



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA
INSTITUTO DE DISEÑO

DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA UN SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA
RENOVABLE EMPLEANDO MATERIALES COMPUESTOS REUTILIZADOS

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN DISEÑO

PRESENTA:
ROBERTO CARLOS ACEVEDO FIERROS

DIRECTOR DE TESIS:
M.T.A.M. ARMANDO ROSAS GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR:
DR. ÁLVARO JESÚS MENDOZA JASSO

ASESORA:
DRA. PAULINA DÍAZ MONTIEL

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, DICIEMBRE DE 2025

DEDICATORIA

A todas esas personas que han sido parte de mi vida hasta hoy, gracias por aportar en experiencias, conocimientos y su presencia constante.

Dedico este trabajo a todos los que ya no se encuentran físicamente presentes, aquellos que lucharon hasta los últimos días contra una enfermedad y que hasta el último momento dieron todo por seguir adelante, gracias por el cariño y la visión de que este día llegaría.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mi madre, Laura Elena Fierros Zapata; desde que empecé a formarme siempre ha estado presente, motivándome, apoyándome e impulsándome para ser una persona de bien y un buen profesionalista, gracias por haberme apoyado durante mi estancia en la universidad y siempre haber trabajado día a día para darme hasta lo último para que nunca me haya faltado una educación de calidad.

A mi abuela, Laura Elena Zapata Guerrero que ha sido un pilar más en mi vida para seguir superándome y creciendo día a día.

A mis tíos que desde que tengo noción siempre han estado presentes y me han apoyado en todo lo posible.

A mi primo Alejandro, que es como un hermano y siempre ha querido que sea una persona exitosa, gracias por apoyarme en todo.

A mis asesores de tesis, el maestro Armando Rosas González y el Dr. Álvaro Mendoza Jasso; por aceptar mi tema y dedicarme el tiempo para desarrollar la investigación así como su apoyo en la competencia que dio pie a la elección de este tema; sin duda estos conocimientos reforzaron la práctica de todo lo aprendido durante mi estancia universitaria.

A la Dra. Paulina Díaz Montiel, gracias por todos los consejos y mentorías brindadas no solo en la competencia, por el apoyo constante desde el verano de 2022 así como darme la oportunidad de realizar investigación con ella en su laboratorio al haber finalizado mis estudios, lo desarrollado y aprendido me fue útil y fue una experiencia única.

Al Dr. Satchi Venkataraman por haberme aceptado en su laboratorio como un alumno durante mis prácticas profesionales, ya que sin él no hubiera sido posible esta investigación, ni el conocer personas tan valiosas e importantes en mi crecimiento profesional; las cuales buscan que el conocimiento sea transmitido a otros para impulsar el desarrollo y crecimiento personal y profesional.

Gracias a mis amigos por acompañarme a lo largo de la carrera, por el apoyo y las experiencias vividas.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ASPECTOS PRELIMINARES	4
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE) Y METAS (M)	9
1.5 METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA.....	13
2.1 MARCO TEÓRICO	13
2.1.1 MATERIALES COMPUESTOS	13
2.1.2 MATERIALES COMPUESTOS REUTILIZADOS	17
2.1.3 SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE.....	20
2.1.4 SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE SOLAR	21
2.1.5 SISTEMA GENERADOR DE MANIVELA	22
2.1.6 SISMICIDAD EN EL SURESTE DE MÉXICO	23
2.1.7 CONFLICTOS TERRITORIALES EN EL ESTADO DE OAXACA.....	26
2.1.8 ECODISEÑO.....	27
2.1.9 METODOLOGÍA DEL TRIZ.....	29
2.1.10 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA	32
2.1.11 FACTOR DE SEGURIDAD	35
2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO.....	37
2.2.1 NORMATIVAS DE MÉXICO	37
2.2.2 NORMATIVAS INTERNACIONALES Y DE OTROS PAÍSES.....	40
2.2.3 RECOMENDACIONES DE ORGANIZACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES.....	41
2.3 ESTADO DEL ARTE	42
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS CONCEPTUAL	46
3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS	46
3.2 BENCHMARKING.....	47
3.3 TABLA DE NECESIDADES DE USUARIOS Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	52
3.4 MAPA CONCEPTUAL DEL SISTEMA Y SUBSISTEMAS	54
3.5 APLICACIÓN DE LAS 8 ESTRATEGIAS DEL ECODISEÑO	55

3.6	MATRIZ DE CONTRADICCIONES DEL TRIZ	59
3.7	MATRIZ DE SELECCIÓN	59
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE DISEÑO		67
4.1	LISTA DE ESPECIFICACIONES.....	73
4.2	MODELO VIRTUAL.....	74
4.2.1	ESTUDIO DE TOPOLOGÍA	89
4.3	ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO ESTÁTICO	107
4.4	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA SIMPLIFICADO	123
4.5	MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DE BAJA FIDELIDAD.....	136
CONCLUSIONES		148
REFERENCIAS.....		150

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	5
Figura 2	18
Figura 3	19
Figura 4	19
Figura 5	27
Figura 6	34
Figura 7	42
Figura 8	43
Figura 9	44
Figura 10	44
Figura 11	45
Figura 12	45
Figura 13	54
Figura 14	60
Figura 15	61
Figura 16	62
Figura 17	64
Figura 18	65
Figura 19	68
Figura 20	69
Figura 21	70
Figura 22	72
Figura 23	73
Figura 24	75
Figura 25	75
Figura 26	76
Figura 27	77
Figura 28	78
Figura 29	79
Figura 30	80
Figura 31	81
Figura 32	81
Figura 33	82
Figura 34	83
Figura 35	84
Figura 36	85

Figura 37	86
Figura 38	87
Figura 39	88
Figura 40	88
Figura 41	89
Figura 42	90
Figura 43	90
Figura 44	91
Figura 45	92
Figura 46	93
Figura 47	94
Figura 48	94
Figura 49	95
Figura 50	96
Figura 51	96
Figura 52	97
Figura 53	98
Figura 54	98
Figura 55	99
Figura 56	100
Figura 57	100
Figura 58	101
Figura 59	102
Figura 60	103
Figura 61	103
Figura 62	104
Figura 63	104
Figura 64	105
Figura 65	106
Figura 66	108
Figura 67	110
Figura 68	112
Figura 69	113
Figura 70	113
Figura 71	114
Figura 72	115
Figura 73	116

Figura 74.....	116
Figura 75.....	117
Figura 76.....	118
Figura 77.....	119
Figura 78.....	119
Figura 79.....	120
Figura 80.....	121
Figura 81.....	122
Figura 82.....	122
Figura 83.....	131
Figura 84.....	131
Figura 85.....	132
Figura 86.....	132
Figura 87.....	132
Figura 88.....	133
Figura 89.....	133
Figura 90.....	134
Figura 91.....	137
Figura 92.....	138
Figura 93.....	139
Figura 94.....	139
Figura 95.....	140
Figura 96.....	141
Figura 97.....	141
Figura 98.....	142
Figura 99.....	142
Figura 100.....	143
Figura 101.....	144
Figura 102.....	145
Figura 103.....	145
Figura 104.....	146
Figura 105.....	147
Figura 106.....	147
Figura 107.....	169
Figura 108.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	6
Tabla 2	12
Tabla 3	23
Tabla 4	32
Tabla 5	36
Tabla 6	47
Tabla 7	52
Tabla 8	59
Tabla 9	60
Tabla 10	61
Tabla 11	62
Tabla 12	63
Tabla 13	63
Tabla 14	64
Tabla 15	65
Tabla 16	66
Tabla 17	66
Tabla 18	107
Tabla 19	125
Tabla 20	126
Tabla 21	126
Tabla 22	126
Tabla 23	127
Tabla 24	128
Tabla 25	128
Tabla 26	128
Tabla 27	129
Tabla 28	129
Tabla 29	130
Tabla 30	130

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de generación de energía eléctrica se conforman por los medios, recursos y dispositivos que se localizan en centrales eléctricas de gran tamaño. La energía eléctrica obtenida pasa a centros de transformación y redes de distribución, con el objetivo de repartirla a residencias, industrias y comercios (edX, 2022). Contemplando las fuentes de donde proviene la energía, ésta se clasifica en energía renovable (derivada de fuentes naturales que llegan a reponerse más rápido de lo que pueden consumirse) y no renovable (procedente de fuentes que no llegan a reponerse). Para almacenar la energía renovable y usarla cuando se requiera es necesario contar con sistemas como las baterías, las cuales destacan por sus características de ahorro, eficiencia energética y la sustentabilidad. Igualmente, los sistemas de generación de energía necesitan de estructuras que protejan a los componentes internos de factores como la lluvia, el Sol, etc.; mediante su diseño se busca eficientizar su uso, por ejemplo, algunas de ellas incluyen orificios en los laterales o partes superiores por donde se disipará el calor generado por las baterías.

Los materiales compuestos reforzados de fibras (FRP, por sus siglas en inglés) son una combinación de elementos que se fabrican asociando dos o más elementos naturales o artificiales (con diferentes propiedades físicas o químicas) y que los hacen más resistentes en conjunto que de forma individual. Los materiales compuestos son fabricados pensando en un uso específico, para mejorar por ejemplo la resistencia, eficacia o durabilidad. Los materiales compuestos están hechos de un polímero o resina conocida como “matriz” que está reforzada con fibras naturales, vidrio o con algún otro material sintético. La matriz protege a las fibras del daño externo y les transfiere las cargas, por su parte las fibras proveen resistencia y rigidez a la matriz reforzada, asimismo ayuda a resistir fracturas y grietas (CompositesLab, 2015).

Los materiales compuestos pueden reutilizarse, para ello se recolectan desperdicios o componentes que han tenido un uso previo, en el caso de las fibras de agave, estas son recuperadas después de haber sido utilizadas en el proceso de cocción de la piña del maguey. El propósito de utilizarlos radica en brindarles un segundo propósito y obtener un material que vuelva a tener un funcionamiento.

Los materiales compuestos reforzados con fibras naturales se están ocupando cada vez más debido a factores como la reducción de peso, costos y su contribución al medio ambiente al reutilizar fibras de

procesos anteriores. Después de un tratamiento superficial, estas fibras se emplean para fortalecer un polímero, como la resina epoxi. Muchos de estos materiales no sólo exhiben un alto rendimiento en sus propiedades mecánicas, sino que también resultan atractivos al ser una solución al problema de la contaminación ambiental.

