

## **Ciclo de Vida de Compañías Manufactureras de Ciudad Juárez, México, bajo la Perspectiva del Diseño Industrial**

Porfirio Peinado Coronado, David Cortés Sáenz, Ludovico Soto Nogueira, Juan Manuel Madrid Solórzano

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

---

### **Introducción**

Mientras hay un reflejo en búsqueda de actividades que reduzcan los impactos ambientales negativos de nuestra sociedad, la mayoría de las prácticas de manufactura de productos y materiales adolecen de un criterio ecológico apropiado en su diseño básico; esta actividad tiene el nombre de ecodiseño. Este estudio propone investigar el análisis del ciclo de vida de un proceso de manufactura a una compañías que (por su cantidad existencial y los compromisos de las mismas en el cumplimiento de los retos ambientales resultantes en un adecuado impacto positivo a la sociedad, buscan, controlan, reducen, innovan, y seleccionan materiales eficientemente amigables con el medio ambiente) representan el grueso porcentual (60%) del sector industrial de la región [industrias de manufactura de productos automotrices (27%), electrónicos (20%), eléctricos (7%), y dispositivos médicos (6%)], (Maquila-Industry, 2012), que cuantifiquen el nivel actual de los procesos amigables con el medio ambiente y señalen las oportunidades de mejoras de optimización tanto de ambos, los procesos y productos, y en donde las compañías anteriormente mencionadas maquilan, así como también del uso de diversos materiales utilizados en varios procesos de manufactura tales como, el Policloruro de Vinilo (PVC), Polipropileno (PP), y Polietileno (PE); además de estudiar metales, como el Cobre (Cu), Aluminio (Al), y Acero, en particular.

Las compañías manufactureras e industriales se encuentran en primer lugar en la generación de empleos (INEGI, 2010). Sin embargo, las actividades llevadas a cabo en ambas compañías consumen más recursos naturales que el resto de los demás sectores industriales, generando al mismo tiempo, una mayor concentración de gases de efecto de invernadero

producido por el consumo de cantidades desorbitantes de no solamente energía sino también de productos y materiales (SCE, 2011), llamando la atención de los profesionales de estas compañías sobre el impacto ambiental adverso que se genera (EREN, 2003). Estos impactos negativos producidos por actividades tanto industriales como humanas deben ser consideradas seriamente dentro de todas las fases de un nuevo ecodiseño cuyo principio, similar al del desarrollo sustentable, descansan en tres pilares: (i) sustentabilidad ambiental, (ii) sustentabilidad económica y (iii) sustentabilidad social. La Figura 1 muestra la relación entre el ecodiseño y el desarrollo sustentable (Attaf, 2011).

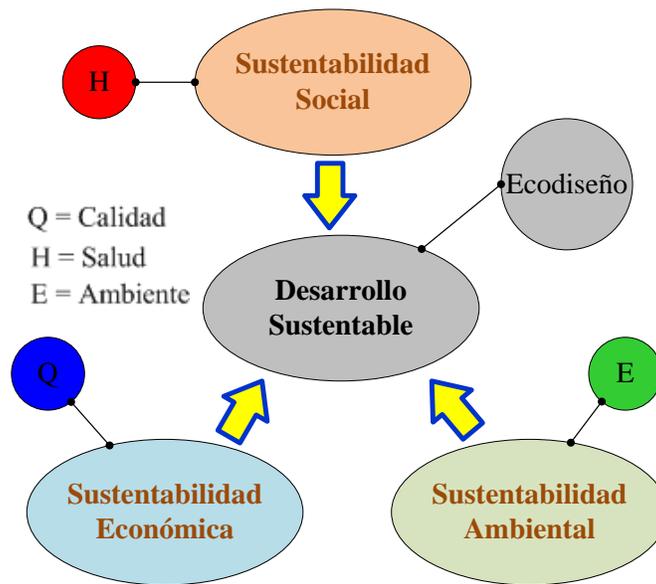


Fig. 1. Similitud entre ecodiseño y el desarrollo sustentable (Attaf, 2011)

El ecodiseño se consigue cuando los distintos aspectos Q (calidad), H (salud), E (ambiente) convergen en una área de intersección común.

