

Conceptos de una industria verde: revisión de literatura

Priscila Ortega Riosvelasco¹, Vianey Torres-Argüelles¹, Salvador Noriega Morales¹,
Martínez Gómez¹, Víctor M. Castaño², Sergio Saúl Solís¹

¹Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México

Resumen

El equilibrio entre el desarrollo económico, social y del medio ambiente es un reto clave para lograr la sustentabilidad a largo plazo; por lo que dentro del sector económico es necesario generar e impulsar los cambios necesarios en los procesos de producción; siendo uno de los cambios estratégicos para la competitividad de las empresas el diseño de sistemas y productos con mayor durabilidad, que proponga una fácil recuperación de materiales al final de su vida útil, así como su regreso a procesos de re-manufactura. Sin embargo, para adoptar este proceso es necesario que las industrias realicen cambios en la planeación y diseño de sus instalaciones, infraestructura y procesos. Para lograr esto es necesario basarse en los conceptos y componentes que conforman una industria verde. Por lo que el objetivo de este trabajo es identificar en la literatura, las características necesarias que deben tener las instalaciones de las industrias para el cambio hacia la producción limpia, industria verde y la sustentabilidad. Este trabajo se basó de seis conceptos: 1) Desarrollo sustentable, 2) Diseño verde, 3) Ecología Industrial, 4) Producción y Tecnología Limpia, 5) Energía limpia y 6) Economía Circular; a partir de los cuales se identificaron nueve herramientas básicas y ocho principios necesarios para que las industrias se encaminen hacia la sustentabilidad.

Palabras clave: Desarrollo sustentable, Ecología industrial, Economía circular, Producción y tecnología limpia, Diseño verde.

Introducción

Una estrategia que las empresas actualmente consideran en sus prácticas es la innovación para la sustentabilidad (Klewitz & Hansen, 2014); es decir, se enfocan en la generación de productos o servicios verdes que se caracterizan por factores tales como el cierre del ciclo de la materia prima utilizada a través del diseño para el medio ambiente y la sustentabilidad, que incluye en su diseño la reutilización, desensamblaje y diseño para

el reciclaje (Tseng, Chiu, Tan & Siriban-Manalang, 2013). Con base en lo anterior, actualmente se considera a la innovación y el diseño de productos como dos de las etapas principales para la transformación hacia la sustentabilidad (Gaziulusoy, Boyle, & McDowall, 2012; Hallstedt, Thompson, & Lindahl, 2013); de ahí también la importancia de la adecuación de procesos, de tal forma que conduzcan a la producción

más limpia; siendo la cadena de suministros y la logística, dos procesos de gran relevancia para ser una industria sustentable, cuyas bases son la infraestructura e instalaciones características fundamentales y que para ser considerados como sustentables deben basarse en la innovación y el diseño verde (Peruzzini & Germani, 2014). El diseño verde considera, a su vez, los conceptos de ecología industrial, desarrollo y producción sustentable, tecnología, producción y energía limpias; los cuales se dirigen a la economía circular dentro y fuera de la empresa; para lo que se requiere una correcta planeación y diseño de instalaciones, que conlleven a la

transformación de las industrias hacia la sustentabilidad.

Para alcanzar dicha transformación es necesario identificar los factores que tienen mayor influencia en el proceso logístico, relacionados con las instalaciones y la infraestructura, de tal forma que se puedan adaptar para adoptar procesos que lleven a la producción limpia. Con base en lo anterior, el objetivo de este artículo es identificar en la literatura, las características necesarias que deben cubrir las instalaciones de las industrias, que permita que sus procesos productivos estén encaminados hacia la producción más limpia.

Metodos

La metodología utilizada para identificar los factores y características que hace que una industria sea considerada verde, se basó en el análisis de información, principalmente de los últimos diez años, reportada en distintas bases de datos, como Elsevier, Emerald, IEEE, Springer y Wiley, principalmente, además de diversos libros; la información obtenida está relacionada con la sustentabilidad y la producción más limpia, con el fin de identificar conceptos y características que son la base para una correcta planeación y diseño de instalaciones a nivel industrial.

