

# EL ECODISEÑO Y ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA ACV-COCLOWEN EN LA DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE SOSTENIBILIDAD Y PROYECCIÓN DE MEJORA EN TABLEROS DE BAMBÚ DE USO NO ESTRUCTURAL EN MÉXICO

The Ecodesign and ACV-Coclowen Life Cycle Analysis in the determination of the levels of sustainability and projection of improvement in non-structural use bamboo boards in Mexico

Recibido: 30/11/2016  
Aceptado: 01/03/2017

**Pamela Estrada de La Rosa.** Universidad Autónoma Metropolitana, México. [pam.pp39@gmail.com](mailto:pam.pp39@gmail.com)  
**Wilver Contreras Miranda.** Universidad de Los Andes, Venezuela. [wilvercontrerasmiranda@yahoo.es](mailto:wilvercontrerasmiranda@yahoo.es)

## Resumen:

El Ecodiseño es una de las más recientes metodologías para la producción industrial que, debido a su inclinación por procurar el empleo de productos respetuosos con el ambiente, ha tenido una gran difusión en cuanto herramientas de análisis para definir los niveles de sostenibilidad en los materiales de producción, como lo es el análisis de ciclo de vida, en el mundo actual de diseño industrial. Dicha metodología, permite a los diseñadores hacer una planificación prospectiva para identificar y disminuir los impactos negativos y mejorar el producto. El presente trabajo así lo demuestra, ya que mejora y precisa los más importantes impactos del Sistema Producto de los tableros aglomerados de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris*) y adhesivo acetato polivinil (PVA); incorpora la técnica de decisión multicriterio para reforzar e interrelacionar lo determinado en el método usado ACV-Coclowen Simple; por último, ratifica la importancia y factibilidad que tiene el uso del bambú en la elaboración de productos forestales diversos con principios de sostenibilidad. Dicho análisis se ubicó en la producción de bambú (*Bambusa vulgaris*) en la comunidad de San José Acateno, Puebla, (México). Los resultados arrojados presentan una serie de oportunidades para el pueblo y las comunidades aledañas, si se incorporara este modelo de trabajo a sus procesos de producción.

Palabras clave: Tableros, Desarrollo Sostenible, industria forestal mexicana, desarrollo endógeno, ecoinnovación.

## Abstract:

Ecodesign is one of the most recent methodologies for industrial production. Because of its use of environmentally-friendly products, it has been widely disseminated in today's world of industrial design as an analysis tool to determine levels of sustainability in material production, such as the life cycle analysis. This methodology allows designers to prepare a prospective planning to identify and reduce negative impacts and improve the product. The present study demonstrates the value of this methodology, as it improves and accurately determines the main effects of the Product System of conglomerates particleboards of bamboo (*Bambusa vulgaris*) and polyvinyl acetate (PVA) adhesive. This methodology also incorporates the multi-criteria decision-making technique to reinforce and interrelate what has been determined by the used ACV-Coclowen Simple Method. Finally, the present study ratifies the importance and feasibility of the use of bamboo in the elaboration of diverse forest products compliant with principles of sustainability. This analysis focused on bamboo production (*Bambusa vulgaris*) in the community of San José Acateno in Puebla, (Mexico). The results presented show a series of opportunities for the people and the surrounding communities, if this work model were incorporated into their production processes.

Keywords: Panels, Sustainability Development, mexican forest industry, endogenous development, ecoinnovation.

## Introducción

La presente investigación parte de un trabajo realizado, en una primera fase, por Estrada de La Rosa (2016), donde se determinó la factibilidad tecnológica del bambú (*Bambusa vulgaris*) como materia prima para la fabricación de tableros aglomerados de partículas con adhesivo polivinílico (PVA) de dos niveles de resinosidad de 16 % y 20%, a una densidad de 600 kg/m<sup>3</sup>. De estos datos, y a partir de las indicaciones técnicas de las normas internacionales DIN 52361, 52362, 52364 y 52365 para tableros aglomerados de partículas, se determinaron las propiedades mecánicas de flexión estática y tensión perpendicular a la superficie del tablero (adhesión interna), así como las propiedades físicas de densidad y contenido de humedad. Los resultados, al ser comparados con la Norma COVENIN 847-91 y la DIN 68761, permitieron indicar que los tableros fabricados con esta especie de bambú presentan propiedades que no están acordes con los valores estipulados por las normas para tableros aglomerados de partículas. Por ello, se determinó que no pueden ser usados para usos estructurales; sin embargo, sí se recomienda para emplearse en cerramientos (paredes divisorias), recubrimientos y mobiliario.

En la segunda etapa, se desarrollaron estrategias para enriquecer y potenciar el trabajo precedente mediante la inserción del diseño de estrategias de Ecoinnovación, mismas que proporciona el ecodiseño, y las corrobora en su visión prospectiva y propositiva el análisis de ciclo de vida de productos industriales. De esta contextualización, abordar el análisis ACV-Coclowen propuesto por Contreras et al. (2006), nos ha permitido ampliar los horizontes tecnológicos en el marco de los principios del Desarrollo Sostenible.

En este sentido, el motivo de la presente investigación se desprende de que, en efecto, nos fue posible implementar las estrategias de ecodiseño propuestas en la Rueda de la

Sostenibilidad desarrollado por Contreras et al. (2010); tomando en cuenta las debilidades técnicas de los tableros manufacturados detalladas por la investigación base, entre ellas, la poca consistencia y fácil delaminación de los tableros al entrar en contacto con la humedad. En el entendido de lo anterior, y con base a las propuestas de mejora definidas en el ACV-Coclowen, se recomienda su uso como alma (o espacios internos) para que sea parte de una tablazón, conformado de tiras de madera y el alma, con el debido acabado superficial. Esta alternativa supone una ampliación de las posibilidades para su uso, ya que puede disponerse como un cerramiento (pared divisoria), un techo, un tablazón vertical para un mueble revestido o, con acabado superficial de poliuretano transparente de manera, que deje a la vista la calidad estética de las tiras de madera mientras armoniza con la textura y color de los tableros de partícula manufacturados.

Esta propuesta permite, desde el campo de la ecoinnovación, emplear la estrategia del ecodiseño para posibilitar la incorporación de ciertos valores culturales del lugar donde se desarrolla la actividad semi industrial; es decir, manufacturar los tableros de bambú + PVA para la elaboración de muebles, cerramientos (paredes divisorias), techos de viviendas y oficinas, que incluyan características propias de la comunidad. De la misma manera, se proyecta su uso en la elaboración de muebles y artesanías diversas en que el acabado superficial puede ser de microláminas de melanina, chapillas de madera, pero en especial, el uso de esterillas de bambú con sus diversos entretejidos vernáculos. Por ello el pensar en incorporar las esterillas con diseños artesanales de la cultura de las comunidades indígenas que habitan el territorio del estado de Puebla (Nahuas, Popolocas y Masatecos) que constituyen parte importante de la población es un aporte que constituye una mirada contrapuesta a la globalidad en el sentido en que ratifica y refuerza el valor de lo local (figura 1).

Los antecedentes antes expuestos, demuestran una cualidad fundamental en este tipo de investigación, el énfasis sobre la implementación de la filosofía y los principios del ecodiseño no sólo en la conceptualización de propuestas de diseño de prototipos industriales, sino también en la revalorización de las expresiones simbólicas y saberes locales; que al ser abordadas con sapiencia, experticia y planificación prospectiva, consiguen ampliar los horizontes para el mejoramiento que supone esta nueva propuesta en conjunto con planteamiento original. Tal como lo contempla la rueda de las estrategias de diseño para el ciclo de vida (Life-cycle Design Strategies – LiDS - Wheel) de Brezet y van Hemel (1997), fundamentos para las estrategias, en la misma materia, que se han realizado en las últimas dos décadas, como lo son la PILOT (Ecodesign on line Pilot, 2016); ¿Cómo aplicar el Ecodiseño? (Ihobe, 2016a) y el Manual Práctico de Ecodiseño; Operativa de Implantación en 7 Pasos (Ihobe, 2016b) o la Rueda de la Sostenibilidad. Dichas prácticas nos colocan ante tiempos de proyección y consolidación de lo sistémico, armonioso y respetuoso entre la actividad antrópica y la naturaleza.

## 1. Posibles perspectivas del Ecodiseño en la manufactura de tableros de bambú en México

En México la industria de los tableros aglomerados es mínima, entre las causas se destaca la falta de tecnología, aunado a la sobre explotación de bosques y selvas, motivo que ha convertido a este país en un importador de tableros. De ahí, que entre el año 2003 y 2012, el déficit tuvo un incremento de 348 a 554 millones de dólares USD. (Financiera Rural, 2015). Ello conlleva a procurar el uso de materias primas alternativas como las diversas especies de bambú para la generación de nuevos productos forestales, y de ahí, la proyección de nuevos procesos tecnológicos de transformación y



Figura 1. Fabricación de un quechquemitl. Urdido de hilos de algodón. San Pablito, Pue.

Fuente: Galinier, J. (2015) <http://books.openedition.org/cem-ca/2720?lang=es>

manufactura para nuevos productos industriales que, en su visión sistémica e integradora, encuentran en el ecodiseño una herramienta metodológica fundamental para alcanzar la ecoinnovación.

Se entiende por Ecodiseño una metodología empleada en el ámbito de los productos industriales, en que el que el medio ambiente es un criterio relevante durante el proceso de su desarrollo, como un *factor adicional* a los que tradicionalmente se toman en cuenta para la toma de decisiones: diseño estético, calidad, coste, etc. (Ecolan, 2016). En la actualidad esta herramienta metodológica expande su campo de acción, con criterios y estrategias adaptadas a otros ámbitos de las ciencias, como la arquitectura, ingeniería y geográficas, entre otras.

De ahí que la presente investigación proponga el uso de una especie de rápido crecimiento como lo es, la gramínea *Bambusa vulgaris*, que ofrece grandes ventajas respecto a los materiales constructivos tradicionales y, hasta alternativos, como la madera. Es una planta que sirve para la construcción de viviendas, muebles y artesanías, entre otros cientos de usos y que, una vez que se encuentre consolidada, es

decir, que se conforme por una familia de cañas que pueden ser aprovechadas de manera sostenible desde los 3 años de su fase madura; contribuye a la restitución y belleza del paisaje de espacios naturales deteriorados por la acción antrópica, además que propicia la captura de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>.