Una de las metas principales del diseño amigable para el medio ambiente es proveer, en cierta medida, una solución perdurable de sustentabilidad cuando se analiza el ciclo de vida de los productos y materiales dentro de los procesos de manufactura. Para lograr esta meta, el ecodiseño debe cumplir no solamente con diseñar totalmente el proceso, sino también desarrollar estrategias que minimicen los efectos adversos en productos de uso familiar en su diseño conceptual, maximizando un apropiado balance que elimine cualquier conflicto entre los objetivos, funcionalidad, confiabilidad, calidad y costo de los mismos (Ashby, 2009). El visualizar las actividades humanas dentro del ecosistema global, es, sin lugar a dudas, la meta de nuestro tiempo; estudiar los procesos y los balances que la naturaleza propiamente ha

desarrollado, podrían sugerir alternativas reconciliatorias del actual desequilibrio existente entre los procesos industriales contra aquellos de los sistemas naturales. Optar por diseñar/construir con productos y materiales que contienen ingredientes que en su proceso práctico, se consideran reciclables y representa otra alternativa reconciliatoria. En una forma generalizada, diseño ambiental realiza avances significativos en distintas áreas de estudio: el análisis de energía (radiación solar, luz de día, energía tangible), diseño pasivo (ventilación natural, protección solar, electricidad solar y calentamiento solar), materiales de baja energía (cáñamo y lino, adobe, bambú y paredes verdes), diseño activo (sistemas de calentamiento/refrigeración base líquida y mecánica, iluminación eléctrica, agua y aceite) y servicios auxiliares (drenaje y alcantarillado, control del fuego, mantenimiento y limpieza) (Watts, 2009).

En resumen, la preocupación de los profesionales de Diseño e Ingeniería en reducir los impactos negativos al medio ambiente mediante la investigación, desarrollo y uso de recursos naturales renovables y casi renovables dentro de las compañías industriales y de construcción, permiten optimizar el diseño de productos y selección de materiales para el diseño y sus productos consecuentes, los cuales pueden divergir en siete categorías ilustradas en la Figura 2; categorías mismas, las cuales se describen a continuación:

- Cat. A: calidad sostenida, salud protegida y ambiente no preservado.
- Cat. B: calidad sostenida, salud protegida, ambiente no preservado.
- Cat. C: calidad no sostenida, salud protegida y ambiente no preservado.
- Cat. D: calidad no sostenida, salud protegida y ambiente preservado.
- Cat. S: calidad sostenida, salud no protegida y ambiente preservado.
- Cat. F: calidad sostenida, salud protegida y ambiente preservado.
- Cat. G: calidad sostenida, salud no protegida y ambiente preservado.

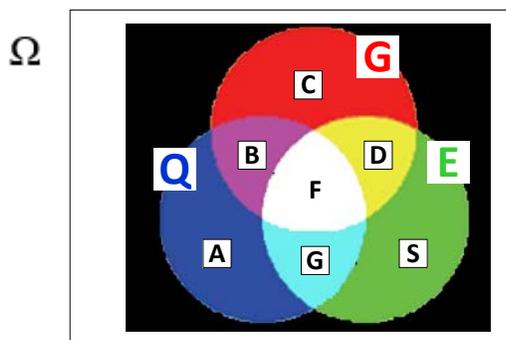


Fig. 2. Diagrama del modelo de ecodiseño y sus categorías (Attaf, 2007)

La optimización del ecodiseño permite transformar este mismo a un nivel multidisciplinario que incluya especialistas en las áreas de ingeniería mecánica / civil / estructural, matemáticas, física, química, salud, medio ambiente, y sociología, logrando tener abundancia de nuevas sugerencias de soluciones alternativas que lideren la metodología del ecodiseño, por consiguiente.

