



Desarrollo tecnológico basado en el software CES EduPack del diseño de un vehículo eléctrico para personas con discapacidad de América Latina

Luiz Antônio Pereira Machado Júnior ⁽¹⁾

Maestrante en Diseño y Desarrollo de Producto por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México). Licenciado en Diseño por el Instituto Federal Sul-Riograndense, campus Pelotas (Brasil).

David Cortés Saenz

Doctor en Proyectos de Innovación Tecnológica por la Universidad Politécnica de Cataluña (España). Coordinador de la Maestría en Diseño y Desarrollo de Producto de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México).

Armando Martínez de la Torre

Maestro en Desarrollo de Productos por la Universidad de Guadalajara (México).

Cesar Omar Balderrama Armendáriz

Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial (México). Responsable del Laboratorio de Prototipado Rápido en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez – México.

Patricia Urquizo Monreal

Maestrante en Diseño y Desarrollo de Producto por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México). Licenciada en Diseño Industrial por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México).

Ariadna Vázquez Cabrera

Maestrante en Diseño y Desarrollo de Producto por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (México). Licenciada en Diseño Industrial por el Instituto Superior de Diseño (Cuba).

Dirección (1): Calle Trompillo, 8411 – Infonavit Aeropuerto – Ciudad Juárez – Chihuahua – 32662 – México – Tel.: (656) 748-8599 – e-mail: I.a.pereiramachado@hotmail.com

RESUMEN

Este artículo plantea la propuesta preliminar del desarrollo tecnológico de un vehículo eléctrico compacto para personas con discapacidad de América Latina a partir de la utilización del software CES EduPack. Apoyado en la metodología de los vectores de la forma, el desarrollo proyectual de esta propuesta se establece sobre cuatro vectores: expresivo, comercial, funcional y tecnológico. En este último se concentra la investigación, estableciendo parámetros para el desarrollo de las partes que se bifurca: materiales, procesos y costos. Por lo tanto, a partir del CES EduPack se propone los materiales estructurales del vehículo y su impacto de acuerdo con los conceptos de Ecodiseño y diseño centrado en el usuario.

Palabras claves: Vehículo eléctrico, CES EduPack, Ecodiseño, Diseño de Producto, Discapacidad.

INTRODUCCIÓN

A partir de las reflexiones de Papanek (1985) es posible ver que actualmente se vive un disturbio recurrente, los problemas ambientales en que vive la humanidad atraviesan décadas y son cada vez más alarmantes. En tiempos en que la sociedad convive con la disminución de los recursos naturales



y una gran producción industrial, diseñar nuevos productos genera cada vez más impacto social, demandando mayor responsabilidad al diseñador (Papanek, 1985).

El uso de herramientas para el Ecodiseño aplicadas al sector automotriz puede generar mejoras a partir de las siguientes reducciones: 1) en el peso global del vehículo, 2) de la potencia y en el peso de los motores y 3) de esfuerzos resistentes y pérdidas mecánicas, asimismo, también impacta en la aerodinámica, así como en los neumáticos de menor índice de rodadura, cambios de velocidades, entre otros aspectos que pertenecen a la función práctica del desarrollo de productos y también comprendida por el vector tecnológico.

Correlacionado a eso tenemos la aportación de la utilización de materiales que sean adecuados para atender las demandas anteriores. La deflación de materiales refleja que la tecnología eléctrica tiene la intención de someter el volumen del contenido tradicional para el desarrollo de un proyecto que busca la eficiencia. Sintéticamente, en este caso se aplica la expresión: *menos es más*. Con la intención de lograr el desarrollo del vector tecnológico de manera eficiente y concreta en esta investigación se utiliza el software CES EduPack después de hacer una contextualización referente a la complejidad que involucra el desarrollo de vehículos para personas con discapacidad.

El desarrollo de productos que facilitan la movilidad en general se ha estudiado de forma significativa, sin embargo, hay una parte de este campo, que es la movilidad de las personas con discapacidad, que merece más atención debido a su retraso en relación con lo que es desarrollado para las personas sin discapacidad, siendo este el tema de interés para esta investigación.

En la actualidad, muchas personas con discapacidad enfrentan problemas de movilidad y muchas veces esta dificultad está relacionada con la ausencia de equipos adecuados para sus actividades, donde se involucra el diseño inapropiado para la problemática contemporánea donde los materiales utilizados no son suficientemente resistentes o el diseño no cumple con eficiencia deseada, por ejemplo. Por lo general son actividades motoras sencillas obstaculizadas por la falta de infraestructura necesaria y equipos ineficientes. En el caso de los usuarios de sillas de ruedas, hay muchos episodios que producen vergüenza y problemas a causa de esta falta de infraestructura (Silvestre, 2010).

Por lo tanto, lo que propone este artículo es plantear la propuesta preliminar de un vehículo eléctrico compacto para personas con discapacidad en Latinoamérica teniendo los conceptos del ecodiseño como parámetros de investigación y utilizando como herramienta de desarrollo el software CES EduPack para diseñar una propuesta de materiales y costo de acuerdo con las premisas del Ecodiseño (Ecoeficiencia, Impacto ambiental y Diseño respetuoso con el medio ambiente) (Floril, 2015).