Partiendo de las palabras clave, el primer paso fue realizar una búsqueda bibliográfica. A partir de los conceptos de sustentabilidad, industria limpia y el diseño

para el desarrollo sustentable; se identificaron los documentos cuya información es del interés de este estudio. Dado que en un artículo de revisión se busca compilar y resumir información de los aspectos más relevantes de un tema de interés, en este trabajo, se analizaron 100 documentos. Después del primer análisis se seleccionaron 60 documentos que están relacionados con la sustentabilidad en la industria, además de bases de datos y páginas web como la ONU, UNUDI, PNUMA e ISO. De cada uno de los artículos, libros y páginas web se extrajeron las características y atributos que se compararon entre sí; con el fin de definir las características y factores que conforman una industria verde para cubrir los requerimientos del desarrollo sustentable.

Resultados

En la Tabla 1 se muestran los trabajos publicados que consideran los seis principales conceptos relacionados a la industria limpia que son: 1) Desarrollo sustentable, 2) Diseño verde, 3) Ecología Industrial, 4) Producción y Tecnología Limpia, 5) Energía limpia y 6) Economía Circular.

De acuerdo con Reid (1995), el diseño y la implementación de estrategias ambientales en la industria constituyen una necesidad del Desarrollo Sustentable; el cual es un proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección para el medio ambiente, para no comprometer las expectativas de las generaciones futuras. El desarrollo sustentable, considera el diseño de enfoques capaces de hacer frente a la sostenibilidad del medio ambiente, garantizar los derechos a nivel social y a la prosperidad económica a nivel local, nacional o incluso a nivel mundial, lo cual implica un alcance macroeconómico (Khalili, Duecker, Ashton, & Chavez, 2014). Debido a este amplio alcance, el desarrollo sustentable exige la creación de nuevas visiones, paradigmas, políticas, herramientas metodológicas y procedimientos que sean

aplicables a todas las áreas del desarrollo y adoptadas por las empresas industriales para promover la producción limpia y el cambio de los procesos productivos hacia una industria verde. En este sentido la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI (2008) propone diez puntos que debe cumplir una Industria Verde:

1. Uso eficiente de recursos: materiales, energía y agua;
2. Reducción de residuos y emisiones;
3. Manejo responsable y seguro de químicos;
4. Substitución de combustibles fósiles por energías renovables;
5. Rediseño de productos y procesos;
6. Reducir, reusar y reciclar (3R);
7. Tecnologías y equipos para el control de la contaminación;
8. Tecnologías eficientes y energías renovables;
9. Gestión de residuos y disposición final;
10. Servicios de consultoría y análisis medioambiental.

Tabla 1. Conceptos relacionados con la industria limpia

| Concepto | Autores |
|--------------------------------|---|
| Desarrollo Sustentable | Gaziulusoy <i>et al.</i> (2012); Hallstedt <i>et al.</i> (2013); Harger & Meyer (1996); Hauschild, Jeswiet, & Alting (2004); Ijomah, McMahon, Hammond, & Newman (2007); Klewitz & Hansen (2014); Linton, Klassen, & Jayaraman (2007); Liu, Kasturiratne, & Moizer (2012); ONU (1987); Reid (1995); Sener (2009); Stamm (2009); ONU (1992); Karl <i>et al.</i> (2013); Valenzuela, López, & Moreno (2015). |
| Diseño Verde | Vargas Hernandez, Okudan Kremer, Schmidt, & Acosta Herrera (2012); Jones (2008); Knight & Jenkins (2009); Luttrupp & Lagerstedt (2006); Ecototal (2005); Birch, Hon, & Short (2012); Cerdan, Gazulla, Raugei, Martinez, & Fullana-i-Palmer (2009); Diwekar (2005); NRC (2003); ONUDI (2008). |
| Ecología Industrial | Ayres (2001); Cervantes Torre-Marín, Sosa Granados, Rodríguez Herrera, & Robles Martínez (2009);; Behera, Kim, Lee, Suh, & Park (2012); EPA (2008); Lombardi & Laybourn (2012); Lule Chable & Cervantes Torre-Marín (2010); Bringezu & Moriguchi (2002); Sener (2009); Carrillo Gonzalez (2009). |
| Producción y Tecnología Limpia | Boons & Baas (1997), Divo Durruthy & Ernesto (2012), Evans, Strezov, & Evans (2009); Henriques & Catarino (2014); ISO (2002); Jovane <i>et al.</i> (2008); Khalili <i>et al.</i> (2014); NRC (2003); PNUMA (2008); Stamm (2009); UNEP (2013). |
| Energía Limpia | Bunse, Vodicka, Schönsleben, Brühlhart, & Ernst (2011); Stamm (2009); Wang & McDaniel (2007); Vargas Hernandez <i>et al.</i> (2012); Sener (2009); Kamande & Lokina (2013); Stigson (1999). |
| Economía Circular | Geng, Fu, Sarkis, & Xue (2012); Martinez Orgado (2014); Valenzuela <i>et al.</i> (2015); Jänicke (2012); Fernandez, Denis, & Juillard (2014). |