La evaluación y caracterización de materiales para el diseño representa uno de los factores claves entre los profesionales de las industrias de manufactura y de construcción (EREN, 2003). En países desarrollados, el uso/consumo de materiales como materia prima es cerca del 40 porcentual, que, en adición del 40% y el 12% en los consumos de energía eléctrica y agua respectivamente, impactan directamente la generación de gases de efecto invernadero en un 30%, el consumo del 40% de la energía total, y la producción de toneladas de residuos de demolición y de construcción, al menos. Tan solo en los Estados Unidos, se generan 136 toneladas de estos desechos, es decir, 1.3 Kg/persona/día (Nguyen, Shehab, & Gao, 2010). El desarrollo de materiales para el diseño ha conceptualizado productos más eficientes que generan un impacto positivo en el costo, gracias al progreso de mejores técnicas de análisis y de evaluación de proyectos. Nuevos materiales son creados en los laboratorios de las universidades, de gobierno, y de la industria, generando grandes beneficios: la investigación en el desarrollo de nuevas formas de procesamiento que combinan aleaciones y materiales híbridos que mejoran la potencialidad y durabilidad (vida útil) de los materiales para el diseño; polímeros reforzados de fibra de carbón, materiales elásticos, titanio, y aleaciones de metales amorfos son muy redituables; polímeros compuestos mejoran la eficiencia material y el aspecto visual. Operaciones de corte y soldadura con equipo láser agilizan el proceso de creación de prototipos y permite un concepto de diseño fácil y rápido. En consecuencia, el diseño de nuevos materiales emerge a través de la comercialización e investigación, es decir, desarrollo científico dirigido (Ashby & Johnson, 2014).

La aplicación de la filosofía del uso de productos con base en la manufactura con diseño amigable fortalece la conciencia conceptual del análisis sustentable, tanto que enfatiza una percepción globalizada en la observación y el control de los peligros y perjuicios ecológicos, que obstaculizan alcanzar los límites de consumo total de los recursos naturales no renovables. El mejor de los ejemplos en estos tiempos recientes es el que la mayoría de las compañías se enfrentan a retos ambientales: productos y materiales naturales (y el uso de energía en producirlos) escasean día a día: el consumo de los depósitos minerales e hidrocarburos fósiles se

ha incrementado en forma imperecedera a partir del siglo XVIII y el índice de los nuevos descubrimientos no satisface el índice de consumo. Es decir, nuestra sociedad acostumbrada a experimentar un crecimiento durante los últimos 300 años, sortea el nuevo reto de sustentabilidad, el cual requiere de diversas atenciones inmediatas (WCED, 1987).

Esta investigación presenta un análisis del ciclo de vida (vida útil ACV), que analiza el impacto ambiental proveniente del uso de los diversos materiales para la elaboración de un arnés vehicular en el proceso industrial de una compañía arnesera de la región, utilizando los factores básicos del ecodiseño y el uso de prácticas pasivas y activas en la modelación de productos y materiales, mismos que tomen en cuenta los impactos negativos de actividades humanas e industriales. En perspectiva, el ACV representa una herramienta analítica que indica el impacto ambiental que tiene un producto durante su ciclo de vida, esto es, desde su momento de selección de materia prima, hasta su desecho, tal como lo indica la normatividad de la Organización Internacional de Normalización, ISO 14040 y 14044 (Parent, 2013).

### **Metodología: Generalidades y conceptos utilizados en este estudio**

#### *Normatividad en las Empresas / ISO 14001:2015*

La Organización Internacional de Normalización ISO 14000 (por sus siglas en inglés), son herramientas estandarizadas que se les da a las compañías y organizaciones, que permita lograr una mejor responsabilidad con el ambiente, esto se logra por medio de auditorías, comunicación, uso del ACV, e incentivos como el cambio del clima.