Algunos procesos para tratar las fibras naturales incluyen el uso de una solución química llamada hidróxido de sodio, la cual es altamente corrosiva. Gracias a sus propiedades, esta solución puede limpiar a profundidad las fibras e incluso mejorar la adherencia con la matriz, produciendo un compuesto con propiedades mecánicas óptimas para una amplia gama de aplicaciones en la actualidad.

Debido a su alta rigidez y ligereza, los materiales compuestos son utilizados en la industria automotriz y aeroespacial, entre otras. Sus aplicaciones se encuentran en las partes y estructuras que conforman a las aeronaves, por ejemplo, en las alas de los aviones en donde deben ser altamente rígidas, a la vez de minimizar el peso de la estructura para reducir el uso de combustible.

En esta investigación se aborda el diseño de una estructura hecha con un material compuesto de matriz de polietileno de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés) usando fibra de agave reutilizada para reforzarlo, y así generar piezas que serán ensambladas en un sistema de generación de energía renovable, el cual será accesible para los habitantes del estado de Oaxaca en situaciones de emergencia como sismos y conflictos territoriales, podrá dotar de energía eléctrica a los albergues para que las personas puedan desempeñar sus actividades cotidianas.

El presente trabajo se compone de los siguientes ocho apartados: primero la Introducción, en donde se dan a conocer los conceptos relacionados con el proyecto; después se tiene el Estado del Arte, en donde se exponen artículos, tesis, productos comerciales y patentes relacionadas a sistemas de almacenamiento de energía renovable, con el objetivo de conocer distintos métodos de producción de estructuras o sistemas generadores de energía. También se incluye el Planteamiento del problema, la Justificación, los Objetivos Generales y Específicos, así como Metas y la Metodología que se implementó en el desarrollo de la investigación, a partir de la cual se desarrolló una solución para cubrir las necesidades de los usuarios.

De igual manera se generó el análisis conceptual, en donde se obtuvieron los requerimientos de diseño y un mapa conceptual que detalla los componentes de la estructura, de los subsistemas de energía y de almacenamiento y transporte.

Se aplicaron las 8 estrategias del ecodiseño para disminuir el potencial impacto ambiental que tendrá el sistema, en aspectos como la obtención y optimización de materiales.

Aplicando la metodología propuesta se realizó una matriz de contradicciones, para dar solución a problemas de inventiva que surgieron a partir de los requerimientos de diseño, dando como resultado propuestas de solución hasta obtener un diseño final. Posteriormente, se elaboró un modelo virtual de la estructura y del sistema mismo, el cual sirvió para desarrollar un análisis de topología para disminuir el peso de algunos componentes manteniendo la resistencia a esfuerzos, también se ejecutó un análisis de elemento finito para comprobar la resistencia a las cargas presentes en la estructura. Por último, como parte de la evaluación se realizó un análisis del ciclo de vida simplificado, en el cual se examinaron las distintas etapas para fabricar el sistema para verificar el impacto ambiental y las emisiones que aproximadamente se obtendrán.

Finalmente, se realizó un prototipo de baja fidelidad para validar a los ensambles entre las piezas de la estructura, de los componentes electrónicos, eléctricos y mecánicos.

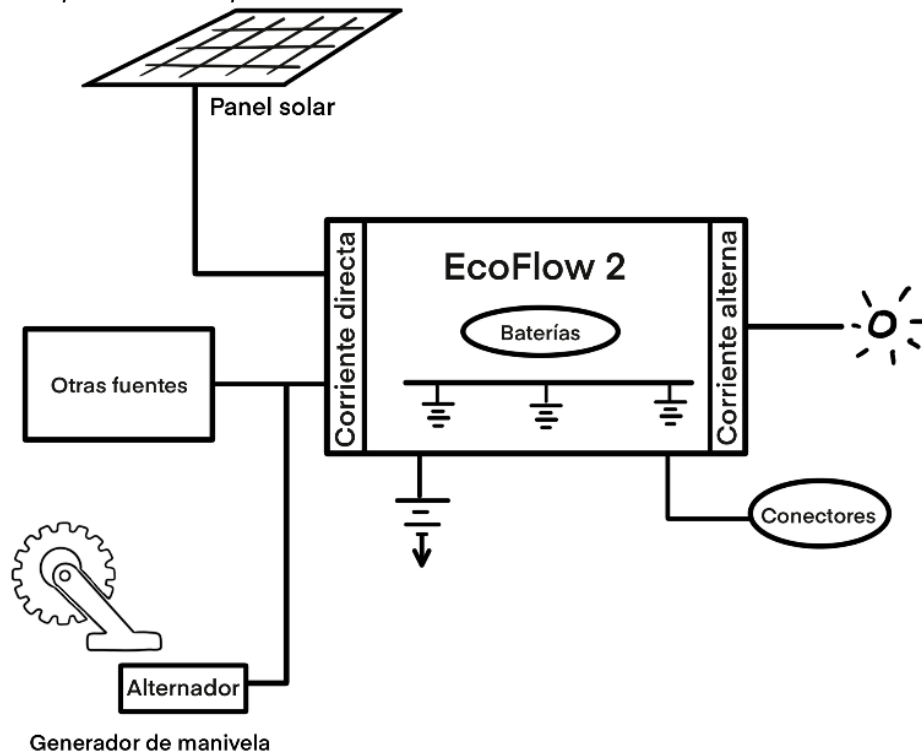
CAPÍTULO 1. ASPECTOS PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema que motivó el desarrollo de esta tesis surgió a partir de la participación en la convocatoria para el concurso internacional organizado por la Sociedad Americana para Materiales Compuestos (ASC, por sus siglas en inglés) en el año 2023, en donde se estableció como reto proyectar un sistema de generación de energía renovable que deberá mantenerse en funcionamiento en un periodo igual o mayor a 100 días y en donde se maximice la relación peso-energía, cuyos componentes deberán colocarse en una estructura fabricada con un material compuesto reforzado con fibra natural reutilizada; ambos podrían emplearse por personas que resulten afectadas en casos de emergencia ocasionados por sismos o conflictos territoriales en el estado de Oaxaca.

Es conocido que ante la ocurrencia de dichos incidentes, se producen cortes de energía que pueden durar unas pocas horas hasta varios días, afectando el desarrollo de las actividades cotidianas de las personas (Tecsa, 2022) (Gobierno de Oaxaca, s.f.). Por ello, como se observa en la Figura 1, se ha proyectado un sistema de generación de energía renovable que pueda instalarse en espacios abiertos y cercanos a los lugares que albergarán a los damnificados, como azoteas, calles, explanadas, entre otros. El sistema estará conformado por un panel solar y un generador de manivela, elementos con los que se captará la energía proveniente del Sol y del trabajo físico de personas. El generador de manivela tendrá 3 fuentes variables para la obtención de energía eléctrica, la primera consiste en una manivela que podrá ser accionada mediante el movimiento de los brazos, la segunda será accionada mediante una polea que se impulsará utilizando la rueda de una bicicleta, la tercera será a través del uso de un panel solar cuya energía captada almacenará la energía en la batería. Dichos componentes se conectarán a un sistema de baterías que almacenará hasta 1024 Wh y servirá para suministrar energía eléctrica a dispositivos que ayudarían a sobrevivir a los afectados; como electrodomésticos, computadoras, celulares, entre otros.

Figura 1
Esquema de componentes.



Fuente: Propia.

Los elementos que conformarán al sistema de generación de energía renovable se enlistan en la Tabla 1, estos se adquirirán de forma separada y tendrán que ensamblarse en una estructura común de la cual actualmente se carece. La estructura deberá soportar las cargas generadas por los componentes y tendrá que ser sostenible en todas las etapas de su ciclo de vida (de la cuna a la cuna), para su fabricación deberá usarse como materia prima la fibra de agave reutilizada. Así pues, deberá diseñarse una estructura que sea funcional para que el sistema de generación de energía renovable tenga un adecuado desempeño; que sea fácil de almacenarse para transportarse a los sitios cercanos en dónde tendrán que resguardarse las personas; asimismo, tendrá que ensamblarse fácilmente por cualquier persona, usando la menor cantidad de herramientas adicionales posibles. Se deberá de encontrar la distribución de los componentes que resulte más eficaz y eficiente para su funcionamiento en conjunto.

Tabla 1

Características de componentes.

Componente	Capacidad Watts	Dimensiones cm	Peso kg	Imagen de referencia
Panel solar	50	Extendido: 106.8 x 239x 2.4 Cerrado: 106.8x 62x 2.4	21	 <p>Fuente: Ecoflow (2022).</p>
Generador de manivela	400	76.2x 25.4x 25.4	13.6	 <p>Fuente: Handcrankgenerator (2023).</p>
Batería	400	40x 21.1x 28.1	12	 <p>Fuente: Ecoflow (2022).</p>

Fuente: Propia.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El estado de Oaxaca es una de las regiones con más alta sismicidad en México, esta actividad se encuentra asociada al proceso de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa de Norteamérica; asimismo, ha sido foco a través de los años de conflictos agrarios entre diversas comunidades por cuestiones de límites territoriales y colindancias; tal es el caso de la disputa sucedida en el municipio de San Miguel El Grande, Oaxaca, donde derivado de una disputa por 7 mil 964 hectáreas de bosque, se les obligó a más de 150 personas a dejar sus hogares y ser desplazados por más de 5 meses (García, 2023). En los últimos 50 años se han suscitado más de 20 sismos de alta intensidad en el territorio oaxaqueño (Servicio Sismológico Nacional, 2022); además, han persistido conflictos en las 8 regiones de la entidad, lo cual la convierte en una zona de emergencia potencial para sus habitantes (Peña Osorio, s.f.) (Gobierno de Oaxaca, 2003).