ECODISEÑO

El concepto-clave de diseño ecológico o el Ecodiseño abarca la consideración sistemática de la función de diseño con respecto a objetivos medioambientales, de salud y seguridad a lo largo del ciclo de vida completo del producto y del proceso (Floril, 2015). Este es aplicado como medida preventiva que supone un factor importante en la minimización del impacto ambiental, considerando las siguientes ramificaciones del Ecodiseño: A) Sustentabilidad ambiental - La sustentabilidad es la capacidad de un sistema (o un ecosistema) de mantener constante su estado en el tiempo. La sustentabilidad ecológica o ambiental se logra cuando la relación hombre-medio se mantiene en equilibrio sobre la base de la equivalencia entre las cualidades de los materiales, energía e información del sistema intervenido, y las entradas sean estas naturales o artificiales.





Es decir, mantener equilibrada relación establecida entre el trabajo ejecutado por el hombre y los recursos que utiliza para lograr finalizar una tarea, destacando que la retroalimentación del propio sistema es muy importante en esta situación. B) Desarrollo sostenible – basado en tres valores: economía, sociedad y medio ambiente, es desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. C) Ecoeficiencia - maximiza el valor añadido a la vez que se reduce el impacto medioambiental y el uso de recursos y energías, a la vez que se consiguen beneficios económicos. Para lograr, actividades como reducir el consumo de energía y materias-primas en los productos, así como, fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales son recursos desarrollados. D) Impacto ambiental - Modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza. Dentro del abordaje del Ecodiseño el impacto ambiental se desarrolla haciendo la ocupación del territorio y el aprovechamiento de recursos naturales renovables o no, de manera responsable, de la misma manera que hace la búsqueda por reducir la contaminación. E) Diseño respetuoso con el medio ambiente - Conjunto de técnicas utilizadas en el desarrollo de un producto para resolver los problemas que se presentan en su fabricación, montaje, inspección, embalaje, almacenaje, uso, y posterior mantenimiento y retiro. No piensa en solucionar solo la contaminación residual de los procesos de producción, sino que desea evitar dicha contaminación analizando todas las fases del ciclo de vida, de esta manera se determinará en qué etapa se genera mayor impacto, y posterior a esto plantear estrategias para reducir el impacto ambiental producido (Floril, 2015).

MÉTODO

Planear el desarrollo de un vehículo debe considerar llevarse a cabo no solamente las características funcionales sino también las propiedades visuales, conceptuales y de confort. Puesto eso, esta investigación utiliza como tema principal el diseño centrado en el usuario y el diseño emocional para suministrar el plan metodológico de los vectores de la forma (VF), estructura de orientación para interrelacionar las tres funciones de los productos industriales (Löbach, 2001): práctica, estética y funcional.

La figura 1 presenta el desarrollo de la metodología utilizada por esta investigación y el impacto que el ecodiseño genera sobre cada vector propuesto por Morales (2004). El vector tecnológico es el responsable por la definición de los procesos, materiales y costos de ambos anteriores y con la visión de la herramienta del diseño ecológico es posible planear optimizaciones en los procesos de fabricación como la disminución de piezas, soldaduras, atornillados, ahorro de tiempo y energía de fabricación, así como el planteo de materiales que estén de acuerdo con los controles de energía del vehículo. El vector funcional es el responsable por la parte ergonómica y de mecanismos del vehículo.





Figura 1. Impacto del Ecodiseño en la metodología de los vectores de la forma. Elaboración propia a partir de Morales (2004).

La contribución del Ecodiseño en esta etapa se refiere a las mejoras de los recursos aplicables a la ergonomía, para disminuir los impactos negativos sobre la salud del usuario al interactuar con el vehículo. De la misma manera que la disminución del número de componentes eléctricos genera mejoras en el análisis de ciclo de vida. El vector expresivo tiene plena conexión con los dos anteriores, teniendo en cuenta que la aplicación del Ecodiseño en las partes anteriores será percibida por el usuario a partir de esta etapa, que se expresa con grande énfasis al interactuar con el usuario. Las estrategias de diseño ecológico vienen a contribuir para optimizaciones en el confort ambiental, es decir, del ambiente interno y externo del vehículo, y visual, buscando presentar una estética agradable y amigable con el medio ambiente. Todas las estrategias aplicadas hasta el momento van a reflejarse en el vector comercial cuyas las herramientas de Ecodiseño serán responsables por la optimización de los ensambles y distribución del producto, así como en crear una identidad corporativa ecológica, buscando potencializar a los usuarios la imagen de vehículo amigable al medio ambiente.

3.1 Diseño Centrado en el usuario y diseño emocional

El diseño centrado en el usuario se propone a comprender la participación de usuarios en las diferentes etapas de desarrollo del producto. Esta interacción considera como prioridad las necesidades detectadas en este proceso y, las sobreponen a la producción mercantil de naturaleza económica (Nicolás, 2016). La producción de un diseño centrado en el usuario explora los factores humanos en su totalidad, a partir de estudios del proceso cognitivo y procesamiento de estas informaciones (Mont'Alvão & Damazio, 2008). La identificación del perfil del usuario es la parte más significativa para el desarrollo de las funciones prácticas, pues a través de este resultado es que será posible desarrollar, primero, la generación del *moodboarding* y del personaje que servirán como referencial para la evaluación de las actividades cotidianas de los usuarios y, posteriormente, dar inicio al desarrollo de alternativas que atiendan a los anhelos del público investigado. Esta interacción creada entre investigador y usuario tiene carácter recíproco, de forma que "como el usuario evalúa es más que evaluar al usuario" (Mont'Alvão & Damazio, 2008, p.28).