Un control sobre el ambiente de manera estandarizada, permite a las empresas identificar, controlar, y monitorear sus problemas con el ambiente sin necesidad de certificación. La ISO 14001 logra adaptarse a cualquier tipo de organización; solo requiere que parte de las preocupaciones de la misma, sea saber de qué manera se está afectando al ambiente, sea cual sea su operación u operaciones. En todas las familias ISO, existe un factor (o necesidad) de mejora continua y el ISO 14001 no es la excepción, la empresa debe analizar sus sistemas y el impacto ambiental constantemente. En 2015, la (ISO\_14001) presentó los siguientes beneficios:

- Demostrar como empresa estar interesados en el futuro, siguiendo los requerimientos del ISO 14001.
- El desarrollo de habilidades de líder y el compromiso con los demás empleados.
- Mejorar la reputación de la compañía.

- Logar metas como estrategia para el negocio.
- Mejorar la eficiencia y reducir costos, lo cual da una ventaja financiera.
- Propagar a los proveedores integrándolos al negocio y su sistema.

### *Eco-Indicador 99*

IHOBE en su manual del año (2000), definió los eco-indicadores como la expresión de impacto ambiental de un proceso o producto de forma cuantitativa, que, con la ayuda de paquetes computacionales, se puede calcular algunos indicadores estándar. Así, cualquier diseñador puede analizar los impactos ambientales de ciertos productos durante el ciclo de vida.

### *Matriz del Ciclo del Material, Uso de Energía y Emisiones Tóxicas, MET*

La matriz MET, es una herramienta que se utiliza antes del diseño o rediseño de un producto o proceso, la cual consiste en investigar los productos existentes con el fin de identificar las oportunidades de mejora ambiental, esta herramienta nos permite estudiar desde la obtención de la materia prima, transporte, energía utilizada en todos los ciclos del producto y las emisiones tóxicas que generan las fases de desarrollo. La matriz MET, categoriza la información de la siguiente manera (IHOBE, 2000): obtención de la materia prima, producción, distribución, uso y gestión de los residuos.

### *Evaluación del Análisis del Ciclo de Vida utilizando el Paquete Computacional GaBi□□(2010)*

El Software GaBi□ es un sistema líder para la ingeniería del ciclo de vida, que permite analizar desde la perspectiva técnica, económica y de impacto ambiental que puede causar un producto o empresa, además que puede evaluar los aspectos socio-económicos haciendo uso del ACV. Es así que GaBi□ le permite al usuario construir modelos y diagramas interactivos que generan balances fáciles de analizar e interpretar. Para la generación de estos diagramas y balances, GaBi□ cuenta con diferentes bases de datos, las cuales son independientes de unas con otras, la diferencia es el tipo de estructura a manipular.

### **Caso Estudio. ACV de un Arnés Vehicular en Empresa Arnesera Local.**

#### **Objetivo General.**

Estudiar un producto en una industria de arnés de Ciudad Juárez, (cuyo proceso productivo utiliza materiales comunes, mismos que proporcionan un impacto ambiental

de oportunidad de mejora, sobre el estado de eco-diseño, diseño amigable con el medio ambiente), mediante un análisis del ciclo de vida de materiales, procesos y productos.

### **Objetivos Específicos**

- i. Fortalecer las estrategias que reduzcan los efectos adversos en productos de manufactura, al maximizar un apropiado balance de un adecuado análisis de ciclo de vida (objetivos, funcionalidad, confiabilidad, calidad y costo de los mismos), que faciliten el entendimiento del impacto positivo que se obtienen al desarrollar apropiadamente procesos de manufactura responsables hacia los recursos naturales y el medio ambiente.
- ii. Analizar los componentes, materiales y procesos del producto bajo estudio observando el consumo de energías y recursos naturales para su desarrollo.
- iii. Estudio de la información obtenida para obtener el impacto ambiental que conlleva el proceso productivo del producto bajo observación.
- iv. Proporcionar incremento de propuestas enfocadas adecuadamente hacia la cultura amigable con el medio ambiente en el diseño de productos que generan los diseñadores industriales.