Mediante esta investigación se propone diseñar una estructura usando un material compuesto reforzado con fibra de agave reutilizada para colocar los elementos de un sistema de generación de energía renovable. Con el diseño de la estructura se pondría al alcance de los habitantes del estado de Oaxaca un sistema de generación de energía renovable que podría utilizarse en escenarios de emergencia como sismos y conflictos territoriales, que podría instalarse cerca de albergues para que puedan conectarse dispositivos eléctricos y electrónicos que auxilien en las actividades cotidianas de los damnificados, como en la preparación de alimentos, iluminación de espacios, comunicación de personas, etc. A través del proyecto se podría realizar un trabajo detallado de diseño e ingeniería con el cual se asegure brindar la resistencia mecánica adecuada a la estructura para la instalación y resguardo de los componentes del sistema de generación de energía renovable; asimismo, se desarrollará un Análisis del Ciclo de Vida Simplificado de los elementos de la estructura que garantice el aprovechamiento de desechos y la sostenibilidad circular.

A través de esta investigación se abordarán temas y materias del perfil de un ingeniero en diseño, tales como Elementos de máquinas, Resistencia de materiales, Diseño Asistido por Computadora (CAD), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), etc.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estructura de material compuesto empleando fibra de agave reutilizada como refuerzo y un polímero como la matriz, que en este caso es el polietileno de alta densidad (HDPE), aplicando la Rueda Estratégica del Ecodiseño y la matriz de contradicciones del TRIZ, para el montaje de los componentes de un sistema de generación de energía renovable.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS (OE) Y METAS (M)

OE1. Realizar la planeación del proyecto mediante una investigación documental que delimite las características de la estructura para el sistema de generación de energía renovable.

M1. Información documental del diseño de estructuras para sistemas de generación de energía renovable.

OE2. Desarrollar los conceptos de diseño de la estructura del sistema de generación de energía renovable, para obtener la mejor solución a la problemática.

M2. Descripción de los usuarios

M3. Benchmarking

M4. Tabla de necesidades de usuarios y requerimientos de diseño

M5. Mapa conceptual del sistema y subsistemas

M6. Aplicación de las 8 Estrategias del Ecodiseño

M7. Matriz de contradicciones TRIZ

M8. Bocetos de dos conceptos de diseño

M9. Matriz de selección

OE3. Definir la arquitectura de la estructura del sistema de generación de energía renovable, para conocer los elementos que lo conformarán.

M10. Lista de especificaciones

OE4. Obtener el prototipo virtual de la estructura del sistema de generación de energía renovable, para analizar su factibilidad.

M11. Modelo virtual

M12. Análisis de Elemento Finito Estático

M13. Análisis del Ciclo de Vida Simplificado

M14. Planos constructivos (vistas principales, isométrico, explosivo y vistas de ensambles)

M15. Memoria descriptiva del proceso de fabricación del prototipo de baja fidelidad

OE5. Evaluar el prototipo de baja fidelidad de la estructura del sistema de generación de energía renovable, para la validación de la investigación

M16. Análisis de resistencia y usabilidad del prototipo de baja fidelidad

1.5 METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se aplicará la metodología propuesta por Ulrich y Eppinger (2013), de la cual solo se retomarán las 5 primeras fases debido a los alcances de la investigación, complementándose con las 8 estrategias del ecodiseño y la Matriz de contradicciones del TRIZ en la fase “Desarrollo del concepto” para afianzar el cumplimiento de aspectos medioambientales y de innovación. En la Tabla 2, se muestran las etapas y actividades a desarrollar.

Tabla 2*Etapas en las cuales se aplicará la metodología.*

Etapa	Actividades
Etapa 0: Planeación.	Planeación y recopilación de información referente a conceptos de la estructura y componentes del sistema de generación de energía.
Etapa 1: Desarrollo del concepto.	Identificación de los usuarios. Determinación de necesidades de los usuarios. Análisis de estructuras para sistemas de energías renovables similares (Benchmarking). Definición de requerimientos de diseño. Mapa conceptual del sistema y subsistemas. 8 estrategias del Ecodiseño. Matriz de contradicciones del TRIZ. Conceptualización de propuestas de diseño. Evaluación de conceptos de diseño. Selección de propuesta por detallar.
Etapa 2: Diseño en el nivel sistema.	Definición de especificaciones de los componentes de la estructura del sistema de generación de energía renovable.
Etapa 3: Diseño a detalle.	Elaboración de modelo virtual de la estructura del sistema de generación de energía renovable. Simulación mediante Análisis de Elemento Finito. Generación de planos constructivos. Descripción del proceso de fabricación del prototipo de baja fidelidad.
Etapa 4: Pruebas y refinamiento	Análisis de resistencia y usabilidad del prototipo de baja fidelidad

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos o también conocidos como polímeros reforzados de fibras (FRP, Fiber Reinforced Polymer por sus siglas en inglés) son una combinación de elementos que se fabrican asociando dos o más elementos naturales o artificiales (con diferentes propiedades físicas o químicas) y que los hacen más resistentes en conjunto que de forma individual. Existen distintos tipos de materiales compuestos reforzados con fibras, láminas, partículas, y distintos materiales para la matriz, pudiendo ser de materiales polímeros, cerámicos, metálicos, entre otros. Los materiales compuestos considerados en este trabajo, se conforman en primer lugar de fibras que pueden ser naturales o sintéticas, y la matriz que es el material que les dará estructura. Las fibras y la matriz tienen diferentes propiedades físicas, sin embargo, al combinarlos se crean los materiales compuestos, mejorando sus características en conjunto. A pesar de que las fibras de vidrio son ampliamente utilizadas como refuerzo, muchos materiales compuestos en la actualidad emplean fibras de carbono delgadas.

En la sociedad actual varias de las actividades se ven influenciadas por los materiales compuestos, por ejemplo, la fibra de vidrio se desarrolló a fines de la década de 1940 convirtiéndose en el primer material compuesto moderno, en el presente representa alrededor del 65% de los materiales compuestos que se producen. Se utiliza para fabricar cascos de barcos, tablas de surf, artículos deportivos, revestimientos de piscinas, paneles de construcción, carrocerías de automóviles, entre otros productos (Williams. 2017).

La fibra de carbono existe desde hace más de 150 años, sin embargo, las mejoras en su proceso de manufactura en el último medio siglo han incrementado la resistencia al peso y rigidez. A principios de la década de 1960, el Dr. Akio Shindo de la Agencia de Ciencia y Tecnología Industrial de Japón utilizó poliacrilonitrilo como precursor en la fibra de carbono, esta resina permitió crear fibras de carbono con 55% de carbono, generando un método de producción más rentable.

Desde fines de los 70s los procesos de manufactura y obtención de materiales compuestos han mejorado, tanto así que las fibras contienen hasta un 95% de carbono, un módulo de elasticidad y una resistencia a la tracción mayor (Dragon Plate, 2019).

Existen diferentes procesos de manufactura para fabricar un material compuesto a base de matriz polimérica y fibras sintéticas. Algunos de los procesos más comunes incluyen “wet layup”, “resin infusion”, y “prepreg hand layup”.

El proceso conocido como “laminado húmedo” o “wet layup” consiste en utilizar un molde y verter un poco de resina líquida, sobre la cual se irán colocando fibras naturales o sintéticas para adherirlas con ayuda de brochas o rodillos e ir formando las capas deseadas, repitiendo el proceso de manera continua. Posteriormente se deja curar a temperatura ambiente o con calor adicional utilizando un horno industrial, por ejemplo. De acuerdo con un artículo publicado por el sitio web CKN Knowledge in Practice Centre (s.f.) se suelen utilizar fibras de vidrio debido al uso que tienen las piezas con este método, se pueden generar piezas de gran tamaño, se utilizan herramientas económicas y entre otras características.

Así como tiene ciertas ventajas el uso de este proceso, también hay desventajas, el proceso es laborioso, de igual forma al ser un proceso que se hace de forma manual se pueden generar vacíos en las piezas los cuales son una fuente de propagación e inicio de defectos.

El proceso de “infusión de resina” o “resin infusion” es un método de fabricación de materiales compuestos donde en un molde o una superficie se colocan fibras sintéticas o naturales, para cubrir con una bolsa de vacío y sellarla. Posteriormente se extrae el aire mediante vacío y se introduce la resina líquida la cual fluye mediante la presión de vacío, impregnando así las fibras y teniendo un mayor control ante defectos como vacíos ocasionados entre fibras. Finalmente se curan a temperatura ambiente, aplicando calor o aplicando presión y calor. Este proceso tiene beneficios frente a otros como lo son una mejor relación entre la fibra y la resina, un laminado más resistente, un bajo contenido de espacios vacíos, pudiendo llegar a ser nulos en algunos casos y una laminación más rápida de las fibras (Airtech International, s.f.)

El “laminado manual con preimpregnados” o “prepreg hand layup” consiste en la colocación de fibras preimpregnadas de resina, las cuales aceleran el proceso de manufactura, se utiliza generalmente un molde en el cual se colocan las láminas de fibra en diferentes orientaciones y con diferentes capas según sea la especificación y necesidad de la pieza. Este tipo de manufactura requiere un curado con calor y presión ya sea en horno o en autoclave para tener un material de alta calidad y control de propiedades. Con este tipo de manufactura se tiene un control estricto del contenido de resina, ya que el preimpregnado

tiene una cantidad controlada, además, no hay limitaciones en el tamaño, por lo que se pueden crear piezas muy grandes con geometrías complejas. Sin embargo, algunas de las desventajas son el costo del material y costos de herramientas. (Rock West Composites, s.f.)

El proceso de producción de un artículo a partir de un material compuesto comúnmente requiere el uso de un molde como lo es con los procesos anteriormente mencionados; primero el material de refuerzo se coloca en el molde, luego se inyecta o bombea la matriz semilíquida para crear el objeto. Se puede aplicar presión para eliminar las burbujas de aire, después el molde se calienta para hacer que la matriz se solidifique, idealmente se tendría que aplicar presión y calor al mismo tiempo por medio de una autoclave; sin embargo, debido a que esta máquina es de grandes dimensiones y costos para producciones en cantidades pequeñas, puede sustituirse por otras máquinas que aplican solamente calor. No obstante, las empresas que manufacturan estructuras a partir de este proceso acatan regulaciones de seguridad establecidas por administraciones federales, como es el caso de la Administración Federal de Aeronáutica (FAA), por sus siglas en inglés. También existe el manual de materiales compuestos (Composite Materials Handbook) utilizado en la industria, el cual estipula que ciertos componentes no pueden tener más de 2% de contenido vacío (void content) y esto es especialmente importante para estructuras aeroespaciales. De esto deriva el que se use el método de autoclave como técnica para reducir los defectos de manufactura durante el proceso de curado, minimizar defectos de manufactura, como huecos o microfisuras, y maximizar las propiedades mecánicas del material compuesto. Muchos tipos de nuevos materiales compuestos no se fabrican mediante el método de matriz y refuerzo, sino mediante la colocación de múltiples capas de material. La estructura de varios materiales compuestos (como los que se utilizan en los paneles de alas y fuselaje de aviones) consiste en un panel de plástico intercalado entre dos capas de material compuesto que se refuerza con fibra de carbono (Williams, 2017).

