



Artículo de investigación | Research article

Ecodiseño como método aplicable a la didáctica del Diseño Industrial de Productos en Chile | Ecodesign as an applicable method to the didactics of Industrial Product Design in Chile

Marcelo Venegas-Marcel

Diseñador Industrial y Licenciado en Diseño Universidad de Valparaíso de Chile.

Departamento de Diseño y Manufactura, Universidad Técnica Federico Santa María. Avda. Federico Santa María 6090, Viña del Mar, Chile, marcelo.venegas@usm.cl, ORCID 0000-0002-6501-1312

Recibido: 31 de marzo 2023 | Aceptado: 15 de mayo 2023 | Publicado: 29 de junio 2023

<https://doi.org/10.25267/P56-IDJ.2023.i3.01>

Resumen

El siguiente artículo, asume la necesidad de aproximar la metodología y conceptos generales del ecodiseño, al ejercicio práctico del diseño de productos. Esto, a la luz de las directrices dadas por la adaptación de ciertas etapas derivadas del análisis de ciclo de vida; así como, de la identificación de oportunidades que se abren a partir de la interpretación del escenario país, ante la perentoria implementación de las distintas normativas y requerimientos que tienen por objeto la mejora ambiental.

Se propone, un modelo procedimental aplicable a la enseñanza universitaria del diseño Industrial en Chile, así como también, al desarrollo de la praxis disciplinar de nivel profesional y con especial enfoque, a la ejecutada en las pequeñas y medianas empresas. Sistematizando de este modo, aspectos decisionales para la planificación de productos con enfoque Sostenible y en sintonía con la institucionalidad ambiental vigente.

Los resultados obtenidos, evidencian una respuesta ágil en la resolución de casos dirigidos a la optimización del diseño. Considerándose para tal efecto, el lineamiento dado por el levantamiento de ciertos indicadores ambientales y su traspaso a estrategias de ecodiseño, como posibles instancias de mejora. Por lo que las soluciones propuestas, consideraron principalmente criterios de reducción y reciclabilidad de materiales, optimización y desarmabilidad eficiente de partes y componentes, así como, la extensión de la vida útil del producto. Traduciéndose estos últimos factores, en prestaciones relevantes para el usuario, por constituirse en una cercana instancia comunicativa, para la comprensión y promoción de los distintos principios que sustentan las buenas prácticas medioambientales.

Palabras clave: Diseño Industrial; Educación en Diseño; Ecodiseño; Indicador ambiental; Análisis de Ciclo de Vida; Metodología.

Abstract

The following article assumes the need to approximate the methodology and general concepts of Ecodesign to the practical exercise of Product Design. This, considering the guidelines given by the adaptation of certain stages derived from the Life Cycle Analysis; as well as the identification of opportunities that are opened from the interpretation of the country scenario, given the peremptory implementation of the different regulations and requirements that have the objective of environmental improvement.

It is proposed to establish a procedural model applicable to the University Teaching of Industrial Design in Chile, as well as the development of disciplinary praxis at a professional level and with particular focus, on the one executed in Small and Medium Enterprises. Systematizing in this way, decisional aspects for the planning of products with a sustainable approach and in tune with the current environmental institutional framework.

The results obtained show an agile response in the resolution of cases aimed at design optimization. Considering for this purpose, the guidelines given by collecting data of certain environmental indicators and their transfer to Ecodesign strategies, as possible instances of improvement. Therefore, the proposed solutions mainly considered criteria for the reduction and recyclability of materials, optimization and efficient disassembly of parts and components, as well as the extension of the useful life of the product. Translating these factors, into relevant benefits for the user, for constituting a close communicative instance, for the understanding and promotion of the different principles that support good environmental practices.

Keywords: Industrial Design; Design Education; Ecodesign; Environmental Indicator; Life Cycle Analysis; Methodology

Introducción

El sistema económico vigente a nivel global está principalmente basado en la puesta en práctica del continuo ciclo del comprar, usar y tirar (MacArthur, F.E, 2015). Instaurándose socialmente el concepto de lo desechable como la expresión máxima del consumo, y en su postura extrema, el consumismo, contribuyendo así, al fortalecimiento y consagración de la denominada economía lineal (Piñero, 2004; Murdock, 2006). Si bien lo anterior, ha posibilitado un crecimiento y desarrollo industrial sin precedentes, esto ha sido gracias también a la indiscriminada utilización de grandes cantidades de materias primas y energía adquirida a precios bajos. Principio que es considerado como rector del paradigma extractivista, el cuál ha encontrado real éxito en su implantación, pero a su vez se ha llenado de considerables críticas por su negativo impacto en términos medioambientales y los innumerables costos a pagar en términos

sociales (Sariati, 2017; Acosta, 2016; Schaffartzik et al., 2014; Krausmann et al., 2011).

Dicho escenario, ha motivado la acción de distintos actores para poder cambiar el estado de las cosas; y es así como el diseño sostenible (DS) aparece como una estrategia proyectual alternativa, prometiendo un mayor compromiso social al poner el acento en la innovación productiva para el desarrollo, pero asumiendo a la vez, responsabilidades serias, con el estado de bienestar ambiental y colectivo (Corsini y Moultrie 2021). Por su parte el ecodiseño, según lo referido en la norma ISO 14006 (2011, 2), se presenta como la respuesta metodológica para la gestión ambiental en el diseño y el desarrollo de productos, la cual considera una participación más vigorosa y proactiva en el ciclo de vida de la producción. Tanto en la optimización de los recursos energéticos-materiales, así como en la constante protección de los diversos ecosistemas (Rousseaux et al. 2017; Brambila-Macias y Sakao 2021).

Convirtiéndola en la actualidad, en una de las principales metodologías utilizadas en los países de mayor industrialización, para poder prevenir la generación de residuos; logrando transformar la normativa establecida por la institucionalidad ambiental, en acciones eficientes y efectivas para asegurar el cumplimiento de estas, pero obteniendo, además, un beneficio directo para las empresas. Confirmando, por tanto, que la rentabilidad ambiental obtenida, es factible traducirla directamente en la disminución de costos y, por ende, ser considerada como un aporte real a la competitividad (García et al. 2020). En ese sentido, y en concordancia con un concepto de eficiencia ambiental, el análisis del ciclo de vida (ACV) de los flujos de materia y energía de un producto-proceso, surge como la principal herramienta para acceder a la optimización ambiental de toda la cadena de valor (empresa, proveedores, distribuidores y usuarios), y su planificación con miras a un DS efectivo.

La institucionalidad ambiental chilena, ha decidido dar importantes pasos en términos de sostenibilidad ambiental, así como, en las posibilidades de implantación efectiva del concepto de ecodiseño. Iniciativas como la promulgación de la denominada ley de Responsabilidad Extendida del Productor, ley REP (Ley N° 20.920, 2016), la que pretende en su contenido, el establecimiento de una política marco para la gestión de los residuos y la responsabilidad extendida que al productor le pueda corresponder. Esto, sin duda, posiciona al país en una lógica económica circular, tendiente a poder guiar finalmente, hacia un cierre del ciclo existente entre el que produce, el sistema recolector de base y evidentemente el usuario (Moraga et al., 2019; Wastling et al., 2018). No obstante, su implementación aún en desarrollo ha revelado complejidades y ha generado inquietud en los distintos sectores comprometidos. Desde, las declaradas ineficiencias institucionales para fijar metas de reciclabilidad, hasta la dificultad, asumida desde las empresas, para acceder a instrumentos de ecodiseño de simple aplicación y de un costo abordable en consideración de sus recursos.

