

DESDE EL PARADIGMA DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL HASTA SU NUEVA ESTRATEGIA METODOLÓGICA PARA ALCANZAR PRODUCTOS, PROCESOS Y SERVICIOS SOSTENIBLES, EL DISEÑO AMBIENTALMENTE INTEGRADO

WILVER CONTRERAS MIRANDA¹,
VICENTE CLOQUELL BALLESTER²,
VÍCTOR A. CLOQUELL BALLESTER²,
MARY OWEN DE CONTRERAS³,
MARÍA RONDÓN SULBARÁN⁴,
LUCIO GUZMÁN MARES⁵ y
MORENO SALAZAR ALFONSO⁵

FROM THE PARADIGM OF INDUSTRIAL ECOLOGY TO ITS NEW METHODOLOGICAL STRATEGY IN OBTAINING SUSTAINABLE PRODUCTS, PROCESSES AND SERVICES THROUGH ENVIRONMENTALLY INTEGRATED DESIGN

RECIBIDO: 20-04-09
ACEPTADO: 10-09-09

- 1** Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela.
E-mail: wilver@ula.ve
- 2** Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Programa de Doctorado del Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación, Valencia, España.
E-mails: cloquell@dpi.upv.es; vacloque@upvnet.upv.es
- 3** Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Escuela de Diseño Industrial, Mérida, Venezuela. E-mail: marowen3@hotmail.com
- 4** Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela.
E-mail: mariat@ula.ve
- 5** Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Ciénega, Ocotlán, Jalisco, México. E-mails: luciog34@hotmail.com; amoreno@cuci.udg.mx

RESUMEN

La Ecología Industrial es una ciencia con más de dos decenios de establecida en los países desarrollados industrialmente, pero relativamente nueva en su contexto de aplicación referido a su conocimiento y pragmatismo en los países en vías de desarrollo. En Venezuela, han difundido de manera aislada parte de sus tres estrategias de aplicación: la Ecoeficiencia; los polígonos ecos industriales y los sistemas de gestión ambiental. Dentro de la Ecoeficiencia, se encuentra vinculado el Ecodiseño en la proyección de productos sostenibles. De ahí que, haya tomado fuerza el interés de diseñadores e industrias por manufacturar productos más amigables con el ambiente. La industria del mueble, caso particular de Venezuela, se reportan en el presente, muy pocos avances en su aplicación y difusión. En el proceso de formación académica, resalta entre otras, el caso de la Escuela de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Diseño, y el Centro de Estudios

ABSTRACT

Industrial Ecology is a science with more than two decades of established history in industrialized countries, but relatively new in developing countries in terms of its application of knowledge and practices. In Venezuela, its three implementation strategies, namely, eco-efficiency, eco-industrial parks, and environmental management systems, have been disseminated rather in isolation. Within the eco-efficiency, eco-design is linked with producing the sustainable products. Hence, interest has taken hold of in designers and in industries for manufacturing more environmentally friendly products. A particular case in point in Venezuela, the furniture industry, is reported in the present article, where little progress in implementation and dissemination has been made. Within the process of academic training, in School of Industrial Design, Faculty of Architecture and Design, together with Center for Forestry and Environmental Studies,

Forestales y Ambientales de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, ambos de la Universidad de Los Andes. Recientemente, en labor conjunta con la Universidad Politécnica de Valencia, España, se desarrolló la propuesta filosófica del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), como una proyección más holística del Ecodiseño, y por ende, de la Ecología Industrial. Éste define la incorporación de la Integración Ambiental y hace que un producto industrial esté englobado y en concordancia con las políticas, planes y programas de la industria y, éstas a su vez, respecto a las de la Administración central, regional y local. Por ello, el dAI, al ser aplicado a cualquier producto industrial, se enmarca política, social, cultural y económicamente más proclive a mimetizarse con los profundos y dinámicos cambios de la sociedad moderna actual y en sintonía con los principios del Desarrollo Sostenible global.

Palabras clave: ecodiseño, sostenibilidad, productos, procesos, servicios.

Graduate School of Forestry and Environmental Sciences, both of the University Los Andes, and recently in joint work with Polytechnic University of Valencia, Spain, we have developed a philosophical proposal for Integrated Environmental Design (DAI) as a more holistic projection of Ecodesign, and hence of Industrial Ecology. It incorporates environmental integration in making an industrial product in accordance with policies, plans and programs of the industry, as well as those of central, regional and local level governments. Therefore, the DAI, applicable to any industrial product, would put together political, social, cultural and economic factors that prompt to adopt the profound and dynamic changes of our modern societies in line with the principles of global sustainable development.

Key words: ecodesign, sustainability, products, processes, services.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo expone una visión nueva en lo que respecta a la forma de proyectar productos industriales a partir del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), caso particular de aplicación en Venezuela, el diseño de muebles tipo kit, manufacturados con madera de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) de la Orinoquia.

El mismo se enmarca, desde lo dicho por Contreras *et al.* (2006), hasta las últimas reflexiones y propuestas pragmáticas aplicadas en el sector académico, específicamente en la Escuela de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Diseño y, del Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Se debe resaltar que no existen diferencias conceptuales entre lo que es el Ecodiseño y el dAI, son metodologías complementarias. Este último, no permite alcanzar diseños de productos con mayores niveles de estética e innovación, ya que esos aspectos dependen de las potencialidades intrínsecas de creación del proyectista. El dAI, contempla una proyección filosófica más holística en lo que se refiere a la visión y forma de inter-relacionar un producto, proceso o

servicio industrial con el contexto geográfico, ambiental, tecnológico, cultural, social, económico o político, donde se fabrique y proyecte su comercialización y uso final.

El presente trabajo es parte de los esfuerzos de los autores por tratar de difundir, perfeccionar y proyectar a otros sectores industriales, la nueva herramienta metodológica que se inserta dentro de la Ecología Industrial y la Integración Ambiental Total, como lo es el Diseño Ambientalmente Integrado, a fin de alcanzar productos, procesos y servicios sostenibles. Con ello, se contribuye además, con un sentido de pertinencia de la universidad venezolana, que a través de la Universidad de Los Andes, proyecta en su visión y misión institucional, la concreción de un país más armónico y respetuoso con el medio ambiente.

2. EL DISEÑO. ACTIVIDAD CREATIVA COMO RESPUESTA A LAS NECESIDADES DEL HOMBRE, SU SOCIEDAD Y SU INTERACCIÓN CON EL AMBIENTE

Para entender la interrelación entre el hombre, la satisfacción de sus necesidades y el medio ambiente a través del diseño como acción creativa, se recurre a desarrollar en el presente trabajo, un análisis evolutivo sucinto, desde la

prehistoria hasta el presente, a partir de la selección de unos pocos actores que se han transformado en hitos de la historia de la ciencia y tecnología del diseño industrial. Pudieron haber sido muchos más, pero los autores, consideraron que los mencionados diseñadores son suficientes para hacer marco referencial a los objetivos propuestos en el desenvolvimiento de la temática tratada.

La evolución histórica, desde el hombre de la prehistoria hasta el de la civilización actual, no ha sido desligada de la actividad creativa del diseño, como acto inherente a satisfacer, resolver problemas y necesidades. Desde las más básicas, las fisiológicas, ese ser humano cuando aún era un nómada y disfrutaba de la riqueza que le ofrecía la naturaleza en lo que respectaba a alimentos, agua y cobijo en una cueva, hasta llegar a las grandes facilidades que oferta el mundo contemporáneo, con la rapidez, confort y seguridad del automóvil o el avión; la velocidad de comunicación y transmisión de la

información por medio del Internet; la calidad en confort, seguridad, estética y funcionalidad de las edificaciones; la diversidad de ofertas en tipos de alimentos, medicinas, objetos domésticos; etcétera.

La necesidad de defenderse de los animales prehistóricos, la búsqueda de alimento y la inclemencia del clima, hizo que el hombre prehistórico de la Edad de Piedra, como es el caso del que habitó la Cueva de Gorham's, en Gibraltar, España (FIGURA 1), recurrió por medio del método de diseño ensayo y error, a fabricar con la piedra las puntas de sus lanzas y a utilizar la piel de un animal, para cubrirse en las duras noches de invierno. Para ese hombre, el ambiente constituía sólo un contexto donde desarrollaba su forma de vida. El ambiente imprimía respeto y terror con sus múltiples fenómenos naturales y, la respuesta, de ese hombre prehistórico fue ser creativo para soslayar dificultades y garantizar su propia supervivencia.

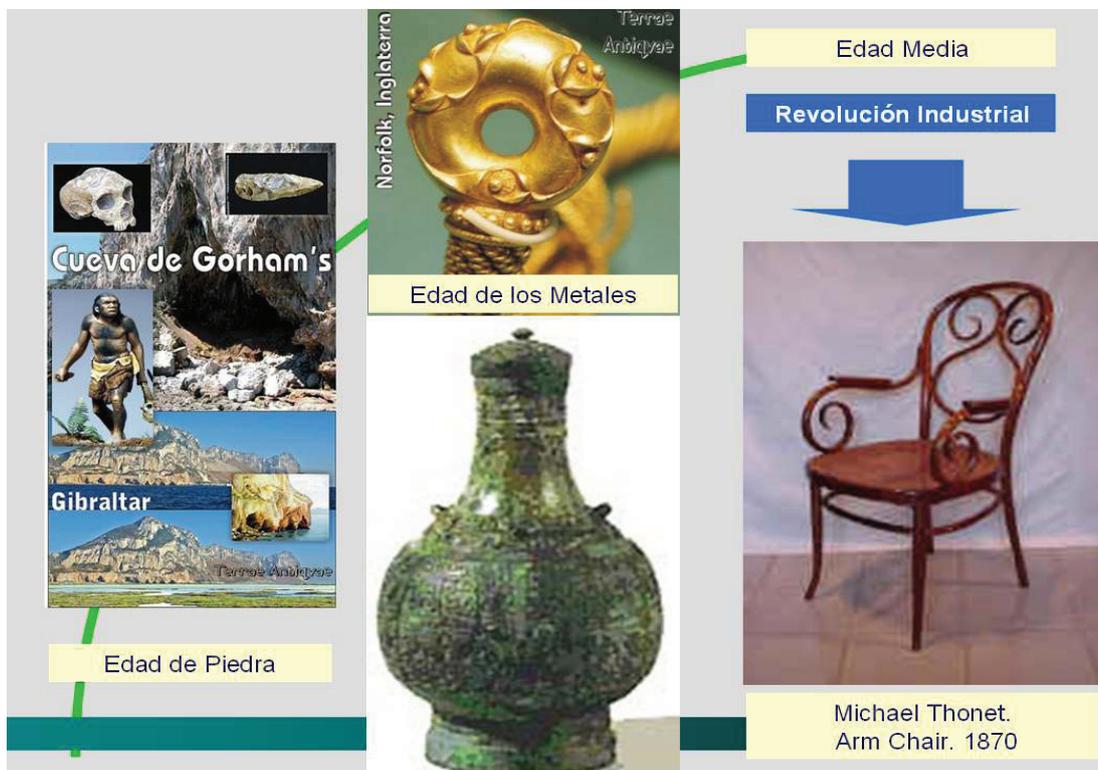


FIGURA 1. Evolución del proceso ascendente de diseño respecto a las necesidades del hombre, desde la Edad de Piedra hasta la Revolución Industrial. Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, ya establecidos los primeros desarrollos de civilización humana a través de aldeas, pueblos y ciudades en la Edad de Los Metales, las formas de actuación ciudadana exigían aumentar los índices de calidad de vida en defensa, vivienda, mobiliario, vestido y objetos de ornamentación según fuera la clase social a la cual pertenecía el hombre (FIGURA 1). El diseño, era nuevamente una actividad inherente a la capacidad individual o grupal, por solventar sus más acuciosas dificultades. Transformar la materia prima en bruto, caso de metales como el hierro, el oro, el bronce o la plata, exigía nuevos procesos tecnológicos para verter el fluido hirviente de éstos en los diversos moldes de arcilla y yeso, que a partir del fuego, exigían grandes cantidades de recursos naturales, especialmente madera sólida, para alcanzar las altas temperaturas requeridas.