### **Resultados**

#### *Empresa de Arnés Vehicular*

El cumplimiento adecuado de los objetivos específicos permitió la obtención de la cantidad de Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que despliega el ciclo de vida del producto bajo observación basado en la aplicación de los conceptos Eco-indicadores, Matriz MET y ACV utilizando el paquete computacional GaBi<sup>®</sup>.

A continuación se describen los resultados evaluativos del producto de la empresa de arnés participativa en este estudio:

*Diagrama de Flujo de Empresa de Arnés (ver Figura 3).*

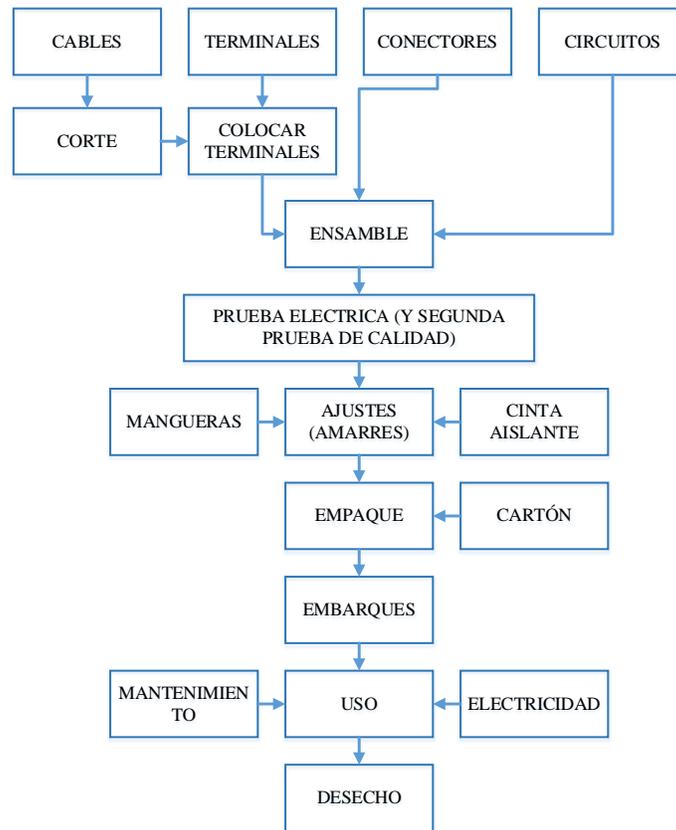


Figura 3. Diagrama de Flujo de Arnés Vehicular

### *Materiales.*

La siguiente Tabla 1 muestra parcialmente la composición y peso de cada componente utilizado para la elaboración del arnés.

Tabla 1. Ejemplo de componentes de planta de arnés eléctrico.

COMPONENTES – ARNÉS VEHICULAR				
Nombres	# Piezas por arnés	Peso Unitario (Kg)	Peso por Arnés	Materiales
Etiqueta	75	0.040183786	3.013783961	Impresora: Vinyl auto-laminado
Etiqueta	1	0.002085467	0.002085467	Etiqueta: Poliester; Adhesivo: Acrílico permanente
Cable	166.91667	0.002732193	0.456048507	Nylon
Cable	9.499999	0.019933313	0.189366449	Conductor: Cobre desnudo Trenzado; Insulación: PE

*Maquinaria.*

La maquinaria utilizada únicamente intervenía en la colocación de terminales. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplo maquinaria utilizada en empresa de arnés.

<b>MAQUINARIA – ARNÉS VEHICULAR</b>					
<b>MAQUINA</b>	<b>ACCION</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>CORRIENTE</b>	<b>WATTS</b>	<b>HERTZ</b>
CK GAMA 333 PC/ PC-B	Corta cable e imprime # parte	3 x 208 -408	25 A	10.2 Kwh	50 / 60 Hz
Impresora Zebra GK420d	Imprime etiquetas con datos del producto	100 - 240 V	2.0 A	0.48 Kwh	50 / 60 Hz
Computadora	Uso en todas las estaciones - Identifica	100 - 240 V	1.7 A	0.408 Kwh	50 / 60 Hz
PR1-11	Engrapadora	115 V	6.0 A	0.69 Kwh	60 Hz

*Proveedores.*

La Tabla 3 muestra a los proveedores del arnés bajo estudio. La información incluida es proveedores, distancia en kilómetros desde la empresa a estudiar hasta el proveedor, y el tiempo estimado de recorrido.