Esta investigación promueve el uso de esta especie para propiciar el aprovechamiento de los sembradíos de bambú presentes en varios estados de la República Mexicana, principalmente en estados como lo son Puebla y Veracruz para la fabricación de tableros de partículas aglomeradas, de manera innovadora, propone una alternativa a los procesos tradicionales de la industria del mueble mexicano, los cuales mantiene en uso productos forestales derivados de madera sólida; muestra de ello lo reportado por Guzmán et al (2005; 2012), al exponer que es Ocotlán, Jalisco, es donde radica la mayor suma de industrias madereras de México, conformadas por pequeñas y medianas empresas, que en su mayoría, basan su producción en productos madereros, resinas, disolventes y otros materiales contaminantes, lo que refiere a un mínimo y muy limitado uso del ecodiseño en la fase creativa y productiva de muebles.

Para estas empresas dependientes de productos madereros, el uso del bambú es una alternativa viable tanto en materia tecnológica, como económica; así como un bajo impacto ambiental durante su producción. De esta manera, no sólo permite activar la economía de la industria de tableros del país, sino también preservar los bosques de coníferas. Motivar la creación de cooperativas, micro y pequeñas empresas que podrían utilizar esta alternativa de materiales para una producción responsable y con bajos impactos para los ecosistemas y comunidades rurales que habitan en los lugares adyacentes a las plantaciones forestales de bambú, con el agregado de claros beneficios socioeconómicos por la incorporación de mano

de obra y valores culturales locales. Lo anterior se corresponde con los principios definidos en la Agenda 21 en el marco del Desarrollo Sostenible, donde se prioriza el desarrollo local versus el desarrollo global. En ese sentido, es bueno acotar que la Agenda 21 se gestó en la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible organizada por Naciones Unidas en Río de Janeiro (Brasil) el año 1992, también conocida como Cumbre de la Tierra.

El presente proyecto hace hincapié no solamente en manufacturar los tableros aglomerados de partículas, sino en estimular la incorporación del saber del pueblo, de cuatro comunidades productoras de bambú, para este caso de estudio, en Puebla Hueytamalco, San José Acateno, Tenampulco y Ayotoxco. Los tableros propuestos con las mejoras tecnológicas a la investigación base, realizada por Estrada de La Rosa (2016), como la incorporación de los valores culturales y antropológicos de los pueblos originarios; la incorporación de revestimientos de los paneles con plásticos reciclados polietilenos (PE) o polipropilenos (PP) termo fundidos; o el diseño de nuevas mezclas y uso de adhesivos ecológicos, entre otras; son propuestas surgidas de la presente investigación debido a la implementación de las estrategias del Ecodiseño y del ACV-Coclowen, de manera que la propuesta original toma un giro hacia la ecoinnovación para la industria del mueble mexicano, al tiempo que minimiza el impacto hacia a los bosques naturales, así como se abre la posibilidad de que los productores de zonas donde ya se cultiva esta especie, puedan elevar su calidad de vida.

Finalmente, los tableros de partículas elaborados por Estrada de La Rosa (2016), donde se empleó un adhesivo cuya estructura química es de matriz vinílica (PVA) con un entrecruzamiento a nivel molecular, y que a pesar de su debilidad en la delaminación por humedad, le proporciona mayor ventaja al momento de

producirlas, pues su prensado es en frío; es decir, no requiere una prensa eléctrica que eleve la temperatura del tablero para su formado, por lo que cumple con los tres preceptos de la Matriz MET citados por Jaén y Villanueva (2013): ahorro de energía, menor consumo de materia prima de la fuente y el fomento a las alternativas, el reciclaje y reutilización, lo que disminuye la toxicidad. La prensa a utilizar puede ser hidráulica o manual, así, la tecnología para producirlos es poca y da una ventaja económica para el consumidor final. La desventaja es que no están destinados a usos estructurales. La apariencia de los tableros es agradable a la vista recomendándose su empleo para revestimientos como panel decorativo, pues causa una sensación de naturalidad y confort para el usuario.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. El Ecodiseño, consideraciones metodológicas del proyecto

En el apartado anterior ya se han mencionado varias herramientas de análisis de ecodiseño, y se ha enfatizado repetidamente la selección de la Rueda de la Sostenibilidad Coclowen propuesta por Contreras et al. (2012) para la puesta en práctica del presente trabajo dirigido bajo los lineamientos trazados por Contreras et al (2010), que en su conjunto aborda de manera sistémica e integradora la incorporación de especificaciones medioambientales a los productos desde las primeras fases de su concepción, pero con la característica de considerar aspectos ampliados de seguridad industrial, socioeconómicos, cultural, infraestructural y políticos de una región y de un país. Esta Metodología encuentra su origen en el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, en convenio con la Universidad Politécnica de Valencia, España, y que tiene definida escalas que valoran el nivel de sostenibilidad de un producto o proceso industrial.

El análisis de ciclo de vida es un instrumento que requiere ser situado en una región específica para determinar los impactos que causaría éste material dentro de sus etapas de su ciclo de vida: extracción, distribución, uso y descarte. Por lo que se tomó a la comunidad de San José de Acateno, Estado de Puebla, México, debido a que en dicha comunidad se siembra bambú de la variedad *Bambusa vulgaris* y hace factible el desarrollo de este proyecto para la generación de una micro o pequeña empresa productora de tableros aglomerados de partículas.

El ACV-Coclowen es un análisis destinado para los productos forestales (industria de madera laminada, tableros y del mueble); simplifica los métodos de análisis y la disminución de la escala de dependencia tecnológica, complejidad y pragmatismo; implementa la herramienta técnica de decisión multicriterio llevado por expertos del sector forestal; dicha experticia permite eliminar la subjetividad en la manera de evaluar las etapas del proceso del sistema producto, para desarrollar las técnicas y estrategias de desarrollo en todas las áreas del conocimiento, así como, de las áreas productivas con decisiones acertadas y concertadas.

Además, se retoman criterios de diseño de productos manufacturados bajo los criterios definidos por la metodología de diseño medioambiental de productos industriales (Environmental Design of Industrial Products - EDIP), dicha que fue definida por Wenzel et al (1997), y procura la interacción efectiva entre diseñador y especialista, las actividades con trascendencia medioambiental durante el desarrollo de productos a través de cuatro etapas o tareas: concreción, especificación, síntesis y verificación.

Por ello, y retomando a Ferrer et al. (2005) para reforzar el presente trabajo, enfatizamos que para tener visión integral de cada una de esas etapas, la EDIP propone el uso del análisis de ciclo de vida (Life Cycle Assessment - LCA), la cual es reglamentada por la norma UNE-EN



ISO 14040, siendo herramienta clave para la toma de decisiones de carácter medioambiental por parte del diseñador. Así, aunque el ACV se considera generalmente como una herramienta de evaluación medioambiental, la EDIP realiza un esfuerzo de adaptación e integración de ésta en el proceso de desarrollo de productos, sin dejar de lado la labor del ecodiseño en empresas pequeñas, en éstas las actividades de evaluación ambiental pueden realizarse una sola vez para una familia de productos, obteniéndose guías de diseño sencillas que permitan su incorporación a la empresa.

Los aspectos a evaluar durante el análisis de ciclo de vida determinarán el nivel de sostenibilidad del sistema producto (SP) a través de una escala que va de -3: Alto impacto negativo; -2: Impacto negativo medio; -1 Muy poco impacto negativo; 0: Neutro; 1: Muy poco impacto positivo; 2: Impacto positivo medio; 3: Alto impacto positivo.

Dichos aspectos son: Residuos sólidos orgánicos, residuos plásticos, residuos líquidos: aceite, querosene, benceno, etc., residuos de agua, emisiones: gases, humo, polvo, etc., residuos de procesos y transporte, riesgos de daños por vibraciones por las maquinarias, riesgos de incendio en los procesos agroindustriales, riesgos de contaminación y daño al suelo, riesgo de toxicidad humana, riesgo de accidentes físicos en área de trabajo, niveles de calor en áreas de trabajo, aspectos físicos restringidos en el área de trabajo, gasto de energía de agua, gas y combustible, lixiviación de afluentes de los procesos, acidificación de aguas cercanas a industria y plantaciones, riesgo de erosión del suelo por procesos y plantaciones, daños a la flora por procesos por procesos y plantaciones, daños a la fauna por procesos y plantaciones, beneficios económicos del proceso, beneficios sociales del proceso a los trabajadores, beneficios de la empresa a comunidades adyacentes, daños a la capa de ozono, residuos metalúrgicos de los procesos, impactos al paisaje por

procesos agroindustriales, impactos en los ecosistemas por procesos agroindustriales, impactos ambientales producto del transporte de la materia prima y producto, posibilidades de creación de micro, pequeña y mediana empresa.

Para este sistema producto, bambú (*Bambusa vulgaris*) en Acateno, Puebla, estos aspectos a evaluar se incluyen en 5 etapas: obtención, procesos, transporte, uso y disposición final. A su vez, dividimos estas etapas en subsistemas organizados de la siguiente manera:

- Obtención: obtención del bambú en plantaciones de Acateno, México; fabricación del PVA, fábrica en México Distrito Federal; transporte del PVA del Distrito Federal a Acateno MIPE (son 340km), transporte cañas a industria MIPE (10km)
- Procesos: patio almacenaje de cañas y formación de tiras; cepillado de tiras para quitar cutícula; IM/BOFO interno; transformación de cañas a partículas en viruteadora; tamizado y clasificación de partículas; preservación de partículas (Boro 40%); secado de partículas <6% contenido de humedad; encolado de las partículas aspersión del PVA; prensado del tablero en frío y 24 horas (100T/D); corte final de los tableros; almacenaje, acondicionamiento y venta de tableros; transporte a fabricantes, muebles en Puebla (203km).
- Transporte: fábrica del mueble/muro divisorio (tablazón tiras de madera); transporte del mueble de Puebla al Distrito Federal (131km).
- Uso: montaje de los paneles, mueble/muro divisorio-revestido); uso del tablero en el mueble/muro divisorio (50 años); desmontaje del mueble/muro divisorio.
- Disposición final: reciclaje partes del tablero 95%; disposición final a vertedero de residuos 5%.

Luego de esta evaluación se utilizó el software Expert Choice para evaluar de nuevo las etapas

del sistema producto corroborando en dicho software la exactitud de la Rueda de la Sostenibilidad Coclowen propuesta por Contreras et al (2012).

## 2.2. Análisis de Ciclo de Vida ACV-Coclowen y los niveles de sostenibilidad del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo acetato polivinílico (PVA)

Abordar un análisis de ciclo de vida según la Norma ISO 14040 y todo el compendio técnico

definido por Cloquell et al. (2007), exige del cumplimiento de varios formatos que permitan tanto al equipo de expertos que lo realiza, como de quienes lo consultan, la incorporación de información técnica expuesta de forma precisa, clara, comparable y verificable. De ahí, que se exponga con planificación prospectiva en el Cuadro 1 las principales características técnicas medioambientales, sociales, económicas e institucionales del *Sistema Producto* de los tableros de partículas de bambú y adhesivo base polivinilo PVA.