Ralentizando, por tanto, la gestión ambiental industrial, o bien desalentando numerosas inversiones en infraestructura que permitan viabilizar finalmente la puesta en marcha de las distintas normativas (Navech, 2020; Sánchez, 2021).

Considerando lo anterior, las perspectivas que se abren para la sostenibilidad ambiental, el ecodiseño y su presencia en la educación superior se vuelve auspiciosa si se compara con el resto de América Latina (Mac-Lean et al. 2020). Por lo que el rol que le cabe a la enseñanza del diseño en las universidades de nuestro país es de sobremanera relevante, si es que se decide seguir avanzando en políticas que tengan como finalidad las buenas prácticas medioambientales y su aplicación exitosa. Reconociéndose así, la imperiosa necesidad de generar espacios académicos destinados a favorecer el desarrollo de métodos simples y efectivos que conduzcan a una praxis formativa del concepto de DS (Perpignan et al., 2020) y su imprescindible traspaso al sector productivo nacional.

Atendiendo a dicho panorama, es necesario consignar que, si bien hay nutrida experiencia mundial respecto de metodologías y procedimientos de ecodiseño aplicadas a productos (IHOBE, 2000; Wimmer y Züst, 2001; Gertsakis, 2001; Wenzel y Alting, 1999), todavía parecieran no ser lo suficientemente ágiles para favorecer su implementación en términos proyectuales. Por lo que tal circunstancia debiera ser valorada para proceder en la formulación de mejoras relevantes, o al menos, ser considerada motivo de estudio en términos de como fomentar su aplicación regulada en el sector empresarial (Manzano, 2022). Siendo esto, un punto del todo significativo y que se pondera como de alto interés, para ser asumido en el trabajo que acá se presenta. De acuerdo a lo cual, el propósito general planteado pretende avanzar en la elaboración de un instrumento de aplicación simplificado destinado al desarrollo de productos, particularmente en el contexto de la enseñanza para el DS. Entendiéndose dicho aporte, como una instancia preliminar para el posicionamiento gradual del ecodiseño, como una potencial



Figura 1. Fases y subfases para esquema metodológico propuesto. Fuente: Elaboración propia

herramienta factible de ser implementada en el ámbito profesional, así como, en el sector productivo de nuestro país.

En atención a lo anterior, se proponen los siguientes objetivos procedimentales para poder sustentar dicho trabajo:

- Definir el procedimiento para la identificación y caracterización de producto a mejorar. Contemplando para esto, aspectos de información ambiental provenientes principalmente del trabajo de ACV, según consideraciones generales de la normativa ISO:14.040 (2006).
- Desarrollar evaluación diagnóstica según producto a optimizar, determinando posibles escenarios que fijen mejoras sucesivas desde el punto de vista medioambiental.
- Proponer estrategias de mejora a partir de ciertos indicadores ambientales, levantados en concordancia con los requerimientos normativos vigentes. Esto, como una forma de fijar lineamientos de optimización continua, factibles de ser aplicados a cada producto y/o su proceso de desarrollo.
- Indagar en soluciones de diseño a modo ensayo del procedimiento propuesto, poniendo un énfasis inicial en aquellas que propuestas que consideren el fin de vida del producto, FVP (Miranda de Souza & Borsato, 2016; Ma et al., 2018).

Metodología

El esquema metodológico propuesto, se constituye de dos fases principales para poder implementar un modelo procedimental (Figura 1).

Dichas fases (A y B), establecen de manera inicial un dominio basado en la evaluación y análisis del producto a optimizar según encargo tipo, considerando para esto, las etapas generales del método de balance propuesto por Zeng, et al (2017). Para ya en la fase posterior, definir estrategias y propuestas para la formulación de un nuevo y mejorado concepto de diseño que minimice las externalidades ambientalmente negativas. Lo anterior requiere de una aplicación progresiva que debiera contemplar necesariamente, la evaluación y mejora continua de la respuesta de diseño ejecutada, tendiente a alcanzar un virtuoso ciclo de calidad ambiental integrado al trabajo de diseño de productos (Rodríguez et al., 2017; Brones et al., 2017).

A continuación, se presentan las subfases detalladas para el modelo procedimental propuesto y las definiciones respectivas para cada una de estas:

Fase A. Evaluación

a.1. Reconocimiento y balance. Esta instancia, permite establecer una caracterización del producto mediante la generación de un conjunto de datos, con el objetivo de finalizar en una suerte de inventario sintetizado. La estructura general considera primeramente todos los datos de tipo identificatorio vale decir, el tipo de proyecto, empresa mandante, descripciones generales del producto a evaluar, responsabilidades y estados de avance del proyecto en ejecución. Para ya en una segunda parte, pasar a establecer directamente la caracterización del producto a partir de una desagregación general de la unidad en subunidades y con esto, un proceso de pesaje en gramos de cada una de ellas, en conjunto con el pesaje total del sistema en cuestión. Constituyendo esto, una relevante agrupación de datos que da el comienzo a un proceso de ACV simplificado, que es, en definitiva, la base fundamental del modelo que se presenta.

a.2. Levantamiento de Indicadores. Se resuelve una evaluación del producto para poder cuantificar su desempeño medio ambiental. Para lo cual, se estima el levantamiento de cuatro (4) indicadores principales que se derivan de toda la información recogida en el reconocimiento y balance previo. Dichos índices, se relacionan de manera directa con el FVP y se seleccionan de acuerdo a la relevancia que puedan tener para la optimización ambiental del producto. Cada uno de ellos, tienen como objetivo el describir el nivel de ajuste de un sistema, subsistema o partes de un producto (SSP) específico, en razón de estos índices. Estimándose en general, que los valores de ajuste más bajos indican una mayor proximidad al estado ideal. Por lo tanto, los niveles de ajuste más altos estarían describiendo cuestiones más críticas, que requerirán más consideración por parte del diseñador para poder establecer estrategias de optimización. Por lo que, en consecuencia, dichos indicadores se convierten en una práctica guía para disponer de una ponderación general del producto, obteniendo un

escenario diagnóstico en torno a su estado y para desde allí proceder con las posibles mejoras (de Aguiar et al., 2017). Los siguientes, son los indicadores sugeridos para el proceso:

- Indicador n°1, es el del impacto ambiental de la materia prima y este requiere para poder ser configurado una caracterización general del producto. El objetivo de esto es poder llegar a ponderar la procedencia del mismo material y su naturaleza de obtención; las posibilidades de reciclabilidad y la peligrosidad de la tipología material que compone el producto a evaluar.

- Indicador n°2, estima una evaluación del impacto ambiental a nivel del consumo de energía que compromete el uso del producto a evaluar, su relación con la potencia y esta con la variable tiempo, en términos de utilización por un determinado período.