Es en la isla de Creta, mar Mediterráneo, donde se produce el primer reciclaje de metales para la elaboración de nuevos objetos, ya que había sobreexplotado sus bosques para la elaboración de barcos, techumbres para palacios, templos, casas y combustible. El estado de conciencia y respeto por el ambiente de esa sociedad antigua, tampoco fue trascendental. Era sólo un medio para suplir necesidades. Prevalecía la conciencia de sobrevivir y el predominio de unas ciudades Estado respecto a otras, caso Venecia o Florencia. El medio ambiente tiene importancia estratégica, y los bosques son una forma de poder y proyección de dominio para la manufactura de objetos militares, especialmente barcos para la comercialización, el ataque y la defensa.

La llegada de la Edad Media, con la creación de la imprenta y, el posterior desarrollo de un nuevo tipo de sociedad feudal. Da paso a la creación de importantes inventos, siendo el más importante, la máquina de vapor de James Watt, a finales del siglo XVIII. Con ello, se establece la formación de los incipientes complejos industriales textiles y metalúrgicos de mediados del

siglo XIX, donde Inglaterra es el principal centro de acción y proyección de una sociedad occidental mercantilista, expansionista, opulenta, capitalista y burguesa. Esto hace que la actividad del diseño y la actividad artesanal, pase a una nueva forma de hacer objetos o productos industriales. De ahí que, el diseño industrial de sus primeros pasos, por igual, absolutamente desligado del ambiente. Éste, se transforma en una plataforma que proyecta a los industriales mayor estatus social, poder y altos ingresos económicos. Hacer más, a menor costo, sin prejuicios sociales y ambientales, es el norte que prevalece en esa sociedad. El impacto negativo se siente, por igual, en el medio urbano por el incipiente proceso de migración del hombre del medio rural a las principales ciudades. Londres, es el mejor ejemplo y, en ese entonces, era una ciudad con altos niveles de contaminación por emisiones de humo de las múltiples chimeneas y vertidos de excretas al río Támesis. Los cordones de residencias obreras, insalubres e inhumanas, son el normal modo de vivir de los ciudadanos de menores recursos.

La tecnología metalúrgica y los procesos de diseño de ingeniería, proyectan, entre otros, la invención del clavo de hierro y acero y, estos dan paso al tornillo. En la industria del aserrío se llegan a diseñar y construir mejores sierras de cintas, de disco y, se mejoran los procesos de transformación de la madera sólida. Se elaboran nuevas maquinarias de labrado mecanizado de torno, cepillado, escoplado, lijado de la madera, y se mejoran las técnicas que hacen posible las formas curvas. Así, el creador inglés, Michael Thonet hace del diseño industrial, la principal herramienta metodológica para producir muebles en serie. De su mente creativa surge en 1870, la silla Arm Chair (FIGURA 1). Es una representación del enorme ingenio del hombre de ese entonces, que con mente de industrialización concibe la prefabricación, la simplificación de procesos en el ensamblaje de piezas, procesos de curvado por vapor de la madera sólida,

disminución de cargas y aumento de resistencia a partir de formas curvas, etc.

En esa visión de industrialización, están muy distantes los principios de respeto y prevención de daños al medio ambiente. Como Thonet, son muchos los hombres que hacen gala del ingenio creativo en el uso de otro tipo de tecnologías para desarrollar objetos diversos y, así solventar, las cada vez más acuciantes necesidades de una sociedad que exige y demanda más recursos naturales hasta bien llegadas las primeras décadas del siglo XX.

La Ingeniería Industrial con uno de sus máximos exponentes, Henry Ford y su Modelo T, concibe con el diseño novedoso de las líneas de producción y ensamblaje industrial de autos, la masificación de productos industriales con el cual llega a producir más de 20 millones de unidades. Así, se transformó en el máximo ejemplo para la producción industrial en masa y,

esa concepción de manufactura aún prevalece e influye en el sector industrial mundial actual (FIGURA 2).

De ahí, que el diseño industrial se alimentara, transformara y encontrara con su propio destino, en una nueva visión académica y forma de diseñar y producir objetos. La Escuela de la Bauhaus de Weimar (1916) y Dessau (1926) Alemania, creada por Walter Gropius, cambia los paradigmas a través de proyectar nuevas maneras de concebir, entre otros, el diseño, la estética, la producción de objetos industriales utilitarios y la incorporación de nuevos materiales. La silla Cesca fabricada en 1923 y diseñada por Marcel Breuer (FIGURA 2), es un hito del diseño industrial, que aún permanece vigente en su función y estética creativa. Por la mente de estos grandes creadores y diseñadores arquitectónicos e industriales, vuelve a ser recurrente la preocupación de ser armónicos con el medio

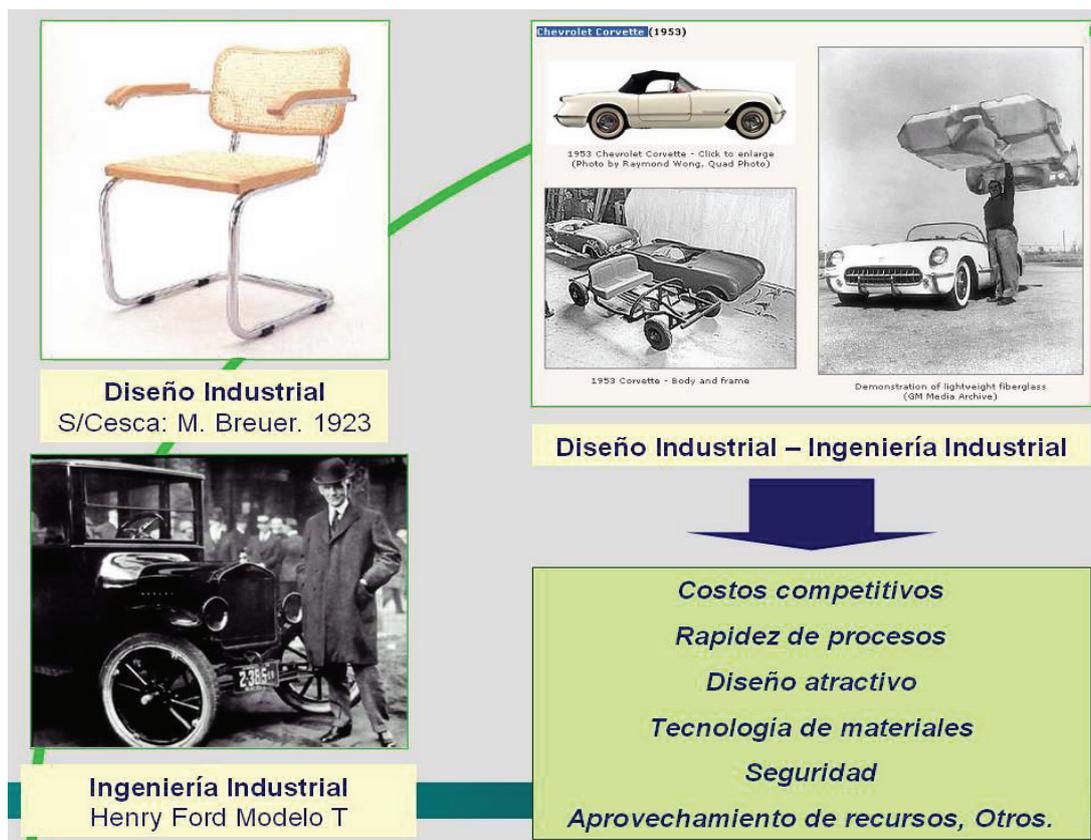


FIGURA 2. Evolución ascendente del diseño, como proceso creativo y la solución de necesidades, desde inicios del siglo XX, hasta mediados de los años cincuenta. Fuente: Elaboración propia.

ambiente, este, es un ente natural que proporciona materias primas, las cuales mediante avanzados procesos de transformación, les permiten hacer sus múltiples creaciones.

Ya en el decenio de los años cincuenta, se hace una sinergia entre el diseño industrial y la ingeniería industrial. Es una época donde prevalecen los criterios de costos competitivos de los productos industriales, rapidez de procesos, importancia del diseño mediante altos niveles de estándares estéticos, avance en la tecnología y aplicación de nuevos materiales como la fibra de vidrio o adhesivos estructurales, mayor seguridad incorporada a los productos y un mayor incremento en la demanda de recursos naturales como materia prima. Un icono del diseño industrial que resume todo lo anterior, lo representa el automóvil Corvette año 1953 de la empresa norteamericana Chevrolet (FIGURA 2).

Aunque los procesos de deterioro ambiental ya son notables en los años cuarenta, es en el periodo enmarcado desde los años cincuenta hasta finales de los años noventa, donde se producen exacerbados y dinámicos cambios que repercuten no sólo en el rol preponderante del diseño como un todo (industrial, ingeniería, arquitectónico, etc.), sino que permite apuntalar las ventajas que tienen los productos desarrollados con altos niveles de calidad en diseño funcional y estético, seguridad y costos competitivos, lo cual garantiza un éxito de marketing y posicionamiento seguro en el mercado. La concepción del diseño de marca, va de la mano con creadores de fama internacional, como muchos otros, el diseñador industrial francés Phillipe Starck (FIGURA 3). Pero, detrás de esos productos industriales, se escondían y esconden, aún en el presente, un sector productivo

FIGURA 3. El diseño industrial desde el diseño de marca o autor hasta los productos ecológicos.
Fuente: Elaboración propia.



internacional de infraestructuras de urbanismos, la industria de la construcción de edificaciones, muebles y objetos diversos de uso doméstico, autos, combustibles, productos químicos e hidrocarburos, etcétera, que ha estado distante de toda intención de cambiar e implantar nuevas formas de diseñar y manufacturar productos industriales que sean amigables con el ambiente.

Es en ese intervalo de tiempo donde se registran los más altos indicadores en lo que se refiere a los índices de crecimiento demográfico, la satisfacción de necesidades de hábitat, alimentación, infraestructuras de transporte, entre otros, pero que por igual, fueron dejando una huella ecológica negativa en significativos ecosistemas naturales, que van desde: la destrucción de bosques naturales y de espacios geográficos por la explotación minera a cielo abierto y la extracción de madera sólida; altos niveles de contaminación y disposición de residuos tóxicos y basuras; emisiones de gases que dañan la capa de ozono y propician el calentamiento global del planeta; otros.