El vehículo de transporte individual con accesibilidad busca proporcionar mejores condiciones de transporte para personas con discapacidad, de forma que ellos tengan mayor libertad para



desplazarse sin la interferencia de intemperie o de limitaciones físicas. La producción de un medio de transporte atento para estos cuidados es producir "un agente de cambio en las costumbres y en la vida de las personas" (Larica, 2003, p.62). El alto impacto ocasionado por el proyecto se preocupa por la integridad física y la salud de sus futuros usuarios, buscando a través de un enfoque ergonómico, prever y resolver relaciones intrínsecas entre hombre y artefacto, así como entre el artefacto y los ambientes para los que fue diseñado.

Una relación efectiva entre usuario y producto depende de interpretaciones e interacciones con el medio físico y social con la intención de diseñar proponiendo experiencias agradables. "Las emociones, los estados de ánimo, los rasgos y la personalidad son todos aspectos de las diferentes maneras en que las mentes de las personas trabajan, especialmente a lo largo del ámbito afectivo y emocional" (Norman, 2004). Para alcanzar tal intención, esta investigación busca percibir los puntos positivos y negativos de las sillas de ruedas tradicionales, y también de los nuevos vehículos eléctricos. De acuerdo con Norman (2006, p.175) "las mejoras simples deberían ser posibles. Es de imaginar que los objetos simples, como los coches, los utensilios domésticos o los ordenadores, que se lanzan de forma periódica en nuevos modelos, podrían absorber los beneficios de la experiencia del modelo anterior". En otras palabras, Norman se refiere que la experiencia obtenida a partir del contacto del usuario con el producto necesita ser llevada a cabo, como manera directa de hacer modificaciones para que a ellos permanezcan relevantes y necesarios.

El diseño emocional, caracterizado como la condición de comprensión y traducción de las emociones humanas al interactuar con los productos (Norman, 2004), puede ser considerado en tres aspectos en nivel científico: fisiológico, social y psicológico. Estos aspectos pueden contribuir para un encaminamiento simbólico, visual y de confort del vehículo, una vez que estudian el placer corporal (fisiológico), de status (social) y mental (psicológico) (Tonetto & Costa, 2011). La utilización de estos conceptos intenta encaminar el usuario para que tenga buenas experiencias al percibir y utilizar el vehículo.

3.2 Vectores de la forma



Figura 2. Vectores de la forma. Elaboración propia a partir de Morales (2004).

Con la intención de generar un proyecto interdisciplinar el autor sugiere una disminución del área de actuación del diseñador, para eso, acota su diagrama en dos partes: disciplina e interdisciplina, esto es, la parte izquierda define los conocimientos en que el diseñador debe expresar sus



especialidades, mientras que la parte derecha (interdisciplina) son las áreas de los conocimientos interdisciplinarios donde no necesariamente el profesional tenga que ejercer una función de liderazgo.

En el proyecto desarrollado para el vehículo dual para personas con discapacidad se establece un grado de abordaje de cada aspecto relevante para el desarrollo de un nuevo producto con base en la literatura de Morales (2004) (figura 2).

3.3 Vector tecnológico: materiales, procesos y costos

Como se pudo ver anteriormente el vector tecnológico contiene las siguientes subdivisiones: procesos, materiales y costos (figura 3) que, a su vez, tiene fuerte conexión con el subvector de mecanismos, ubicado en el vector de la función. Este conjunto, debido a su naturaleza de carácter más cuantitativo demanda conocimientos que provienen de la ingeniería, sea mecánica o de producción. Para suministrar la necesidad detectada y mejorar la ejecución de la investigación se aporta la utilización del software CES EduPack como fuente segura y confiable de informaciones a los materiales que se va a buscar para inclusión del desarrollo del vehículo.



Figura 3. Vector tecnológico. Elaboración propia a partir de Morales (2004).

En este estudio preliminar se lleva en consideración la necesidad de utilizar materiales ligeros y resistentes que cumplan con las normativas actuales de seguridad y que al mismo tiempo tengan la posibilidad de fornecer un aspecto confortable y atrayente, preservando los conceptos simbólicos y estéticos del producto.