- Indicador n° 3, se define como la evaluación funcional del producto. Este indicador establece la aplicabilidad directa del desempeño de la interfase y la valoración dada por el usuario en términos de acciones eficientes percibidas. Se hace especial énfasis en las funciones que puedan relacionarse con la gestión ambiental del producto, como por ejemplo su fin de vida, la desarmabilidad o la durabilidad entre otras.

- Indicador n° 4, establece la evaluación de la recuperabilidad; y esta, respecto de la ponderación del número de componentes presentes, el número de materiales y los sistemas de unión factibles de ser reconocidos en el sistema general del producto.

a.3. Análisis del diagnóstico actual del producto. Esta etapa establece la relación existente entre los indicadores levantados y ciertos requerimientos esperados en términos ideales. Dicho vínculo, se resuelve como la forma de entregar un diagnóstico del panorama actual que tiene el producto en evaluación, en ponderación con determinadas exigencias ambientales para

brindar un estado de las cosas y visualizar de esta manera, cuál es el espacio por recorrer para avanzar en dichas mejoras. Estos principios y reglas son asumidos desde el estudio propuesto en la Universidad de Delft por Brezet y van Hemel (1997), Países Bajos, el que plantea ocho estrategias de diseño y que son estructuradas en la denominada rueda estratégica de ecodiseño o LiDS Wheel (Life Cycle Design Strategy Wheel). Su aplicación, ha servido a diversos autores, como parámetro para fijar mediciones respecto factores relevantes en términos

Fase B. Definición y Propuestas

b.1. Objetivos y medidas de mejora de un producto. El resultado del cruce de las estrategias de ecodiseño con los indicadores levantados en las evaluaciones preliminares se procesa como un diagnóstico del producto. Dicho escenario es factible de ser representado esquemáticamente, por lo que se aplica un gráfico de tipo radial que en definitiva es el símil al desarrollado por Brezet y van Hemel (LiDS Wheel) y que sintetiza ciertas problemáticas ambientales en ocho estrategias de Wcodiseño jerarquizadas en escala de uno a diez. Reconociendo de esta forma cada uno de los promedios obtenidos, como la interpretación de los distintos espacios de mejora en los que se debiera trabajar para ir avanzando en la optimización ambiental. Se inicia así, el planteamiento preliminar de ciertas propuestas que eventualmente pudieran ir alineándose con las necesidades expresadas por el mandante y asumidas como limitantes válidas asociadas al proyecto. Lo que en concordancia con las oportunidades detectadas por la evaluación del producto, favorecerían la priorización de las ideas propuestas en razón de la viabilidad de implementación inmediata, así como también, ayudarían a visualizar áreas futuras en donde proceder con un proceso de mejora continua (Iuga et al, 2017; Briones et al, 2017).

b.2. Especificaciones para un nuevo diseño. Las debilidades evidenciadas desde el producto en análisis son el punto

de inicio para el desarrollo de nuevas alternativas de diseño que superen dichas deficiencias. No obstante, estas debieran ir acomodándose a ciertas Especificaciones de diseño de producto (EDP), las que en definitiva expresan la viabilidad de implementación y las condiciones dadas en contexto para hacerlas efectivas. En este sentido, aspectos relativos al funcionamiento del producto y la implicancia de esta variable en la optimización ambiental; o bien, especificaciones vinculadas con los factores técnicos de fabricación/montaje y como estos favorecen la minimización de las externalidades ambientales; así como también, las exigencias normativas reglamentadas y declaradas por la institucionalidad, se convierten en los elementos de juicio que contribuyen en la definición y jerarquización de determinados criterios, los que acompañarán de una manera más objetiva, el proceso de selección de propuestas conceptuales y posteriormente su desarrollo a nivel de diseño de detalles.

Las EDP planteadas, habilitan por tanto, en la formulación de ciertos criterios, los que en un número acotado van obteniendo un valor en términos porcentuales. De esta manera, cada uno de ellos se constituye con una jerarquía o peso, en cuanto a la importancia que idealmente debiera poseer el mismo, en su relación con el sistema producto.

b.3. Propuesta de nuevo concepto de diseño. Se avanza con la etapa de evaluación de cada una de las mejores propuestas conceptuales de diseño elaboradas; por lo que cada propuesta de concepto a calificar – en concordancia con los criterios ya determinados – contará con una ponderación como resultado final. Para lo anterior, se procede de la siguiente forma; a) se mide cada criterio establecido para el proyecto, dándole una nota con escalas que pueden ser relativas y en razón de las necesidades o preferencias del equipo de diseño (de 1 a 7 o de 1 a 10 por ejemplo); b) se cuantifica dicha ponderación a partir del producto del valor con la nota asignada por cada criterio de la propuesta conceptual en

cuestión (Valor % x Nota = Ponderación); c) finalmente, la suma total de todas las ponderaciones de los criterios evaluados, determinará un puntaje por alternativa conceptual de diseño que determinará el lugar obtenido, entendiéndose que, la opción que haya logrado el puntaje más alto es la que queda en lugar privilegiado para ser considerada como alternativa válida para ser desarrollada a nivel de diseño de detalle (Ulrich y Eppinger, 2009).

Resultados

A. Etapa de Evaluación.

El procedimiento previamente definido, fue materia de ensayo y aplicación en el trabajo desarrollado por cursos de pregrado de formación universitaria en Diseño Industrial; en específico, el taller de Diseño ecológico, correspondiente al séptimo semestre de la carrera de Ingeniería en Fabricación y Diseño Industrial perteneciente a la Universidad Técnica Federico Santa María, sede Viña del Mar, Chile. Por lo que dicha investigación se asume como una instancia preliminar factible de ser verificada y corregida, permitiendo de este modo – en su mejora – el escalamiento potencial a otros casos y contextos que busquen la incorporación del DS.

Los resultados se presentaron a modo de información resumida y organizada según la fase desarrollada. Iniciando el proceso, con la recogida de información necesaria para su evaluación (fase a1), mediante la elaboración de una matriz de datos acotada, que permitió consignar el balance de materiales y componentes para su posterior análisis. El trabajo, se realizó a partir del estudio de un caso en donde el requerimiento general planteado, era poder reconocer su estatus ambiental y avanzar finalmente en su mejora. Lo anterior fue aplicado a un rodado infantil de baja complejidad, de la marca chilena Roda perteneciente a la empresa Roda Corp. Spa. (Tabla 1).

Según los datos obtenidos en la ficha a1, se procedió con el levantamiento de indicadores, comenzando con los referidos

al ámbito ambiental y su relación de impacto generado por la utilización de las materias primas previamente identificadas en el producto (ficha a 2.1). Para esto, se adaptó el método propuesto por Venegas et al. (2019). Éste, método a partir de la desagregación de la unidad total (producto) en los distintos subsistemas materiales presentes, permitió la obtención de los valores porcentuales relativos al peso (en gramos) de cada tipología que compone el sistema. De esta forma, los indicadores levantados, su ponderación y los criterios considerados para tal efecto pueden apreciarse en la tabla 2.

El segundo indicador, midió el impacto ambiental versus su consumo de energía. Para esto, se relacionó al producto con su potencia nominal expresada en kilowatt (kW), las horas de uso efectivo en un período anual, la estimación prevista en términos de vida útil del producto y finalmente el cálculo para obtener la cantidad de energía consumida en una hora (kW h) a lo largo de un año y multiplicada por los años de uso o vida útil ($\text{kW} \cdot \text{h/año} \cdot \text{años de uso}$).