Cabe señalar que para alcanzar el desarrollo sustentable en la industria es necesario partir del diseño de sus instalaciones y procesos, considerando el diseño verde o diseño ecológico. Por definición el diseño verde, diseño ecológico o el diseño para el medio ambiente es la “*integración sistemática de las consideraciones ambientales para el diseño del producto y su proceso*” (Knight & Jenkins, 2009) y cubren cualquier actividad de diseño que tenga como objetivo mejorar el desempeño ambiental en un producto. También definida como una micro perspectiva que aborda la salud y el bienestar de los ecosistemas que sostienen la vida para las generaciones actuales y futuras, y consiste en una metodología para el diseño de productos industriales, el cual examina el ciclo de vida de un producto y

genera un diseño que minimiza el impacto ambiental (Cerdan *et al.*, 2009). Este tipo de diseño se basa en conceptos que se han manejado en las últimas dos décadas relacionados con la industria verde partiendo del desarrollo sustentable con la perspectiva de la producción limpia. Que de acuerdo con la literatura, la principal meta del diseño verde es minimizar los impactos que generan los productos; considerando en su diseño la re-manufactura y reutilización y de esta manera reducir la cantidad de residuos generada.

La Ecología Industrial (EI), surge como alternativa al desarrollo económico basado en la producción masiva de bienes y servicios y es la puerta hacia una nueva forma de pensar y de actuar. En la Figura 1

podemos ver la evolución de los conceptos de la EI, propuesta por Cervantes Torre-Marín *et al.* (2009) y cuya base es la planeación y diseño, resaltando el enfoque de sustentabilidad. Para alcanzar el desarrollo sustentable la EI propone siete criterios:

1. Tendencia a un sistema industrial de ciclo cerrado;
2. Ahorro en la extracción y uso de recursos naturales;
3. Obtención de energía de fuentes renovables, eco-eficiencia;
4. Desmaterialización de la economía;

5. Inclusión de costos ambientales en los productos o servicios;
6. Generación de redes entre las entidades participantes y el entorno;
7. Generación y mejora de puestos de trabajo.

La aplicación de estos criterios permite alcanzar las metas de la EI que son: equidad socioeconómica, eficiencia y minimización en el uso de recursos y ambientes seguros y saludables, con lo que se propicia el equilibrio en la sociedad, la economía y el medio ambiente. Las herramientas utilizadas para adoptar estos criterios propuestos se presentan en la Tabla 2 (Cervantes Torre-Marín *et al.*, 2009).