Bajo ese contexto, no se pueden dejar de señalar los ingentes esfuerzos de instituciones privadas y públicas, así como el esfuerzo de individuos y comunidades por lograr establecer y alcanzar una mayor conciencia ecológica que empieza con el respeto hacia el medio ambiente en general. Como estudio de caso, el sector forestal, producto de las grandes tasas de deforestación en el mundo, y con el fin de ofertar madera sólida de bosques naturales y de plantaciones forestales para la industria de la construcción, del mueble e industria forestal; se han desarrollado los criterios de ordenación de bosques sostenibles, que es una proyección de la aplicación de los sistemas de gestión ambiental regidos por las normas ISO 14.000. Estos a su vez, son parte de los tres principios motores de la Ecología Industrial, junto con la Ecoeficiencia y los polígonos ecos industriales. Estos recursos forestales con la connotación de bosques sostenibles, son certificados por organizaciones,

entre otros, el Consejo de Certificación Forestal (FSC), o el Programa Europeo de Certificación Forestal (PEFC).

La FIGURA 3 a su vez, expone un mueble de madera sólida, tipo banca, el cual es comercializado en España por el grupo empresarial del País Vasco Eroski-Consumer, bajo la denominación de “mueble ecológico”, “mueble verde”, o “diseño industrial ecológico”. Estas distintas formas de identificar un mueble, es una estrategia de marketing que resalta y pretende capturar la atención y fortalecer la sensibilidad de una serie de clientes preocupados por el medio ambiente en la Comunidad Europea. Este producto forestal sostenible, proyecta de manera indirecta, al Ecodiseño el cual es una herramienta metodológica del diseño industrial para alcanzar mayores estándares de Ecoeficiencia, con el uso de tecnologías más limpias. Con ello, se llega finalmente, a una ampliación de la propuesta conceptual del Ecodiseño, como lo es el Diseño Ambientalmente Integrado (dAI). Éste tiene una concepción más holística, ya que considera la Integración Ambiental Total, los principios de la Ecología Industrial, métodos de determinación cualitativa y cuantitativa de la evaluación de impactos ambientales a través de métodos de análisis de ciclo de vida (ACV), otros.

3. DESDE EL PARADIGMA DE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL HASTA EL DISEÑO AMBIENTALMENTE INTEGRADO

En la actualidad, producto de la gran dependencia de los recursos energéticos hidrocarburos y los indicadores negativos de la huella ecológica en el planeta, producto de la sobre explotación de los recursos naturales, los altos índices demográficos y la cobertura de las necesidades y mejora de la calidad de vida de la población mundial; se hace imperativo la consideración, la evaluación y la incorporación de los principales aspectos medio-ambientales en el proceso de

diseño, procesos de manufactura y de servicios industriales dentro de los más importantes sectores productivos de los países.

Y es que en los últimos años, especialmente en los países desarrollados industrialmente y, de manera muy especial los primeros que conformaron la Comunidad Europea, haya tomado gran importancia el hecho ambiental y el contexto por establecer los principios globales del Desarrollo Sostenible. No es una moda o movimiento cultural pasajero, sino que es una condicionante fundamental en el desenvolvimiento de la sociedad en general. Se han alcanzando altos estándares en lo que respecta al estado de conciencia, de compromiso y de responsabilidad en la forma de actuar, legislar, normar, sensibilizar, concienciar, capacitar y hacer más participativa el accionar de individuos y comunidades en materia de respeto y aprovechamiento del medio ambiente.

El conjunto de Administraciones de la mancomunidad de estas naciones, de sus gobiernos centrales, regionales y locales, proyectan no sólo preocupación, sino que están concientes de que de no implantar y difundir de manera exitosa nuevos procesos metodológicos legislativos, normativos y actuaciones ciudadanas integrales a fin de lograr una convivencia respetuosa con el entorno, es apuntalar la destrucción de ecosistemas naturales y poner en riesgo la supervivencia de sus futuras generaciones. La visión de cambio, va desde:

- Disminuir en lo posible la dependencia de materias primas provenientes de recursos naturales.
- Nuevas formas de racionalizar y generar energía, a partir de procesos alternativos como la energía solar o la eólica.
- Ofertar y desarrollar productos, procesos y servicios industriales con criterios ecológicos a partir de los principios de la Ecología Industrial, tecnologías y procesos más limpios.
- Actuación cotidiana y comprometida del ciudadano común y de la sociedad en ple-

no, para hacer exitosa la exigencia y ampliación de la oferta de productos ecológicos en el mercado.

- Concreción de programas de recolección, clasificación, reutilización y reciclaje de la basura.
- Proyección de nuevas formas de movilización urbana, a partir del uso de bicicletas, transporte público masivo que hacen uso de bio combustibles.
- Construcción de edificaciones sostenibles, usando grandes cantidades de materiales alternativos y formas de diseño bioclimáticas.
- Campañas de sensibilización, capacitación y concientización ciudadana para la disminución del uso de vehículos que requieren combustibles hidrocarburos.
- Otros.

El contexto antes expuesto, es casi contrapuesto en los países en vías de desarrollo industrial. Venezuela, no escapa a esa realidad, y se requieren grandes esfuerzos institucionales por parte del gobierno nacional y de los principales actores que dirigen y canalizan el devenir de la sociedad venezolana, para poder establecer a mediano plazo, esa cultura ambientalista progresista. De lo contrario, la apuesta por un futuro mejor y sostenible, es una incógnita, incierta y desesperanzadora en nuestra calidad de vida ambiental. De ahí, el rol de importancia que promete desempeñar el Ecodiseño en el ámbito del diseño industrial y en el desarrollo de edificaciones más sostenibles.

Por ser el Ecodiseño una herramienta metodológica contextualizada sólo en diseñar y manufacturar productos industriales amigables con el ambiente, desde la misma definición del concepto generador en las primeras fases de diseño, Contreras y Cloquell (2006), amplían de manera filosófica y pragmática la conceptualización del mismo, con la creación de la propuesta metodológica del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI).

Éste, es conceptualmente análogo al Ecodiseño. Amplía su ámbito y desempeño proyectual, ya que integra la fase creativa del Proyectista con el desarrollo de un producto, proceso o servicio industrial con igual visión ecológica, pero interconectándolo a través de la Integración Ambiental Total y la Ecología Industrial, al ámbito de los intereses del empresario y las políticas, planes y programas de su industria, con el todo contextual de los más importantes factores ambientales, tecnológicos, económicos, sociales o culturales, entre otros, de las políticas, planes y programas del Gobierno o Administración central, regional y local.

Y es que las nuevas propuestas de materiales de construcción en la actualidad, vienen siendo sometidas a altos estándares, no sólo de calidad, bajos costos, ergonomía, antropometría y estética, sino también, a la determinación y disminución de los impactos ambientales o niveles de sostenibilidad de esos productos a través de su ciclo de vida (Contreras *et al.*, 2008). El uso de métodos como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), entre otros, permite cuantificar esos impactos y canalizar matrices de opinión en la toma de decisiones oportunas al Proyectista y como los dueños de una industria pueden eliminar o disminuir esos impactos en el *Sistema Producto* de un producto industrial.

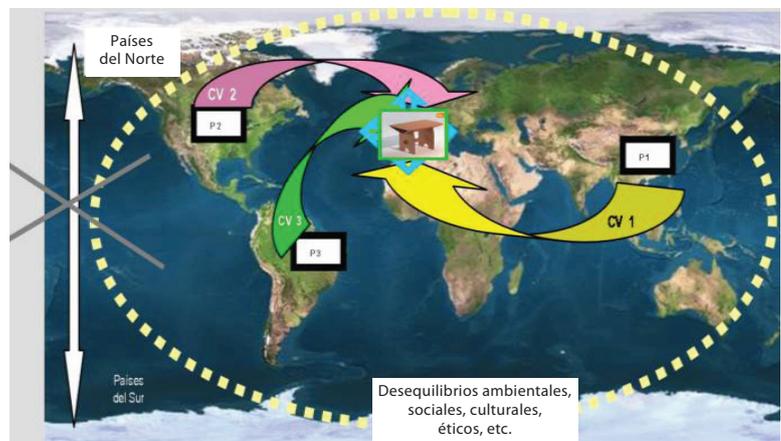
Un instrumento del Ecodiseño y, por igual, del dAI, es el Análisis del Ciclo de Vida del producto. Existen autores como Bastante *et al.* (2003), que han desarrollado importantes planteamientos matemáticos que permiten identificar la etapa de mayor impacto en el ciclo de vida de un producto industrial. Por otro lado, los autores del presente trabajo han desarrollado con éxito, en una primera instancia, la propuesta de un método de Análisis de Ciclo de Vida, denominado ACV-Coclownen aplicado al Sector Forestal.

Por ello, en la actualidad, se hace continua referencia en los países desarrollados industrialmente, ejemplo España, de la comercialización de muebles verdes, muebles ecológicos o

muebles con Ecodiseño. La FIGURA 3, hace referencia de lo antes dicho. El consumidor, al momento de comprar el mueble caso del ejemplo, la banca de madera del Grupo Eroski, a pesar de que pueda tener un mayor costo económico que otros muebles similares existentes en el mercado y que son manufacturados sin criterios de sostenibilidad, ese cliente no sabe que la madera puede provenir de otro espacio geográfico. Pudieran ser países de África, Oceanía o Brasil. Esa madera sólida, suma tras de sí, todo un complejo y dinámico proceso de extracción y comercialización, donde se generan impactos negativos ambientales, sociales, antropológicos, culturales, etc.; además de enormes gastos de combustibles hidrocarburos producidos por las grandes distancias de traslado entre el origen de la materia prima y la industria de transformación; connotaciones geopolíticas entre los países desarrollados industrialmente y los que están en vías de desarrollo, dada las injustas formas de comercialización entre éstos, dejando beneficios en unos y miseria en otros (FIGURA 4).

De ahí que, el Diseño Ambientalmente Integrado, considere todo ese contexto como un todo y, a su vez, lo correlaciona a través de la Integración Ambiental Total y la Ecología Industrial con el entorno propio de la industria, las Administraciones y la sociedad en pleno, por medio de las políticas, planes, programas, proyectos, procesos, productos y servicios.

FIGURA 4. Modelo explicativo de los posibles impactos negativos en la fuente de obtención de materias primas, las grandes distancias para llegar a los centros industriales de transformación y las connotaciones geopolíticas entre los países industriales y los que están en vías de desarrollo. Fuente: Contreras y Cloquell (2006).



4. ALCANCES DEL DISEÑO AMBIENTALMENTE INTEGRADO EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS, PROCESOS Y SERVICIOS

Partiendo de que el concepto actual del Ecodiseño, se ha tornado en los últimos años hacia la generalidad extrapolable a muchos ámbitos de la producción industrial de objetos, se planteó toda una discusión teórica y pragmática que definiera un nuevo concepto, más allá del mero hecho del proyecto; sino una filosofía de vida que involucra al Proyectista, al industrial, al consumidor y a la sociedad internacional en general, de los materiales a los eco materiales, de lo hecho a lo rehecho.