Los materiales compuestos reforzados con fibras de carbono son utilizados en la industria automotriz y aeroespacial, en la segunda se utiliza para minimizar el peso de aeronaves y estructuras, brindando la capacidad para almacenar más combustible, brindar mayor estabilidad o gran durabilidad; ya que este material soporta la humedad, corrosión y desgaste por el contacto con el agua.

El costo representa la principal desventaja de los materiales compuestos, ya que a pesar de que su producción es más eficiente, los insumos y operaciones de manufactura son caras. Los materiales compuestos no reemplazarán completamente a los tradicionales como el acero, pero en muchos casos son mejor opción ya que reducen características como el peso, por ejemplo; esto puede aprovecharse para aumentar la eficiencia en donde la disminución del peso mejora el rendimiento de las máquinas, como en los automóviles.

2.1.2 MATERIALES COMPUESTOS REUTILIZADOS

Reciclar y reutilizar materiales compuestos como la fibra de agave es importante en cuatro aspectos; en la reducción de residuos, el ahorro de recursos, la disminución del impacto ambiental y la reducción de costos. Al reciclar la fibra de agave se reduce la cantidad que termina desechada o incinerada, estas últimas actividades son las que comúnmente se realizan en las fábricas artesanales de mezcal. La reutilización de la fibra de agave puede ayudar a reducir los impactos negativos, así como fomentar usos adecuados como la reutilización, lo que puede apoyar a reducir costos y contaminación a largo plazo.

De acuerdo con Hernández y Soriano (2020), la industria tequilera y mezcalera en México generan una elevada cantidad de desechos y residuos agroindustriales obtenidos durante el proceso de industrialización de la planta de agave, como el bagazo, hojas y restos de fibra natural los cuales constituyen el 45% de la planta. Y según el Consejo Regulador de Tequila (2017), se generaron 1,875,932 toneladas de fibra de agave en el año 2017, siendo Oaxaca y Jalisco los estados con mayor generación de este tipo de desechos.

Las fibras de agave se utilizan principalmente en la fabricación del destilado conocido como mezcal, también recientemente se han empleado en la producción de adobes reforzados (Ruiz Serrano & Juan Pérez, 2022).

En la producción del mezcal, la penca del agave sirve como contenedor de calor cuando su piña es cocida en los hornos tradicionales. Las fibras pueden obtenerse al cortar la penca del agave previamente a producirse el mezcal; o bien, pueden reutilizarse posteriormente al obtenerse el destilado.

Inicialmente, las fibras del agave se deben limpiar con agua para eliminar la tierra y otros elementos que hayan quedado durante su recuperación; después, se deben secar por completo. Para asegurar que las fibras recuperen su peso original deben pesarse antes y después de enjuagarlas.

Una vez que están secas, se utiliza una solución de hidróxido de sodio con concentración del 4 al 5% debido a que Mysamy y Rajendran (2011) analizaron el impacto del tratamiento alcalino en esta concentración en las fibras para eliminar partículas pequeñas de residuos y mejorar la superficie de contacto con la matriz. Para producir materiales compuestos con las fibras provenientes de la elaboración del mezcal se deben tratar para obtener una superficie limpia, así se mejora la adherencia y contacto con la matriz deseada.

A continuación, se muestran algunas imágenes de fibras de agave reutilizadas obtenidas con un microscopio Leica S9i Digital, usando zoom de 3x (Figuras 2 a 4).

Figura 2

Fibra natural de agave reutilizada, sin enjuague.



Fuente: Propia.

Figura 3

Fibra natural de agave reutilizada, después de enjuague.



Fuente: Propia.

Figura 4

Fibra natural de agave reutilizada, después del tratamiento con hidróxido de sodio.



Fuente: Propia.

2.1.3 SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE

Los combustibles fósiles son un tipo de energía que se obtiene a partir de recursos naturales no renovables como el petróleo, el gas natural y el carbón; estos se han formado a partir de restos de organismos marinos y terrestres que se han acumulado en el suelo durante millones de años. Los combustibles fósiles son una fuente importante de energía para la industria y la sociedad; pero también han causado problemas ambientales graves como los gases de efecto invernadero, la contaminación del aire y del agua. Por esta razón, es necesario buscar alternativas renovables y sostenibles como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, biomasa y mareomotriz para que continúen realizándose las actividades humanas.

La expansión de energías renovables es incontenible, según muestran las cifras anuales de la Agencia Internacional de Energía (2018) se prevé que la participación de estas en la producción de energía eléctrica global aumentará del 26% en 2018 al 44% en 2040, cubriendo dos tercios del aumento de la demanda en ese período principalmente con las fuentes eólica y fotovoltaica. A diferencia de las fuentes de energía tradicionales como el carbón, gas, petróleo y nuclear que tienen reservas limitadas; las energías renovables son casi inagotables ya que dependen del sol y se ajustan a los ciclos naturales. Por esta razón, son un componente fundamental de un sistema energético sostenible que permite el progreso actual sin perjudicar el futuro (*La importancia de las energías renovables*, s. f.)

2.1.4 SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLE SOLAR

En el sistema de generación de energía solar se convierte la energía del sol en electricidad utilizando paneles solares que se componen de células fotovoltaicas, las cuales al recibir la radiación solar generan una corriente eléctrica. Cada célula solar contiene un semiconductor hecho generalmente con silicio, este al absorber la radiación solar libera electrones que fluyen en una dirección. Esta corriente eléctrica es guiada mediante contactos metálicos ubicados en la parte superior e inferior de cada célula solar hacia un objeto externo.

La electricidad producida puede inyectarse directamente a la red eléctrica para utilizarse o almacenarse en sistemas de baterías estacionarias o portátiles para emplearse posteriormente. Estos sistemas pueden producirse a pequeña escala para viviendas, o a gran escala para plantas de generación solares.

Esta tecnología fue descubierta en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel, quien encontró que al colocar cloruro de plata en una solución ácida y exponerla a la luz solar, se generaba una corriente eléctrica en electrodos de platino adheridos al sistema, a este proceso se le llama efecto fotovoltaico (Solar Energy, s. f.)

2.1.5 SISTEMA GENERADOR DE MANIVELA

La energía mecánica se relaciona con el movimiento y la posición de un objeto en un sistema físico, es la combinación de la energía cinética y la energía potencial. La diferencia entre ellas radica en que la primera corresponde a los objetos en movimiento, mientras que la segunda hace referencia a la que está acumulada en objetos en reposo (Energía cinética, 2022).

La energía cinética depende de la masa y la velocidad del objeto en movimiento y se calcula mediante la Ecuación 1:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

La energía potencial depende de la posición del objeto en reposo en un campo de fuerzas, como la gravedad o la fuerza eléctrica. La energía potencial gravitacional, por ejemplo, se calcula mediante la Ecuación 2, donde m es la masa del objeto, g es la aceleración debida a la gravedad y h es la altura del objeto respecto al punto de referencia.

$$E_p = mgh \quad (2)$$

La energía mecánica total de un objeto o sistema es la suma de su energía cinética y su energía potencial.

2.1.6 SISMICIDAD EN EL SURESTE DE MÉXICO

El sureste de México es una zona con alta ocurrencia de sismos debido a la constante interacción de las placas oceánicas de Cocos y Riveras que subducen con las de Norteamérica y del Caribe.

Entre los estados con más sismicidad se encuentra el estado de Oaxaca, ya que en su territorio confluyen placas tectónicas que continuamente provocan movimientos telúricos y ponen en contingencia a los habitantes. En la Tabla 3, se observan los registros de sismos de gran magnitud ocurridos en el estado durante los últimos 50 años, situaciones que orillaron al uso de albergues temporales en donde se resguardaron personas que tuvieron afectaciones en sus viviendas.

Tabla 3

Sismos reportados en los últimos 50 años, desde magnitud 6.0 a 9.9 en todas las profundidades, en Oaxaca.

FECHAY HORA	LOCALIZACION	LATITUD*	LONGITUD*	PROFUNDIDAD (KM)	MAGNITUD	FECHA Y HORA UTC
1972-11-12 22:43:45	73 km al SUR de SALINA CRUZ, OAX	15.541	-95.04	14.0	6.5	1972-11-13 04:43:45
1978-11-29 13:52:50	32 km al NOROESTE de S PEDRO POCHUTLA, OAX	16.013	-96.586	23.0	7.6	1978-11-29 19:52:50
1979-06-22 00:30:57	49 km al NORESTE de MATIAS ROMERO, OAX	17.014	-94.605	115.0	6.9	1979-06-22 06:30:57
1982-06-07 00:52:33	23 km al NOROESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	16.424	-98.253	6.0	6.9	1982-06-07 06:52:33
1983-01-24 02:17:40	2 km al SUROESTE de SALINA CRUZ, OAX	16.165	-95.206	50.0	6.8	1983-01-24 08:17:40
1987-07-15 01:16:13	46 km al NORESTE de H TLAXIACO, OAX	17.39	-97.26	68.0	6	1987-07-15 07:16:13
1993-09-30 12:27:49	156 km al SUR de SALINA CRUZ, OAX	14.78	-95.01	13.0	6.4	1993-09-30 18:27:49
1994-07-04 15:36:43	117 km al SUR de PUERTO ESCONDIDO, OAX	14.83	-97.31	19.0	6.1	1994-07-04 21:36:43
1996-02-24 21:08:19	52 km al SUR de PINOTEPA NACIONAL, OAX	15.88	-97.98	15.0	7.1	1996-02-25 03:08:19
1996-03-19 11:12:39	59 km al SUR de RIO GRANDE, OAX	15.49	-97.55	15.0	6	1996-03-19 17:12:39
1997-07-19 09:22:09	58 km al SUROESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	15.86	-98.26	15.0	6.7	1997-07-19 14:22:09
1998-02-02 21:02:01	12 km al SURESTE de S PEDRO POCHUTLA, OAX	15.69	-96.37	33.0	6.4	1998-02-03 03:02:01
1999-09-30 11:31:13	22 km al NORESTE de PUERTO ESCONDIDO, OAX	16.056	-97.004	39.0	7.4	1999-09-30 16:31:13
2004-06-14 17:54:21	18 km al SUROESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	16.22	-98.16	10.0	6.4	2004-06-14 22:54:21
2010-06-30 02:22:27	13 km al SURESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	16.24	-97.99	4.0	6	2010-06-30 07:22:27
2016-05-08 02:33:59	19 km al ESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	16.323	-97.8773	7.4	6	2016-05-08 07:33:59
2017-09-23 07:53:01	9 km al SUROESTE de CD IXTEPEC, OAX	16.496	-95.146	10.0	6.1	2017-09-23 12:53:01
2018-02-16 17:39:39	14 km al SURESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	16.218	-98.0135	16.0	7.2	2018-02-16 23:39:39
2018-02-19 00:56:58	31 km al SURESTE de PINOTEPA NACIONAL, OAX	16.2477	-97.775	10.2	6	2018-02-19 06:56:58
2020-01-04 22:40:49	33 km al SURESTE de UNION HIDALGO, OAX	16.2527	-94.6173	80.8	6	2020-01-05 04:40:49
2020-06-23 10:29:03	4 km al NORTE de CRUCECITA, OAX	15.8033	-96.1337	22.8	7.4	2020-06-23 15:29:03