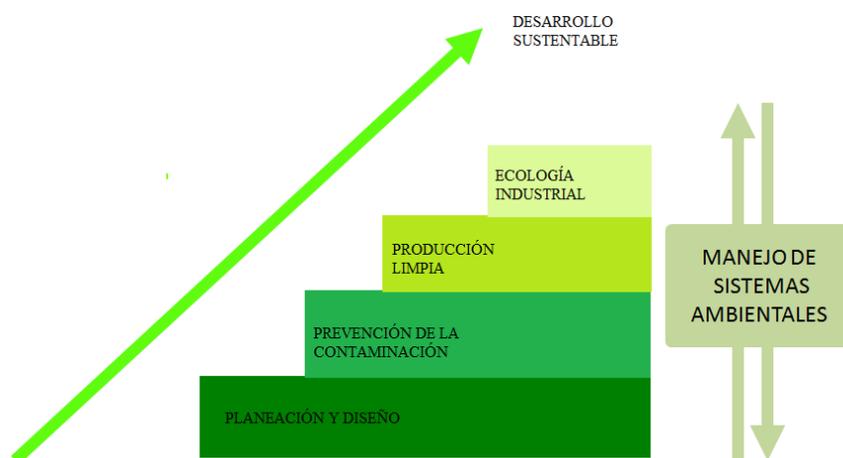


Figura 1. Pirámide hacia la sustentabilidad (Cervantes Torre-Marín *et al.*, 2009)

Para lograr los objetivos mencionados en la Tabla 2 es necesario que en las industrias se implemente el concepto de Producción o Fabricación Sustentable, el cual requiere la consideración simultánea de implicaciones económicas, ambientales y sociales asociadas con la producción y entrega de las mercancías, basándose en la

toma de decisiones y políticas públicas para la implementación, evaluación, retroalimentación de procesos y estrategias ambientales.

Esto implica la planeación, el desarrollo, el análisis y la mejora de los procesos, aborda desafíos relativos a la

operación de instalaciones, planificación de producción, programación y diseño de la cadena de suministros con el fin de innovar y satisfacer las necesidades sociales, para poder obtener estos cambios y que exista un impacto favorable en cuestiones ambientales, la Tecnología y Producción limpia, es un concepto inherente en el proceso de cambio, desde el control de la contaminación hasta la prevención de está.

Y es considerada también como una estrategia que las industrias están utilizando como prevención ambiental aplicada en el producto, sus procesos y la organización de trabajo, y según (Divo Durruthy & Ernesto, 2012) tiene tres objetivos principales que son 1) Reducir riesgos en la salud humana y del medio ambiente; 2) Elevar la competitividad, y 3) Mejorar el desempeño ambiental.

Tabla 2. Herramientas y objetivos para aplicar los criterios de la EI

| Herramienta | Objetivo | Referencia |
|--------------------------------|--|--|
| Análisis de ciclos de vida | Medir las cargas ambientales de un producto o servicio. | Čuček, Klemeš, & Kravanja. (2012); Traverso, Finkbeiner, Jørgensen & Schneider (2012). |
| Análisis de flujo de material | Cuantificar entradas y salidas de recursos para medir su comportamiento. | Sygulla, Götze, & Bierer (2013). |
| Diagramas de flujo | Cuantificar y catalogar materias primas, residuos, emisiones y descargas, y el intercambio de materiales y energía de los procesos que tienen lugar en una empresa. | Cervantes Torre-Marín <i>et al.</i> (2009). |
| Mercadeo de subproductos | Realizar la compra-venta de residuos y/o subproductos entre entidades distintas. | Cervantes Torre-Marín <i>et al.</i> (2009). |
| Metabolismo | Determinar el uso de materiales y energía en los sistemas industriales para su transformación y disposición como residuo. | Ayres (2001). |
| Análisis económico ambiental | Cuantificar las cargas económicas de un producto o servicio sobre el ambiente. | Dixon, Scura, Carpenter & Sherman (2006); Pearce, Barbier & Markandya (1990). |
| Producción limpia | Aplicar estrategias ambientales preventivas para aumentar la eficiencia y disminuir riesgos para el hombre y el medio ambiente. | PNUMA, (2008). |
| Eco-eficiencia | Dotar de bienes y servicios a un precio competitivo, que disminuya el uso de recursos a lo largo del ciclo de vida y limite el impacto ambiental hasta nivelarlo con la capacidad de carga estimada del planeta. | Stigson (1999). |
| Prevención de la contaminación | Reducir o eliminar residuos con la modificación de los procesos de producción, implementando técnicas de conservación y reutilizando materiales. | EPA (2008). |