Cuadro 1. Principales características técnicas del Sistema Producto de los tableros aglomerados de partículas de bambú con acetato polivinílico (PVA).

Fuente: Elaboración propia

Contexto de Sector y Requerimientos	Características Técnicas
Sector	Forestal de la República Mexicana
Industria	Industria Mecánica Forestal de Tableros Aglomerados de Partículas
Objetivos	Realizar a través del Método ACV-Coclowen Simple, el estudio y determinar los principales niveles de sostenibilidad (ambiental, económico, social, institucional) del Sistema Producto de los tableros aglomerados de partículas de bambú ( <i>Bambusa vulgaris</i> ) y Adhesivo PVA
Alcances	Con visión y planificación prospectiva determinar de manera aproximada cualitativa y cuantitativa los más importantes impactos generados en la manufactura de los tableros de partículas de bambú, proveniente de las plantaciones establecidas en las adyacencias a la comunidad rural de San José de Acateno, estado de Puebla, México. En caso de consolidación se propone el establecimiento de micros y pequeñas empresas, así como los más importantes parámetros para realizar el diagnóstico a lo largo del ciclo de vida de los tableros, se valoraron veintitrés indicadores, entre los cuales están: generación de residuos sólidos; consumo de energía; daños ocasionados a ecosistemas naturales y a la salud humana; beneficios a trabajadores y comunidad adyacente.
Funciones del Sistema Producto	Desarrollo de un Sistema Productos a partir de la elaboración de tableros de partículas de bambú y adhesivo PVA.
Unidad Funcional (UF)	A partir de un tablero experimental de dimensiones (55 cm X 55 cm X 0,19 cm) a densidad teórica de 600 kg/m <sup>3</sup> , conformado por partículas de bambú y adhesivo a una resinosidad de 20% y un contenido de humedad de 4%, se determinó que la Unidad Funcional (UF) es 1 m <sup>3</sup> con espesor de 0,19 cm
Sistema Producto y límites	Definido en la figura 3, con las principales etapas que conforman el ciclo de vida de los tableros, sus entradas, procesos y salidas de impactos.

Cuadro 1. Continuación...

Contexto de Sector y Requerimientos	Características Técnicas
Nivel de dificultad	Se hace uso del Método ACV-Coclowen Simple, que exige la mayor experticia técnica de los expertos para tener un mayor nivel de confiabilidad de la estructura, abordaje y análisis de la información, permitiendo tener una visión sistémica y prospectiva del proyecto.
Procedimiento asignado en la asignación de cargas	Método ACV-Coclowen Simple, con valoración consensuada de los expertos en cada etapa relacionada a cada indicador en una escala de -3,-2,-1,0,1,2,3
Tipos de impacto	Uso de 23 indicadores que relacionan los principales aspectos técnicos de las dimensiones de la sostenibilidad (Figuras 4; 4 a; 4 b)
Referencias bibliográficas	Cloquellet al (2007); diversidad de consultas en la web para establecer procesos análogos de las actividades antrópicas y su relación con la naturaleza
Método de recopilación	Método ACV-Coclowen Simple, por ser el más sencillo para la escala del presente trabajo
Generador de tratamiento de datos y su calidad	Dr. Wilver Contreras Miranda; Dra. Mary Elena Owen de Contreras; Lic. Pamela Estrada de La Rosa; Ing. MSc. María Teresa Rondón Sulbarán; Dr. Eric Barrios Pérez.
Verificación	Dr. Wilver Contreras Miranda y Dra. Mary Elena Owen de Contreras
Comentarios finales	El presente trabajo basa su éxito en la experticia técnica de sus realizadores, que en el proceso de análisis y discusión no sólo partieron de la limitación técnica de los tableros, sino que el ACV-Coclowen Simple y la implementación de la Rueda de la Sostenibilidad Coclowen, permitió proyectar la realización de nuevos productos que mejoran la investigación primaria con nuevas mezclas de productos y sus posibilidades de usos; ampliar su asignación de usos como alma de estructuras entamboradas de muebles, cerramientos o paredes divisorias y techos, haciendo las debidas recomendaciones de tratamientos resistentes al ataque de agentes xilófagos y a la humedad; la incorporación de esterillas en sus diversidad de formas, texturas y colores realizadas con bambú y otras fibras vegetales por las comunidades originarias del estado de Puebla, México.



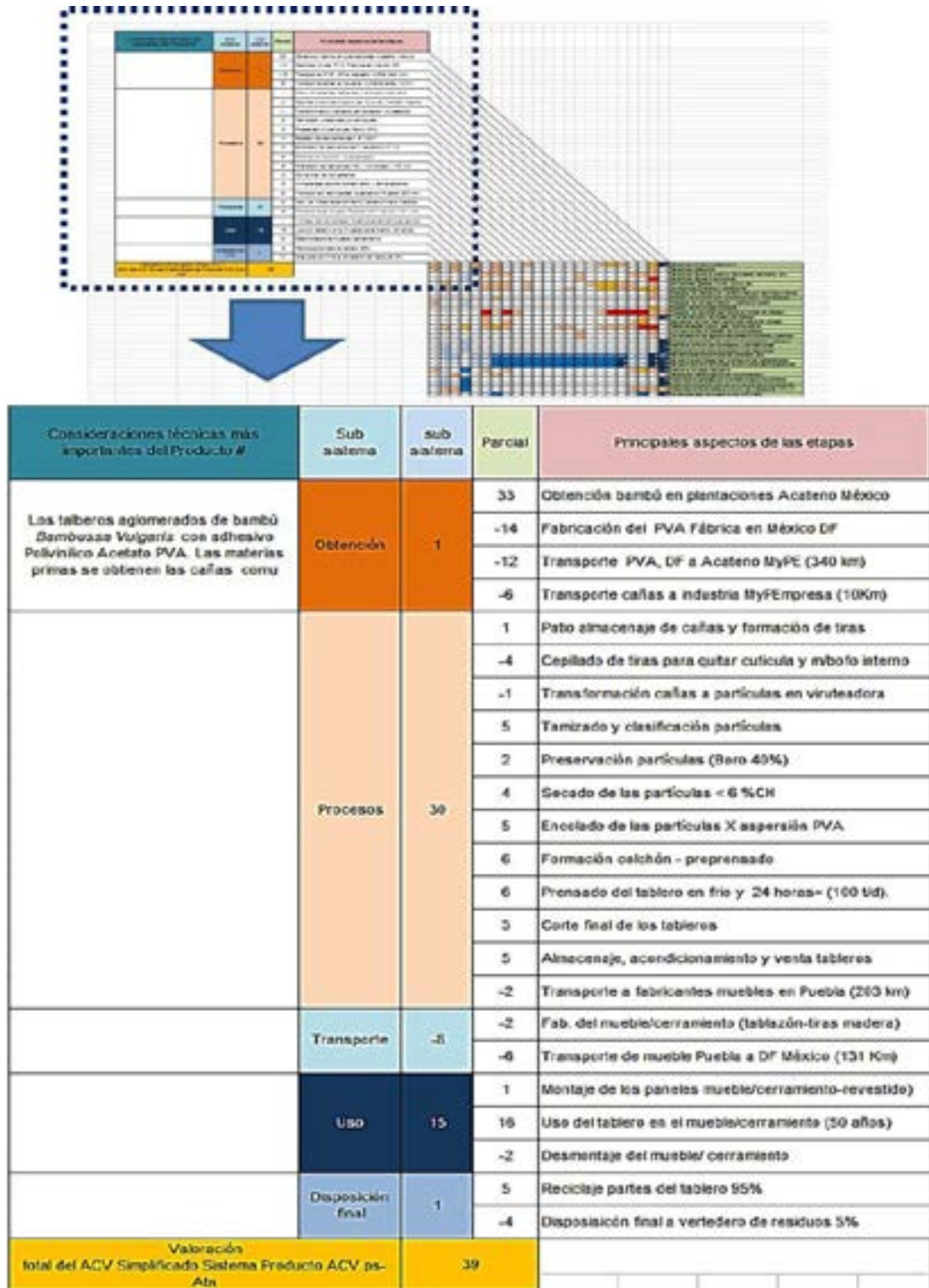


Figura 2. Representación parcial de algunas de las características más importantes de las etapas que conforman el Sistema Producto – ACV: Coclown del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido).

