energético, rediseño/reacondicionamiento, menor desperdicio en producción, técnicas limpias de producción, reducción en el peso y/o volumen del producto, empleo de materiales o envases más limpios y reutilizables, empleo de menor cantidad de envase. En consecuencia, la perspectiva de desarrollo de ecodiseño como práctica asociada a la producción más limpia es ahora más interesante.

Modelo eco-3: sistema interrelacional

Según el informe "*Towards the circular economy*", varias compañías y gobiernos exploraron activamente las oportunidades relacionadas con la ecoeficiencia y las nuevas formas de energía, se prestó menos atención al diseño sistemático de productos reutilizables; en este punto es donde incidió la idea de la economía circular. Del mismo modo, el informe cuantificó los beneficios económicos de los modelos empresariales circulares, gran parte del sector de manufactura europeo podría ahorrar unos 650.000 millones de euros de aquí al 2025, si rediseñara sus sistemas productivos de acuerdo con la economía circular (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

En el segundo informe anual de la fundación, lanzado en Davos en el 2013, se presentaron cifras que impactaron: los ciudadanos compran todos los años para consumir unos 800 kilos de comida y bebida, 120 kilos de envases y 20 kilos de ropa y zapatos que, en su mayor parte, no reciben ningún uso económico posterior. En el actual sistema de "tomar-usar-tirar", en torno al 80% de estos materiales terminan su ciclo de aprovechamiento contaminando. El informe señaló que incluso en el corto plazo, y sin tomar siquiera medidas excesivamente radicales, el valor que podría recuperarse aplicando el sistema economía circular se incrementaría en un 50%.

- **Transformación al proceso circular.** Los procesos lineales del tipo "obtener, transformar, desechar" se caracterizaron por la producción actual de bienes, alimentación y energía que han provocado: problemas medioambientales, económicos y sociales, así como el cambio climático, la escasez de recursos y la contaminación. La esencia de la economía circular residió en diseñar productos sin desechos que facilitaron su desmontaje y su reutilización, así como en definir modelos empresariales

que incentivaran económicamente a los fabricantes para recoger, refabricar o redistribuir los productos. Hasta ahora, el papel de la tecnología se ha enfocado en mejorar la eficiencia de los procesos de producción lineales; por ejemplo, mejorando el motor de combustión interna. Mientras esto ocurrió, el verdadero objetivo era pasar de una economía lineal a una economía circular, en la que los residuos se reintroduzcan en la cadena de producción, limitando en gran parte la necesidad de recursos y el impacto sobre el medioambiente.

- **Generación de valor.** Planteó la necesidad de estudiar posibles estrategias de generación de valor a través de una gestión eficaz de la variable medioambiental. A este respecto, la producción limpia, el ecodiseño de productos y la economía circular se presentaron como procesos que pueden permitir a las organizaciones afrontar sus obligaciones en materia de gestión medioambiental, y al mismo tiempo generar ventajas competitivas. Para ello, es preciso que la empresa incorpore dichos aspectos en la toma de decisiones estratégicas y operativas, esto es, tanto en las decisiones a largo como a corto plazo. Todos los casos mostraron oportunidad de creación del valor preservando los costes de: trabajo, energía y material integrados en productos terminados. En los teléfonos móviles, por ejemplo, el 50% de los costes de entrada del material se podría ahorrar mediante el uso efectivo de la refabricación. Existen impactos ambientales relevantes al aplicar mecanismos de economía circular; un ejemplo de ello: la economía del Reino Unido se podría ahorrar hasta 1.100 millones de dólares (2.120.000 de pesos colombianos) anualmente y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta 7,4 millones de toneladas, manteniendo los desechos alimentarios fuera de los vertederos.

- **Tres E. El sistema Tres E,** engloba los enfoques ecológico, económico y equitativo; se basó en C2C, es la alternativa al modelo insostenible actual. Los proyectos se plantearon con una perspectiva total de su ciclo de vida y se concibió una arquitectura de productos y sistemas asociados integrados con los flujos de materia, sustancia y energía del ecosistema natural y del ecosistema técnico, alcanzándose el objetivo de la economía del bienestar, que minimizan y resuelve los problemas ambientales generados desde el inicio de la revolución industrial.