Con estos objetivos se busca generar beneficios económicos al mismo tiempo que se disminuye la contaminación y por ende el impacto ambiental generado por estas actividades. La Producción Limpia se refiere principalmente a las operaciones de sostenibilidad del medio ambiente, aprovechamiento máximo de recursos, reducción de residuos, reciclaje y reutilización a nivel empresa, por lo tanto, implica un alcance microeconómico. También es definida como una “*estrategia ambiental preventiva integrada*” (UNEP, 2013) para la mejora de la eficiencia de los recursos y la reducción al mínimo de los riesgos y sus efectos sobre el medio ambiente, reducción de residuos y costos de operación.

Otra razón para que las industrias implementen estos conceptos, es el problema ambiental a causa del calentamiento global, ya que esto ha llevado al aumento de precios en la energía, lo que está relacionado con la disminución de las reservas de productos fósiles lo que ha empujado a buscar soluciones para que el uso de la energía sea eficiente, particularmente en los procesos de producción en las industrias. Al mismo tiempo, esto ha llevado a las empresas a identificar las medidas y estrategias necesarias para incrementar la eficiencia energética y una solución a esto es el uso de energía renovable, siendo la energía solar y la energía eólica las dos fuentes más utilizadas.

Para llevar a cabo esta transición, el primer paso y el más importante es el desarrollo del capital humano, para

implementar estos conceptos en la industria se requiere de cambios de actitud, el ejercicio de una gestión ambiental responsable y la promoción del cambio de tecnologías para poder asegurar su efectividad ambiental y su factibilidad económica.

Estos conceptos son el resultado de la preocupación o el cambio hacia una conciencia ambiental, que derivan en nuevas normas o legislaciones para la prevención de la contaminación y nos han llevado a una nueva forma de economía a nivel mundial y es la Economía Circular, la cual se incluye en el marco del desarrollo sustentable, cuyo objetivo es la producción de bienes y servicios al tiempo que se reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía (Geng *et al.*, 2012). En un contexto de escasez y fluctuación de los costos de las materias primas, la economía circular contribuye a la seguridad del suministro y a la reindustrialización, es donde se convierten en recursos para otros, para lo cual los productos deben de ser diseñados de tal forma que puedan ser reconstruidos, convirtiendo los residuos en materias primas. La Comisión Europea, propuso en el 2014, los ocho principios necesarios para lograr el funcionamiento de la economía circular (Tabla 3).

Con base en estos principios, es notable que la economía circular se dirige a los actores públicos encargados del desarrollo sostenible y del territorio, a las empresas que buscan resultados económicos, sociales y ambientales, y a la sociedad que debe interrogarse acerca de sus

necesidades reales. Con el fin de disminuir el uso de recursos, reducir la producción de residuos y limitar el consumo de energía, al mismo tiempo que genera riqueza y empleo,

su desarrollo permite una ventaja competitiva en el contexto de la globalización.

Tabla 3. Funcionamiento de la economía circular (Comisión Europea, 2014)

| Principio | Función |
|-----------------------------------|---|
| Eco-concepción | Considera los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto y los integra desde su concepción. |
| Ecología industrial y territorial | Establecimiento de un modo de organización industrial en un mismo territorio caracterizado por una gestión optimizada de los flujos de materiales, energía y servicios. |
| Economía de la funcionalidad | Privilegiar el uso frente a la posesión, la venta de un servicio frente a un bien. |
| Segundo uso | Reintroducir en el circuito económico aquellos productos que ya no corresponden a las necesidades iniciales de los consumidores. |
| Reutilización | Reutilizar ciertos residuos o ciertas partes de los mismos que todavía pueden funcionar para la elaboración de nuevos productos. |
| Reparación | Encontrar una segunda vida a los productos estropeados. |
| Reciclaje | Aprovechar los materiales que se encuentran en los residuos. |
| Valorización | Aprovechar energéticamente los residuos que no se pueden reciclar. |

Conclusiones

En la actualidad existe una necesidad crítica de implementar la Ingeniería Verde al diseño de los procesos industriales (Diwekar, 2003). Esta investigación se realizó con el fin de identificar factores y características de la Ingeniería Verde y Ecología Industrial, los cuales surgen de la necesidad del cambio y son el proceso de adaptación de instalaciones, que parten del diseño verde y que permiten la

implementación de procesos de producción limpia en la Industria.