Ya se ha planteado que desde los años cincuenta, se recrudeció la manera de manufacturar productos industriales y su relación con el medio ambiente. El interés de las normas, cada vez más restrictivas, se centro en controlar materiales-procesos-productos. En la actualidad, el valor agregado a ese esquema es la incorporación de la variante ambiental, el reciclaje, la reutilización y la disminución de impactos (Capuz y Gómez, 2002).

Desde la crisis energética ocasionada por la primera y segunda guerra del golfo, los países industrializados, especialmente europeos, producto de los altos costos de los combustibles hidrocarburos, se han visto en la necesidad de cambiar las estrategias de producción. De ahí, la importancia del reciclaje y la reutilización para producir nuevos materiales, a partir de lo que la sociedad consume y genera basura, la reapertura de vertederos y extraer materias primas de materiales plásticos, metalúrgicos y vidrios.

Los productos industriales, se conciben para proyectar un mejor contenido y con nuevos valores agregados, con diseños llamativos y nuevos empaques que tienen incorporados desde mensajes subliminales de amor, hasta otras funciones. Se aumenta el valor ecológico. Para ello, la industria debe sincerarse con la

sociedad, debe procurar que a través de sus productos industriales manufacturados, exista: mensajes correctos y transparencia en la lectura del producto; no genere confusión ni disperse el valor ambiental del producto. Por parte del usuario final, existe una gran necesidad de que se encuentren y expongan mejores canales de comunicación, formación y capacitación, que se satisfagan las garantías de los productos, servicios post ventas, sin manipulaciones y falsas informaciones. Es importante que el consumidor dialogue con los productos industriales para que él sepa elegir correctamente, a través de la identificación de marcas o sellos verdes que simbolizan ecoeficiencia y, el dAI, es una manera, entre otras más, de promover de manera segura, esa certificación.

Todo ese contexto de transgresiones, de dinámicos enfrentamientos entre la duda y la concreción real de una sociedad respetuosa con su entorno, llevó a la definición conceptual del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) para un producto industrial. Contreras *et al.* (2004), logran definirlo como:

“una herramienta metodológica holística de diseño que permite considerar y cuantificar, como índice ambiental, el nivel de Desarrollo Sostenible del mismo, en relación con el Desarrollo Científico-Tecnológico a lo largo del tiempo en que transcurre su ciclo de vida, en plena integración con el medio ambiente, alcanzada desde: el mayor nivel de satisfacciones tanto para el proyectista como para el promotor industrial; en las prestaciones físicas y sensoriales del usuario; los factores intrínsecos y extrínsecos de la sociedad y el sector industrial, enmarcadas dentro de los principios del Desarrollo Sostenible, la Integración Ambiental y la Ecología Industrial en un todo equilibrado, armónico, proactivo, participativo y cambiante ecosistémicamente entre el desarrollo industrial, las legislaciones, la innovación económica-científica-tecnológica, y la ética en la actuación de todos los actores involucrados y, el medio ambiente”.

Este concepto del dAI, se plasma de manera gráfica en la FIGURA 5 y matemáticamente como Índice Medioambiental, en la formula 1 (F1), expuesta a continuación:

$$DS_{P-Ind n} = \sum [\pm (Imp\ Amb\ Indn_1) \times \Psi_1 \pm (Imp\ Tec\ Indn_2) \times \Psi_2 \pm (Imp\ Econ\ Indn_3) \times \Psi_3 \pm (Imp\ Soc\ Indn_4) \times \Psi_4 \dots \pm (Imp\ Otros\ Indn_n) \times \Psi_n] \quad (F1)$$

Donde:

$DS_{P-Ind n}$ = Desarrollo Sostenible de un producto industrial cualquiera.

$i_1 = Imp\ Amb\ Indn_i; Imp\ Tecn\ Indn_2;$

$i_n = Imp/ de\ otros\ factores-Indn_n$, todos normalizados antes de ser multiplicados por el coeficiente Ψ

Estos valores han sido determinados para la Industria Forestal, según sea el factor, por Contreras y Cloquell (2006). En la actualidad,

mediante la aplicación de la metodología 3S de Cloquell (2003), se han determinado los distintos coeficientes más importantes para los procesos de manufactura de muebles industriales, tipo kit.

La FIGURA 5, expone el contexto del Proyecto global en que se desenvuelve el dAI. La Sociedad moderna con la infinidad de clientes o demandantes de productos industriales requieren que sean cubiertas sus necesidades de hábitat, confort, seguridad, etcétera, enmarcada dentro de un Mercado que es cada día más exigente en la oferta y competencia. La Industria, con sus políticas, planes, programas, proyectos, procesos, productos (6P) y servicios, en consonancia con los requerimientos de las políticas, planes y programas de las Administraciones, trata de solventar necesidades sentidas de la sociedad dentro de un Mercado cautivo.

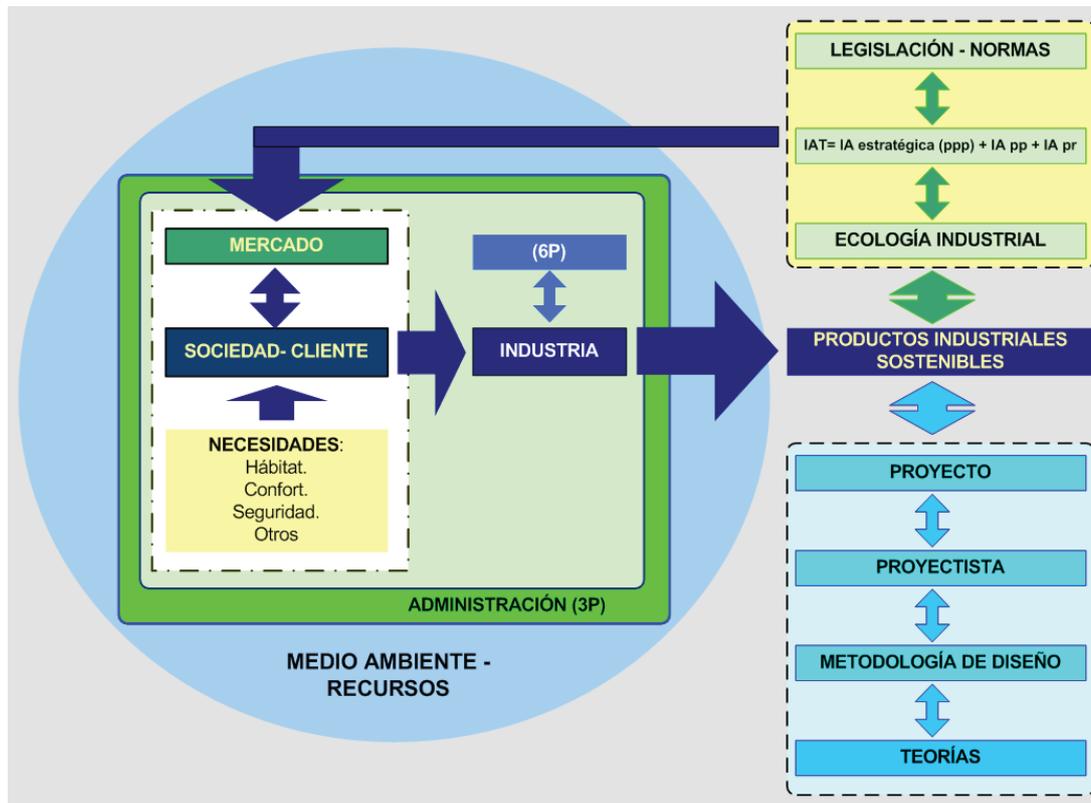


FIGURA 5. Contexto de desenvolvimiento del Diseño Ambientalmente Integrado, en procura del desarrollo de Productos Industriales Sostenibles. Fuente: Elaboración propia.

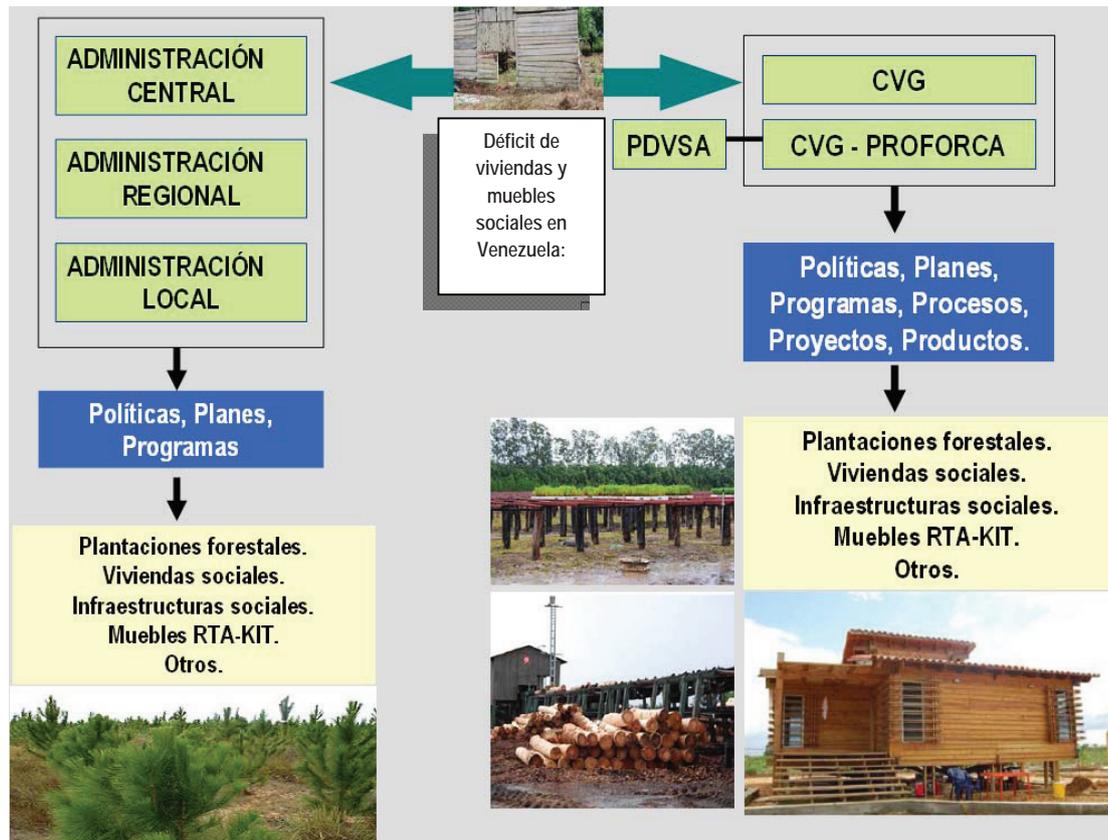
Ésta genera Productos Industriales Sostenibles, los cuales contemplan, desde la Ciencia del Proyecto: El proyecto; los requerimientos de funcionalidad, resistencia, estética, seguridad, etc.; proyectista con criterios de Ecodiseño y dAI; metodologías de diseño; las teorías de diseño, como la del filósofo español Eliseo Gómez-Senent y su Teoría de las Seis Dimensiones (Gómez Senent, 1998; 2002), la cual ha sido fundamento conceptual para que Contreras y Cloquell (2006), propusieran la Teoría de Diseño Multidimensional Ambientalmente Integrada. Ésta, proyecta las relaciones equilibradas que deben existir entre el Proyecto y su Entorno.