- **Interrelación de procesos.** El ecodiseño, se entiende como metodología/herramienta de aplicación de mejoras ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida del proceso organizado, según criterios de la economía circular desde: la concepción, selección de materiales, fabricación, transporte, uso al tratamiento final, adopte un papel estratégico, convirtiéndose en motor de innovación y peldaño clave hacia la sostenibilidad y el consumo

responsable. Esta herramienta, ligada al modelo de la economía circular y los principios del C2C, constituyó una alternativa a la obsolescencia programada que apuesta por estrategias de sostenibilidad a largo plazo. Se trató de implementar una fórmula para aprovechar de manera eficiente los recursos energéticos y materiales, cada vez más caros y escasos, y de obtener un valor añadido frente a la producción externalizada y de bajo coste.

Las etapas del ciclo de vida de un producto a través de Economía Circular, pueden ser sostenibles. Por ejemplo, a través de la creación de materiales biodegradables o ecoamigables, utilizando materiales/subproductos de otras industrias, maximizando la reusabilidad del producto, diseñando para desmontar y reutilizar sus componentes, minimizando los desechos al final de su vida útil, y utilizando tanto como sea posible como materia prima para nuevos procesos, etc.

El modelo de diseño C2C representó la aplicación de la economía circular al mundo del diseño y la producción industrial, planteando los cimientos de un nuevo paradigma de diseño inteligente basado en cerrar el ciclo de vida de los productos, tal y como ocurre en la naturaleza.

Ambas prácticas son usuales en la aplicación de diversas acciones como la autorregulación. Las compañías visionarias crean sus propios sistemas para marcar y medir metas de desarrollo sustentable, la economía de servicios, que se refiere a proveer a los clientes con un servicio no necesariamente un producto, y la desmaterialización que es la práctica de reemplazar un producto con un sustituto que llene la misma necesidad.

Como puede observarse, ambas disciplinas son **coexistentes**; se encuentran altamente **interrelacionadas** y son **multidisciplinares** en el proceso de implementación de una producción sostenible, objetivo de la industria. La Figura 4, presenta el Modelo ECO-3: las interrelaciones entre economía circular, ecodiseño, C2C y el sistema triple E.

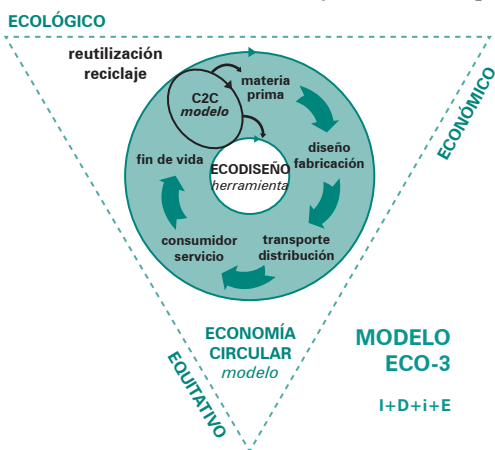


Figura 4. Modelo ECO-3: interrelaciones entre economía circular, ecodiseño, C2C y el sistema triple E. **Fuente:** (Autores)

Conclusiones

En un mundo de recursos limitados y con costes energéticos en aumento progresivo, se plantea como posible alternativa un nuevo modelo productivo: ECO-3. Invertimos mucho dinero y esfuerzos en extraer materiales (recursos limitados) del suelo para transformarlos en productos que luego tiramos.

Se han analizado las diferentes fuentes en las que se inspiró el modelo: las iniciadoras de mediados de los setenta hasta filosofías más actuales así como la economía circular y la filosofía C2C, principales referentes e integrantes de la propuesta.

La economía circular constituye el marco de trabajo en el que se desarrolla el ecodiseño, como un modelo circular integral. Se toma el ecodiseño como la principal herramienta necesaria para la fabricación de productos y servicios que cumplan los criterios requeridos de eficiencia, sostenibilidad, socialmente responsables y diferenciadores.

El modelo ECO-3 propone soluciones a la necesidad de recursos y su impacto en el medio ambiente como la reintroducción de los residuos en la cadena productiva; del mismo modo ayuda a la gestión medioambiental de las organizaciones, les generan valor y competitividad lo cual redundará en beneficios (ahorro) tanto económicos como energéticos.

Dicho modelo supone una nueva cultura empresarial, laboral e investigadora en un sistema de innovación industrial y tecno-científica que comienza a denominarse I+D+i+E (Ética: Responsabilidad).

Referencias

Benyus M., J. (2003). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Editor William Morrow. ISBN: 978-00-6053-322-9

Benyus, J. (2012). *Biomimicry*. Recuperado de <<http://www.biomimicryinstitute.org>>

Ellen Macarthur Foundation: Report. (2013). *Design out waste*. Recuperado de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>

Ellen Macarthur Foundation. (2013). *The circular model: an overview*. Recuperado de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>.