Fuente: Servicio Sismológico Nacional (2022).

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (SGM, 2022) “Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Colima y Jalisco son los estados con mayor sismicidad en la República Mexicana debido a la interacción de las placas oceánicas de Cocos y Rivera que subducen con las de Norteamérica y del Caribe sobre la costa del Pacífico frente a estos estados, también por esta misma acción son afectados los estados de

Veracruz, Tlaxcala, Morelos, Puebla, Nuevo León, Sonora, Baja California, Baja California Sur y el Distrito Federal.”

Debido a esto, desde la inauguración de la Red Sismológica Mexicana en 1910 se mantiene una observación y registro de todos los sismos ocurridos en el país, en estaciones como la Estación Sismológica de Tacubaya o en instalaciones como el Instituto de Geofísica de la UNAM, la cual es responsable de operar el Servicio Sismológico Nacional.

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) tiene registrado que en promedio ocurren tres sismos por día con una magnitud mayor a 3.0 en la escala de Richter.

Para hacer una evaluación y diseño antisísmico, la República Mexicana se dividió en las siguientes cuatro zonas sísmicas:

Zona A: es un territorio que se sitúa principalmente al norte del país en donde no ha habido sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones de suelo mayores a 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Zona B y C: son regiones en donde no se registran sismos frecuentemente, o son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.

Zona D: es el territorio más afectado, se reportan sismos frecuentemente y en esta zona se han registrado los de mayor magnitud, las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano ocurren en promedio en el país 1 sismo de magnitud mayor o igual a 7.5 grados en la escala de Richter cada 10 años, 5 sismos de magnitud mayor o igual a 6.5 grados en la escala de Richter cada 4 años y 100 sismos de magnitud menor o igual a 4.5 grados en la escala de Richter cada año.

Entre los sismos que mayor impacto han tenido en el estado de Oaxaca recientemente se encuentra el que ocurrió el 23 de junio de 2020 a las 10:29 horas, fenómeno que dejó varias personas afectadas e incomunicadas debido a los daños en infraestructura como plantas eléctricas o instalaciones de

telecomunicaciones. El sismo tuvo como epicentro las coordenadas 15.784° latitud norte, 96.120° longitud oeste y a 22.6 km de profundidad, en las cercanías a La Crucecita en la costa oaxaqueña, fue percibido también en las entidades de Guerrero, Chiapas, Michoacán, Jalisco, Colima, Querétaro, Morelos, Hidalgo, Guanajuato, Tabasco, Veracruz, Puebla, Tlaxcala, Estado de México y en la Ciudad de México.

2.1.7 CONFLICTOS TERRITORIALES EN EL ESTADO DE OAXACA

Una de las problemáticas más comunes en los pueblos de México y específicamente en el estado de Oaxaca es la disputa por extensiones territoriales de las comunidades, a causa de la inexistencia, extravío, duplicación o falsificación de títulos de propiedad (Cuevas Cruz, s. f.).

De acuerdo con el sitio de noticias El Universal y según Zavala (2020), en Oaxaca hay al menos 342 conflictos en comunidades y municipios indígenas, algunos de los cuales han desembocado en violencia y causado muertes tras enfrentamientos entre los pobladores, la mayoría de los conflictos están relacionados con disputas por la propiedad del territorio o agrarios. En un informe presentado por la Secretaría General de Gobierno (2020), los conflictos territoriales en el estado de Oaxaca ascienden a 333, de los cuales 27 son considerados de alto riesgo.

Los conflictos territoriales tienen consecuencias graves para las personas que viven en las zonas afectadas, como, por ejemplo, la falta de vivienda, la falta de energía eléctrica para uso de electrodomésticos, la necesidad de buscar albergues temporales. La falta de energía eléctrica para aparatos eléctricos y electrónicos puede afectar la calidad de vida de las personas y su capacidad para realizar tareas cotidianas.

Los gobiernos locales actúan primeramente como respuesta del Estado ante escenarios de conflictos sociales, interactuando con los actores para generar espacios de diálogo de forma oportuna y eficiente.

La resolución de los conflictos territoriales es un proceso que requiere de la participación de todas las partes involucradas. El gobierno puede desempeñar un papel importante en la resolución de conflictos territoriales al proporcionar un marco legal para la resolución de disputas, así como otorgar tierras y espacios temporales en donde los involucrados puedan vivir mientras la situación mejora o hay una conclusión.

2.1.8 ECODISEÑO

De acuerdo con la Alianza para las Competencias Sectoriales Ecosign (2018), el ecodiseño consiste en un enfoque para diseñar productos y servicios sostenibles mediante una serie de ocho estrategias.

La rueda de las ocho estrategias del ecodiseño permite y facilita la división de la metodología de aplicación en 4 niveles:

- Conceptualización
- Fabricación
- Utilización
- Fin de vida

Como se muestra en la Figura 5, cada uno de los niveles contiene estrategias de ecodiseño.

Figura 5

Rueda de las 8 estrategias del Ecodiseño.



Fuente: Ecosign (2018).

A continuación, se describen las estrategias potencialmente aplicables en cada fase:

Estrategia 0. Nuevo Concepto

Se centra en tomar decisiones durante la etapa del proceso del diseño, se debe considerar la cantidad de recursos que el producto consumirá. Para esto se debe hacer un análisis sobre la función del producto y emplear estrategias como la desmaterialización, la multifuncionalidad, el uso compartido del producto y el servicio en lugar de producto. En particular, la multifuncionalidad amplía las posibilidades de uso al permitir que sirva para varias actividades sin necesidad de hacer modificaciones adicionales.

Estrategia 1. Uso de materiales de impacto reducido.

Se enfoca en reducir en lo posible el uso de materiales que afecten al medio ambiente, como evitar materiales y aditivos que afecten la capa de ozono, buscar alternativas con materias primas reutilizadas o recicladas. Se pueden adoptar subestrategias como usar materiales derivados de recursos naturales, reciclables o con alto contenido reciclado, libres de sustancias peligrosas, producidos de manera sustentable, con un mínimo número de tipos de materiales y procedentes de proveedores locales.

Estrategia 2. Reducción de elementos.

Se trata de llevar a cabo la máxima optimización en la cantidad de materias primas/componentes utilizados en la fabricación del producto, se pueden realizar recomendaciones como optimizar el peso y volumen, utilizar en lo posible sistemas plegables, sistemas apilables, etc. Asimismo, se pueden implementar subestrategias como la reducción u optimización de componentes que no aporten un valor significativo al producto, más que estética o calidad, esto después de un análisis.

Estrategia 3. Optimización de la producción.

Se centra en evaluar el proceso de fabricación del producto para reducir el impacto generado. Se pueden seguir recomendaciones como evitar procesos adicionales de corte, arranque de viruta, lijado, pulido y soldadura; así como preferir procesos mecanizados siempre que sea posible.

Se pueden adoptar subestrategias como reducir el número de procesos productivos, utilizar técnicas de producción más limpias y económicas, minimizar el consumo de energía, considerar el uso de energías renovables, reducir los residuos y desperdicios mediante el reciclaje y la reutilización.

Estrategia 4. Optimización de la distribución

Se basa en optimizar la cadena de abastecimiento y distribución para reducir al máximo el impacto del embalaje y de los medios de transporte utilizados, se pueden seguir recomendaciones como enviar productos desmontados para ensamblar en el destino, optimizar la carga y las rutas de transporte para minimizar la cantidad de material de embalaje, el peso y volumen del producto.

Estrategia 5. Reducción del impacto en el uso

Se enfoca en planificar el uso futuro y el mantenimiento del producto, con el objetivo de reducir los consumos y minimizar el impacto ambiental durante su vida útil. Se pueden adoptar subestrategias como reducir la necesidad de mantenimiento, utilizar productos y procesos de bajo impacto ambiental para el mantenimiento, reducir el consumo de energía durante el uso del producto.

Estrategia 6. Optimización de la vida útil

Se basa en aumentar la durabilidad del producto tanto como sea posible, manteniendo su funcionalidad. Se pueden adoptar subestrategias como incrementar la vida útil, asegurar la fiabilidad y durabilidad, facilitar el mantenimiento y la reparación. La durabilidad implica que un objeto es más amigable con el medio ambiente cuanto más tiempo permanece en uso antes de ser reemplazado, por lo tanto, esta estrategia promueve el uso de materiales y diseños duraderos para minimizar el impacto ambiental.

Estrategia 7. Optimización del fin de vida

Se centra en reducir el impacto ambiental del producto al final de su vida útil, durante su gestión como residuo. Se pueden seguir recomendaciones como diseñar productos que puedan desmontarse fácilmente, proporcionar instrucciones claras de desmontaje y separación, ofrecer manuales para la gestión adecuada del producto como residuo. Las subestrategias incluyen facilitar el desmontaje y separación de piezas, garantizar una disposición final fácil y segura, reciclar materiales y componentes, reutilizar componentes y recuperar los residuos para su uso como fuente de energía.