La producción limpia generalmente empieza con el análisis del producto que se busca elaborar, o el servicio que se pretende brindar y se considera todo en conjunto para generar el proceso que inicia con el flujo de materiales de distinta naturaleza; cabe señalar que para poder lograr una correcta implementación de estos sistemas, es necesario contar con una adecuada

planeación y diseño de instalaciones en las empresas manufactureras. Los conceptos identificados son: Análisis de ciclos de vida; Análisis de flujo de material; Diagramas de flujo; Mercadeo de subproductos; Metabolismo; Análisis económico ambiental; Producción limpia; Eco-eficiencia; Prevención de la contaminación; Eco-concepción; Ecología industrial y territorial; Economía de la funcionalidad; Segundo uso; Reutilización; Reparación; Reciclaje; Valorización. La correcta adopción y adaptación de estos conceptos en el proceso de producción puede conducir a la producción más limpia y la sustentabilidad, ofreciendo productos y

servicios que cubren las necesidades de los usuarios sin afectar el ambiente.

Sin embargo, para alcanzar el desarrollo sustentable de la industria es necesario partir de una correcta planeación y diseño de las instalaciones en el campo industrial, considerando principalmente el diseño verde. También es necesario establecer y generar una metodología que permita a las industrias adoptar el compromiso de reducir el impacto ambiental de sus procesos y productos a través del incremento en la eficiencia del uso de los recursos, promoviendo su práctica de un modo continuo y adecuado.

Referencias

Ayres R., A. I. (2001). *A Handbook for Industrial Ecology* (Northampton).

Behera, S. K., Kim, J.-H., Lee, S.-Y., Suh, S., & Park, H.-S. (2012). Evolution of “designed” industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: “Research and Development into Business” as the enabling framework. *Cleaner Production*, 29-30, 103–112.

Birch, A., Hon, K. K. B., & Short, T. (2012). Structure and output mechanisms in Design for Environment (DfE) tools. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2012.05.029

Boons, F. a. a., & Baas, L. W. (1997). Types of industrial ecology: The problem of coordination. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/S0959-6526(97)00007-3

Bringezu, S., & Moriguchi, Y. (2002). *Material Flow Analysis. A Handbook of Industrial Ecology*.

Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brühlhart, M., & Ernst, F. O. (2011). Integrating

energy efficiency performance in production management - Gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2010.11.011

Carrillo Gonzalez, G. (2009). *Ecología industrial y criterios de interacción*.

Cerdan, C., Gazulla, C., Raugei, M., Martinez, E., & Fullana-i-Palmer, P. (2009). Proposal for new quantitative eco-design indicators: a first case study. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2009.07.010

Cervantes Torre-Marín, G., Sosa Granados, G., Rodríguez Herrera, R., & Robles Martínez, G. (2009). *Ecología industrial y desarrollo sustentable Industrial. Ingeniería*, 13, 63–70.

Comisión Europea. (2014). *Simbiosis Industrial: Aprovechar la Economía Circular. Plan de Acción sobre EcoInnovación*. Retrieved from http://ec.europa.eu/environment/ecoap/about-eco-innovation/experts-interviews/20140127_industrial-symbiosis-realising-the-circular-economy_es.htm

Čuček, L., Klemeš, J.J. & Kravanjab Z. (2012) Review of Footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production* Volume 34, Pages 9–20

Divo Durruthy, M., & Ernesto, G. T. L. (2012). Impactos de la Aplicación de las Producciones Más Limpias y el Aseguramiento de la Calidad en la Empresa Comercializadora de Combustibles Las Tunas.