Tabla 3. Listado de Proveedores

<b>PROVEEDORES – PRODUCTO 1</b>		
<b>Proveedor</b>	<b>Distancia en Km</b>	<b>Distancia en Hr</b>
AIRCRAFT & COMMERCIAL ENT.	1,227	12:25:00
AIRCRAFT & COMMERCIAL ENT.	1,227	12:25:00
ANIXTER	1,042	9:16:00
ANIXTER	1,042	9:16:00

*Resultado general Eco-Indicador 99.*

La Tabla 4 muestra los resultados generales obtenidos para el Eco-indicador 99.

Tabla 4. Ejemplo resultados generales eco-indicador 99. Arnés Vehicular

Material, Proceso, Transporte y Energía	Cantidad	Medida	Indicador	Resultado
Etiqueta vinilo autolaminado	0.040183786	Kg.	3.7	0.148680009
Etiqueta para identificar: poliester	0.001042734	Kg.	2.1	0.00218974
Etiqueta para identificar: adhesivo de acrilico permanente	0.001042734	Kg.	0	0
Cables con recubrimiento de Nylon	0.100279623	Kg.	630	63.17616249

Matriz MET.

Figura 5 muestra la matriz MET que lista los resultados obtenidos de la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido durante las fases de producción del producto arnés bajo estudio.

	Uso de MATERIAL <sup>E</sup> (Entradas) <b>M</b>	Uso de ENERGIA (Entradas) <b>E</b>	EMISIONES TOXICAS (Salidas: emisiones, vertidos, residuos) <b>T</b>
Obtención y consumo de materiales y componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etiquetas / labels</li> <li>Cableado</li> <li>Terminales y conectores</li> <li>Circuitos</li> <li>Total de peso: 2.2544 Kg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diesel: Cantidad desconocida</li> <li>Trailer que recorre 303,534 Km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>: Generado por transporte: 10,320,156 kg.</li> <li>CO<sub>2</sub>: Generado por material: 933.946 kg</li> </ul>
Producción en Fábrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de maquinaria para corte de cable y colocar terminales</li> <li>12 maquinas con un uso de 110 – 240 V</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>: Generado por maquinaria: 83,176 Kg.</li> </ul>
Distribución	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cartón 0.3kg</li> <li>Camión de 16 toneladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diesel: Cantidad desconocida</li> <li>Trailer que recorre 303,534 Km</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>: Generado por transporte: 10,320,156 kg.</li> <li>CO<sub>2</sub>: Generado por material: 20.7 kg</li> </ul>
Uso o utilización	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>OPERACION</b></li> <li>Colocar en interior de casas rodantes</li> </ul>		CO <sub>2</sub> Generado por material: 933.946 kg
	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>MANTENIMIENTO</b></li> <li>Reemplazo de material individual</li> </ul>		
Sistema de fin de vida Eliminación Final	El producto no se recicla		<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub>: Generado por el material: 933.946 kg</li> </ul>

Figura 5. Matriz MET Arnés Vehicular

## Conclusiones

Bajo la realización de este estudio, tanto la situación actual del diseñador industrial y la realidad de la industria manufacturera y sus impactos, se detectó que mediante el desarrollo del ACV en el Arnés Vehicular fortalece el enfoque de investigación académica y/o científica que respaldó a el producto en el aspecto de impacto al medio ambiente. Actualmente el análisis ACV en las industrias de la transformación en México se encuentra en sus inicios, es decir, en paños menores; en otras palabras, el uso del ACV no es vasto pero es optimista. Es, por tanto, imprescindible mencionar que el Análisis del Ciclo de Vida de Productos representa un campo de oportunidad de aprendizaje y aprovechamiento (aplicación de la filosofía de manufactura amigable que consolida la conciencia conceptual de la sustentabilidad) y el control de los peligros y prejuicios ecológicos (que evitan alcanzar los límites de consumo total de los recursos naturales no renovables) bajo la perspectiva del diseño industrial en el desarrollo multidisciplinar tanto del emprendimiento como del involucramiento del diseño de productos amigables con el medio ambiente en empresas de la industria manufacturera de la región.