2.1.9 METODOLOGÍA DEL TRIZ

Fue desarrollada por el inventor soviético Genrich Altshuller, TRIZ es el acrónimo para Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch, o Teoría para la Resolución Inventiva de Problemas. Esta metodología permite

la generación de ideas mediante un conjunto de herramientas que se conforman a su vez de otras más sencillas (Altshuller. G. S, 1998).

De acuerdo con Dorantes (2007) se basa en los siguientes cinco fundamentos que se vinculan a un conjunto de herramientas analíticas y bases de conocimiento: sistema técnico, niveles de innovación, ley de idealidad, contradicciones y evolución de los sistemas técnicos.

Entre las herramientas más importantes del TRIZ se tiene a la Matriz de Contradicciones, los 40 Principios de Inventiva, los 39 Parámetros de TRIZ, el Radar de Evolución, las 76 Soluciones Estándar y el Diagrama de Nueve Ventanas. A continuación, se describen las herramientas del TRIZ que fueron aplicadas en esta investigación.

2.1.9.1 FUNDAMENTOS DEL TRIZ

A continuación, se describen un conjunto de elementos que conforman los fundamentos del TRIZ:

1. **Contradicciones:** Hacen referencia a que las relaciones entre las partes que conforman un sistema y su influencia mutua suelen ser más importantes que la cantidad de partes o el tamaño de las mismas. Todas las partes de un sistema son dependientes entre sí, todas mantienen una interacción recíproca. El modo en que se relacionan unas con otras les da capacidad para influir en todo el sistema. De manera innata, se conoce que las modificaciones a un elemento de un sistema, en aras de su mejora total, puede implicar un efecto negativo en otra de sus partes. El efecto negativo que surge en una de las partes del sistema o sistemas cuando se hacen modificaciones para mejorar otro elemento se le llama contradicción técnica. Las contradicciones también surgen al modificar subsistemas, ya que las mejoras de uno actúan en decremento de otro. Estas características permiten describir el estado de un sistema técnico y al resolver un problema determinan la contradicción técnica en que reside el problema.

De acuerdo con Dorantes (2007), “la aplicación del TRIZ en una solución inventiva requiere de dos elementos:

- a) Mejorar una sola parte o característica del sistema
- b) Sin desequilibrar otras partes o características del sistema o de sistemas adyacentes

De esta forma se mejora un sistema en su totalidad modificando exclusivamente una de sus partes (o un conjunto de partes elegidas) sin que repercuta de manera negativa en otras partes; esto es, eliminando la contradicción técnica.”

2. **40 Principios de Inventiva y 39 Parámetros:**

Las contradicciones técnicas del TRIZ fueron descritas por Altshuller, donde después de analizar alrededor de 40000 patentes encontró una serie de patrones para resolver los problemas y estos se estructuraron en 40 principios de inventiva que pueden aplicarse, mediante la abstracción de una amplia gama de situaciones, y 39 parámetros, mostrados en la Tabla 4 y que se describen en el Anexo A.

Matriz de contradicciones: Consiste en una base de datos de soluciones conocidas (principios) capaces de eliminar contradicciones técnicas. Está conformada por 39 columnas y 39 renglones, cada uno representa los parámetros en conflicto sobre los cuales se hace un diagnóstico. Las celdas en las intersecciones contienen sugerencias sobre los conceptos para brindar soluciones (Dorantes, 2007).

Tabla 4*39 parámetros de TRIZ*

Parámetros	
1. Peso de un objeto móvil	21. Potencia
2. Peso de un objeto estacionario	22. Pérdida de energía
3. Longitud de un objeto móvil	23. Pérdida de una sustancia
4. Longitud de un objeto estacionario	24. Pérdida de información
5. Área de un objeto móvil	25. Pérdida de tiempo
6. Área de un objeto estacionario	26. Cantidad de sustancia
7. Volumen de un objeto móvil	27. Confiabilidad
8. Volumen de un objeto estacionario	28. Precisión de medición
9. Velocidad	29. Precisión de manufactura
10. Fuerza	30. Factores dañinos actuando en un objeto del exterior
11. Tensión/Presión	31. Factores dañinos desarrollados por un objeto
12. Forma	32. Capacidad de manufactura
13. Estabilidad de la composición	33. Conveniencia de uso
14. Fuerza (Fortaleza)	34. Capacidad de reparación
15. Tiempo de acción de un objeto móvil	35. Adaptabilidad
16. Tiempo de acción de un objeto Estacionario	36. Complejidad de un dispositivo
17. Temperatura	37. Complejidad de control
18. Brillo	38. Nivel de automatización
19. Energía gastada por un objeto Móvil	39. Capacidad/Productividad
20. Energía gastada por un objeto Estático	

Fuente: G. Altshuller (2002).

2.1.10 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA

El Análisis del Ciclo de Vida de un producto ha evolucionado a lo largo del tiempo gracias a contribuciones de investigadores y profesionales en campos como ingeniería, ecología y gestión ambiental.

De acuerdo con la norma ISO 14040 (2006): "El Análisis de Ciclo de Vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema, evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio".

De acuerdo con la Norma ISO 14040 (2006), el Análisis del Ciclo de Vida puede ayudar a:

- Identificación de oportunidades para el desempeño ambiental de productos.
- Aporte de información en la toma de decisiones en la industria, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, en las etapas de planeación estratégica, prioridades, diseño y rediseño.
- Indicadores de desempeño ambiental como técnicas de medición.

Esta norma dice que existen cuatro fases para el estudio del Análisis del Ciclo de Vida:

- a) La fase de definición de objetivo y alcance,
- b) La fase de análisis del inventario,
- c) La fase de evaluación del impacto ambiental, y
- d) La fase de interpretación

- El alcance de un Análisis del Ciclo de Vida, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle depende de factores como el tema y el uso previsto del estudio.
- La fase de análisis del inventario es como su nombre lo dice, un inventario de los datos de entrada y salida en relación con el sistema en estudio.
- La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida proporciona información adicional para evaluar los resultados del inventario del ciclo de vida de un sistema al producto, con el fin de comprender mejor su importancia ambiental.
- La interpretación del ciclo de vida es la fase final, en esta fase se resumen y discuten los resultados del inventario del ciclo de vida o de la evaluación del impacto del ciclo de vida, o ambos para las conclusiones, recomendaciones y toma de decisiones de acuerdo con el objetivo y alcance definidos.

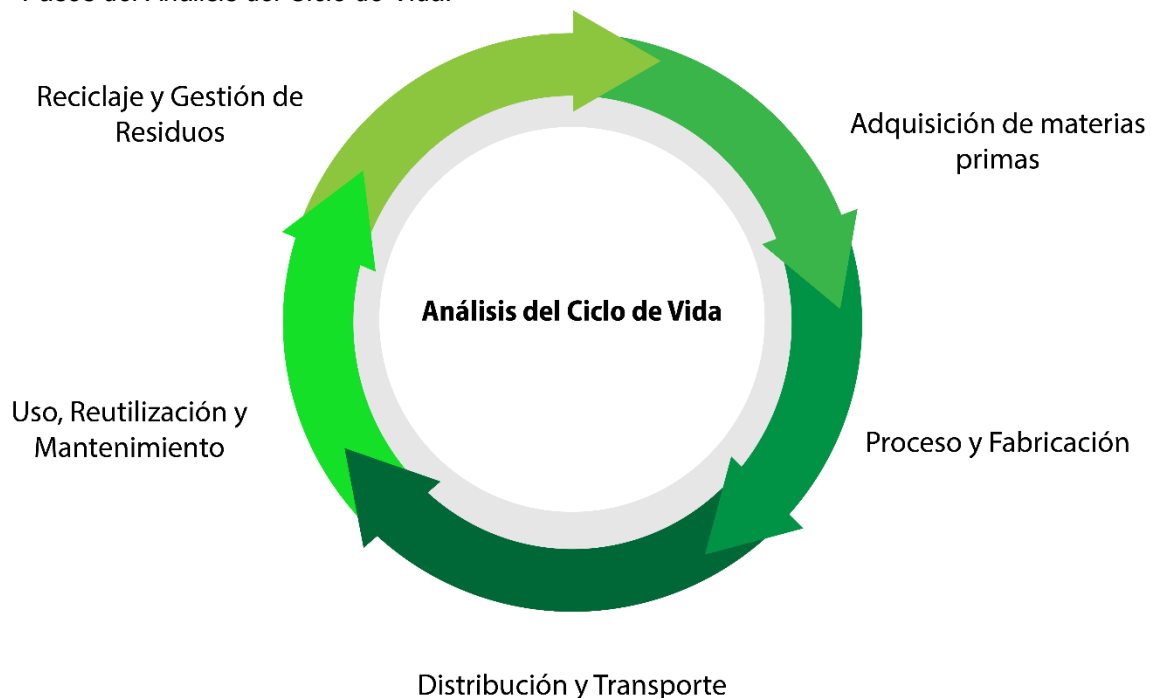
Hay casos en los que el objetivo del Análisis del Ciclo de Vida se puede satisfacer desarrollando únicamente un análisis de inventario y una interpretación.

Asimismo, en la norma española UNE-EN 50693 (2020) se establecen las Reglas de categoría de producto para el Análisis del Ciclo de Vida de productos y sistemas eléctricos y electrónicos.

Según la Universidad Politécnica de Cataluña (2013), para la realización del Análisis del Ciclo de Vida de un producto se debe contemplar las siguientes etapas (Figura 6):

1. Adquisición de materias primas: Contempla todas las actividades necesarias para la extracción de las materias primas y aportaciones de energía del medio ambiente, incluyendo el transporte previo a la producción.
2. Proceso y fabricación: Son las actividades necesarias para convertir las materias primas y energías en el producto.
3. Distribución y transporte: Consiste en el traslado del producto final al cliente.
4. Uso, reutilización y mantenimiento: Es la utilización del producto acabado a lo largo de su vida útil.
5. Reciclaje: Esta etapa comienza una vez que el producto ha cumplido su función principal y no es funcional o anticuado, y consecuentemente se recicla a través del mismo sistema de producto (ciclo cerrado de reciclaje) o entra en un nuevo sistema de producto (ciclo de reciclaje abierto).
6. Gestión de residuos: Esta etapa comienza una vez que el producto ha servido su función y se devuelve al medio ambiente como residuo.