Diwekar, U. (2003). *Greener by Design*. Environmental Science Technology.

Diwekar, U. (2005). Green process design, industrial ecology, and sustainability: A systems analysis perspective. *Resources, Conservation and Recycling*. doi:10.1016/j.resconrec.2005.01.007

Dixon, J., Scura, L., Carpenter R.A. & Sherman, P.A. (2006), *Economic Analysis of Environmental Impacts*. UK. CPI antony Rowe.

Ecototal. (2005). No Title. Retrieved from <http://www.ecototal.com/ique-es-ecototal>

EPA. (2008). Environmental Protection Agency. Retrieved from www.epa.gov

Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. doi:10.1016/j.rser.2008.03.008

Fernandez, D. B., Denis, A., & Juillard, G. (2014). A Study on Circular Economy Implementation in China A Study on Circular Economy Implementation in China.

Gaziulusoy, A., Boyle, C., & McDowall, R. (2012). System innovation for sustainability: a system double-flow scenario method for companies. *Cleaner Production*.

Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Toward a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Cleaner Production*, 23(1), 216–224.

Hallstedt, S. I., Thompson, A. W., & Lindahl, P. (2013). Key elements for implementing a strategic sustainability perspective in the product innovation process. *Journal of Cleaner Production*, (51), 277–288.

Harger, J. R. E., & Meyer, F. M. (1996). Definition of indicators for environmentally sustainable development. *Chemosphere*. doi:10.1016/0045-6535(96)00194-4

Hauschild, M. Z., Jeswiet, J., & Alting, L. (2004). Design for Environment — Do We Get the Focus Right? *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. doi:10.1016/S0007-8506(07)60631-3

Henriques, J., & Catarino, J. (2014). Sustainable Value and Cleaner Production - research and application in 19 Portuguese SME. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2014.02.030

Ijomah, W. L., McMahon, C. a., Hammond, G. P., & Newman, S. T. (2007). Development of design for remanufacturing guidelines to support sustainable manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. doi:10.1016/j.rcim.2007.02.017

ISO. (2002). Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development. In ISO TR14062, Clause 4. London: British Standards Institution.

Jänicke, M. (2012). “Green growth”: From a growing eco-industry to economic sustainability. *Energy Policy*, 48, 13–21. doi:10.1016/j.enpol.2012.04.045

Jones, L. (2008). Environmentally Responsible Design. *Green and Sustainable Design for Interior Designers* (p. 401). WILEY.

Jovane, F., Yoshikawa, H., Alting, L., Boër, C. R., Westkamper, E., Williams, D., ... Paci, a. M. (2008). The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. doi:10.1016/j.cirp.2008.09.010

Kamande, M. W., & Lokina, R. B. (2013). Clean Production and Profitability: An Eco-Efficiency Analysis of Kenyan Manufacturing Firms. *Environment & Development*. doi:10.1177//1070496512471948

Karl R. Haapala, Fu Zhao, Jaime Camelio, John W. Sutherland, Steven J. Skerlos, David A. Dornfeld, I. S. Jawahir, Andres F. Clarens, J. L. R. (2013). A Review of Engineering Research in Sustainable Manufacturing. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 16.

Khalili, N. R., Duecker, S., Ashton, W., & Chavez, F. (2014). From cleaner production to sustainable development: the role of academia. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2014.01.099

Klewitz, J., & Hansen, E. G. (2014). Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2013.07.017

Knight, P., & Jenkins, J. O. (2009). Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2008.10.002

Linton, J., Klassen, R., & Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: An introduction. *Journal of Operations Management*. doi:10.1016/j.jom.2007.01.012

Liu, S., Kasturiratne, D., & Moizer, J. (2012). A hub-and-spoke model for multi-dimensional integration of green marketing and sustainable supply chain management. *Industrial Marketing Management*. doi:10.1016/j.indmarman.2012.04.005

Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining Industrial Symbiosis, Crossing Academic-Practitioner Boundaries. *Industrial Ecology*, 16(1), 28–37.