Esos Productos Industriales Sostenibles contemplan de manera integral, el cumplir con los preceptos de la Ecología Industrial; la Integración Ambiental Total, compuesta por la Integración Ambiental Estratégica; Integración

Ambiental de Proyectos y Procesos, y la Integración Ambiental de los Productos. Así, como un todo, el dAI permite proporcionar al Mercado productos industriales que contribuyen a la armonía y respeto en el uso del medio ambiente y sus recursos y, con esto, al establecimiento del Desarrollo Sostenible global.

La FIGURA 6, muestra la ejemplificación gráfica de los alcances del dAI en un caso práctico. Bajo los lineamientos de las políticas, planes y programas del Gobierno Nacional de Venezuela (Administración central, regional y local), en materia de plantaciones forestales, contribuir a la solución del déficit de viviendas sociales, infraestructuras sociales, mejora del confort de las familias de menores recursos con la manufactura de muebles industriales tipo kit, etcétera, se prevee consolidar para el año 2009, la construcción de 250 mil viviendas sociales en

FIGURA 6. Ejemplificación de la aplicación del Diseño Ambientalmente Integrado en una de las necesidades más apremiantes de Venezuela, el problema de la vivienda, caso de la propuesta de construcción de 50 mil viviendas con madera por CVG Proforca. Fuente: Elaboración propia.



todo el país. Por el reconocido potencial existente en la oferta de las plantaciones forestales de pino caribe de la Orinoquia, la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), por medio de su filial, la empresa CVG Proforca y, en convenio a 25 años con PDVSA, creó la Gerencia de Proyecto Vivienda con Madera, a fin de gestionar la construcción de 50 mil viviendas con madera de pino por año.

De esta forma, si la Gerencia aplica los principios del Ecodiseño-dAI, podrá tener definidas su 6P+S para todo el conjunto de proyectos de viviendas y muebles. Éstos estarían en plena correlación con todo un contexto que contempla la visión y misión de la Administración. Los proyectos concretados, tendrían a su vez, un impacto de marketing importante en el ámbito de la construcción, ya que se transformarían en una vitrina de exposición nacional e internacional en materia de sensibilidad, capacitación e implantación de Productos Industriales Sostenibles. De esta forma, Venezuela estaría en la batuta dirigente del movimiento internacional en procura de un mejor ambiente y la calidad de vida de sus ciudadanos.

Una característica fundamental y diferente del diseño industrial latinoamericano, respecto al diseño europeo o norteamericano, es su alto contenido de creatividad y fantasía, su renovabilidad, su potencial de infinitas formas y materias provenientes de sus recursos naturales, pero de manera muy especial, la manera en que incorporan su valores antropológicos culturales, sociales y ambientales. El dAI, pretende fortalecer ese contexto filosófico.

La estrategia actual del diseño industrial se va fundamentando sobre las potencialidades propias del producto, que este tenga una lectura propia de trascendencia, que se apoya en el hacedor de productos ecoeficientes, ecoproductos, es decir, el ecodiseñador.

5. MODELO DE DISEÑO CONCEPTUAL DEL DISEÑO AMBIENTALMENTE INTEGRADO EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS INDUSTRIALES SOSTENIBLES

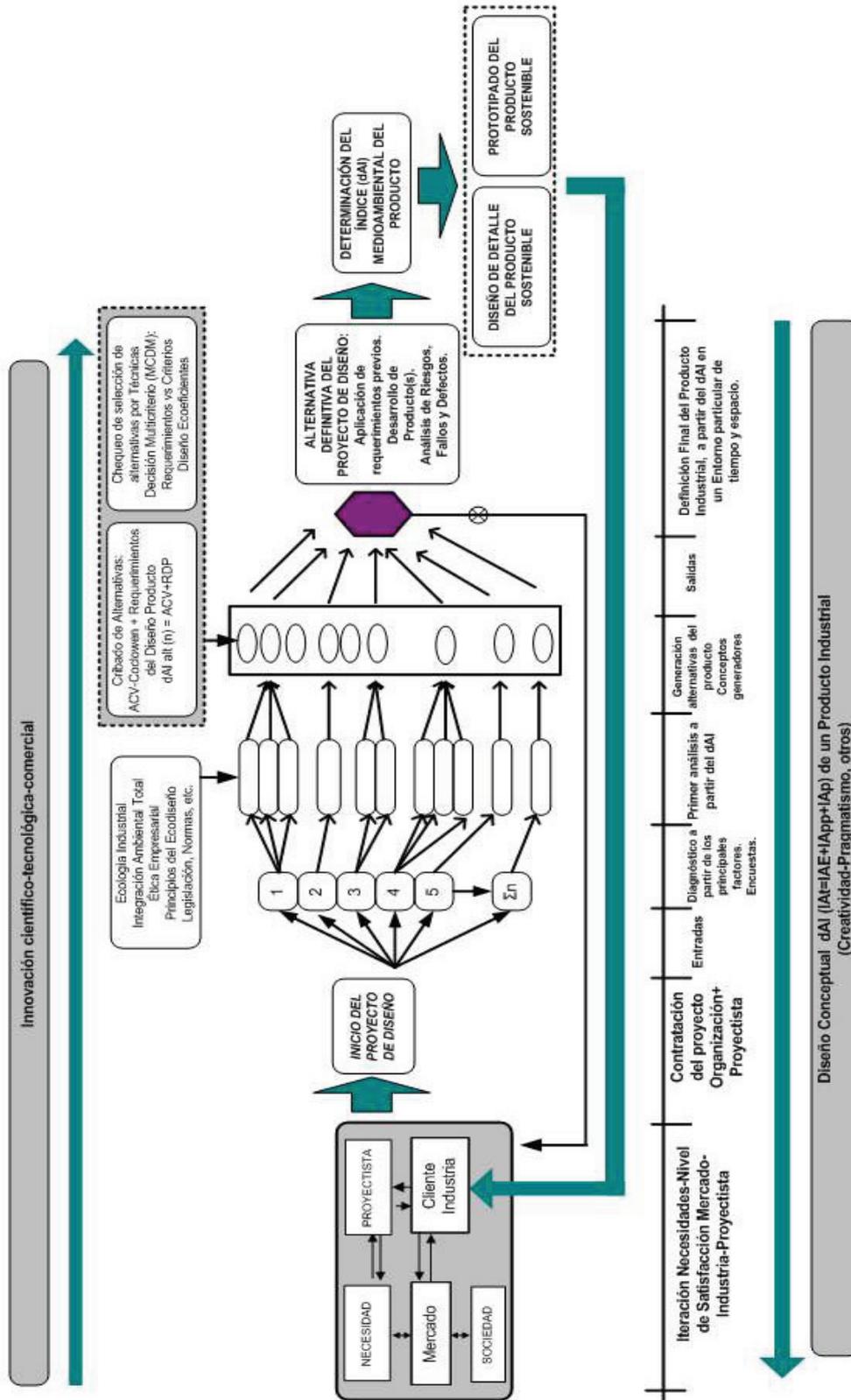
La FIGURA 7, proyecta el modelo metodológico en el cual se fundamenta la aplicación pragmática del dAI. Existe cierta analogía con lo propuesto por Christopher Alexander, en su teoría del proyecto de diseño, que contempla un flujograma: inicio del proyecto —divergencia-generación de alternativas-convergencia-solución— fin del proyecto.

El dAI logra distinguirse de ésta y de muchas otras propuestas sobre el diseño conceptual, ya que el flujograma se va desarrollando dentro de un dinamismo continuo, enmarcado en: **a.** La innovación científico y tecnológica del Entorno; **b.** Diseño conceptual a partir del dAI del Proyecto de un Producto Industrial Sostenible, con altos estándares de creatividad, pragmatismo, funcionalidad, ergonomía, antropometría, seguridad, resistencia, otros.

El Modelo plantea ocho Iteraciones directas y tres indirectas del Proyecto, las cuales son definidas de la manera siguiente:

- **Iteración 0:** Relación contextual entre el Proyecto y el Entorno.
- **Iteración 1:** Detección de necesidades; nivel de satisfacción mercado-industria-proyectista.
- **Iteración 2:** Contratación del proyecto; relación contractual entre la organización (industria/empresa) – Proyectista (diseñador).
- **Iteración 3:** Entrada e inicio del proyecto.
- **Iteración 4:** Diagnóstico a partir de los principales factores y requerimientos de diseño del producto y desarrollo de encuestas.
- **Iteración 5:** Primer análisis a partir del dAI. Se consideran: los preceptos de la Ecología Industrial; la Integración Ambiental Total; la ética empresarial; principios del Ecodiseño; legislación; normas; etcétera.

FIGURA 7. Modelo de la Metodología de aplicación del Diseño Ambientalmente Integrado en el proyecto. Fuente Elaboración propia.



- **Iteración 6:** Generación de alternativas-conceptos generadores. Cribado de alternativas a partir de la definición de los principales criterios de diseño que contextualizan el producto y cuantificación a partir de técnicas de decisión multicriterio (requerimientos versus criterios de diseño ecoeficientes); desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).
- **Iteración 7:** Salida y fin de la fase de diseño proyectual.
- **Iteración 8:** Definición final del Producto Industrial Sostenible, a partir del dAI en un Entorno particular de tiempo y espacio. Alternativa definitiva del Proyecto de Diseño. Aplicación de requerimientos previos, análisis de riesgos, fallos y defectos. Reevaluación.
- **Iteración 9:** Determinación del Índice Medioambiental del Producto. Elaboración final de la memoria descriptiva.
- **Iteración 10:** Diseño de Detalle y prototipado del Producto.
- **Iteración 11:** Entrega del Proyecto al fabricante.
- Diseño de mueble tipo kit. Usuarios de estratos socio económicos de Venezuela de menores recursos.
- Diseño de muebles con líneas modernas minimalistas.
- Mueble de cama individual para dormitorio de dimensiones para viviendas de interés social, con módulo de distribución funcional en planta de una vivienda de 3,00 m x 3,00 m.
- Uso de madera de pino caribe de la Orinoquia, a partir de elementos de tablazón.
- Uniones mini fix.
- Uso de materiales de producción nacional para los acabados superficiales.
- Flexibilidad de diseño y aprovechamiento de los espacios inferiores de la cama.
- Permitir el desensamblaje.
- Aprovechamiento al máximo de los materiales; racionalización de procesos de transformación y producción; uso de materiales orgánicos, metalúrgicos y plásticos con altos porcentajes de reciclaje.

6. PRAGMATISMO DEL DISEÑO AMBIENTALMENTE INTEGRADO EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS INDUSTRIALES SOSTENIBLES, EJEMPLO: DISEÑO DE MUEBLE TIPO KIT DE MADERA DE PINO CARIBE DE LA ORINOQUIA

A continuación, se expone resumidamente, un ejercicio de diseño, que permite explicar parte de algunas iteraciones del proceso metodológico que requiere la aplicación del Diseño Ambientalmente Integrado.