Para el caso del producto en cuestión y dada la naturaleza operativa/funcional del mismo, el segundo indicador no pudo ser calculado por corresponder a un rodado infantil, el cual es activado básicamente mediante energía mecánica, producto de la tracción o propulsión humana. Por lo que finalmente y de acuerdo a los criterios que se fijaron para la obtención del indicador, se aplica el puntaje más alto; lo anterior pudo ser consignado en la tabla 3 que muestra el resultado y los criterios aplicados para esto.

El Indicador nº 3, que levanta una evaluación respecto del desempeño funcional del producto, se ejecutó a partir de un despliegue de las prestaciones que componen el sistema de producto, organizándolas en sub grupos en donde se consigna cada una de las funciones que han de ser evaluadas.

Para cada una de esas prestaciones que han de ser medidas, se procedió con la fijación de escalas numéricas de modo de contar con una referencia objetiva para proceder con la calificación. En este

¹Se espera que las votaciones ejecutadas, no superen el rango dado por el valor o puntaje de jerarquización (Pj.). Lo anterior determinaría una sobre votación que llevaría a concluir que lo que se está evaluando va más allá de lo esperado para que el sistema de producto funcione de manera correcta. Por lo que se estimaría como un sobre diseño y si es que se procede con rigurosidad en el proceso, se debiera consignar como tal la evaluación final del producto, acusando espacios de mejora del sistema.

²El método que se ocupa es a partir de una adaptación de la propuesta hecha por Ulrich & Eppinger (2009) para la fase de evaluación y selección de alternativas en el método de cinco pasos para la generación y selección de conceptos. a Gupta et al. (2017); Allen et al. (2019); Duan et al. (2015) entre otros

Tabla 1. Ficha a.1. Reconocimiento y balance de producto. Fuente: Elaboración propia







		Matriz Caracterización del producto Ficha: A1		Estado de la revisión: Versión preliminar		
Objetivo y alcance evaluación del Producto (brief mandante): Avance en mejora ambiental de producto a partir de diagnóstico de inicio						
PRODUCTO: Bicicleta de aprendizaje clásica RODA			RESPONSABLES:			
		Descripción funcional: Bicicleta /rodado de madera de aprendizaje motriz etapa pre-escolar		A cargo: Jefe de proyecto Departamento: Diseño y Medio Ambiente		
		Gestión m/a: Profesional a cargo				
Familia de Productos: Si (x) No ()			Diseño y desarrollo			
Nombre de Tipología: Bicicleta de aprendizaje RODA			Profesional a cargo			
	Componente	Número	Material	Peso(grams)	Procedencia	Origen Mat.
Subsistema Marco	Cuerpo Principal	2	Madera contrachapada	1000	Chile	Virgen
Subsistema Dirección	Horquilla	1	Madera contrachapada	400	Chile	Virgen
	Manubrio	1	Madera contrachapada	200	Chile	Virgen
	Manillas	2	Elastómero coloreado	200	China	Virgen
	Eje de Giro	1	Metal Acero corriente	400	China	Reciclado
Subsistema Ruedas	Aro	2	Polímero	900	China	Virgen
	Gomas	2	Elastómero/Caucho	580	China	Reciclado
	Bujes	2	Metal Acero inoxidable	100	China	Virgen
Subsistema Asiento	Soporte Elevación	1	Madera contrachapada	250	Chile	Virgen
	Estructura Apoyo	1	Madera contrachapada	200	Chile	Virgen
	Acolchado	1	Polímero/ textil sintético	100	China	Virgen
Subs. Vinculaciones	Pernos Ajustes	12	Metal Acero inoxidable	150	China	Virgen
	Adhesivo	1	Epoxico	20	Chile	Virgen
TOTAL				4500		

Tabla 2. Ficha a.2.1. Impacto ambiental y materia Prima. Fuente: Elaboración propia.

			Matriz Impacto Ambiental: Materia Prima Ficha: A2.1				Estado de la revisión: Versión preliminar				
Caracterización Producto			Material				Reciclabilidad		Peligrosidad		
Material	Peso(grams)	% Peso Total	Procedencia	Puntaje	Origen mat.	Puntaje	Reciclable	% reciclabilidad	Peligroso	Codigo DS 148	% peligrosidad
Madera contrachapada	2.050	45,6	Nacional	5	no renovable	1	no	14,4	no		0
Elastómero coloreado	200	4,4	Internacional	1	no renovable	1	no		no		
Metal Acero corriente	400	8,9	Internacional	1	Reciclado	10	si		no		
Polímero	900	20,0	Internacional	1	no renovable	1	no		no		
Elastómero/Caucho	580	12,9	Internacional	1	no renovable	1	no		no		
Metal Acero inoxidable	250	5,6	Internacional	1	no renovable	1	si		no		
Polímero/ textil sintético	100	2,2	Internacional	1	no renovable	1	no		no		
Epoxico	20	0,4	Internacional	1	no renovable	1	pje LiDs	1,4	pje LiDs	1	
Peso Total	4.500	100,0	subtotal	1,5		2,1					
			pje LiDs	1,8							

Criterios Material (Promedio de 2 atributos)		
Criterios Procedencia Material		
BAJO	10 pts	Si el producto consume mat. Locales/ regionales
MEDIO	5 pts	Si el producto consume mat. Nacional
ALTO	1 pto	Si el producto consume mat. Internacional Nacional
Criterios Origen Material		
BAJO	10 pts	Si el producto contiene mat. prima reciclada
MEDIO	5 pts	Si el producto contiene mat. prima renovable
ALTO	1 pto	Si el producto contiene mat. prima no renovable
Criterios Reciclabilidad		
ALTO	10 pts	80 a 100% mat. Reciclable
MEDIO	5 pts	40 a 79 %
BAJO	1 pto	0 a 39 %
Criterios Peligrosidad		
BAJO	10 pts	80 a 100% mat. Peligroso
MEDIO	5 pts	40 a 79 %
ALTO	1 pto	0 a 39 %

Tabla 3. Ficha a.2.2. Impacto ambiental y consumo de energía. Fuente: Elaboración propia

		Matriz Impacto Ambiental: Consumo Energía			
Ficha: A2.2					
Producto	Potencia kW	Hr uso/año	Estimación vida util (años)	Consumo Energía en uso del producto(kW x Hr/año x año de uso)	
n/a					
Criterios Magnitud de Uso de Energía					
Evaluación	Pje LiDs	Condición			
BAJO	10 pto	Si el producto consume menos de 100 kWh			
MEDIO	5 ptos	Si el producto consume menos de 100-1000 kWh			
ALTO	1 ptos	Si el producto consume más de 1000 kWh			

sentido se crea un valor o puntaje de jerarquización (PJ.), que es el que estima el grado de importancia que cada una de las funciones tiene para el sistema, teniendo una escala nominal de uno (1) a cinco (5). Siendo el 1 que expresa el más bajo de los grados de importancia, hasta el 5 que es el que estima el mayor nivel de interés de esa prestación para el sistema de producto.