- Ellen Macarthur Foundation: Report. (2013). *Towards the Circular Economy*. Recuperado de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>
- Ellen Macarthur Foundation: Report. (2013). *Work towards using energy from renewable sources*. Recuperado de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>
- Ehrenfeld, J., Gertler, N. (1997). Industrial ecology in practice: the evolution of interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1). Recuperado de <http://www.johnehrenfeld.com/Kalundborg.pdf>
- Frosch, R. Gallopoulos N. (1989). *Strategies for Manufacturing*. Scientific American, 144-152. Goleman, D. (1999). La práctica de la inteligencia emocional. Barcelona, Editorial Kairós. ISBN: 978-84-7245-407-1
- Hawken P., Lovins A., Lovins L. (2000). *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Nueva York, Back Bay Books. ISBN: 978-03-1635-300-7
- Lyle T., J. (1994). *Regenerative Design for Sustainable Development*. Editorial Wiley and Sons, Nueva York. ISBN: 978-04-7155-582-7
- Manzini, E., Bigues, J. (2000). *Ecología y democracia*, Editorial Icaria, Barcelona. ISBN: 978-84-7426-497-5
- McDonough, W., Braungart, M. (2003). *Cradle to Cradle*. Editorial McGraw-Hill, Nueva York. ISBN: 978-08-6547-587-8
- McDonough, W. (2007). *Cradle to cradle design*. Recuperado de http://www.ted.com/talks/lang/es/william_mcdonough_on_cradle_to_cradle_design.html.
- McDonough, W., Braungart, M. (2007). *The Hannover Principles: Design for Sustainability*. Hamburgo. ISBN: 978-15-5963-635-3
- Mollison, B., Holmgren, D. (1978). *Permaculture One: A Perennial Agriculture for Human Settlements*. Gran Bretaña, Tagari Publications, ISBN: 978-05-5298-0609
- Mollison, B. (2005). *The Permaculture Way: Practical Steps to Create a Self-Sustaining World*, 2005, Editor Graham Bell. ISBN 978-1-85623-028-5
- Organización Internacional de Normalización – ISO. (2010). ISO14040:2006 *Gestión Medioambiental*. Recuperado de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=37456
- Organización Internacional de Normalización – ISO. (2013). *Directrices para la incorporación de ecodiseño ISO14006:2011* Recuperado de http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=43241
- Pauli, G. (2010). *La economía azul*. Barcelona, Tusquet Editores ISBN: 978-84-8383-304-9
- Pauli, G. (2012). *The blue economy* Recuperado de <http://www.theblueeconomy.org>
- Ramírez, E., Galán, L. (2012). *El eco-diseño como herramienta básica de gestión industrial*. Universidad de Sevilla, España. Recuperado de <http://www.ingegraf.es/XVIII/PDF/Comunicacion17007.pdf>
- Stahel R., W. (2010). *The Performance Economy*, 2ª edth. Editorial Palgrave Macmillan, Hampshire (UK). ISBN: 978-02-3058-466-2
- Sathel, W. (2013). *A vision of the world in 2030 and a back casting in order to guide actions today. Societal wealth should be measured in stock, not flow*. Recuperado de <http://www.product-life.org/>
- Tukker, A, Charter, M, Vezzoli, C. (2008). *System innovation for sustainability: perspectives on radical changes to sustainable consumption and production*. Inglaterra. Editorial Greenleaf Publishing. ISBN: 978-19-060-9303-7
- University for the creative arts. (2014). *Centre for sustainable design-cfsd*. Recuperado de <http://www.cfsd.org.uk>
- Organización de las Naciones Unidas. (2010). *Informe Nuestro futuro en común o el informe Brundtland*. ONU, Recuperado de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>
- Vezzoli C., Manzini E. (2010). *Design for Environmental Sustainability*. Londres, Editorial Springer, 2010. ISBN 1849967415

Indice de Autores

Authors

Arango Gómez, Jorge Eduardo. Colombiano. Ingeniero Mecánico Universidad Nacional de Colombia, MSc Automatización industrial – Universidad Nacional de Colombia, Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. E-mail: jearangogo@unal.edu.co'