Iteración 4. *Marco conceptual para los requerimientos de diseño más importantes.* Una vez estudiado el problema y las más importantes necesidades del producto industrial se determinaron los siguientes requerimientos de diseño industrial:

Iteración 6. *Generación de Alternativas.* Se desarrollaron 7 alternativas de diseño. La alternativa seleccionada de todas estas, según los Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para cada uno de los conceptos generadores y la cuantificación de los requerimientos versus los criterios de diseño ecoeficientes, fue la alternativa identificada con el número 3, expuesta en las FIGURAS 8 y 9. Los CUADROS 1 y 2, definen los resultados del ACV mediante la aplicación del método de ACV Coclowen de diagnóstico.

Esta herramienta, permitió definir cuales son las etapas del Sistema Producto que más impactos negativos se presentan en el ciclo de vida del mobiliario diseñado, denominado Línea Mucuy 1. Se hace la comparación entre la manufactura de los muebles con tecnología tradicional usada mayoritariamente por la Industria del Mueble en Venezuela; la cual, ya ha sido analizada por Contreras *et al.* (2004), y su

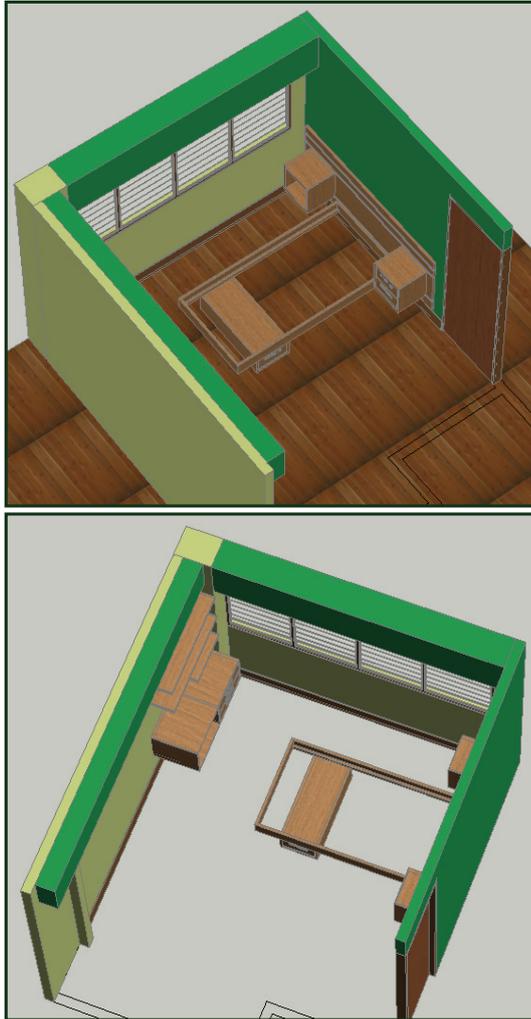


FIGURA 8. Vistas aéreas del mueble tipo kit, Línea Mucuy 1, para dormitorio con cama individual, realizado en madera de pino caribe, realizado a partir del dAI. Fuente: diseño Conowen, dibujo, Humberto Prieto.

contrapuesta, con la aplicación del dAI y el empleo de procesos más limpios (P+L) en su fabricación. El CUADRO 1, presenta los resultados del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), según el método desarrollado por Contreras *et al.* (2007), por el Método ACV Coclowen-procedimiento de diagnóstico. El ACV se aplicó a todas las 7 alternativas de muebles tipo kit, manufacturadas con madera de pino caribe de la Orinoquia; el concepto de sistema de tablazón y usando la tecnología que actualmente se emplea en Venezuela por las pequeñas y medianas industrias en la manufactura industrial de muebles. En este cuadro se explica la posible ocurrencia en la valoración de los impactos ambientales que se

desarrollan en todo el ciclo de vida de ese producto industrial.

La primera valoración corresponde al contexto global del Sistema Producto, en el cual se consideran todos los impactos desde el momento en que se obtienen las diferentes materias primas; fabrican los materiales utilizados; transporte a la industria del mueble; aplicación y manufactura del producto; uso y su disposición final. La valoración corresponde a la obtención de la Puntuación Única del Sistema Producto; en este caso particular, dio como resultado el valor de $PU = -146$, que se ubica en el rango de -2 de severamente negativa del producto diseñado, expuesto en la escala de valor de la FIGURA 11. Este valor refleja que las líneas del flujograma del Sistema Producto está en el Rango de Fortalezas y Debilidades para la Eliminación de los Aspectos Negativos en las Etapas Críticas N° 1 ($IASP_{e1} = -258$) y N° 2 ($IASP_{e2} = -45$). Es importante señalar que el valor obtenido de la PU, esta cercano al limite del rango -1 de impacto moderadamente negativo.

La segunda valoración corresponde a la evaluación del ACV para el Producto Industrial cama de la Línea Mucuy 1. Se emplea la escala de valoración de la FIGURA 12, la cual expone los impactos positivos o negativos medioambientales de un producto industrial a partir de los Impactos Ambientales Totales del Sistema Producto (IATsp). En el caso de estudio, el ACV Coclowen arrojó el valor del Impacto Ambiental del Sistema Producto Total del producto analizado ($IASP_{tpi} = 9,94$). Este valor ubica en la escala de valoración positiva rango 0 a +25 de los intervalos de valoración medioambiental, definido como *Impacto Positivo y Ambientalmente Compatible*, de la cama manufacturada con la tecnología existente actualmente en la empresa de CVG Proforca, a través de las Empresas de Producción Social (EPS) y, que a su vez, es coincidente con lo que comúnmente se desarrolla en el parque industrial del mueble nacional. La connotación positiva del producto, se

ETAPA 1	MATERIAS PRIMAS		
Fertilizantes y herbicidas químicos; Corte mata raza en el aprovechamiento; Tratamientos de conservación con CCA / Pentaclorofenol, secado industrial con gasoil; Altos consumos energéticos hidroeléctricos en la transformación en productos forestales de la madera de pino caribe en Aserradero Uverito estado Monagas; Residuos; Poca seguridad industrial; Transporte al distribuidor consumo de combustibles hidrocarburos y emisiones CO ₂ ; Otros.	-45	0,50	22,50
MDF de Masisa, estado Monagas: Altos consumos de energía hidroeléctrica	-35	0,52	-18,2
Sistema de uniones, España, Europa	-55	0,75	-41,25
Adhesivos Resimon CA Valencia estado Carabobo	-47	0,68	-31,96
Acabados superficiales Montana estado Carabobo	-47	0,72	-33,84
Cartones y papeles de embalaje Venepal estado Carabobo	-29	0,60	-17,40
<i>Valor parcial de los niveles de sostenibilidad E1</i>	-258		-165,14
ETAPA 2	TRANSFORMACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y FABRICACIÓN DEL PRODUCTO		
Transformación de la madera y tableros MDF	-15	0,54	-8,10
Corte lateral, transversal y periférico; Lijado; Cepillado; Rasurado; Trompeado; Etcétera de todas las piezas de la cama	-25	0,15	-3,75
Aplicación de tintes y pinturas poliméricos	-28	0,25	-7,00
Proceso de embalaje de las piezas	45	0,03	1,35
Almacenaje de los muebles KIT	55	0,02	1,10
Procesos administrativos	12	0,01	0,12
Despacho y transporte a una distancia de 400 km.	-89	0,07	-6,23
	-45		-22,51
ETAPA 3	COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO A LOS DISTRIBUIDORES		
Almacenaje de los muebles KIT	55	0,02	1,10
Procesos administrativos	12	0,01	0,24
Despacho y transporte a una distancia de 500 km.	-95	0,07	-6,65
	-28		-5,31
ETAPA 4	USO DEL PRODUCTO		
Uso de los muebles por familias de los estratos socio económicos CDEF, por un periodo de tiempo estimado de 50 años	105	0,90	94,50
	105		94,90
ETAPA 5	RETIRO FINAL DEL PRODUCTO		
Basura 20%	-70	0,70	-42
Reciclaje 50%	85	1	85
Reutilización 30%	65	1	65
	80		108
Puntuación Única del Sistema Producto	-146		
Integración Ambiental del Sistema Producto (IATsp): $IAT_{sp} = \sum +/- (IAT_{etapa\ 1} \times \rho_{etapa\ 1}) +/- (IAT_{etapa\ 2} \times \rho_{etapa\ 2}) \dots +/- (IAT_{etapa\ n} \times \rho_{etapa\ 1})$			9,94
La valoración corresponde: cercano a cero es incompatibilidad; cercano a uno es ecoeficiente.			

CUADRO 1.
Análisis de Ciclo de Vida, del mueble cama tipo kit de la Línea Mucuy, realizado con la tecnología tradicionalmente usada en Venezuela.

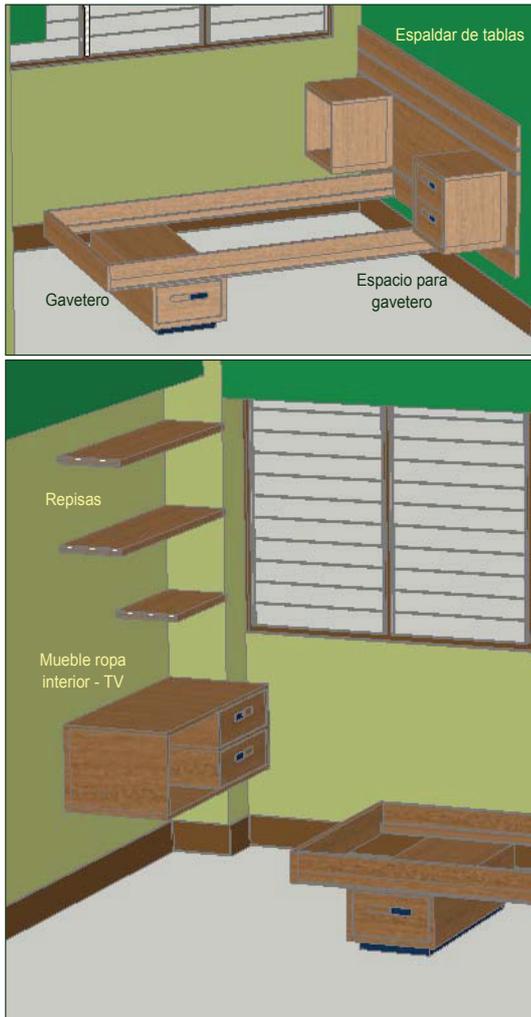


FIGURA 9. Vistas detalladas del conjunto de mueble tipo kit, Línea Mucuy 1, para dormitorio con cama individual, realizado en madera de pino caribe, realizado a partir del dAI. *Dibujo:* Humberto Prieto.

fundamenta no tanto en el aspecto ambiental, sino en la proyección de los beneficios sociales y económicos que se reportan en las familias pobres que habitan el sector de Chaguaramas, sur del estado Monagas y, que han formado sus cooperativas para la producción de muebles.