MANEJO DE HERRAMIENTA DE ECODISEÑO: ESTRATEGIAS DE MEJORA

Con la intención de optimizar las planeaciones orientadas al Ecodiseño de esta investigación se utilizó el método “Ideas de Mejora” (IHOBE, 2000), teniendo como plano de fondo las 8 estrategias para el Ecodiseño (1- Seleccionar materiales de bajo impacto; 2- Reducir el uso de material; 3- Seleccionar técnicas de producción ambientalmente eficientes; 4- Seleccionar formas de distribución ambientalmente eficientes; 5- Reducir el impacto ambiental en la fase de utilización; 6- Optimizar el Ciclo de Vida; 7- Optimizar el sistema de fin de vida; 8- Optimizar la función). El desarrollo empieza con una lluvia de ideas buscando las mejores soluciones en términos ambientales, en este momento no se admite críticas o razonamientos, apenas se expone todas las ideas generadas. Con los aspectos ambientales definidos, después de la lluvia de ideas fue generada una tabla (tabla 1) donde se puede ver la resolución final tras agrupar y definir las prácticas de las medidas.

Tabla 1. Aplicación de la herramienta Estrategias de Mejoras. Elaboración propia a partir de IHOBE (2000).





	Estrategias de Mejora	Tipos de Medidas Asociadas
Obtención y consumo de materiales y componentes	1 - Seleccionar materiales de bajo impacto	> Optimización de los materiales > Uso de materiales de bajo impacto ambiental
	2 - Reducir el uso de material	> Reducción del peso global del vehículo > Reducción del volumen y peso de los motores
Producción en fábrica	3 - Seleccionar técnicas de producción ambientalmente eficientes.	> Reducir el número de partes de ensamble > Desarrollo del proyecto de manera modular > Mejora de la aerodinámica > Disminución de componentes
Distribución	4 - Seleccionar formas de distribución ambientalmente eficientes.	> Utilizar materiales de la región en que vaya a ser producido
Uso o utilización	5 - Reducir el impacto ambiental en la fase de utilización.	> Reducción de la potencia > Neumáticos de menor índice de rodadura > Optimización de los controles de velocidades
Sistema de fin de vida	6- Optimizar el Ciclo de Vida.	> Optimizar ciclo de vida técnico y estético del vehículo > Optimización de impactos negativos en la salud de los usuarios > Optimización del confort ambiental y visual del vehículo > Estética agradable y amigable > Imagen corporativa - potencializar la identidad de los usuarios al identificarse con conceptos ecológicos
Eliminación final	7- Optimizar el sistema de fin de vida.	> Utilización de materiales reciclables, cuando posible
Nuevas ideas de producto	8 - Optimizar la función.	> Integración de funciones.

El punto siguiente es definir la viabilidad de cada ítem a partir de una valoración y priorización de las ideas (IHOBE, 2000). Se lleva a cabo en este estudio los criterios considerados por el Manual Práctico de Ecodiseño (IHOBE, 2000), es decir, la viabilidad técnica, viabilidad financiera y beneficios esperados para el medio ambiente. La puntuación adoptada va de -2 a 2 y aplica su escala de la siguiente manera: -2, puntuación muy negativa (del todo inviable); -1, puntuación negativa (casi inviable); 0, puntuación neutra; 1, puntuación positiva (viable) y 2, puntuación muy positiva (muy viable). De la misma manera, se establece el plazo de aplicación, esto es, el grado de priorización, clasificado en corto (CP), medio (MP) y largo plazo (LP). La tabla 2 muestra el resultado obtenido



relacionando las informaciones anteriormente recabadas. A partir del resultado encontrado se hizo las ponderaciones para los próximos pasos del desarrollo de esta investigación.

Tabla 2. Control de viabilidad y priorización. Elaboración propia a partir de IHOBE (2000).

<i>Estrategias de Mejora</i>		<i>Viabilidad técnica</i>	<i>Viabilidad financiera</i>	<i>Beneficios para el Medio Ambiente</i>	<i>Priorización</i>
<i>Obtención y consumo de materiales y componentes</i>	> Optimización de los materiales	2	1	2	CP
	> Uso de materiales de bajo impacto ambiental	1	1	2	MP
	> Reducción del peso global del vehículo	2	1	1	CP
	> Reducción del volumen y peso de los motores	2	1	1	CP
<i>Producción en fábrica</i>	> Reducir el número de partes de ensamble	2	2	1	MP
	> Desarrollo del proyecto de manera modulare	1	1	0	LP
	> Mejora de la aerodinámica	1	1	1	MP
	> Disminución de componentes	1	0	2	CP
<i>Distribución</i>	> Utilizar materiales de la región en que vaya a ser producido	0	0	2	MP
<i>Uso o utilización</i>	> Reducción de la potencia	1	1	1	MP
	> Neumáticos de menor índice de rodadura	2	2	2	CP
	> Optimización de los controles de velocidades	1	0	0	MP
<i>Sistema de fin de vida Eliminación final</i>	> Optimizar ciclo de vida técnico y estético del vehículo	1	-1	0	LP
	> Optimización de impactos negativos en la salud de los usuarios	2	1	0	CP



> Optimización del confort ambiental y visual del vehículo	2	2	-1	CP
> Estética agradable > Utilización de materiales amigables y reciclables, cuando posible	2	1	2	LP
> Imagen corporativa - potencializar la identidad de los usuarios al identificarse con conceptos ecológicos	2	2	0	LP

Nuevas ideas de producto	> Integración de funciones.	2	1	1	CP
---------------------------------	------------------------------------	---	---	---	----

El control de viabilidad y priorización ayuda la investigación a categorizar y jerarquizar las mejoras en el proyecto de acuerdo con el alcance de tecnología y recursos financieros. Parte de las aplicaciones para mejorar el producto de esta investigación parten de cambios en el *layout* del vehículo como, por ejemplo, la mejora de la aerodinámica, la integración de funciones y la estética agradable. Sin embargo, las aplicaciones de materiales, aunque posibles, recibieron clasificación 1 (positiva) pero no en tiempo inmediato, una vez que hay la necesidad de generar un producto cuyo precio de mercado no sea excesivamente alto.