En razón de lo anterior se procedió con la evaluación en específico de cada una de las funciones que componen el sistema, teniendo como escala de calificación los valores fijados previamente. Estableciendo la votación (Vot.)¹ a partir de un rango que va desde lo muy mal resuelto (1), hasta lo óptimo en cumplimiento de la prestación y su resolución en el producto, vale decir muy bien resuelto (5).

Posteriormente, se avanzó de forma cuantitativa para obtener evaluaciones en puntos porcentuales², que posteriormente se reconocen como indicadores funcionales. Para lo anterior, se agrupó en la siguiente columna, la sumatoria ideal de cada subsistema ($\sum i$) y que surge a partir de la suma de todos los valores o Pj. al cuadrado ($Pj.^2$); así mismo, en la columna N°5, se muestra a la votación real (V. Real) que es la que reúne la sumatoria real ($\sum r$) de todos los productos dados entre el Pj. establecido para cada función del subsistema y su votación correspondiente ($Pj. \times Vot.$). Ambas sumatorias son útiles para obtener el porcentaje (%) de cumplimiento de dicho subsistema, así como de cada función, aplicando para esto una operación

de proporcionalidad, el que pudo ser registrado en la columna N° 6, y que, en términos simples, representaría el grado de conformidad factible de manifestar con las prestaciones funcionales de todo el subsistema. No obstante, los anterior, también se puede consignar a modo de balance funcional general del producto su cumplimiento total (en %). Es posible relacionando las sumatorias totales ideales del producto ($\sum ti$) con las sumatorias totales reales del mismo ($\sum tr$).

Finalmente, destacadas en color (amarillo), se observa la selección de las funciones que fueron evaluadas y que de manera más directa podrían ser relacionadas con ciertos criterios ambientales que debieran considerarse para el desarrollo del proyecto. Se estima para tal efecto, asociar el 100% de rendimiento a nivel funcional con una escala de puntaje LiDS de 1 a 10, vale decir un punto es asociable a diez puntos porcentuales ($1=10\%$). Lo anterior y los indicadores levantados se pudieron consignar en la tabla 4.

El cuarto Indicador se realizó desde un análisis del producto y las facilidades de este, para poder ser desmontado y en dicho proceso ir gestionando eficientemente el acceso a sus componentes para ser recuperados mediante el reciclaje.

El análisis, levantó una calificación desde la perspectiva del FVP y en lo particular desde el diseño para el desmontaje (DfD en su sigla en Inglés); entendido como la factibilidad presente de inicio en el sistema de producto,

para evitar la separación destructiva de sus componentes. Contribuyendo así, a la minimización de desperdicios al final de su vida útil, abriendo de este modo, espacios para su recuperación futura (Abuzied et al., 2020; Chiu y Okudan, 2010).

El análisis detallado, la ponderación de los indicadores y el puntaje LiDS obtenidos, se registraron en la tabla 5.

Finalizando la primera parte de la etapa correspondiente a la evaluación del producto, se procedió a desarrollar el análisis diagnóstico respecto del estándar ambiental que este posee en la actualidad. Para lo cual, se estableció un cruce entre las ocho estrategias de ecodiseño y el promedio de los indicadores que pudieron coincidir con dichas estrategias. Dando por tanto, el puntaje LiDS como resultado a considerar, en el planteamiento de ciertos



espacios de mejora ambiental del producto en cuestión. Los datos obtenidos pueden observarse en la tabla 6.

B. Etapa de Definición y Propuestas

Asumiendo las ocho estrategias de ecodiseño, como una instancia para agrupar incertidumbres que el diseño con perspectiva ambiental debiera considerar, se resolvió la utilización de dichos antecedentes, como un insumo válido para la elaboración de nuevas propuestas de diseño (Liu y Zhao, 2020; Rungyuttapakorn y Wongwatcharapaiboon, 2020; Zhang y Li, 2019; Diago et al., 2019; Singh y Sarkar, 2019; Carey et al., 2019).

Dicho escenario se representó de forma esquemática, aplicando un gráfico de (Figura 2).

Tabla 4. Ficha a.2.3. Evaluación funcional del producto. Fuente: Elaboración propia

	Matriz Evaluación funcional producto Ficha: A2.3				
	VALOR	VOTACIÓN	V.Ideal (Pj.2)	V.Real (Pj.xVot.)	
RODAR PARA DESPLAZAR			$\Sigma i=73$	$\Sigma r=43$	subsist = 59%
Traccionar p/d	4	2	16	8	50
Equilibrar p/d	4	3	16	12	75
Detener	4	2	16	8	50
Desplazar rodando	5	3	25	15	60
DIRECCIONAR			$\Sigma i=43$	$\Sigma r=24$	subsist = 56%
Maniobrar p/d	3	1	9	3	33
Girar p/d	3	2	9	6	67
Dirigir	5	3	25	15	60
ARMAR/DESARMAR			$\Sigma i=65$	$\Sigma r=44$	subsist = 68%
Sostener p/a-d	2	1	4	2	50
Acoplar p/a	4	2	16	8	50
Asegurar armado	3	2	9	6	67
Ajustar p/a	4	3	16	12	75
Desarmar p/trasladar	4	3	16	12	75
Manipular p/a-d	2	2	4	4	100
RESISTIR ESFUERZOS			$\Sigma i=57$	$\Sigma r=39$	subsist = 68%
Fijar piezas para r/e	4	3	16	12	75
Distribuir carga para r/e	4	3	16	12	75
Resistir flexión	4	3	16	12	75
Resistir torsión	3	1	9	3	33
GESTIONAR FDVP			$\Sigma i=67$	$\Sigma r=25$	subsist = 37%
Desarmar p/desechar	3	2	9	6	67
Variar uso	5	1	25	5	20
Extender usabilidad	5	2	25	10	40
Desechar	2	1	4	2	50
Reciclar	2	1	4	2	50
			$\Sigma ti=305$	$\Sigma tr=175$	Total produc. =57%



**Pje/LiC

**Pje/LiC

**Pje/LiC

**Pje/LiC

Tabla 5. Ficha a.2.4. Evaluación recuperabilidad del producto. Fuente: Elaboración propia

		Matriz Evaluación Recuperabilidad Ficha : A2.4				
	Componente	Número	Material	Numero de Componentes	Número de Materiales	Sist. Unión
Subsistema Marco	Cuerpo principal	2	Madera contrachapada	13	9	mixta
Subsistema Dirección	Horquilla	1	Madera contrachapada			
	Manubrio	1	Madera contrachapada			
	Manillas	2	Elastómero coloreado			
	Eje de giro	1	Metal Acero corriente			
Subsistema Ruedas	Aro	2	Polímero			
	Gomas	2	Elastómero/Caucho			
	Bujes	2	Metal Acero inoxidable			
Subsistema Asiento	Soporte Elevación	1	Madera contrachapada			
	Estructura apoyo	1	Madera contrachapada			
	Acolchado	1	Polímero/ textil sintético			
Subs. Vinculaciones	Pernos ajustes	12	Metal Acero inoxidable			
	Adhesivo	1	Epoxico			
Subtotal				1	5	5
Promedio				3,7		
Pje LiDs				3,7		

Criterios Recuperabilidad (Promedio de 3 atributos)