Figura 6
Fases del Análisis del Ciclo de Vida.



Fuente: Eckelman, M., & Nunberg, S. (s.f.).

2.1.11 FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad se emplea en el diseño mecánico y de estructuras para determinar si los componentes podrán soportar las cargas y fuerzas a las que se encuentran sometidas.

De acuerdo con el libro de mecánica de materiales (Beer, Johnston, DeWolf, & Mazurek, 2014, p. 32), La carga máxima que se permite que soporte un elemento estructural o un componente de una máquina bajo condiciones normales es considerablemente menor que la carga última. Esta carga menor se denomina carga admisible (a veces llamada carga de trabajo o carga de diseño). Por lo tanto, solo se utiliza una fracción de la capacidad de carga última del elemento cuando se aplica la carga admisible. La porción restante de la capacidad de carga del elemento se mantiene en reserva para asegurar su funcionamiento seguro.

La relación entre la carga última y la carga admisible se utiliza para definir el factor de seguridad:

$$\text{Factor de seguridad} = \text{F.S.} = \frac{\text{carga última}}{\text{carga admisible}}$$

Una definición alternativa del factor de seguridad se basa en el uso de esfuerzos:

$$\text{Factor de seguridad} = \text{F.S.} = \frac{\text{esfuerzo último}}{\text{esfuerzo admisible}}$$

Estas dos expresiones son idénticas cuando existe una relación lineal entre la carga y el esfuerzo como en la mayoría de las aplicaciones de ingeniería.

En algunos campos de la ingeniería, especialmente en la ingeniería aeronáutica, se utiliza el margen de seguridad en lugar del factor de seguridad. El margen de seguridad se define como el factor de seguridad menos uno; es decir:

$$\text{Margen de seguridad} = \text{F.S.} - 1$$

Existen también recomendaciones generales del valor del factor de seguridad dependiendo de las aplicaciones, y un valor en el factor de seguridad igual a 1 indica que el componente fallará en el momento en que se alcance la carga de diseño, cuando es menor a 1 fallará con la carga a la que se someta y dependiendo de la aplicación es el factor mínimo que se utiliza.

De acuerdo con el sitio web The Engineering Toolbox (2010), se menciona una tabla con las aplicaciones y el valor permisible para el factor de seguridad (ver Tabla 5).

Tabla 5

Aplicaciones y valor del factor de seguridad permitido.

Aplicaciones	F.S.
Para uso con materiales altamente confiables, donde las condiciones de carga y ambientales no son severas y donde el peso es una consideración importante	1.3 – 1.5
Para uso con materiales confiables, donde las condiciones de carga y ambientales no son severas	1.5 - 2
Para uso con materiales comunes, donde las condiciones de carga y ambientales no son severas	2 – 2.5
Para uso con materiales poco probados o frágiles, donde las condiciones de carga y ambientales no son severas	2.5 - 3
Para uso con materiales cuyas propiedades no son confiables y donde las condiciones de carga y ambientales no son severas, o cuando se usan materiales confiables bajo condiciones ambientales y de carga difíciles	3 - 4

Fuente: The Engineering ToolBox (2010).

2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO

2.2.1 NORMATIVAS DE MÉXICO

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-212-SCFI-2017 (Secretaría de Economía, 2018), refiere a las especificaciones y límites máximos permisibles de mercurio y cadmio en pilas y baterías para almacenar energía eléctrica.

Asimismo, se contempló la Norma Oficial Mexicana NOM-J-467-1989 (Secretaría de Energía, 1989), en donde se mencionan las especificaciones mínimas de construcción, instalación, operación, mantenimiento y los métodos de prueba que deben cumplir las plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia con motores de combustión. Si bien en este proyecto se consideran sistemas de energía renovable solar y mecánica, se relaciona con esta normativa en los siguientes aspectos:

E.1 Montaje.

Las plantas móviles deben estar montadas sobre una plataforma rígida antiderrapante y estructurada para soportar las vibraciones del propio motor de combustión interna y las provocadas por su transporte. Deben dotarse de cuatro puntos de sustentación desde su plataforma hasta el piso de rodamiento de la unidad para liberar los sistemas de suspensión del propio vehículo.

E.2 Ventilación.

Debe proveerse a la P.G.E.E.E., de la suficiente ventilación, en caso de estar dentro de un almacén o cabina para su protección contra la intemperie (Secretaría de Energía, 1989)".

Además, se consultó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en donde destacan los siguientes artículos y recomendaciones:

Artículo 25.- La Secretaría deberá formular e instrumentar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, de conformidad con esta Ley, con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos y demás disposiciones aplicables. El Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos se basará en los principios de reducción, reutilización y reciclado de los residuos, en un marco de sistemas de gestión integral, en los que aplique la responsabilidad compartida y diferenciada entre los diferentes sectores sociales y productivos, y entre los tres órdenes de gobierno. El

Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos es el estudio que considera la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente.

Artículo 27.- Los planes de manejo se establecerán para los siguientes fines y objetivos:

- I. Promover la prevención de la generación y la valorización de los residuos, así como su manejo integral, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, tecnológica, económica y social, los procedimientos para su manejo;
- II. Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan;
- III. Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares;
- IV. Establecer esquemas de manejo en los que aplique el principio de responsabilidad compartida de los distintos sectores involucrados.
- V. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo integral de los residuos, que sea económicamente factible.
- VI. Evitar derrames, infiltraciones, descargas o vertidos accidentales de materiales peligrosos, residuos peligrosos, residuos mineros o residuos metalúrgicos que afecten al medio ambiente y a la salud, mediante propuestas ambientales, tecnológicas, económicas y socialmente viables.

Artículo 29.- Los planes de manejo aplicables a productos de consumo que al desecharse se convierten en residuos peligrosos, deberán considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- I. Los procedimientos para su acopio, almacenamiento, transporte y envío a reciclaje, tratamiento o disposición final, que se prevén utilizar;
- II. Las estrategias y medios a través de los cuales se comunicará a los consumidores, las acciones que éstos deben realizar para devolver los productos del listado a los proveedores o a los centros de acopio destinados para tal fin, según corresponda;

- III. Los procedimientos mediante los cuales se darán a conocer a los consumidores las precauciones que, en su caso, deban de adoptar en el manejo de los productos que devolverán a los proveedores, a fin de prevenir o reducir riesgos, y
- IV. Los responsables y las partes que intervengan en su formulación y ejecución. En todo caso, al formular los planes de manejo aplicables a productos de consumo, se evitará establecer barreras técnicas innecesarias al comercio o un trato discriminatorio que afecte su comercialización.

Artículo 30.- La determinación de residuos que podrán sujetarse a planes de manejo se llevará a cabo con base en los criterios siguientes y los que establezcan las normas oficiales mexicanas:

- I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico;
- II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores;
- III. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables, y
- IV. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

(Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2024).

2.2.2 NORMATIVAS INTERNACIONALES Y DE OTROS PAÍSES

Por otra parte, se consideró la norma UL 1642, en donde se establecen pautas para el uso de fuentes de energía en productos que incluyan materiales de litio, tanto las baterías recargables como las no recargables (Underwriters Laboratories Inc, 2020).

De igual manera, se contempló la norma UN 38.3, en donde se establecen las pruebas correspondientes y criterios a tomar en cuenta durante el transporte de baterías de litio. Esta norma se aplica a las baterías transportadas solas o instaladas en un dispositivo, en todos los puntos del proceso de transporte de la batería, desde los subproveedores hasta el fabricante del producto final (Naciones Unidas, 2002).

También, se consideró la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo Europeo, en donde se establecen normas específicas relacionadas con la fabricación y reciclado de máquinas, tratando de garantizar la protección a la salud y seguridad de las personas, así como promover la sostenibilidad ambiental. En ella se menciona que “para asegurar el éxito de la recogida es necesario proporcionar al consumidor final información sobre lo deseable de la recogida selectiva, sobre los sistemas de recogida disponibles y sobre el papel que el consumidor final puede desempeñar en la gestión de residuos de pilas y acumuladores. Los Estados miembros velarán por que los fabricantes desarrollen aparatos de los que se puedan extraer fácilmente los residuos de pilas y acumuladores. Los aparatos que lleven incorporados pilas o acumuladores deberán ir acompañados de instrucciones que muestren cómo realizar la extracción de forma segura y, si procede, informen al usuario final de la clase de pilas y acumuladores incorporados (Unión Europea, 2006)”.

En el caso del sistema propuesto se usó una batería comercial prefabricada, sin embargo, se tiene que considerar que al final de su ciclo de vida deberá ser entregada por el usuario a una organización gubernamental o no gubernamental, que se encargue de su procesamiento y debido desecho.

2.2.3 RECOMENDACIONES DE ORGANIZACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES.

De acuerdo con la Guía OM FV del Ministerio de Energía de Chile (2018), el principal requisito para la instalación de los sistemas solares es disponer de un área libre de sombras, como lo puede ser el techo de una construcción, estacionamientos o terrenos. Entre las recomendaciones se propone que los sistemas solares se instalen con una orientación hacia el norte, esto para aprovechar y maximizar su eficiencia de generación de energía. Cabe resaltar que el área de instalación y la orientación que se le dé va a determinar el tamaño necesario del sistema.