Lule Chable, D., & Cervantes Torre-Marín, G. (2010). Diagramas de Flujo de Sistemas Industriales, una Herramienta para la Ecología Industrial. El caso del Corredor Industrial de Altamira. *Innovación Y Ecología Industrial*.

Luttropp, C., & Lagerstedt, J. (2006). EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*. doi:10.1016/j.jclepro.2005.11.022

Martinez Orgado, C. (2014). Economía circular. Retrieved from <http://economycircul.org/wordpress/la-economia-circular/>

NRC. (2003). Design for environment guide. In Council, Canada: National Research. Retrieved from http://dfe-sce.nrc-cnrc.gc.ca/home_e.html

ONU. (1987). Informe Brundtland.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI (2008). La Estrategia de la ONUDI para la Industria Verde. Innovation for a Sustainable Economy, Worldwatch Institute.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI (2011). Iniciativa de Industria Verde para el Desarrollo Industrial Sostenible. Viena.

Pearce, P., Barbier, E. & Markandya A. (1990), Sustainable Development: Economics and Environment in the Third World. UK. Edward Elgar Publishing Limited.

Peruzzini, Margherita & Germani Michele (2014), Design for sustainability of product-service systems. *International Journal of Agile Systems and Management*, Volume 7, Issue 3-4, 206-219.

PNUMA. (2008). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. En www.unep.org, acceso: 14 de abril de 2015.

Reid, D. (1995). Sustainable Development. Taylor and Francis.

Sener. (2009). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2009.

Stamm, A. (2009). Sustainability-oriented innovation systems. Towards decoupling economic growth from environmental pressures. *DIE Research*

Project “Sustainable Solutions Trough Research.”
Retrieved from <http://www.die-gdi.de/>

Stigson, B. (1999). What is Eco-Efficiency?
in Workshop “Eco-Efficiency.” Retrieved from
[www.wbcsd.ch/DocRoot/IVejTnoAn2qiwxIpsWL/E
EWhat.pdf](http://www.wbcsd.ch/DocRoot/IVejTnoAn2qiwxIpsWL/EWhat.pdf)

Sygulla, R., Götze, U. & Annett Bierer
(2013), Material Flow Cost Accounting: A Tool for
Designing Economically and Ecologically
Sustainable Production Processes. Technology and
Manufacturing Process Selection. Part of the series
Springer Series in Advanced Manufacturing pp 105-
130.

Traverso, M., Finkbeiner, M., Jørgensen A.
& Schneider L. (2012) Life Cycle Sustainability
Dashboard. *Journal of Industrial Ecology*, Volume
16, Issue 5, pages 680–688.

Tseng, M.L., Chiu S.F.A., Tan R.R., &
Siriban-Manalang A.B. (2013) Sustainable
consumption and production for Asia: sustainability
through green design and practice. *Journal of Cleaner
Production*, 40, 1-5

UNEP. (2013). Resource Efficient and
Cleaner Production. Retrieved from
<http://www.unep.fr/scp/cp/>.

United Nation. (1992). Long-range world
population projections.

Valenzuela, M. M., López, V. G., &
Moreno, L. R. (2015). La competitividad de las
empresas familiares del Valle de Mexicali La
competitividad de las empresas familiares del Valle
de Mexicali. Universidad Autónoma de Baja
California, México.

Vargas Hernandez, N., Okudan Kremer, G.,
Schmidt, L. C., & Acosta Herrera, P. R. (2012).
Development of an expert system to aid engineers in
the selection of design for environment methods and
tools. *Expert Systems with Applications*.
doi:10.1016/j.eswa.2012.02.098

Wang, J., & McDaniel, P. (2007).
Tecnologías de Energía Renovable. Retrieved from
[http://www.epa.gov/region9/cleanup-clean-
air/pdf/spanish-factsheet-0807.pdf](http://www.epa.gov/region9/cleanup-clean-air/pdf/spanish-factsheet-0807.pdf)