Numero componentes		
BAJO	10 pts	Si el producto tiene hasta 5 piezas
MEDIO	5 pts	Si el producto tiene hasta 6 a 10 piezas
ALTO	1 pts	Si el producto tiene más de 10 piezas
Numero materiales		
BAJO	10 pts	Si el producto tienes hasta 5 materiales
MEDIO	5 pts	Si el producto tiene hasta 6 a 10 materiales
ALTO	1 pts	Si el producto tiene más de 10 materiales
Sistema de unión		
BAJO	10 pts	Si el producto presenta sist. unión transitoria
MEDIO	5 pts	Si el producto presenta sist. unión mixta
ALTO	1 pts	Si el producto presenta sist. unión definitiva

Tabla 6. Ficha a.3.1. Análisis de escenarios para el ecodiseño. Fuente: Elaboración propia



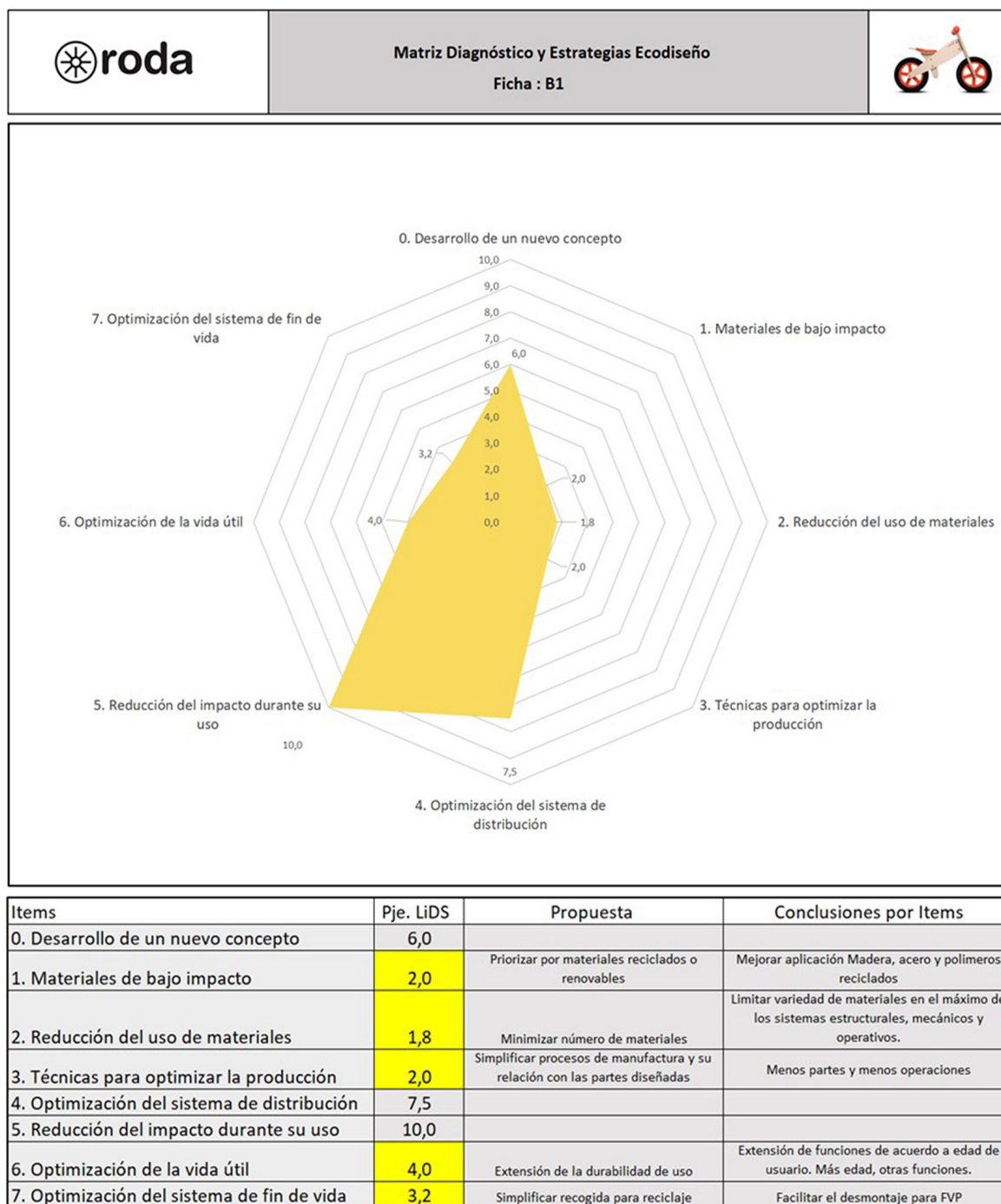
	Matriz Análisis de Escenarios para el Ecodiseño						
	Ficha : A3.1						
	IND 1			IND 2	IND 3	IND 4	LIDS
ESTRATEGIAS DE ECODISEÑO	Material	Reciclabilidad	Peligrosidad	Energía uso	Usabilidad	Recuperabilidad	Promedio
0. Desarrollo de un nuevo concepto				10,0	2,0		6,0
1. Materiales de bajo impacto	1,8	1,4	1,0			3,7	2,0
2. Reducción del uso de materiales	1,8						1,8
3. Técnicas para optimizar la producción		1,4	1,0			3,7	2,0
4. Optimización del sistema de distribución					7,5		7,5
5. Reducción del impacto durante su uso				10,0			10,0
6. Optimización de la vida útil					4,0		4,0
7. Optimización del sistema de fin de vida		1,4	1,0		6,7	3,7	3,2

Tabla 7. Ficha b.1. Diagnóstico y estrategias de ecodiseño. Fuente: Elaboración propia





tipo radial similar al desarrollado por Brezet y Van hemel (LiDS Wheel) con las ocho estrategias de ecodiseño jerarquizadas en escala de uno a diez. Así como también, una matriz resumen que consigna el puntaje LiDS obtenido y las propuestas de mejora prioritaria que se han decidido aplicar para tal efecto (tabla 7).

A partir de los resultados arrojados por la matriz B1, se establecen en una segunda instancia, las EDP que permitirán guiar

el avance del proceso de generación y evaluación de alternativas. Entendiéndose, por tanto, que las estrategias de menor puntuación son el punto de partida para la definición de los criterios a utilizar en el proceso de selección de aquellas. Los criterios derivados son los siguientes: a) Restricción variedad tipología materiales; b) Reciclabilidad y renovabilidad de materiales; c) Optimización de partes y su

Tabla 8. Ficha b.2. Selección de Propuestas de Diseño. Fuente: Elaboración propia

		Matriz de Selección de Propuestas de Diseño Ficha: B2.							
									
		Concepto (A)		Concepto (B)		Concepto (C)		Concepto (D)	
Crterios de seleccin	Valor (%)	Nota	Ponderacin	Nota	Ponderacin	Nota	Ponderacin	Nota	Ponderacin
Restriccin variedad tipologa materiales	30	5	1.5	5.5	1.65	5.5	1.65	5	1.5
Reciclabilidad y renovabilidad de materiales	25	4	1	5	1.25	5	1.25	5	1.25
Optimizacin de partes y su produccin	15	3	0.45	5	0.75	5.8	0.87	4.5	0.675
Desarmabilidad simplificada para reciclaje	15	6	0.9	5.5	0.83	5.5	0.83	4.8	0.72
Durabilidad extendida por uso	15	5	0.75	4	0.6	5	0.75	4	0.6
Total puntos			4.6		5.1		5.4		4.7
Seleccin			4		2		1		3
¿Elige?			No		No		Si		No

produccin; d) Desarmabilidad simplificada para reciclaje; e) Durabilidad extendida por uso.