Fuente: Elaboración del consejo técnico de expertos de ACV

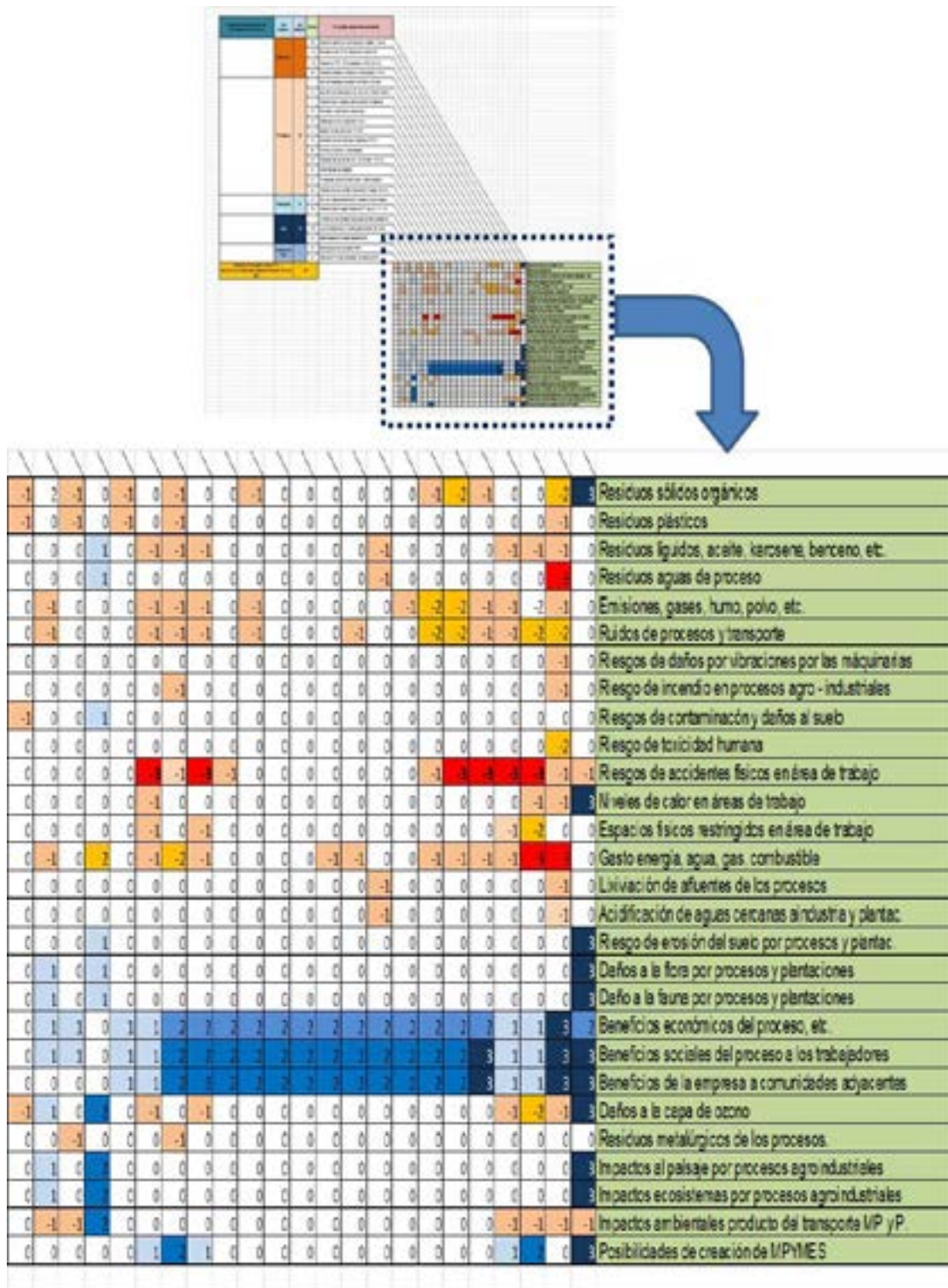


Figura 3. Esta es una ampliación de una parte de la figura 2. Representación parcial de las valoraciones según escala (-1: Muy poco impacto negativo; -2: Impacto negativo medio; -3: Alto impacto negativo; 0: Neutro; 1. Muy poco impacto positivo; 2: Impacto positivo medio; 3: Alto impacto positivo, sobre ecosistemas naturales, los beneficios socio económicos o seguridad industrial de trabajadores y comunidades adyacentes a la industria, entre otros), de las 23 etapas descritas en la figura 2, 2.a y 2.b que conforman el Sistema Producto – ACV: Coclwen del tablero aglomerado de partículas de bambú con PVA (R: 20% con 51.11 de Contenido de Sólido).

Fuente: Elaboración del consejo técnico de expertos de ACV

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Análisis de Ciclo de Vida ACV – Coclowen Simple

Al desarrollar el Análisis de Ciclo de Vida de los tableros aglomerados de partículas de bambú y PVA (R: 20%) se tomó como ejemplo a la población rural de San José de Acateno, Estado de Puebla, México, donde podrían ser manufacturados los tableros; haciendo uso del Método ACV-Coclowen simplificado preliminar, como se aprecia en las figuras 2 y 3 (Representaciones parciales del Sistema Producto-SP); en la Representación total de impactos en las etapas del SP (figura 4); en la Representación parcial de los indicadores y las evaluaciones respecto a las etapas del SP; así como las valoraciones de la totalidad de cada una de las etapas con los indicadores de impactos ambientales, beneficios sociales, económicos y las condiciones de riesgo de seguridad industrial, sucedidas a través de cada una de las etapas que conforman el Sistema Producto. Cada uno seguido de un análisis resumido sobre los principales aspectos técnicos del ACV para los tableros aglomerados de partículas de bambú y PVA en cada una de sus principales etapas.

##### 3.1.1. Etapa de Obtención de Materia Prima

La figura 4 incluye en la etapa de obtención de materia prima al transporte, siendo

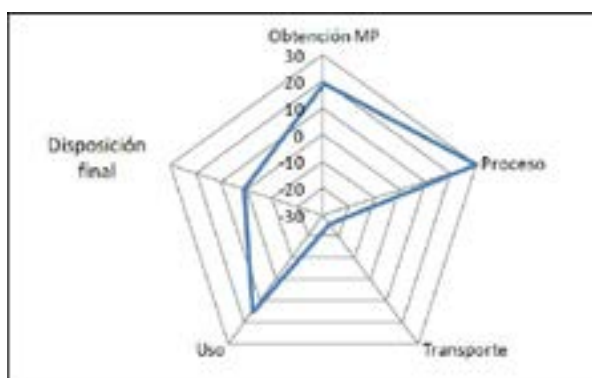


Figura 4. Representación de la totalidad de los impactos en cada una de las etapas del Sistema Producto de tableros aglomerados de partículas de bambú con adhesivo PVA.

Fuente: Elaboración propia

sólo referencia para el análisis de la etapa ya que la suma total de la valoración de impactos por esta actividad en las diversas etapas del SP (obtención y transporte de cañas; obtención y transporte de PVA; transporte para la distribución y venta, así como la disposición final), se unifican en la etapa correspondiente a transporte analizada más adelante.

Valoraciones Positivas: Resalta la valoración positiva más alta del análisis sistémico (PU= +33: Figura 3) los altos beneficios ambientales que tiene el establecimiento de las plantaciones de bambú en el sector adyacente a la comunidad rural de San José de Acateno, que los expertos han sabido a reconocer en el marco del Desarrollo Sostenible. La mejora estética del paisaje y del potencial hídrico; la captación de carbono, además de que las plantaciones generan cantidad de biomasa que sirve como abono al suelo, aparte de ser un material sostenible en el tiempo que permite cubrir la demanda de cañas de bambú para la actividad manufacturera de tableros, su aprovechamiento, transformación y fabricación de paneles de muros divisorios también llamados cerramiento y techos, mobiliario y diversidad de artesanías, estas últimas elaboradas por las comunidades indígenas del Estado de Puebla, lo cual viene a ser un alto valor agregado de la cultura de la región y los claros beneficios socio económicos que ello implica para sus creadores.

De ahí que en los beneficios socio económicos, las valoraciones que dieron los expertos respecto al fomento y establecimiento de plantaciones de bambú en el sector, son: la incorporación de mano obra local y regional de las poblaciones indígenas; mejores ingresos económicos a trabajadores y a las comunidades adyacentes a las plantaciones (+3 en etapa de obtención de materia prima y proceso: figuras 2 y 3), así como la formación de un diverso número de micro empresas para cada uno de los primeros procesos del SP (planta-



ción-obtención de cañas, transporte de cañas, formación de pseudo-esteras de las cañas y la diversidad de tejidos artesanales de esteras como acabado final de muebles y cerramientos (paredes-techos).

Así la formación de micro empresas locales fortalece el desarrollo local o endógeno, uno de los preceptos de la Agenda 21. Ratifica los criterios de valoración expuestos en la figura 3 donde se alcanza la segunda mayor valoración positiva (PU: +19) en lo que respecta a beneficios socio económicos en la etapa de obtención de materia prima.

Valoraciones Negativas: Esta etapa, se ve afectada por la valoración PU= - 14 del proceso de manufactura del PVA en la planta industrial localizada en México DF, especialmente definidos por los niveles de toxicidad de sus procesos químicos, los vertidos-emisiones-residuos de los procesos industriales.

Por otro lado, se hace énfasis en la valoración de PU= - 1 respecto al indicador de riesgos en las áreas de trabajo (figura 5), siendo el de mayor particularidad en esta etapa, el de riesgo de accidentes en el mantenimiento y extracción de cañas en las plantaciones de bambú debidas a picaduras de serpientes, machucones y cortes con herramientas filosas.

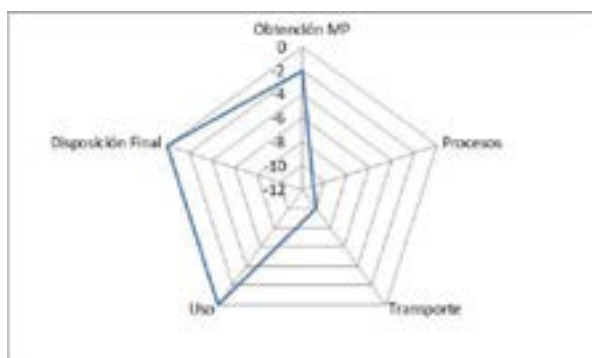


Figura 5. Representación de los impactos referidos al indicador de riesgos de accidentes físicos en el área de trabajo.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2. Etapa de procesos de manufactura de los tableros

Al concluir el ACV del Sistema Producto de los tableros de partículas de bambú con PVA, permite llegar a inferir que es un producto afín a los principios de las dimensiones del Desarrollo Sostenible

Valoraciones Positivas: Su valoración parcial en esta etapa (PU:+33), es producto de las consideraciones que en su conjunto vienen a generar las actividades positivas, socio productivas y artesanales referidas a la promoción y desarrollo de plantaciones forestales de gramíneas, la incorporación de mano de obra campesina, la posible formación o incorporación de organizaciones productivas, incorporación de los valores culturales endógenos, que entre otros, se suman a procesos semi industriales que tienen previstos la implementación del uso de tecnología ecoeficiente en la MyPE, sistemas de gestión medioambiental y el ecodiseño en la concepción de los productos manufacturados. Éstos preceptos deben llegar a generar mínimos impactos debido a un menor consumo de energía y racionalización de procesos; pocos residuos-vertidos-emisiones que representen riesgos de toxicidad y contaminación a personas y medio ambiente; daños por vibración y calor en cada etapa de los procesos del Sistema Producto; además de la generación de oportunidades de trabajo, mejores ingresos y beneficios socio económicos a trabajadores y comunidades involucradas.

Valoraciones Negativas: Remitiéndose a las figuras 2 y 3, se denota que existen valoraciones negativas de PU: -3 para varias etapas del SP referidas al indicador de riesgos para los trabajadores en el área de trabajo. Esto es en virtud de que los evaluadores consideran la factibilidad de que existan posibilidades de accidentes por corte de herramientas, vibraciones, polvo y ruidos en el proceso global de manufactura en las instalaciones de la MyPE.

### 3.1.3. Etapa de procesos de transporte de materias primas y de los tableros

Valoraciones Negativas: En referencia a la etapa de transporte, como se puede apreciar en la figura 3, se resaltan iguales valores negativos por los altos riesgos de accidentes en la carretera de autopistas y vías rurales, haciendo la acotación de que los expertos consideraron el uso de unidades de transporte modernas con aire acondicionado y buen mantenimiento, garantía de seguridad y confort al chofer.