Por consiguiente, es un producto que haciendo la toma de decisión oportuna por la gerencia de la empresa, se mejorarían las etapas críticas como lo son, entre otros: el sistema de transformación de los materiales; la selección de materias primas menos tóxicas y contaminantes; La disminución de distancias de distribución; la disminución del consumo de energía y de combustibles hidrocarburos. De esta forma, el

producto diseñado podría pasar a los niveles superiores de sostenibilidad positiva del Sistema Producto.

Se debe resaltar, que al implantar en las EPS procesos de manufactura de muebles usando producción más limpia, se obtendrían productos industriales más consonos con los principios del Desarrollo Sostenible.

El CUADRO 2, presenta los resultados del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) por el Método ACV Coclowen-procedimiento de diagnóstico. El ACV se aplicó al mismo modelo analizado en el CUADRO 1, correspondiente a la cama de la Línea Mucuy, de muebles tipo kit.

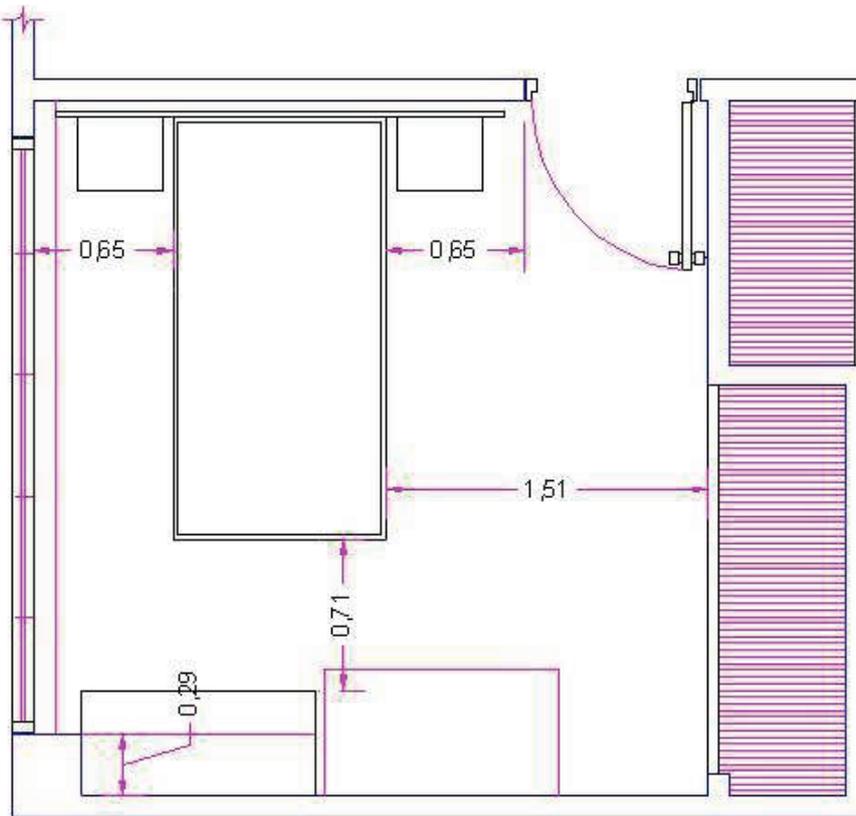
La primera valoración corresponde al contexto global del Sistema Producto, en el cual se consideran las mejoras de todos los impactos cuando la cama sea fabricada según la aplicación de algunos principios del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) y, el uso de la tecnología de Producción Más Limpia (P+L) disponible o por aplicar en Venezuela actualmente.

Se puede apreciar en el CUADRO 2, que en la Etapa 1 de aprovechamiento y transformación de la madera sólida de pino caribe de la Orinoquia; la cual es transformada por el Aserradero Industrial Uverito de CVG Proforca, se asumen toda una serie de consideraciones técnicas y ambientales para la disminución de los impactos negativos, a ser aplicadas por esa empresa a mediano plazo.

Al comparar los valores del CUADRO 2 en la Puntuación Única del Sistema Producto, se obtuvo el valor de $PU = 378$, que al ser comparado respecto al valor del CUADRO 1 de la $PU = -146$, se aprecia que se obtienen valores positivos y ecoeficientes. Esto indica que al aplicar los principios del dAI y la P+L con niveles aceptables de ecoeficiencia y, que al correlacionarlo con lo expuesto en la escala de valor de la FIGURA 11, se ubica en el valor +2 (impactante positivamente) del Rango de Evaluación de Fortalezas y Debilidades para la Mejora Continua del Sistema Producto.

ETAPA 1	MATERIAS PRIMAS		
Fertilizantes y herbicidas ecológicos; Corte mata raza en el aprovechamiento de la plantación en lotes de parcelas fraccionados para disminuir el impacto visual y físico del paisaje; Tratamientos de conservación con CCB o productos ecológicos; Secado industrial con el uso de astillas; Mejora de la tecnología para disminuir los consumos energéticos, aumentar la producción y mejorar la seguridad industrial en el Aserradero Uverito estado Monagas; Aprovechamiento de los residuos; Calibración de los motores de gasoil y uso de filtros en el transporte al distribuidor para disminuir el consumo de combustibles hidrocarburos y emisiones CO ₂ ; Mejora del sistema de aguas servidas; Otros.	50	0,50	25
MDF de Masisa, estado Monagas	-35	0,52	-18,2
Sistema de uniones, Brasil, Suramérica.	-20	0,75	-15,00
Adhesivos Resimon CA Valencia estado Carabobo	-47	0,68	-31,96
Acabados superficiales tipo AV 2000 hidroesmalte a base de agua de Montana estado Carabobo	-10	0,72	-7,20
Cartones y papeles de embalaje Venepal estado Carabobo	-29	0,60	-17,40
<i>Valor parcial de los niveles de sostenibilidad E1</i>	-91		-53,36
ETAPA 2	TRANSFORMACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y FABRICACIÓN DEL PRODUCTO		
Transformación de la madera y de tableros MDF usando tecnología P+L	60	0,54	32,40
Lijado, cepillado, ranurado, trompeado, etcétera, de las piezas usando tecnología P+L y flujogramas de producción más racionales	40	0,15	6,00
Aplicación de tintes y pinturas AV 2000 hidroesmalte a base de agua	20	0,25	5,00
Proceso de embalaje de las piezas	45	0,03	1,35
Almacenaje de los muebles KIT	55	0,02	1,10
Procesos administrativos	12	0,01	0,12
Despacho y transporte a una distancia de 400 km., con la calibración de los motores gasoil y colocación de filtros para disminuir consumo de gasoil y emisiones CO ₂	-45	0,07	-3,15
	187		42,82
ETAPA 3	COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO A LOS DISTRIBUIDORES		
Almacenaje de los muebles KIT	55	0,02	1,10
Procesos administrativos	12	0,01	0,12
Despacho y transporte a una distancia de 500 km., con la calibración de los motores gasoil y colocación de filtros para disminuir consumo de gasoil y emisiones CO ₂	-55	0,07	-3,85
	12		-2,63
ETAPA 4	USO DEL PRODUCTO		
Uso de los muebles por familias de los estratos socio económicos CDEF, por un periodo de tiempo estimado de 50 años	100	0,90	90
	100		90
ETAPA 5	RETIRO FINAL DEL PRODUCTO		
Basura 5 %	-10	1	-10
Reciclaje 60 %	95	1	95
Reutilización 35%	85	1	85
	170		170
Puntuación Única del Sistema Producto	378		
Integración Ambiental del Sistema Producto (IATsp): $IAT_{sp} = \sum +/- (IAT_{etapa\ n} \times \rho_{etapa\ n}) +/- (IAT_{etapa\ 2} \times \rho_{etapa\ 2}) \dots +/- (IAT_{etapa\ n} \times \rho_{etapa\ 1})$			246,83

CUADRO 2.
Análisis de ciclo de vida de un mueble tipo kit de la cama Línea Mucuy, a ser fabricado según la aplicación de algunos principios del dAI y, uso de la tecnología producción más limpia (P+L) disponible en Venezuela.



Planta Habitación. Esc. 1:25



FIGURA 10.
Plantas y prototipo
del mueble
dormitorio de madera
de pino Caribe.
Fotografía: Wilver
Contreras Miranda.



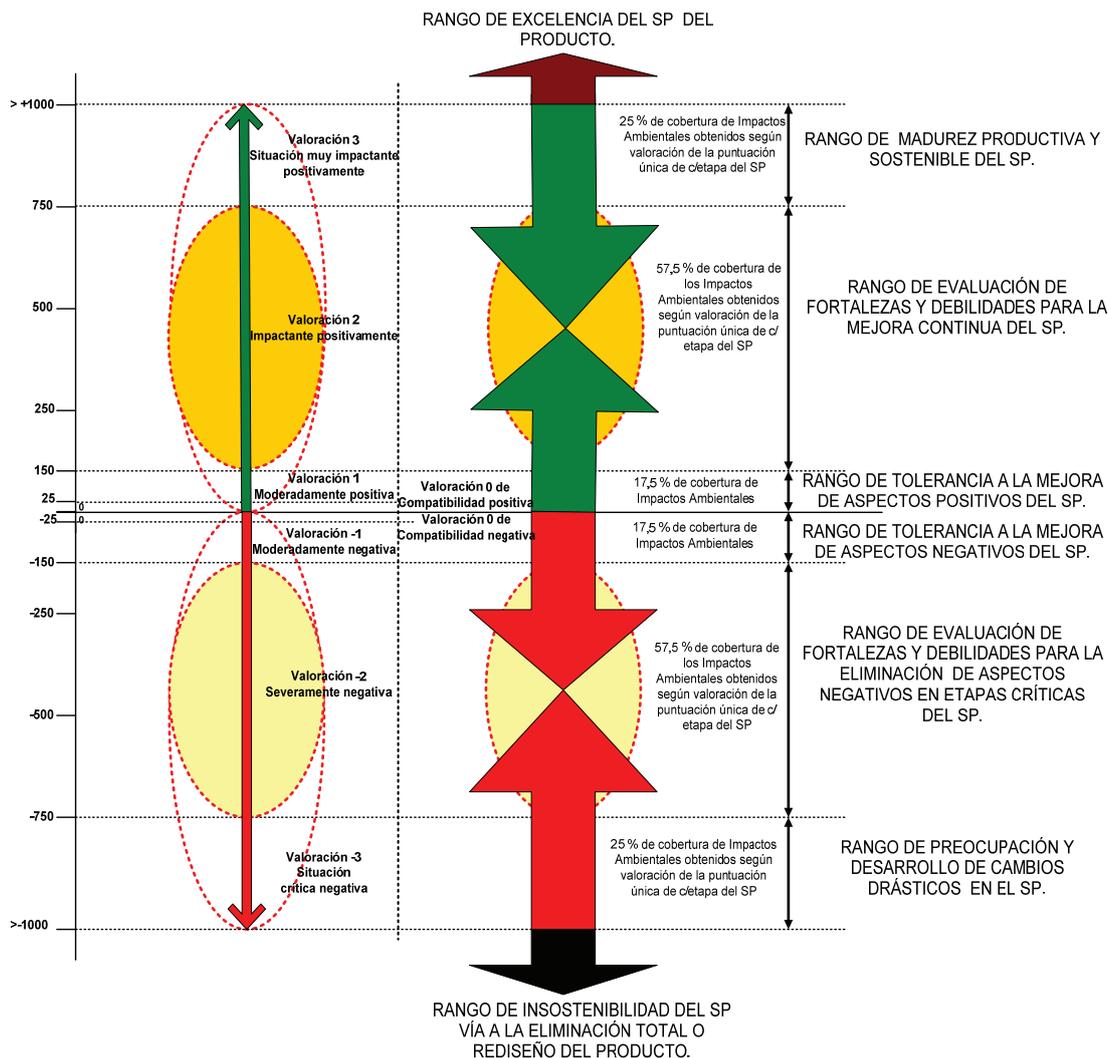


FIGURA 11. Modelo explicativo de la posible ocurrencia en la valoración de los impactos ambientales que se desarrollan en la fase de producción de un producto industrial. Las valoraciones pueden definirse con tendencia a la baja o alta de un indicador determinado, en la medida en que se acerca la Puntuación Única a los límites de cambio de rango. Fuente: Contreras *et al.* (2007).