El proceso de seleccin de alternativas y su ponderacin por criterios, puede apreciarse en la tabla 8.

Para el caso del producto en cuestin, se pudo seleccionar un concepto acorde a los criterios y ponderaciones establecidas, lo que fue resuelto posteriormente en los siguientes diseos con sus respectivas soluciones a nivel de usabilidad y detalle

El concepto que pudo desarrollarse queda en disposicin de ser prototipado, as como, de seguir siendo evaluado y optimizado, con perspectiva de mejora continua, en la medida de que el mandante decida ir integrando nuevos requerimientos para su optimizacin ambiental o bien, considerar nuevas regulaciones que puedan ir establecindose por la institucionalidad

Conclusin

- En resumen, el mtodo propuesto permiti identificar y caracterizar un producto, considerando para esto, la necesidad de reduccin futura de las externalidades medioambientales generadas por cada uno de sus componentes, la constitucin de sus materiales y las caractersticas productivas. Lo anterior como el

registro de una evaluacin ambiental abreviada, a partir de la seleccin de los aspectos de mayor relevancia y prioridad para tal efecto. Presentando as, un levantamiento esquemtico de informacin, organizado con aquellos datos claves que constituyen y definen el sistema fsico material en anlisis.

Es as como, dicho instrumento se constituiria, como una herramienta vlida para poder abordar proyectos de diseo de productos; ya sea, observado desde las necesidades pedaggicas exigidas, por los criterios de aprendizaje en la enseanza de los distintos talleres proyectuales o bien, asignaturas de especialidad. As como, en la aplicacin de proyectos que demanden una resolucin eficiente bajo parmetros productivos, pero con una perspectiva ambiental. Actuando, finalmente, como una gua que facilitara la evaluacin de escenarios potenciales, factibles de ser considerados en los procesos de toma de decisin para mejorar productos fabricados, pero con perspectiva sostenible.

- El procedimiento aqu presentado, constat la importancia de tener en cuenta criterios objetivos para poder avanzar correctamente con el anlisis y posterior formulacin de indicadores ambientales asociados a productos. Por constituirse esto, en el panorama actualizado a considerar como el inicio de una evaluacin para cada caso especfico a ser abordado; Procurando

así, de la necesaria planificación previa de una estructura ágil y eficiente, capaz de reaccionar ante los diversos cambios producidos en la normativa, así como, de las distintas regulaciones definidas por la institucionalidad ambiental.

- El diagnóstico inicial, incide directamente en la priorización de las estrategias de mejora ambiental utilizables para el desarrollo de nuevas propuestas de diseño de producto. Dichas medidas debieran garantizar además de los aspectos funcionales propios derivados de las necesidades prácticas y utilitarias por parte del usuario, los requisitos propios de la producción, constituidos

específicamente por los requerimientos del mandante. Permitiendo de este modo, la selección de manera dirigida y regulada de las distintas mejoras propuestas en la optimización del producto; se confirma, por tanto, la relevancia de poder contar con una evaluación objetiva y ponderada, de las diversas alternativas conceptuales que vayan surgiendo durante el proceso de diseño asumido por el equipo de desarrolladores. En este sentido, la matriz de selección (b2) pareciera ser un eficiente instrumento de evaluación, ante la exigente demanda sugerida por



Figura 2. Propuesta y diseño de detalle para producto. Fuente: Adaptación del autor a partir de Castro Y Barahona 2022.

los distintos criterios considerados en la búsqueda la solución óptima de diseño.

- La solución de diseño que pudo ejecutarse, se ajustó (en lo particular) al panorama diagnóstico levantado por la aplicación del método propuesto. Si bien, resultó complejo determinar el indicador asociado a la reciclabilidad, por vincularse a la infraestructura de reciclaje presente y actualizada en el territorio, este, se pudo abordar de manera nominal dada la naturaleza de la materia prima. Comprobándose que el instrumento planteado, es dúctil ante la necesidad de poder ensayar la definición de indicadores, a partir incluso de la debilidad presente en términos de información general. Esto, permitió constatar la flexibilidad del instrumento metodológico y las posibilidades de escalabilidad en su aplicación, lo que según lo señalado por Favi et al., (2019), debiera reflejarse tanto en proyectos formativos al interior del quehacer universitario, así como en el contexto vinculado con las necesidades de la empresa.
- Así mismo, se pudo destacar que las soluciones de diseño desarrolladas a partir de la aplicación del instrumento hacen un especial énfasis en el FVP como una estrategia de interés aplicada al producto en cuestión. Fijando su atención, preferentemente en la reciclabilidad de los residuos, el desarme y la reducción volumétrica del rodado, como una instancia destinada a facilitar la recogida y gestión final de los materiales que componen el sistema. Por lo que se concluye que este enfoque, sin ser el único que se abordó en el proyecto, favorecería la integración colectiva futura, de los principios que sustentan las buenas prácticas medioambientales (Rossi et al., 2016).
- Es necesario hacer notar que, para efecto de este trabajo, se consideró una simplificación de ciertas variables para poder ajustarse a las estrategias de ecodiseño. Tal es el caso de las normativas ambientales aplicables al fin de vida de ciertos productos (ley REP, productos prioritarios). No obstante, aquello es factible seguir perfeccionando el instrumento en términos de una cuantificación más ajustada, aun teniendo como base a la rueda de LiDS.
- La investigación desarrollada, es factible de ser potencialmente adaptada a la evaluación y análisis de tipologías o familias de productos. Lo que abre un importante espacio para poder precisar aún más, en la obtención de los indicadores ponderados. Permitiendo, un potencial cruce de información derivado de la evaluación comparativa de productos desarrollados en una empresa o bien, de un determinado sector productivo. Facilitando de este modo, la identificación y posterior solución de los distintos cuellos de botella ambiental asociables a materiales y/o procesos (Valero et al., 2018; Brundage et al., 2018).
- El trabajo expuesto, se ha constituido en un primer ensayo metodológico aplicable a la mejora de Productos desde una perspectiva ambiental. Estableciendo alrededor de los conceptos básicos de ecodiseño, procedimientos simplificados del todo factibles de ser incorporados a las fases más comunes del proceso de diseño. Se espera, por tanto, que en un breve plazo se puedan ir traspasando dichas herramientas, al ejercicio académico presente en los distintos talleres proyectuales que decidan abordar la temática del DS como desafío para sus proyectos. O bien ir prototipando – en la medida de la necesidad requerida por los mandantes – soluciones para el ejercicio profesional al interior de las empresas e ir asumiendo en conjunto con ello, el concepto de mejora continua ambiental como una forma de avanzar en el concepto de calidad asociado a la Sostenibilidad.