Los valores negativos más altos de esta etapa por riesgo y emisiones de CO<sub>2</sub> fue el de PU=-12: figuras 2 y 3, el cual corresponde al proceso de traslado del adhesivo desde la ciudad capital de México DF hasta la MyPE localizada en San José de Acateno con una distancia de más de 340 km, seguido de los valores iguales de PU=-6: figuras 2 y 3, de las dos etapas de transporte: de cañas desde la plantación hasta la MyPE y la de tableros a la industria manufacturera de muebles en la ciudad de Puebla.

### 3.1.4. Etapa de uso de los tableros de partículas de bambú y PVA

Una de las nuevas concepciones del ecodiseño es procurar diseños clásicos para aumentar el nivel de querencia y pertenecía en el tiempo de los objetos industriales, ya que la mayor prolongación de uso, viene a representar menor requerimiento de materias primas, nuevos procesos e impactos al medio ambiente.

Valoraciones Positivas: La puntuación única parcial de esta etapa (PU=+15: figura 3), permite inferir que una vez entregado el tablero de partículas por la MyPE de San José de Acateno a las diversas pequeñas empresas localizadas en la ciudad de Puebla, los expertos evaluadores definieron en su conjunto claros beneficios ambientales en la fijación de carbono y disminución de uso de materia prima natural de las plantaciones forestales en virtud del tiempo de uso estimado en 50 años de los muebles, cerramientos y artesanías como cobertura de

necesidad ciudadana para el confort en sus hábitat residenciales o de trabajo.

Valoraciones Negativas: En esta etapa se da una valoración de PU=-2 para la totalidad de la sub etapa de desmontaje del mueble, ya que se han considerado los pocos residuos generados de tipo metálico, partículas de tableros y revestimientos diversos; riesgos de daños físico como cortes y machucones; y el transporte desde la residencia hasta el vertedero.

### 3.1.5. Etapa de disposición final de los tableros

El desarrollo del ACV para el Sistema Productos del tablero aglomerado de partículas de bambú (*Bambusa vulgaris*) con adhesivo acetato polivinílico (PVA-R: 20%), abre una perspectiva cierta con más fortalezas que debilidades, tal como lo define el cuadro 2, en procurar establecer el Desarrollo Sostenible a partir de una red de MyPE en el sector rural que tiene como epicentro de la actividad socio productiva, a la población de San José de Acateno y las comunidades indígenas que habitan en el Estado de Puebla. De igual forma es oportunidad de prospección el rediseño de nuevos tipos de tableros fundamentados en la ecoinnovación, como garantía de mejora continua, sostenibilidad y desarrollo endógeno que tiene grandes posibilidades de ofertar y colocar productos ecológicos, con alto valor antropológico y competitivo por su notable belleza en el diseño industrial y de artesanías, costos y calidad en el medio popular urbano mexicano.

Valoraciones Positivas: Esta etapa alcanzó una puntuación única parcial de PU=+1: Figuras 3, 4, 5; ya que se reconoce la disposición de material destinado al proceso de reciclaje en un 95% de los tableros y demás componentes de un mueble residencial. Esto deviene fundamentalmente en disminuir el uso de materias primas de la fuente (PU=+5).

Valoraciones Negativas: El restante 5% de material destinado al vertedero (PU=-4) que una

vez localizado en el mismo genera en muy poca cantidad emisiones de metano, residuos y posibles lixiviados.

Por todo lo expuesto, al evaluar la globalidad del Sistema Producto total del tablero en referencia a la Escala de Sostenibilidad Coclown definida por Cloquell et al (2006), se determina que la PU=+ 39 (Cuadro 2), queda establecida en el rango positivo de procesos y productos sostenibles en el marco de los principios del Desarrollo Sostenible. Es decir, se ubica en la escala de PU (+25 a +125: Valoración 1 Moderadamente Positiva), representando un 17,5% de Cobertura de Impactos Ambientales de todo el Sistema Producto y que debe ser evaluado en sus diversas etapas que han arrojado valoraciones negativas a las cuales deben proyectarse objetivos y estrategias de ecoinno-

vación-ecodiseño, con la finalidad de procurar mejorar los niveles de sostenibilidad y alcanzar escalas superiores del rango de Excelencia del Sistema Producto.

Es decir, el producto estudiado es sostenible en las dimensiones del Desarrollo Sostenible, aún así permite rediseño y mejoras de ecodiseño. En la escala del Sistema Producto total, las etapas de transporte y algunas sub etapas en obtención de materias primas, especialmente el tipo de adhesivo, proceso de fabricación y distancias del fabricante respecto a la MyPE, requerirán estrategias mayores de mejoras en su manufactura que sea ecoeficiente y cambios del tipo de movilidad y seguridad industrial, que involucra la disminución de riesgos por accidente en las áreas de trabajo, entre otros indicadores evaluados.

Cuadro 2. Resumen de fortalezas y debilidades más resaltantes del ACV-Coclown de las etapas que el Sistema Producto del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo acetato polivinílico (PVA-R.20%).

Fuente: Elaboración propia

Fortalezas	Debilidades	Etapas	Valoración (PU)
Mejor la estética del paisaje; calidad del suelo; incorporación de mano de obra local y beneficio socio-económicos.	Riesgo de accidentes por cortes de herramientas; mordeduras de serpientes o alimañas; incendios.	Obtención materia prima	+ 1
Aprovechamiento de una materia prima natural alternativa; incorporación de mano de obra local y beneficio socio-económicos a las comunidades adyacentes a las plantaciones de bambú.	Riesgo de accidentes por cortes de herramientas; incendios; en las etapas de cepillado existen impactos menores de ruido y generación de polvo.	Procesos de manufactura tableros	+ 30
Generación de trabajo y posibilidad de creación de microempresas prestadores de servicio.	Riesgo de accidentes en las autopistas y vías rurales; emisiones CO <sub>2</sub> a la capa de ozono.	Transporte total	- 8
Captura de carbono; disminución de uso de materia prima de bambú o madera para elaborar muebles, artesanía solventando una necesidad sentida.	Riesgo de que el tablero sea sometido a daños físicos en su uso y que éste no haya cumplido con los requerimientos de la norma.	Uso de los tableros	+ 15
El tablero tiene la fortaleza de que el 95% es reciclable.	Hay un 5% de residuos del tablero de partículas y elementos metálicos componentes del mueble que van al vertedero.	Disposición final	+ 1
<b>Puntuación Única Total</b>			<b>39 PU</b>



### 3.2. Determinación del nivel de importancia de los principales aspectos técnicos de los tableros y su interrelación con los resultados del ACV-Coclowen

Las técnicas de decisión multicriterio son una herramienta técnica de gran importancia en los tiempos modernos tan dinámicos, complejos, cambiantes y globales que exigen de la definición de sus objetivos y estrategias de desarrollo en todas las áreas del conocimiento y productivas, tomas de decisiones acertadas y concertadas para alcanzar logros trascendentales. De ahí, que existan diversas metodologías, siendo la de procesos de estructura jerárquica (AHP) desarrollada por Saaty (1980; 2008), una de las más empleadas por su prag-

matismo y disponibilidad de empleo a través de software como el Expert Choice y sus diversas versiones.

A partir de lo antes expuesto, en el presente trabajo se aplica la técnica de decisión multicriterio de estructura jerárquica con el mencionado software, para poder determinar el nivel de importancia de los principales aspectos técnicos aplicables al Sistema Producto que estructuran algunos de los criterios de Ecodiseño y ecoeficiencia, referidos a procesos ecoeficientes, impactos ambientales, beneficios socioeconómicos y estrategias de ecodiseño del ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo poli vinílico acetato (PVA) (figuras 6 y 7).

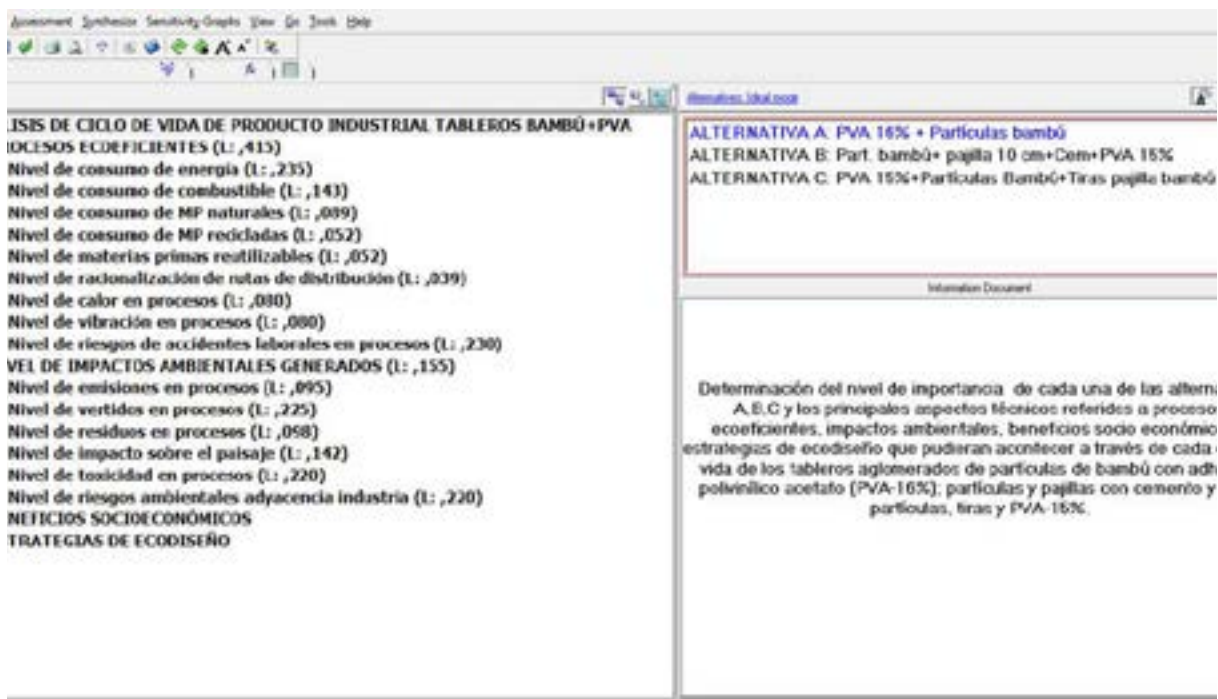


Figura 6. Definición de Criterios: Procesos Ecoeficientes y Nivel de Impactos Ambientales Generados.