La segunda valoración corresponde a la evaluación del ACV para el producto industrial cama Línea Mucuy 1, aplicando los principios del dAI y los de P+L. Se emplea la escala de valoración de la FIGURA 12. Expone los impactos positivos o negativos medioambientales de un producto industrial a partir de los Impactos Ambientales Totales del Sistema Producto (IATsp).

El valor del Impacto Ambiental del Sistema Producto Total del producto industrial $IASP_{tpi} = 246,83$, que al ser comparado con lo determinado en el CUADRO 1 ($IASP_{tpi} = 9,94$), se verifica la

actuación positiva de la gestión de la empresa al emplear los principios del dAI. Este valor ubica al producto industrial desarrollado, según la FIGURA 12 en el rango +151 a +750 de los intervalos de valoración medio-ambiental positivo, definido como *Impacto Ambiental Positivo (medianamente impactante del producto industrial)*.

Por ello, se valida en el proceso de ACV que determina los niveles de sostenibilidad de un Sistema Producto y de un producto industrial manufacturado con los principios del dAI, el ecodiseño y la ecoeficiencia (Producción Más Limpia). Esa valoración expone la aplicación y

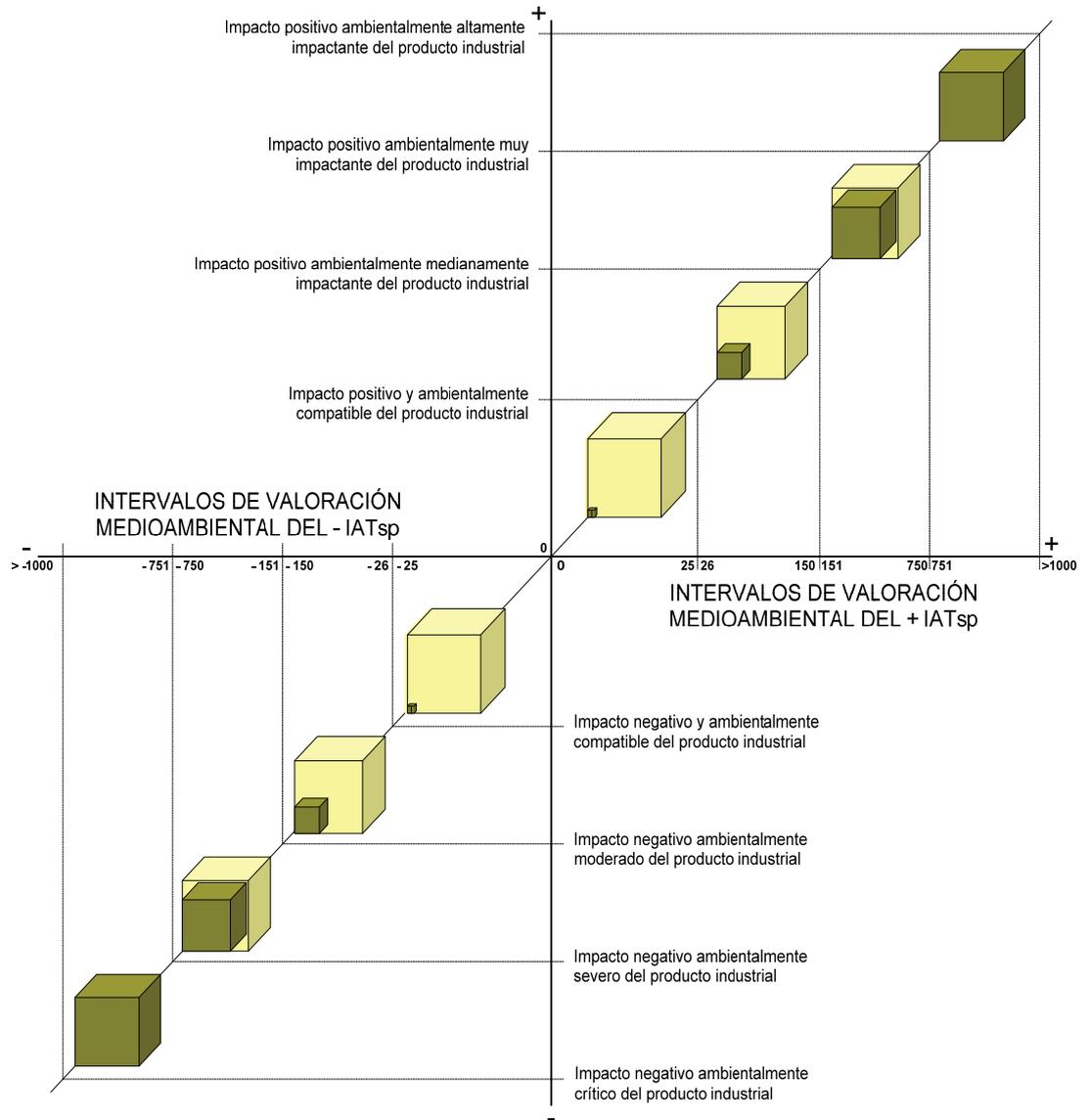


FIGURA 12. Escala de valoración de los impactos positivos o negativos medioambientales de los productos industriales a partir de los Impactos Ambientales Totales del Sistema Producto (IATsp).
Fuente: Contreras et al. (2007).

recomendaciones positivas de como se pueden desarrollar procesos de fabricación con menor impacto ambiental, al permitir la aplicación de los sistemas de gestión integrados de calidad, medioambiente y seguridad industrial, pero especialmente permite lograr un mayor nivel de sensibilidad de los proyectistas y de quienes tienen la responsabilidad de fabricar los productos, que se proyectará posteriormente a los consumidores.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se cumplió el objetivo principal de la investigación, al desarrollar todo el proceso de conceptualización del Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), en lo referido al desarrollo de Productos Industriales Sostenibles, dentro de una visión holística de la Integración Ambiental Total (IA_T) y la Ecología Industrial, en pro de alcanzar una mayor ecoeficiencia del sector industrial,

especialmente la Industria Forestal Venezolana, en plena integración con el medio ambiente.

Para ello y, a modo de ejemplo, se elaboró todo un ejercicio de diseño dentro del diseño industrial de muebles tipo kit. El diseño consistió en proyectar un juego de mueble individual para dormitorio, según las exigencias de mercado para clase media. Se seleccionó la alternativa Número 3, identificada como la Línea Mucuy. Se demuestra, que al emplear los principios del Ecodiseño y del dAI, así como la proyección de uso de tecnologías y Procesos más Limpios (P+L), de manera significativa se mejora esa interrelación armoniosa que debe existir entre el producto industrial y el contexto medioambiental de Venezuela, especialmente en lo que se refiere al uso del pino caribe de la Orinoquía.

Es de resaltar, los grandes esfuerzos que hace el Gobierno Nacional, por medio de CVG Proforca y en convenio a 25 años con Pdvsa, por tratar de establecer el plan de construcción de 50 mil viviendas por año, con su respectivo kit de mobiliario con madera de las plantaciones forestales de pino caribe, una vez estén instalados los complejos de siete aserraderos y carpinterías de nueva generación, a ser localizados en las adyacencias de las plantaciones del sur de los estados Monagas y Anzoátegui. Por ello, la herramienta metodológica del dAI, es una alternativa metodológica que permitirá desarrollar este tipo de productos industriales bajo los criterios de sostenibilidad, llegando a ubicar Venezuela en un ejemplo a seguir para el resto de países, no sólo desarrollados industrialmente, sino los que están en vías de desarrollo; donde los daños generados al medio ambiente son tan dramáticos, que no garantiza a esos países pobres en un periodo de tiempo de mediano plazo, el poder mejorar sus indicadores de calidad de vida ambiental, social y económicamente.

El dAI, es entonces una proyección de cambio en la forma de hacer diseño de Productos Industriales Sostenibles, que debe

seguir mejorándose con el consenso de expertos y promocionar su aplicación a otros sectores industriales, para que así pueda transformarse Venezuela, en una herramienta exitosa, como metodología para el diseño industrial, ingeniería y arquitectura.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTANTE, M^a., T. GÓMEZ, R. VIÑOLES, P. FERRER y S. CAPUZ. 2003. Identificación de la etapa de mayor impacto en el ciclo de vida de un producto industrial. Ponencia 03-16. VII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos AEIPRO. Pamplona, España.
- CAPUZ S. y T. GÓMEZ. 2002. *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 230 p.
- CLOQUELL, V. A. 2003. *Propuesta metodológica para la validación previa de indicadores y funciones de valor en el problema unificado de localización y evaluación del impacto ambiental de proyectos*. Tesis Doctoral. Departamento de Proyectos de Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 273 p.
- CONTRERAS MIRANDA W., V. CLOQUELL BALLESTER y M. OWEN DE CONTRERAS. 2007. *El Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), en el desarrollo de nuevos productos de madera*. Editorial Fundación Politécnica Antiguos Alumnos. Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Valencia, España. 175 p.
- CONTRERAS W. y V. CLOQUELL. 2006. *Propuesta metodológica de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI), aplicada a proyectos de diseño de productos forestales laminados encolados con calidad estructural*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 653 p.
- CONTRERAS, W., M. OWEN DE CONTRERAS y S. CAPUZ. 2004. La ecología industrial, el ecodiseño y los procesos más limpios en

la industria del mueble con madera en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 48(2): 91-101.

CONTRERAS, W., V. CLOQUELL y M. OWEN DE CONTRERAS. 2008. Niveles de sostenibilidad del proceso de fabricación de tableros de caña brava (*Gynerium sagittatum*), a partir del método ACV-Coclowen y el método de evaluación, Ecoindicador '99. *Revista Forestal Venezolana* 52(1): 45-63.

GÓMEZ-SENENT, E. 2002. Una aproximación a la resolución de problemas en proyectos. *Revista de Proyectos de Ingeniería* 1: 65-111.

GÓMEZ-SENENT, E. 1998. *La ciencia de la creación de lo artificial. Un paradigma para la resolución de problemas*. Colección Ciencia e Ingeniería. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 289 p.