Referencias

- Abuzied, H., Senbel, H., Awad, M., & Abbas, A. (2020). A review of advances in design for disassembly with active disassembly applications. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23 (3), 618-624. <https://doi.org/10.1016/j.jestech.2019.07.003>
- Allen, J. D., Stevenson, P. D., Mattson, C. A., & Hatch, N. W. (2019). Over-Design Versus Redesign as a Response to Future Requirements. *Journal of Mechanical Design*, 141(3). <https://doi.org/10.1115/1.4042335>
- Brezet, H., & van Hemel, C. (1997). *Ecodesign: A promising approach to sustainable production and consumption* (1^o). U.N.E.P.
- Brones, F. A., Carvalho, M. M. de, & Zancul, E. de S. (2017). Reviews, action and learning on change management for ecodesign transition. *Journal of Cleaner Production* 142, 8-22. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.009>
- Brundage, M. P., Bernstein, W. Z., Hoffenson, S., Chang, Q., Nishi, H., Kliks, T., & Morris, K. C. (2018). Analyzing environmental sustainability methods for use earlier in the product lifecycle. *Journal of Cleaner Production*, 187, 877-892. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.187>
- Carey, M., White, E. J., McMahon, M., & O'Sullivan, L. W. (2019). Using personas to exploit environmental attitudes and behaviour in sustainable product design. *Applied Ergonomics*, 78, 97-109. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.02.005>
- Castro, P., Barahona, E., Celedón, M., Dossow, V., Droguett, M., & Fernández, K. (2022). *Diseño de Rodado de baja complejidad. Taller de Diseño Ecológico, UTFSM*. [Presentación para examen semestral de asignatura]. Entrega Final de Taller Diseño Ecológico, Viña del Mar, Chile.
- Chiu, M.-C., & Okudan, G. E. (2010). Evolution of Design for X Tools Applicable to Design Stages: A Literature Review. *Volume 6: 15th Design for Manufacturing and the Lifecycle Conference; 7th Symposium on International Design and Design Education*, 171-182. <https://doi.org/10.1115/DETC2010-29091>
- De Aguiar, J., Oliveira, L. de, Silva, J. O. da, Bond, D., Scalice, R. K., & Becker, D. (2017). A design tool to diagnose product recyclability during product design phase. *Journal of Cleaner Production*, C(141), 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.074>
- Diago, L., Lacasa, E., Urmente, L., Millán, I., & Santolaya, J. L. (2019). Integrating Sustainability in Product Development Projects. En F. Cavas-Martínez, B. Eynard, F. J. Fernández Cañavate, D. G. Fernández-Pacheco, P. Morer, & V. Nigrelli (Eds.), *Advances on Mechanics, Design Engineering and Manufacturing II* (pp. 13-22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12346-8_2
- Diehl, J. C., & Brezet, H. (2005). *Ecodesign Education: Personalized Design Knowledge Transfer*. 11. https://www.researchgate.net/publication/310649594_ECOCODESIGN_EDUCATION_PERSONALISED_DESIGN_KNOWLEDGE_TRANSFER
- Duan, Y., Gao, H., Li, J., & Huang, M. (2015). Formalizing Over Design and Under Design. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 10(12), 279-288.
- Favi, C., Marconi, M., & Germani, M. (2019). Teaching eco-design by using LCA analysis of company's product portfolio: The case study of an Italian manufacturing firm. *Procedia CIRP*, 80, 452-457. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.032>
- Gertsakis, J. (2001). Maximising Environmental Quality through EcoresignTM. En *Sustainable Solutions* (p. 13). Routledge.
- Gupta, R. K., Belkadi, F., & Bernard, A. (2017). Evaluation and management of customer feedback to include market dynamics into product development: Satisfaction Importance Evaluation (SIE) model. DS 87-4 *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED 17)* Vol 4: Design Methods and Tools, Vancouver, Canada, 21-25.08.2017, 4, 327-336.
- IHOBE. (2000). *Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de Implantación en 7 pasos* (1^o). IHOBE, S.A. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/ekodiseinu7/es_def/adjuntos/PUB-2000-014-f-C-001.pdf
- Iuga, A., Popa, V., & Popa, L. (2017). Industrial Product Life Cycle Stages and Lifecycle Eco-design. En V. Majstorovic & Z. Jakovljevic (Eds.), *Proceedings of 5th International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies* (pp. 365-374). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56430-2_27
- Liu, C., & Zhao, Y. (2020). The Application of Lifecycle Design Strategies in the Interaction Design. En R. S. Goonetilleke & W. Karwowski (Eds.), *Advances in Physical Ergonomics and Human Factors*

(pp. 369-376). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20142-5_37

Ma, J., Kremer, G. E. O., & Ray, C. D. (2018). A comprehensive end-of-life strategy decision making approach to handle uncertainty in the product design stage. *Research in Engineering Design*, 29(3), 469-487. <https://doi.org/10.1007/s00163-017-0277-0>

Manzano, M. G. (2022). Rol del Ecodiseño en la Industria Chilena del Plástico. *Tekhné*, 25(1), Article 1.

Miranda de Souza, V., & Borsato, M. (2016). Combining Stage-GateTM model using Set-Based concurrent engineering and sustainable end-of-life principles in a product development assessment tool. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3222-3231. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.013>

Rodrigues, V. P., Pigosso, D. C. A., & McAloone, T. C. (2017). Measuring the implementation of ecodesign management practices: A review and consolidation of process-oriented performance indicators. *Journal of Cleaner Production*, 156, 293-309. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.049>

Rossi, M., Germani, M., & Zamagni, A. (2016). Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, 129, 361-373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.051>

Rungyuttapakorn, C., & Wongwatcharapailoon, J. (2020). *Eco-Design product development for alternative dishwashing detergent*. 8-16.

Singh, P. K., & Sarkar, P. (2019). Eco-design Approaches for Developing Eco-friendly Products: A Review. En K. Shanker, R. Shankar, & R. Sindhvani (Eds.), *Advances in Industrial and Production Engineering* (pp. 185-192). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6412-9_17

Ulrich, Karl & Eppinger, Steven. (2009). *Diseño y desarrollo de productos* (4º). Mc Graw Hill.

Valero, A., Valero, A., Calvo, G., & Ortego, A. (2018). Material bottlenecks in the future development of green technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 178-200. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.041>

Venegas, M. E., Navarro, A., & Alfaro, E. (2019). Modelo procedimental para la caracterización y valoración de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, RAEE. *Cuadernos Del Centro De*

Estudios De Diseño Y Comunicación, 87, 285-298. <https://doi.org/10.18682/cdc.vi77>

Wenzel, H., & Alting, L. (1999). Danish experience with the EDIP tool for environmental design of industrial products. *EcoDesign '99: First International Symposium On*, 370-379. <https://doi.org/10.1109/ECODIM.1999.747640>

Wimmer, W., & Züst, R. (2001). *ECODESIGN Pilot: Product Investigation, Learning and Optimization Tool for Sustainable Product Development (1º)*. Springer.

Zeng, X., Yang, C., Chiang, J. F., & Li, J. (2017). Innovating e-waste management: From macroscopic to microscopic scales. *Science of The Total Environment*, 575, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.078>

Zhang, B.-Y., & Li, J. (2019). Design for Environmental Protection: Measuring the Appeal Factors of Green Product for Consumers. *Ekoloji*, 28(107), 1699-1707.

Fuente de financiación / Funding source

Este trabajo no ha recibido ninguna fuente de financiación / This work has not received any funding.

proyector 56

An industrial design journal