Fuente: Elaboración propia

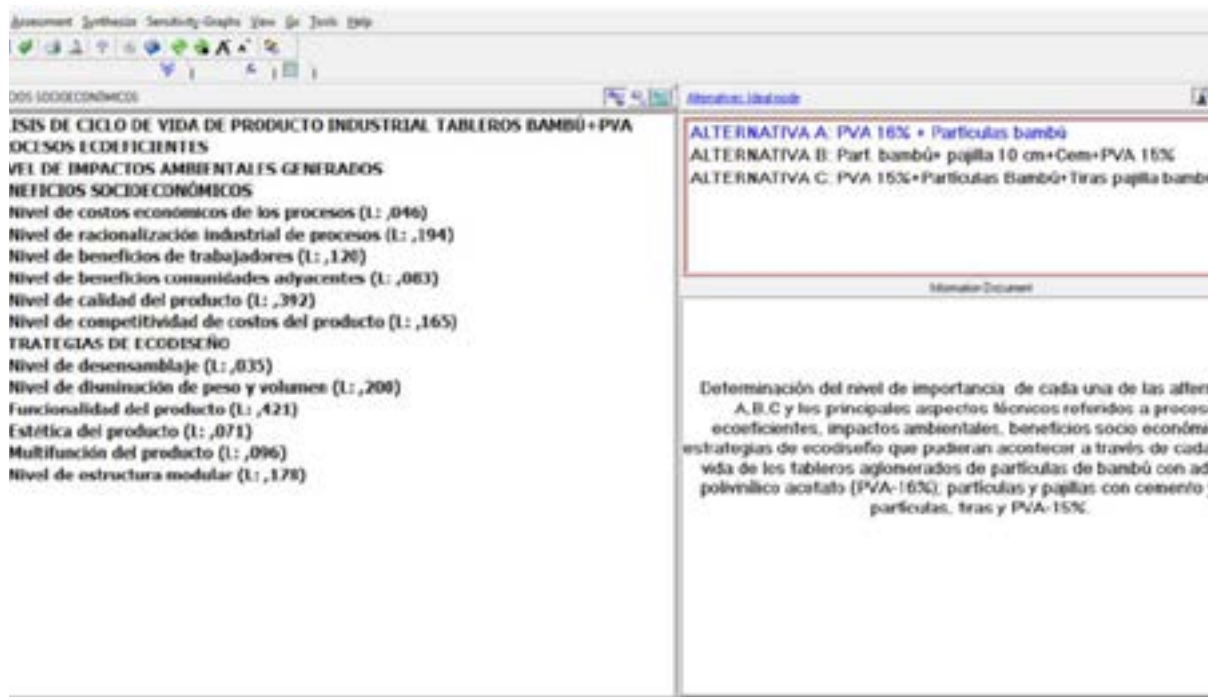


Figura 7. (Definición de Criterios: Beneficios Socioeconómicos y Estrategias de Ecodiseño) exponen la representación del flujo total de los tres primeros criterios (Procesos ecoeficientes; nivel de impactos ambientales generados; beneficios socio-económicos) y sus principales aspectos técnicos de importancia con sus respectivas valoraciones del Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo PVA.

Fuente: Elaboración propia

Al introducir la información y estructurar los criterios y aspectos técnicos, el software arrojó las distintas valoraciones realizadas por los expertos (figuras 6 y 7), obteniéndose el nivel de importancia sobre una valoración total de 1 y según los objetivos de la investigación, como lo es, lograr detectar las estrategias prioritarias que permitan a los diseñadores industriales e ingenieros en las distintas disciplinas, alcanzar un producto sostenible. Los niveles de importancia determinados, son los siguientes: Primer nivel de importancia el criterio de *procesos ecoeficientes* (PU=0,415); Segundo nivel de importancia el criterio de *beneficios socio económicos* (PU=0,388); Tercer nivel de importancia el criterio de *impactos ambientales* (PU=0,155); Cuarto nivel de importancia el criterio de *estrategias de Ecodiseño* (PU= 0,042). En apartados siguientes se hace la explicación del porqué de los valores alcanzados en cada aspecto técnico según el consenso de los expertos.

Existió, por parte de los expertos, un sentido de profundizar la investigación en la fase de selección, adquisición, montaje y mantenimiento continuo del conjunto de maquinarias y procesos ecoeficientes que vienen a consolidar el proceso de manufactura de los tableros. Maquinaria que tenga la mejor función, robustez y menor consumo de energía eléctrica, procurando el establecimiento de paneles solares; acompañado de un sistema de extractores de residuos, planta de tratamiento de vertidos y filtros de depuración de gases, todo en el marco de un sistema de control de calidad de procesos y productos y de seguridad industrial con el uso de guantes, botas de seguridad, cascos y mascarar de ser necesario. Las naves industriales de dimensiones pequeñas, con excelente ventilación e iluminación para poder ganar la mayor cantidad de luz y disminución de luminarias del tipo LED.

Respecto al segundo criterio de nivel de beneficios socio económicos, es procurar la mayor producción con el mayor y mejor beneficio socio económico para los trabajadores y comunidades adyacentes, siendo un factor técnico prioritario, una vez establecida con éxito la MyPE, aumentar en área las plantaciones de bambú.

Si los procesos son ecoeficientes, los niveles de impacto ambiental negativos son proporcionales con todos los criterios establecidos en el párrafo anterior. Si hay que prestar mayor atención y vigilancia al cumplimiento de los manuales de conducción por parte de los choferes, normas de control de velocidad en autopistas y carreteras, así como del mantenimiento de los vehículos de transporte para disminuir de manera significativa los niveles de accidentes viales, emisiones de gases CO<sub>2</sub> y vertidos de gasoil y aceites de hidrocarburos a las vías, entre otros.

En referencia a las estrategias de ecodiseño, éstas se contextualizan sólo en la fase creativa del diseño de nuevos productos ecoinnovado-

res, razón por la cual es requerimiento imprescindible, estar en un proceso continuo de mejora para la generación de una familia nueva de eco productos de tableros a partir del material de gramíneas de bambú, otras mezclas de materiales componentes a fin de ofertar mejores precios, calidad y cumplimiento con las normas.

### 3.2.1. Aspectos técnicos referidos a procesos ecoeficientes

Se analizarán solo los cuatro primeros aspectos técnicos expuestos en las figuras 8 y 9 las cuales definen los resultados obtenidos con un nivel de buena confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.10 referida a los aspectos técnicos de los procesos ecoeficientes, resaltando como Primer nivel de importancia el nivel de consumo de energía (PU=0,235); Segundo nivel de importancia el nivel de riesgos de accidentes laborales en los procesos (PU=0,230); Tercer nivel de importancia el nivel de consumo de energía (PU=0,143); y el Cuarto nivel de importancia el nivel de consumo de materias primas naturales (PU=0,089).

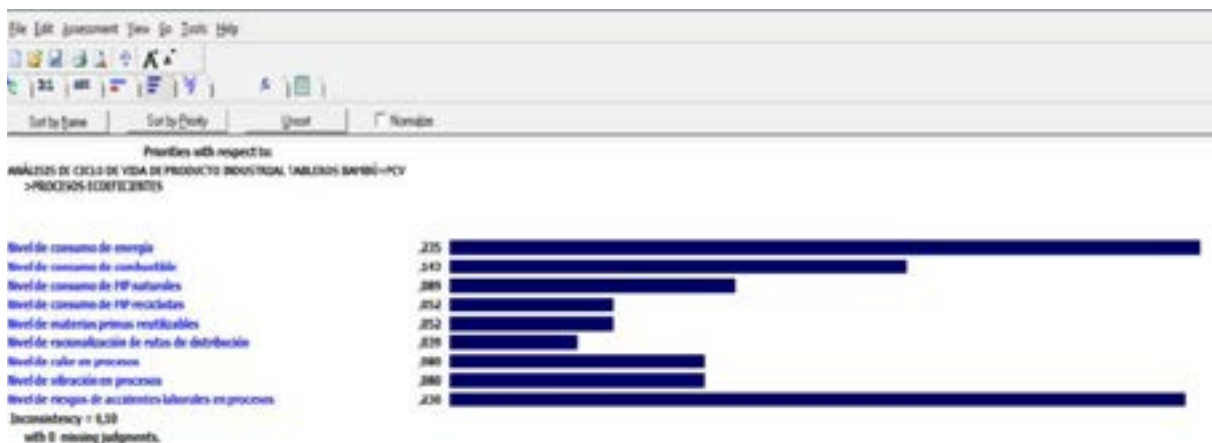


Figura 8. Representación de la valoración parcial del criterio Procesos Ecoeficientes y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo PVA.

Fuente: Elaboración propia

Es coincidente los resultados reflejados en la figura 7 y de manera más detallada en la figura 8, siendo el aspecto técnico de la disminución del consumo de energía el de mayor valoración (PU= 0,235), razón por la cual se recomienda a modo de requerimiento la gran evaluación y selección de equipos afines a los objetivos de la ecoeficiencia. Le sigue con menor diferencia cuantitativa y en orden de importancia el nivel de riesgos de accidentes laborales en procesos (PU= 0,230), aspecto técnico que ya ha sido tratado y que exige de un proceso continuo, una vez instalada la MyPE en San José de Acateño, del fiel cumplimiento de las normas de seguridad industrial en procesos industriales.

El consumo de combustibles (PU= 0,143), tiene gran importancia especialmente por el uso de la gasolina, gasoil y aceites, los cuales deben ser los más amigables con el medio ambiente, usados en equipos de transporte y maquinarias de procesos continuamente calibrados para disminuir su consumo, emisiones y vertidos, así como de un seguimiento y chequeo que permita determinar su efectividad y calidad de trabajo mecánico. Este aspecto técnico tiene gran relación con el aspecto menos evaluado, el nivel de importancia en procurar la mayor racionalización de rutas de distribución (PU=0,039), tanto de materias primas, transporte de trabajadores y de productos manufacturados, entre otros, lo cual redundará en ahorro de combustible y desgaste de llantas.

Se reporta en nivel de importancia el disminuir el consumo de materias primas naturales (PU=0,089), una estrategia de ecodiseño como la mayoría de las anteriores y el nivel de empleo de materias primas reciclables y reutilizables, ambas con PU=0,052; es decir, el uso de cañas de alta calidad para fines de construcción de edificaciones y muebles, mientras que las obtenidas del sistema de aclareo serían las ideales para la elaboración de los tableros propuestos en el ACV; mientras que las de menor tamaño y las ramas pueden ser usadas para

artesanías, que sumadas a las hojas pueden procurar un nuevo tipo de tablero.