PROPIEDADES Y SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Las propiedades de los materiales tienden a sufrir determinados cambios de acuerdo con el tipo de tecnología de manufactura que se busca trabajar. Hasta el momento de esta investigación se presenta un panorama de posibles materiales para componer la carcasa del vehículo. Teniendo en cuenta el tiempo de desarrollo disponible se hizo necesario elegir un componente para delimitar esta etapa y presentar el método que será adoptado para todas las demás piezas que serán fabricadas. La elección por la carcasa se dio por el hecho de que este es el componente de mayor volumen y será uno de los principales responsables por la imagen externa de este proyecto.

Antes de empezar las pruebas generadas por el software CES EduPack esta investigación ha pasado por una exploración bibliográfica para generar un rango de materiales que comprenden los siguientes factores principales: resistencia térmica y mecánica, densidad y precio. Asociado a estos factores naturales se agrega las condiciones extraídas de la herramienta *Estrategia de Mejoras* para búsqueda de mejores resultados con menor impacto ambiental. A partir del panorama creado por los fue posible generar

La traducción de los requerimientos de diseño fue generada tras los vectores de la forma. Este es el primer paso para comenzar la estrategia de selección de materiales (Ashby, 2011). En la figura 4 el proceso que empieza teniendo todos los materiales pasa por cuatro filtros hasta la elección final, este método, sintéticamente, describe los resultados investigados por el diseñador, sus respectivas restricciones o necesidades del producto, el objetivo que conlleva la búsqueda de los materiales adecuados y la documentación técnica del material o conjunto de materiales.





Figura 4. Proceso de traducción de necesidades y selección de materiales. Elaboración propia a partir de Ashby (2011).

Ashby (2011) sugiere que el proceso de selección de materiales empiece a partir de la generación de un rango. Éste, a su vez, es formado por cuatro elementos principales: familia de materiales, función, forma y procesos, a estos se suma las propiedades ambientales como criterio de evaluación. En el primer ítem – familia de materiales – se puede plantear el comienzo de la selección por las restricciones de descarte. La búsqueda de la clase de materiales que componen cada familia es un proceso rápido e intuitivo determinado por los conocimientos empíricos y técnicos con respecto al tema, es decir, determinar el tipo de familia de materiales no cuesta mucho tiempo, una vez que los requerimientos básicos del producto ya excluyen determinadas familias.

A grandes rasgos los materiales son clasificados en las siguientes familias: a) metales, b) polímeros, c) elastómeros, c) vidrios, d) cerámicos e, e) híbridos (Ashby, 2011). El autor comenta que es importante empezar con un menú de materiales con buen número de opciones a elegir. La ausencia de esta etapa puede generar pérdidas para la investigación y, si la propuesta es apoyarse en nuevos materiales, de carácter innovador, la toma de decisiones debe ser realizada al principio del proyecto. Ashby (2011) también defiende que es importante tomar en cuenta los requerimientos de la investigación, proceso realizado en el análisis de la estrategia de mejora (establecida tras los requisitos del proyecto).

El ítem función empieza con los objetivos determinados para selección, esto es, analiza de manera más detallada los requerimientos necesarios para el desarrollo del producto, mientras que la forma viene a delimitar la elección, evaluando la necesidad de un material rígido o blando, grado de espesor, calidad estética, etcétera. Mientras que el proceso de fabricación, antes de las propiedades ambientales, va a hacer el factor determinante para la acotación de los materiales disponibles y adecuados.



Figura 4. Familia de materiales con destaque en las utilizadas en esta investigación. Elaboración propia a partir de Ashby (2011).

En la práctica, la elección de la familia de los materiales y la función son dos procesos que tienen fuerte relación uno sobre el otro, una vez que ambos evalúan las propiedades que cada materia-prima presenta. En la figura 5 se puede ver el conjunto de las familias de materiales propuestas por Ashby (2011) y el destaque en las que fueron electas por los parámetros de resistencia, densidad y precio adecuados al proyecto. La tabla siguiente muestra los parámetros utilizados para la acotación del universo de materiales en esta investigación.

Tabla 3. Factores relevantes para acotación de materiales durante la selección. Elaboración propia a partir de Ashby (2011).

VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE AMÉRICA LATINA	
Material	Polímeros y Metales
Función	Resistencia, Densidad, Precio
Forma	Que permita curvarse generando formas ovaladas sin pérdida de resistencia
Procesos	Métodos innovadores de manufactura, como la aditiva
Condiciones ambientales	Minimización del descarte de residuos y desperdicio de materiales Ser reciclado o ser reciclable

Puesto el establecimiento de dos familias de materiales, de esta etapa en adelante se enfoca apenas al que dice respecto a los metales (y aleaciones) y los polímeros. En la primera comparación realizada (figura 6) a partir de la base de datos del software CES EduPack se evaluó la resistencia térmica (conductividad térmica) y la resistencia mecánica (módulo de Young). A partir de la tabla generada es posible analizar que los metales tienen mayor transmitancia térmica que los polímeros, hecho que desfavorece a esta familia para elección en este proyecto. Sin embargo, el módulo de Young de los polímeros es más bajo, es decir, tiene menor rigidez que los metales.