Uno de los propósitos de este estudio concordó que mediante el análisis del ciclo de vida en industrias con diversos procesos industriales que usan específicos materiales constructivos especificados con anterioridad, logran concientizar el diseño sustentable de productos y materiales en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Este estudio de ecodiseño, por tanto, se mostró la fase del mismo en el sector industrial al llevar a cabo el ACV a una empresa arnesera. El objetivo clave, sin embargo, es la apertura de canales de comunicación empresa/estudio investigativo, que sugieran soluciones alternativas para el diseño y manufactura amigable de productos y materiales con el ecodiseño que permitan cubrir los siguientes factores ambientales: (i). concentración de gases de efecto invernadero, (ii) Ingeniería de ciclo de vida, (iii) diseño sustentable, (iv) análisis de flujo sustentable, (v) eco balanceos, (vi) reportes ambientales, (vii) reporte de sustentabilidad, (viii) análisis de riesgo estratégico, y (ix) costos totales.

## Bibliografía

- Ashby, M. F. (2009). *Materials and the Environment. Eco-Informed Material Choice*: First Edition. Butterworth-Heinemann 400 pp.
- Ashby, M. F., & Johnson, K. (2014). *Materials and Design. The Art and Sciences of Material Selection in Product Design*: Third Edition. Butterworth-Heinemann. 416 pp.
- Attaf, B. (2007). *Towards the Optimization of ecodesign function for composites. JEC Composites, Vol. 34*, p. 58 - 60.
- Attaf, B. (2011). *Generation of New Eco-friendly Composite Materials via the Integration of Ecodesign Coefficients, Advances in Composites Materials - Ecodesign and Analysis*: Dr. Brahim Attaf (Ed.) ISBN: 978-953-307-150-3, In Tech, DOI: 10.5772/14444.
- EREN. (2003). *Energy Efficiency and Renewable Energy Network Center of Excellence for Sustainable Development, U.S. Department of Energy*. Available at <http://www.eere.energy.gov/>.
- GaBi. (2010). *GaBi Manual: United States Of America*. GaBi.
- IHOBE. (2000). *Manual Práctico de Ecodiseño*: Sociedad Pública de Gestión Ambiental. España.
- INEGI. (2010). *Información Geográfica y Demográfica de México. Censo 2010*. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx).
- ISO\_14001. (2015). *International-Organization-For-Standardization (ISO )14001: Key Benefits* [http://www.iso.org/iso/iso\\_14001\\_-\\_Key\\_benefits.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_14001_-_Key_benefits.pdf).
- Maquila-Industry. (2012). *The Borderplex Alliance*. [www.borderplexalliance.org](http://www.borderplexalliance.org).
- Nguyen, T. H., Shehab, T., & Gao, Z. (2010). *Evaluating Sustainability of Architectural Designs Using Building Information Modeling. The Open Construction and Building Technology Journal, Vol 4*. p. 1-8.
- Parent, J. C. (2013). *Revisiting the Rol of LCA and SLCA in the Transition Towards Sustainable Production and Consumption. The International Journal of Life Cycle Assessment*, p. 1642-1652.
- SCE. (2011). *Agenda for Sustainable Construction in Europe. Competitiveness of the Construction Industry, 2001*. p 7.
- Watts, A. (2009). *Modern Construction Handbook*.
- WCED. (1987). *Report of the World Commission on the Environment and Development*. Oxford University Press, Oxford, U.K.