Los niveles de calor y vibración de las maquinarias, ambas en penúltimo nivel de importancia y valor igual a PU=0,080, deben tener todas las condiciones de disminución de este tipo de efecto sobre los trabajadores y espacios de trabajo definidos en el flujograma industrial de la manufactura de los tableros.

### 3.2.2. Aspectos técnicos referidos a beneficios socioeconómicos

Se analizarán, al igual que lo realizado en el apartado anterior, solo los cuatro primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 9 que definen los resultados obtenidos con un nivel de buena confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.09 de los aspectos técnicos referidos a los beneficios socioeconómicos, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de calidad del producto* (PU=0,392); Segundo nivel de importancia el *nivel de racionalización de los procesos* (PU=0,194); Tercer nivel de importancia el *nivel de competitividad de costos del producto* (PU=0,165); y el Cuarto nivel de importancia el *nivel de beneficios de los trabajadores* (PU=0,120).

Se ratifican las inquietudes técnicas realizadas en el trabajo de experimentación de los tableros de partículas de bambú y PVA (R: 20%) y en el ACV-Coclowen para el Sistema Producto. Es fundamental aumentar la calidad de los productos experimentados, de ahí surgió la propuesta de realizar nuevos tableros eco innovadores generados a partir de partículas y pajilla de bambú en diferentes tamaños, aplicación de PVA evitando usar urea formaldehído para evitar emisiones de formaldehído en procesos semi industriales, y como opción de aumentar la densidad y resistencia al agua, el cemento. Es alternativa por experimentar. Una forma de uso para los tableros realizados en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales de la Universidad de Los Andes (Venezuela), y como

se expuso en el apartado del ACV – Coclowen, es que se ubique como alma en las estructuras de tabazón para realizar muebles, muros divisorios y artesanías. Lo contrario es un proyecto que no tendrá éxito en su uso y demanda para los fines antes expuestos.

Se hace nuevamente prioritario el considerar el nivel de racionalización de procesos de manufactura con la implementación de los principios de la ecoeficiencia. El lograr procesos racionales, eficientes, bajo impacto y consumo de energía-materia prima natural y de bajo costo, con productos manufacturados de calidad, resistentes y estéticos, harán consolidar los niveles de competitividad en el mercado nicho de manufactura de muebles, muros divisorios y artesanías en México, siendo retribuido y proporcional; propiciar un mejor nivel de beneficios económicos a los trabajadores, ya que se podría crear una MyPE bajo la figura de cooperativa, en alguna de las comunidades campesinas donde se cultiva el bambú *Bambusa vulgaris*, en este trabajo se toma como ejemplo a la comu-

nidad de San José de Acateno y comunidades indígenas del Estado de Puebla al incorporar su labor creativa antropológica al diseño de los productos.

### 3.2.3. Aspectos técnicos referidos a los impactos ambientales

Se analizarán, al igual que lo realizado en el apartado anterior, solo los cuatro primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 10 que definen los resultados obtenidos con un nivel de alta confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.01 de los aspectos técnicos referidos a los impactos ambientales, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de vertido de procesos* (PU=0,225); Segundo nivel de importancia el *nivel de toxicidad y de riesgos ambientales en las adyacencias de la industria* (PU para ambas=0,220); Tercer nivel de importancia el *nivel de impacto sobre el paisaje* (PU=0,142); y el Cuarto nivel de importancia el *nivel de residuos en procesos* (PU=0,098).

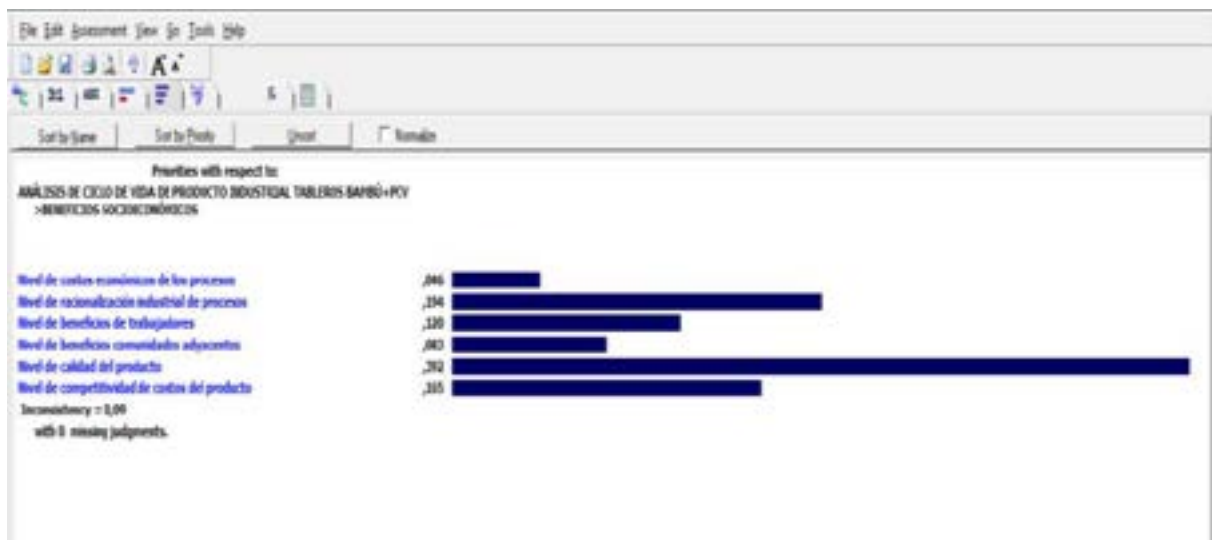


Figura 9. Representación de la valoración parcial del criterio Beneficios socio-económicos y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo acetato de polivinilo (PVA).

Fuente: Elaboración propia



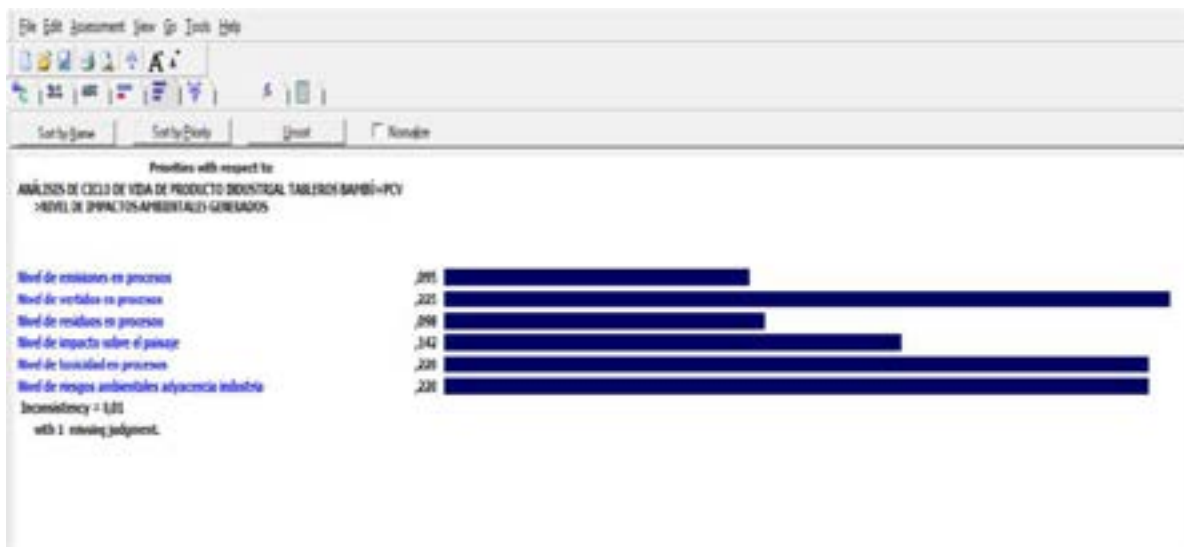


Figura 10. Representación de la valoración parcial del criterio Nivel de impactos ambientales generados y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo acetato de polivinilo (PVA).

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados cuantitativos del nivel de importancia de los aspectos técnicos antes valorados por los expertos, son coincidentes con las preocupaciones y nivel de visión prospectiva de los expertos en el desarrollo de todas las etapas del Sistema Producto del ACV - Coclowen del tipo de tableros en estudio. La contaminación del agua, recurso de vida humana y fundamento para el establecimiento y sostenibilidad de las plantaciones de bambú, es prioridad en el establecimiento de procesos ecoeficientes. De ahí, que una MyPE propuesta para ser establecida en San José de Acateno, exigirá de una pequeña planta de tratamiento, aún consciente de los pocos vertidos generados de los procesos, pero sí del uso humano como efluentes de aguas servidas, grises y negras.

Los segundos aspectos técnicos de toxicidad y riesgos ambientales en las adyacencias a la MyPE propuesta, serán tomados en igual consideración para la implementación de normas de seguridad, plantas de tratamientos ecológi-

cas con filtros de plantas acuáticas depuradoras; control de gases y disminución al mínimo de humo por incendio, entre otros, sin dejar de realizar de manera continua podas y limpiezas a las plantaciones para controlar y evitar que sea hábitat de serpientes y otras alimañas que pongan en riesgo la vida de los habitantes rurales y trabajadores. Por su parte, los residuos tendrán estrategias de recolección para ser reciclados o que cumplan funciones de abono elaborado a partir de composteros orgánicos, enriqueciendo el suelo para la ampliación de plantaciones y garantizar la belleza del paisaje de la zona. Evitar la disminución por excesiva extracción de cañas, corte abrupto de plantas y sus follajes y el riesgo continuo de incendio, son prioridades para no disminuir el potencial escénico de las plantaciones de bambú.





Figura 11. Representación de la valoración parcial del criterio estrategias de Ecodiseño y sus principales aspectos técnicos con nivel de importancia valorados en el Sistema Producto que participan en el ciclo de vida del tablero aglomerado de partículas de bambú con adhesivo PVA.

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4. Aspectos técnicos referidos a algunas estrategias del Ecodiseño

Se analizarán, solo los cinco primeros aspectos técnicos expuestos en la figura 11 que definen los resultados obtenidos con un nivel de confiabilidad por la inconsistencia obtenida de 0.08 de los aspectos técnicos referidos a las estrategias de Ecodiseño, resaltando como Primer nivel de importancia el *nivel de funcionalidad del producto tablero de partículas de bambú y PVA* (PU=0,421); Segundo nivel de importancia el *nivel de disminución de peso y volumen de los tableros* (PU para ambas=0,200); Tercer nivel de importancia el *nivel de estructura modular de los tableros* (PU=0,178); el Cuarto nivel de importancia el *nivel de multifunción del producto tablero* (PU=0,098); y el Quinto nivel de importancia el *nivel de estética del producto tablero* (PU= 0,71). El nivel de desensamblaje se realiza al momento de extraer el tablero del alma de la tablazón de un mueble, cerramiento o artesanía, razón por último en su nivel de poca significación.