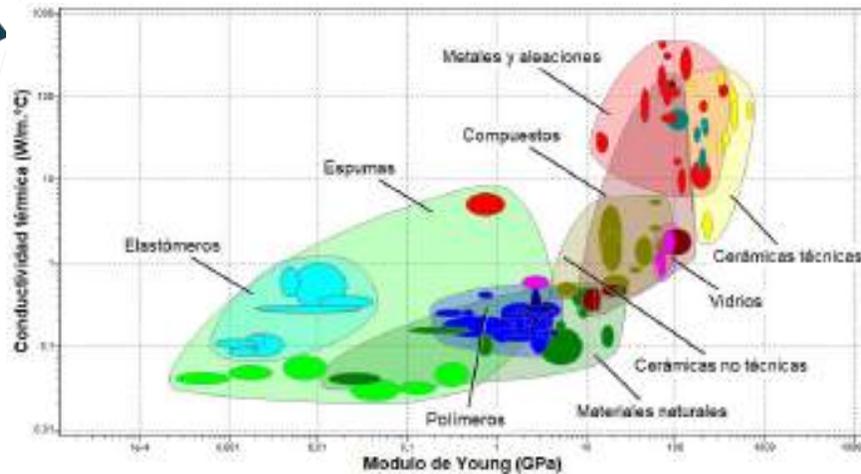


Figura 6. Comparación entre la resistencia térmica y la resistencia mecánica de los materiales. Elaboración propia a partir de CES EduPack.

Al analizar la densidad y el precio (figura 7) se puede concluir que la mayor parte de los metales y aleaciones están prácticamente en el mismo rango de precio que los polímeros. Los polímeros, todavía, se encuentran en un rango de precio ligeramente más bajo, empezando con el PET (R\$ 5,88)¹ mientras que el metal más accesible es el plomo comercial (R\$ 8,90).

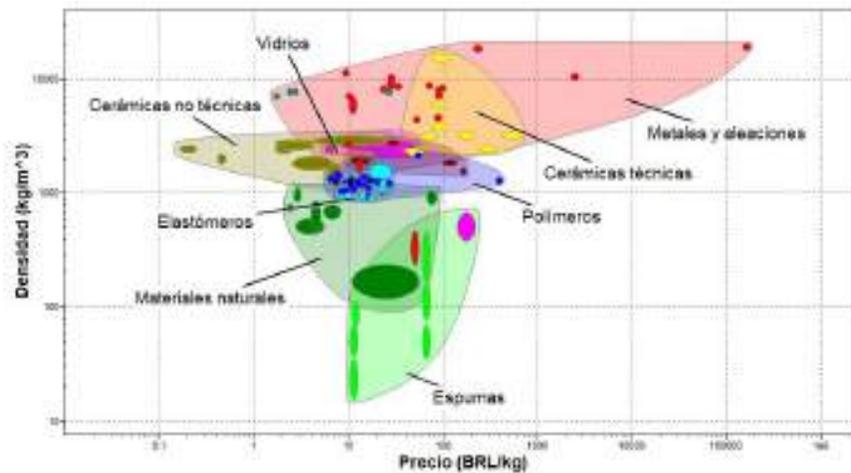


Figura 7. Comparación entre la densidad y el precio de los materiales. Elaboración propia a partir de CES EduPack.

El rango de materiales disminuyó considerablemente entre el tercero y el cuarto factor del análisis, principalmente al examinar los materiales disponibles para impresión en manufactura aditiva. De acuerdo con los recursos disponibles para desarrollo de esta investigación los materiales que llegaron hasta esta etapa de la selección fueron el polipropileno (PP), el ABS, el nailon y el policarbonato. Buscando ahorrar tiempo en la investigación se hizo la búsqueda de informaciones con respecto a las características ambientales. No fue sorpresa que los cuatro polímeros tenían la

¹ El software CES EduPack genera el rango en *reais*, moneda brasileña.



capacidad de ser reciclables. Las imágenes siguientes (figuras 8 y 9) presentan la ubicación exacta de los materiales seleccionados en las tablas de resistencia térmica versus mecánica (figura 8) y también de densidad versus precio (figura 9). Tras la necesidad de acotar las alternativas de materiales, en esta etapa se busca llegar a dos materiales de los cuatro que quedaron y, a partir de eso, llegar a apenas uno.