Aristizabal Hernandez, Javier Darío. Colombiano. Ingeniero Forestal. Especialista en Planeación Ambiental y Manejo Integral de Recursos Naturales. Fundación NATURA Colombia E-mail: jaristizabal@natura.org.co. Tel: 2455700/ Fax: 2854550/ Cel: 3125315416. Carrera 21 No. 39 - 43 (Bogotá)

Balboa, C., Catalina Hermida. Española, Ingeniero en Diseño Industrial. Alumna, máster universitario en Ingeniería del Diseño. Escuela de Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia – UNED E-mail: catalinahermidabalboa@gmail.com

Castro Corrales, Jorge. Colombiano. Subdirector del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA Itagüí, Antioquia. Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería, Especialista en Alta Gerencia con Énfasis en Calidad. Grupo BIOMATIC - Biomecánica, Materiales, TIC, Diseño y Calidad para el Sector cuero, plástico, caucho y sus cadenas productivas. E-mail: jcastro@sena.edu.co

Chamorro Rodriguez, Cristian David. Colombiano. Ingeniero Mecánico. Maestría en filosofía. Estudiante de doctorado en ingeniería de la universidad del valle, énfasis ingeniería eléctrica y electrónica. Profesor Asociado Universidad del Valle. Departamento de diseño. Miembro del grupo e investigación DI& ID. E-mail: cristian.chamorro@correounivalle.edu.co

Chaquea Romero, David Colombiano. Diseñador Industrial. Coordinador grupo de investigación en la Universidad del Valle. E-mail: chaqueo0927@hotmail.com

Díaz Vega, María Isabel. Colombiana Mcs en Ingeniería énfasis en Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia. E-mail: midiaz@javerianacali.edu.co; maria_isabel_diaz33@hotmail.com

Domínguez Somonte, Manuel. Español. Doctor Ingeniero Industrial. Profesor, máster universitario en Ingeniería del Diseño. Escuela de Ingenieros Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED

Mejía de Gutiérrez, Ruby. Colombiana PhD, Profesor Titular. Grupo de materiales compuestos, Universidad del Valle, Cali, Colombia E-mail: ruby.mejia@correounivalle.edu.co

Pérez Súa, Sergio Colombiano. Ingeniero Mecánico Universidad Nacional de Colombia. Msc (c) Ingeniería Mecánica Universidad Nacional de Colombia

Rodríguez Bossa, Cristian Colombiano Ingeniero Químico, Universidad de Cartagena, Colombia. E-mail: cristianr_bossa@hotmail.com

Rodríguez, Erich. Colombiano. PhD. Investigador. Grupo de materiales compuestos, Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Sierra Vargas, Fabio Emiro. Colombiano. Ingeniero Mecánico, Ph.D., Ingeniería - Energías renovables, Universidad de Kassel, Alemania. Msc. Automatización Industrial Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. Profesor Titular, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. E- mail: fesierrav@unal.edu.co

Tejada Tovar, Candelaria. Colombiana. Ingeniera Química, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Magíster en educación, Universidad del Norte, Colombia. Especialista en Química analítica, Universidad de Cartagena, Colombia. Docente del grupo de investigación GIPIQ, de ingeniería química, Universidad de Cartagena. Colombia. E-mail: ctejadaT@unicartagena.edu.co

Valderrama Mejía, Sebastián. Colombiano. Instructor Investigador del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA Itagüí, Antioquia. Biingeniero, Magíster en Ciencia y Tecnología. Grupo BIOMATIC - Biomecánica, Materiales, TIC, Diseño y Calidad para el Sector cuero, plástico, caucho y sus cadenas productivas. Email: sebasmejia9@gmail.com

Velásquez Retrepo, Sandra Milena. Colombiana, Líder de Innovación y Desarrollo Tecnológico del Centro de Diseño y Manufactura del Cuero del SENA Itagüí, Antioquia. Bioingeniera, Magíster en Ingeniería, Especialista en Gerencia. Grupo BIOMATIC - Biomecánica, Materiales, TIC, Diseño y Calidad para el Sector cuero, plástico, caucho y sus cadenas productivas. Email: sandravelasquezrestrepo@gmail.com

Villabona Ortíz, Ángel. Colombiano. Ingeniero Químico, Universidad Industrial de Santander, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Universidad de Cartagena. Docente de planta de ingeniería Química- Universidad de Cartagena, Colombia. E-mail: angelvillabona@yahoo.es

Villaquirán, Mónica A. Colombiana. Estudiante de Doctorado. Grupo de materiales compuestos, Universidad del Valle, Cali, Colombia. E-mail: monica.villaquiran@correounivalle.edu.co