La mayoría de las estrategias del Ecodiseño han sido incluidas y ratificadas como aspectos fundamentales de los tres criterios anteriores del Sistema Producto. Resalta el nivel de importancia de fabricar productos sostenibles funcionales y que cumplan con las normas y usos establecidos; la consideración de lograr menor peso por inclusión de materias primas naturales y promover el reciclaje en los procesos sin afectar su calidad; impera la manufactura de dimensiones modulares según normas, para poder garantizar mayor uso y posibilidades de crear nuevos tipos de muebles, muros o paredes divisorias y artesanías, mejora la dinámica de procesos en cortes, ensamblajes y disminución de residuos, entre otros. Ello conlleva principalmente, sin dejar de producir otros estilos de diseño industrial, a diseños de productos sostenibles ortogonales y de tendencia minimalista.

## Conclusiones y recomendaciones

El desarrollo del Análisis de Ciclo de Vida de los tableros aglomerados de partículas de bambú y PVA (R: 20%) que podrían ser manufacturados en la población rural de San José de Acateno, Estado de Puebla, México, fue realizado en las instalaciones del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño UPV-ULA: CEFAP-LNPF, haciendo uso del Método ACV - Coclowen Simple (simplificado preliminar), deja claro su metodología sencilla pero pragmática que exige altos niveles de conocimiento en el proyecto que se aborda y así lograr tener una visión sistémica e integradora de todo el Sistema Producto; exige altos requerimientos de conocimientos técnicos por parte de los expertos que le abordan para tener los mejores criterios de evaluación en las interrelaciones entre los indicadores y las múltiples sub etapas; pero en especial, evitar sesgos en las evaluaciones del Sistema Producto total y llevar a feliz término la proyección de tener la visión clara en abordar la solución técnica para disminuir los impactos negativos detectados y abrir la posibilidad de generar nuevos productos ecoinnovadores a partir del proyecto desarrollado.

En este sentido al cerrar el estudio de ACV, permitió llegar a inferir que dada las características físico mecánicas de los tableros elaborados en la etapa de experimentación en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF) de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, los cuales obtuvieron valores bajos referidos a las normas DIN y COVENIN, el presente trabajo permite inferir y corroborar su proyección de uso propuesto como alma para el sistema de entramado de tiras de madera para conformar una estructura de tabazón que permite la manufactura de mobiliario residencial, oficinas y diversas artesanías, así como cerramiento de paredes internas y cielos rasos decorativos, entre otros. Los acabados superficiales de estos insumos o materiales constructivos pueden ser a la vista natural del tablero revestidos de aplicaciones de pintura a base de

productos poliméricos transparentes o aplicada con colores para dinamizar la composición del diseño del mobiliario; también pueden recibir elementos de chapas y micro chapas decorativas de diversas especies de madera y gramíneas diversas, en especial del bambú de las plantaciones de San José de Acateno, a partir de esterillas manufacturadas de infinidad de tejidos artesanales con diseño antropológicos de las culturas indígenas del estado de Puebla.

Desde el punto de vista de rediseño para alcanzar un producto ecoinnovador a partir del proyecto en estudio y haciendo uso de los principios del Ecodiseño, el equipo de expertos que han realizado el ACV, visualizan la propuesta de elaboración de tableros de partículas de bambú mezcladas en diversas proporciones (1:1; 0.75:1.20; 0.50:1.50; 0.25: 1.75) con pajilla de caña de bambú (*Bambusa vulgaris*) o guadua (*Guadua angustifolia*) con largos diversos (10, 25 y 50 cm), acetato de polivinilo (PVA) y cemento con la posibilidad de aumentar su densidad, estabilidad y resistencia a la compresión, flexión y resistencia al agua.

El presente ACV, determinó que son las etapas de proceso de transformación y manufactura de tableros, obtención de materias primas, uso del producto y disposición final obtuvieron valoraciones positivas en las puntuaciones únicas interrelacionadas con los indicadores. Mientras que la etapa de transporte, sumando todas las etapas de movilización de bienes y servicios, es la que da valores negativos de sostenibilidad.

Se confirma la importancia de aplicar las técnicas de decisión multicriterio de procesos de estructura jerárquica (AHP) con el uso del software Expert Choice, para poder determinar el nivel de importancia de los principales aspectos técnicos aplicables al Sistema Producto que estructuran algunos de los criterios de Ecodiseño y ecoeficiencia, referidos a procesos ecoeficientes, impactos ambientales, beneficios socio económicos y estrategias de Ecodiseño del ciclo de vida del tablero aglomerado de

partículas de bambú con adhesivo acetato de polivinilo. Ha sido una herramienta pragmática y que contribuye a estructurar mejor la visión prospectiva de consolidar y desarrollar mejores tipos de productos industriales, con visión sistémica e integral de planificación en procesos, diseño de productos y servicios.

Finalmente, se ratifica que los tableros de partículas de bambú con PVA – R:20%, se enmarca como un material sostenible en el contexto de las sub etapas de obtención de materias primas de las plantaciones de bambú y de procesos de manufactura de tableros en la MyPE, y con claras debilidades en los criterios del Desarrollo Sostenible en el apartado del Sistema Producto total referido especialmente a transporte con los mayores impactos negativos ambientales generados por los servicios externos de dotación y traslado de productos y materias primas a la micro o pequeña empresa, sin dejar de mencionar el proceso de obtención y manufactura del PVA, como los más significativos.

## Referencias bibliográficas

- Cloquell, V.; Contreras, W.; Owen de C. M. y Vivancos, J. (2006). *Evaluación del Nivel de Sostenibilidad de la Madera y los Productos Forestales. Método Análisis de Ciclo de Vida ACV-Coclowen*. Departamento de Proyectos de Ingeniería e Innovación (DPI). Convenio Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España y Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela.
- Cloquell, V.; Contreras, W.; Owen de C. M. y Vivancos, J. (2007). *Evaluación del nivel de sostenibilidad de la madera y los productos forestales*. Editorial Fundación Politécnica Antiguos Alumnos. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Contreras, W.; Owen de C. M.; Cloquell, V.; Cloquell, V. A. y Contreras, Á. (2012). *La Rueda de la Sostenibilidad Coclowen, una referencia sistémica e integradora para alcanzar productos industriales respetuosos con el medio ambiente*. Libro de Resúmenes XVI Congreso AEIPRO. Valencia, España.
- Contreras, W.; Valero, S.; Owen de C. M.; Cloquell, V. Rondón, M.; Barrios, E.; Garay, D. y Contreras, Á. (2010). El diseño ambientalmente integrado y el ecodiseño en la elaboración de tableros aglomerados de partículas de Bambú con adhesivo fenol formaldehído. *Revista Ecodiseño y Sostenibilidad* 2(1): 117-144.
- Ecodesign (2016). *Ecodesign Pilot*. Instituto de Diseño en la Ingeniería, Universidad Técnica de Viena. Documento en línea: <http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ESPANOL/PDS/DETAILS/701A.HTM> [Consultado en: 10/04/16]
- ECOLAN (2016). *Soluciones medioambientales innovadoras*. Documento en línea: <http://www.ecolaningenieria.com/ingenieria-ambiental/ecodiseno> [Consultado en: 21/03/16]
- Estrada, P. (2015). *El Ecodiseño y el análisis de ciclo de vida aplicado al desarrollo de un tablero aglomerado de uso no estructural conformado con Bambusa vulgaris y un adhesivo polivinílico*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México D.F, México.
- Ferrer, G.; Gómez, P.; Vivancos, J.; Bono, R.; Viñoles, C. y Capuz, S. (2001). *Estudio comparativo de distintas metodologías de diseño de productos industriales de impacto reducido*. XII Congreso AEIPRO. Murcia, España.
- Galinier, J. (2015). *Pueblos de la Sierra Madre. Etnografía de la comunidad Otomi*. Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos (CEMCA). Documento en línea: <http://books.openedition.org/cemca/2720?lang=es> [Consultado en: 7/12/15]
- Gobierno Federal (2015). *Financiera Rural, Información sector rural*. Documento en línea: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaTableros\(jun13\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaTableros(jun13).pdf) [Consultado en: 06/07/2015]
- Guzmán, L.; Gómez, T.; Vivancos, J.; Guilloux, G.; y Capuz, S. (2005). *Ecodiseño en el Proceso de Desarrollo de Producto, Caso de Estudio: Industria Jalisciense del Mueble*. Libro de Resúmenes XIII Congreso AEIPRO. Málaga, España.
- Guzmán, L.; Gómez, T.; Vivancos, J.; Guilloux, G.; y Capuz, S. (2005). *Sistemas de gestión y ecodiseño: El caso de la industria mueblera de Ocotlán, Jalisco*. Documento en línea: <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xvii/docs/D11.pdf>[Consultado en: 25/03/16]

- IHOBE (2016). *¿Cómo aplicar el Ecodiseño?* Documento en línea: <http://www.ihobe.net/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=6c2d334a-932c-431c-90eb-20649a3fef62&Idioma=es-ES> [Consultado en: 15/03/16]
- IHOBE (2016). *Manual de Ecodiseño de Ihobe. Operativa de Implantación en 7 Pasos*. Documento en línea: <http://www.ihobe.net/Publicaciones/ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Codigo=414a18ef-dd57-4b40-8746-407d517f7bda&Idioma=es-ES&Tipo=> [Consultado en: 18/03/16]
- INAFED (2015). *Enciclopedia del Instituto Nacional para el federalismo y el desarrollo municipal*. Documento en línea: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/culturaturismo.html> [Consultado en: 4/12/2015]
- Jaén, M. y Villanueva, P. (2013). *La sostenibilidad en el diseño industrial*. Documento en línea: <http://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/7067/578005.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado en: 26/03/16]
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw Hill. RWS Publications. New York, USA.
- Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. Inderscience Enterprises Ltd. *J. Services Sciences* 1 (1): 83-98.
- Van Hemel, C. y Brezet, J. (1997). *Ecodesign, a promising approach to sustainable production and consumption*. Paris: United Nations Environmental Programme.
- Wenzel, M. y Alting, L. (1997). *Environmental Assessment of Products. Vol 1: Methodologies, tools and case studies in product development*. Chapman and Hall. Cambridge, England.