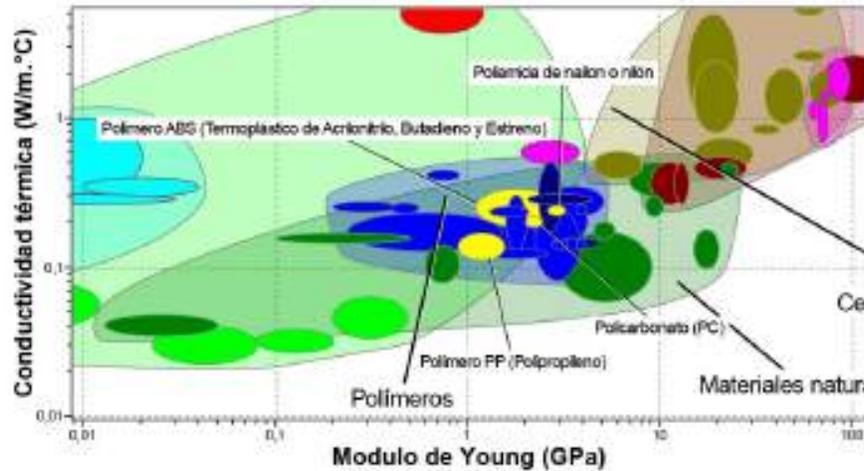


Figura 8. Comparación entre resistencia térmica y mecánica de los polímeros seleccionados. Elaboración propia a partir de CES EduPack.

En la comparación entre conductividad térmica y módulo de Young es posible destacar que el Polipropileno (PP) tiene el menor índice de transmitancia (entre 0,113 y 0,167 W/m °C) lo que le caracteriza como un buen aislante térmico. Sin embargo, el PP presenta la resistencia más baja de los cuatro materiales (entre 0,896 y 1,55 GPa), mientras que el nailon ostenta la mayor resistencia entre los polímeros comparados (entre 2,6 y 3,2 GPa).

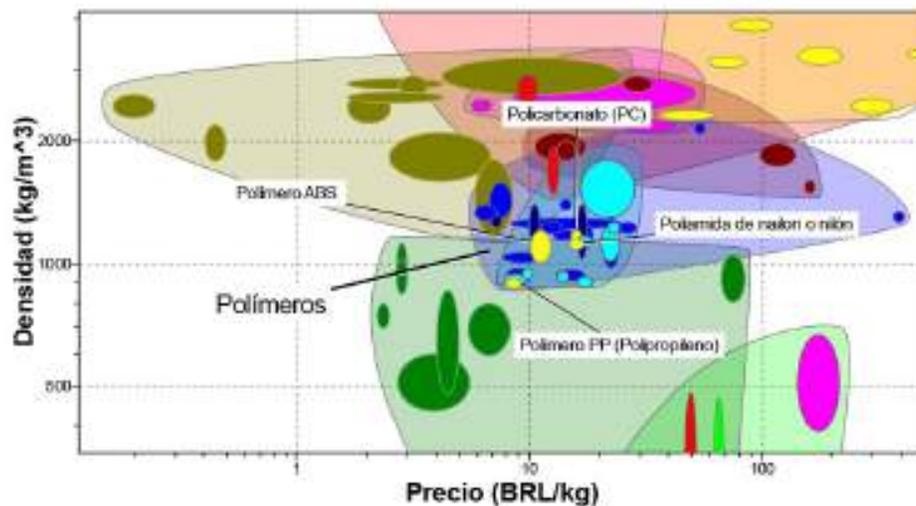


Figura 9. Comparación entre densidad y precio de los polímeros seleccionados. Elaboración propia a partir de CES EduPack.



En la figura 9 se puede apreciar que el PP es el material de precio y densidad más bajos que los demás seleccionados, haciendo de éste el material con mejores características para se fabricar la carcasa del vehículo que se propone. La tabla 4 presenta las informaciones detalladas en números de los cuatro materiales seleccionados y ayuda a crear un rango de opciones secundarias. El Polipropileno (PP) es el único material que se posiciona con 3 mejores características de las cuatro analizadas. Para determinar los demás materiales se llevó en consideración las necesidades expuestas por los requerimientos de diseño y fue establecido una jerarquía entre los 4 cuatro parámetros, siendo esta la siguiente, en grado de mayor para menor importancia: densidad, precio, módulo de Young y Conductividad térmica. El resultado encontrado determina que seguido del polipropileno viene el ABS como segunda opción y consiguientemente, nailon y policarbonato.

Tabla 4. Información técnica de los materiales evaluados para desarrollo del vehículo. Elaboración propia a partir de CES EduPack.

	Conductividad térmica (W/m °C)	Módulo de Young (GPa)	Densidad (Kg/m ³)	Precio (R\$) <i>BRL</i>
ABS	0,188 – 0,335	1,1 – 2,9	1,01 – 1,21	10,1 – 12,1
PC	0,189 – 0,218	2 – 2,44	1,14 – 1,21	15,1 – 16,5
PP	0,013 – 0,167	0,896 – 1,55	890 – 910	7,95 – 9,08
Nailon	0,233 – 0,254	2,6 – 3,2	1,12 – 1,14	15 – 16,9

RESULTADOS

Tras la interpretación de la tabla 4 el resultado encontrado en la investigación presentó como alternativas de material para fabricación del vehículo un grupo de polímeros, teniendo el polipropileno (PP) como primera alternativa seguido de ABS, nailon y policarbonato. Esta definición se dió, principalmente por el hecho de que se eligió los métodos innovadores de manufactura para fabricación de la carcasa del vehículo, sobre todo porque estos métodos prácticamente no generan desperdicio de materiales o residuos durante el maquinado. Se tiene conocimiento de que estas tecnologías ya son capaces de fabricar productos con materiales metálicos, sin embargo, esta investigación no dispone de tales recursos y, por eso, no fue considerado.

Contrastando la información con fuentes recabadas de productos existentes se destaca el polipropileno, material que tanto aparece en la gráfica como también es utilizado para construcción de piezas del Renault Twizy (El Coche del Futuro, 2015). Además de este material también fue utilizado el ABS para composición de partes del vehículo eléctrico de Renault (figura 9), dato que confirma los fundamentos llevados a cabo en esta investigación.

De acuerdo con la investigación realizada el vehículo deberá tener la carcasa de material polimérico para reducir el peso y el precio final. Los polímeros ya poseen las características de resistencia y durabilidad suficiente para ser aplicados en este tipo de vehículo. La investigación deberá continuar para evaluación del tipo de recubrimiento se va a utilizar para mantener la apariencia y propiedades de los materiales por más tiempo.



Figura 9. Renault Twizy, partes en naranja y blanco están hechas en material polimérico (El Coche del Futuro, 2015).

CONCLUSIONES

A partir del proceso de inclusión del Ecodiseño como herramienta y concepto para diseñar con responsabilidad el proyecto pudo plantear soluciones desde la parte conceptual, donde se trabajó para generar un vehículo eléctrico compacto y de bajo costo alineado con las tendencias de movilidad personal. En México son 278 vehículos para cada 1000 habitantes (Banco Mundial, 2018), es la segunda mayor tasa de automóviles de Latinoamérica, quedando atrás apenas de Argentina, con 315 para cada 1000. Hay capitales mexicanas que llegan a tener un auto por persona (Ruiz, 2018), situación que además de generar diversos problemas de tránsito también genera complicaciones ambientales, como la emisión de CO₂ y la extracción de recursos naturales finitos.

Se llevó en consideración las propiedades físicas de los materiales como, por ejemplo, la densidad como parámetro para utilizar materias primas más ligeras que permiten reducir el consumo de energía eléctrica necesaria para conducir el vehículo. Asimismo, esta investigación aun propone la reducción del consumo de energía eléctrica a través de la utilización de materiales ligeros y la disminución de piezas y ensambles, por medio del manejo de los procesos innovadores de manufactura.

El proyecto permanece en desarrollo y se tiene planeado para la próxima etapa la realización conceptual de un prototipo, donde la aplicación del Ecodiseño será reflejada de manera efectiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashby, M. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design* (4th ed.). Kidlington: Elsevier.
- Banco Mundial. (2018). Países de América Latina con más vehículos por cada 1000 habitantes. Retrieved July 20, 2018, from <https://infogram.com/paises-de-america-latina-con-mas-vehiculos-por-cada-1000-habitantes-1g143mn0x1x4pzy>
- El Coche del Futuro. (2015). El Renault Twizy paso a paso. Retrieved January 28, 2018, from <https://elcochedelfuturo.wordpress.com/2015/05/14/el-renault-twizy-paso-a-paso/>
- Floril, M. del R. P. (2015). *Contribución al análisis ergonómico y el ecodiseño del equipamiento educativo para la sistematización de su proceso de diseño. Caso de estudio del subsistema silla-mesa orientado a la discapacidad motriz*. Universidad Politécnica de Valencia.
- IHOBE. (2000). *Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de Implantación en 7 pasos*. Bizkaia: Sociedad Pública de Gestión Ambiental.



- Larica, N. J. de C. (2003). *Design de automóveis: Arte em função da mobilidade* (1st ed.). São Paulo: 2AB.
- Löbach, B. (2001). *Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais*. São Paulo: Edgard Blücher.
- Mont'Alvão, C., & Damazio, V. (2008). *Design Ergonima Emoção* (1st ed.). Rio de Janeiro: Mauad X.
- Morales, L. R. (2004). *Diseño: Estrategia y Táctica*. México: Siglo XXI editores.
- Nicolás, J. C. O. (2016). *Diseñando el cambio . La innovación social y sus retos. Economía Creativa*.
- Norman, D. (2004). *Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things* (1st ed.). New York: Basic Books.
- Norman, D. (2006). *O design do dia-a-dia*. Rio de Janeiro: Rocco.
- Papanek, V. (1985). *Design for the Real World: Human Ecology and Social Change* (2nd ed.). Chicago: Thames & Hudson.
- Ruiz, V. (2018). Autos para una sola persona. Retrieved July 20, 2018, from <https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/autos-para-una-sola-persona-1669379.html>
- Silvestre, E. (2010). Mobilidade é maior problema da pessoa com deficiência no Brasil. Retrieved July 4, 2015, from <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2010/04/mobilidade-e-maior-problema-da-pessoa-com-deficiencia-no-brasil.html>
- Tonetto, L. M., & Costa, F. C. X. da. (2011). Design Emocional : conceitos , abordagens e perspectivas de pesquisa. *Strategic Design Research Journal*, 4(December), 132–140. <https://doi.org/10.4013/sdrj.2011.43.04>