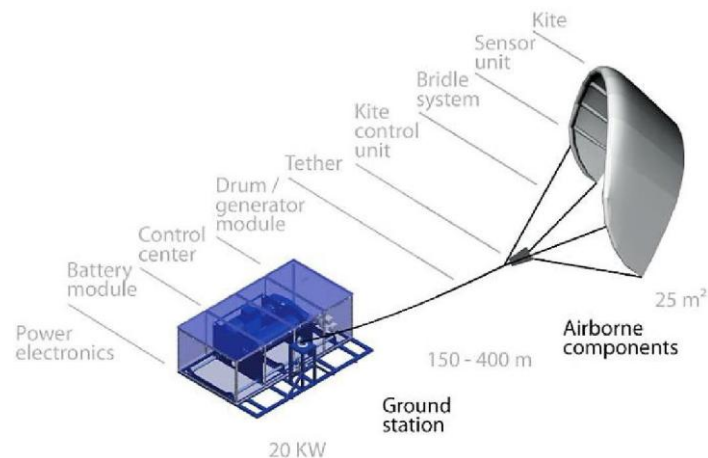
Por otro lado, la norma UNE-EN 62446-1:2017 establece los requisitos para la realización de inspecciones, mediciones y evaluaciones de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica o aislados de ella. Entre las recomendaciones para la evaluación se menciona hacer una inspección visual de los componentes para detectar posibles defectos, daños o irregularidades; así como asegurar el correcto funcionamiento de los paneles. En los paneles solares se tiene que verificar que no haya daño en las celdas como grietas, roturas, o delaminación; ya que esto afecta su desempeño y asimismo se debe comprobar que no haya una acumulación de suciedad o polvo directamente en las celdas, ya que esto afecta al rendimiento de la generación de energía. En la estructura de montaje de los paneles se debe comprobar la estabilidad e integridad de esta, considerando los soportes y garantizar que no ocurra algún daño que pueda ocasionar algún accidente o daño a los paneles solares, así como corrosión en caso de ser de algún material metálico o deformación en la estructura que pueda afectar a la integridad de las partes.

2.3 ESTADO DEL ARTE

En lo correspondiente a trabajos de tesis, se tiene que en la Universidad de Linköping en Suecia se realizó el diseño de un sistema generador de energía eólico para grandes altitudes, se proyectó un generador conformado por un motor, volante, transmisión de cadena, embrague de cadena libre, embrague centrífugo y otros componentes. Como se observa en la Figura 7, la estructura posee una geometría rectangular, está compuesta por barras de metal y una abertura en el lateral por donde pasará el cable de una cometa. Está construida con placas de metal en los laterales y en la parte superior, esto protege al sistema del polvo y lluvia; cuenta en la primera sección con vigas cuadradas ensambladas con tornillos y tuercas debido a la alta carga de torque que genera el cometa. La segunda sección se compone de un volante que se soldó a las vigas cuadradas para efectos de seguridad, en la tercera sección se tienen placas que cubren la línea principal del cometa y están atornilladas a las vigas para hacer fácil el ensamble. Por último, las placas de acero en la parte inferior cuentan con orificios para atornillarse al piso (Aziz, 2013).

Figura 7

Generador de energía de altos vuelos.



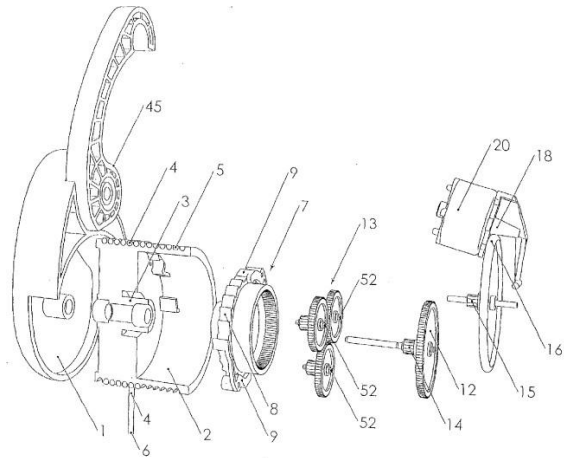
Fuente: Aziz (2013).

Respecto a patentes, se encontró el registro de una publicada en el año 2012 por Martin Philip Riddiford en Gran Bretaña, la patente trata de un generador de energía mediante el uso de gravedad. Como se muestra en la Figura 8, el aparato tiene una estructura que preferentemente debe fabricarse con un plástico de alta densidad o un metal resistente y ligero, estos materiales deben ser simples para asegurar la alta fiabilidad en la práctica. Se recomienda colocar el dispositivo colgado de una viga o de la rama de un árbol

usando el asa ubicada en la parte superior; dentro de él se tiene una serie de engranajes que accionan al generador, la fuerza que los mueve le proporciona un peso suspendido a un lado del eje de giro de los engranes (Riddiford, 2012).

Figura 8

Generador gravitacional de energía.

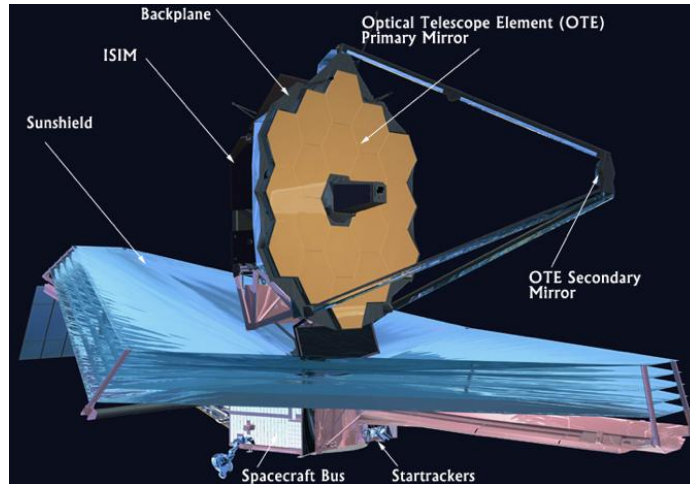


Fuente: Riddiford (2012).

Como se observa en las Figuras 9 y 10, un ejemplo adicional lo representa la estructura del telescopio James Webb fabricado por la NASA (del inglés, National Aeronautics and Space Administration), en donde se empleó fibra de carbono preimpregnada tipo HexPly 954-6 para soportar cargas mayores a 2400 kg y temperaturas inferiores a -240 °C en el espacio, da sostén a los espejos que permiten obtener imágenes a grandes distancias.

Figura 9

Estructura del telescopio James Webb.



Fuente: NASA (2016).

Figura 10

Sección central de la estructura.



Fuente: Northrop Grumman (2012).

También, como se muestra en la Figura 11, la empresa Boeing utiliza materiales compuestos de fibras cortas preimpregnadas para fabricar los marcos de las ventanas de la aeronave modelo 787. Para poder utilizar las fibras primero estas se trituran y después se curan, así el material mantiene propiedades mecánicas similares a la de las fibras sin reutilizar.

Figura 11

Marco de ventana de Boeing 787.



Fuente: Tulsa World (2019).

Por otra parte, como se presenta en la Figura 12, la empresa Composite Recycling CRTC (2021) produce paneles ligeros de fibra de carbono reutilizada con dimensiones de 48" x 96", estos combinan la fuerza del material compuesto y la estética de los acabados en madera o chapa de metal que brindan una experiencia visual agradable. La fibra de carbono del panel se recicla a partir de procesos de fabricación de piezas aeroespaciales; los paneles se utilizan en la estructura de edificaciones como elementos para la división de espacios o como aislamiento térmico y acústico.

Figura 12

Paneles montados sobre estructura.



Fuente: Carbonclad (2021).

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS CONCEPTUAL

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS USUARIOS

El sistema de generación de energía fue proyectado para usuarios humanos de cualquier género, hombre o mujer, considerando que el sistema pueda transportarse por una sola persona, para ello se contempló el peso máximo que pueden cargar mujeres (10 kg) y hombres (de 25 a 50 kg) adultos, conforme a la norma mexicana NOM-006-STPS-2014 en Materia de Condiciones de Seguridad e Higiene en el Manejo y Almacenamiento de Materiales (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2014).

El grupo etario abarca a personas mayores a 18 años y de cualquier nivel socioeconómico, los usuarios podrán emplear el sistema acorde con sus necesidades y requerimientos en las actividades diarias que desarrollan. El sistema de generación de energía fue diseñado para la zona suroeste de la República Mexicana, que abarca los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

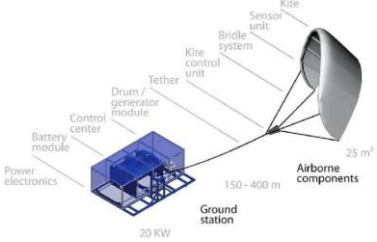

El sistema de generación de energía podrán emplearlo personas que carezcan de discapacidad motriz para que pueda transportarse y montarse, en situaciones de emergencia que amerite su reubicación temporal debido a terremotos y conflictos territoriales. El sistema fue diseñado para que los usuarios puedan ocuparlo sin correr riesgos de salud por el manejo de componentes eléctricos y brindarle mantenimiento constante.

3.2 BENCHMARKING

En la Tabla 6 se presenta un análisis comparativo de las características de diseño más importantes de dos sistemas de generación de energía renovables que cuentan con algunas características similares al que fue diseñado, resaltando las principales ventajas y desventajas que poseen.

Tabla 6

Benchmarking de dos sistemas de generación de energía.

<p>Requerimientos/Producto</p>	 <p>Sistema de Generación de Energía Eólica de Gran Altitud</p>	 <p>Placa Posterior del Telescopio Espacial James Webb</p>
<p>Estructurales</p>	<p>Número de componentes o piezas: 36.</p> <p>Tipos de ensambles: Fijos, con soldadura y semipermanentes mediante el uso de tornillos y pernos.</p> <p>Materiales: Acero, aluminio, plástico para componentes internos.</p> <p>Ventajas: El acero brinda un mayor soporte y resistencia ante cargas a la estructura, el</p>	<p>Número de componentes o piezas: 18 segmentos hexagonales los cuales se conforman por más elementos a su vez, unidos por sujeciones semipermanentes.</p> <p>Tipos de ensambles: Fijos y semifijos.</p> <p>Materiales: Fibra de carbono.</p> <p>Ventajas: La estructura tiene bajo peso y alta resistencia a fuerzas de tensión, la mayoría del material con el que se conforman las piezas es de</p>

	<p>aluminio protege las partes laterales y superior de agua y polvo, así puede utilizarse en la intemperie y se garantiza su adecuado funcionamiento.</p> <p>Desventajas: La estructura tiene gran peso, esto complica su transporte; asimismo, sus dimensiones son grandes, por lo que su ensamble requiere de más de una persona.</p>	<p>fibra de carbono y aleaciones de níquel y titanio, son materiales resistentes al desgaste, corrosión y no necesitan mantenimiento al fabricarse correctamente.</p> <p>Desventajas: Los ensambles requieren de precisión para garantizar el buen funcionamiento de los espejos, si esto falla, el sistema se desestabiliza y deja de funcionar. Los ensambles se realizan durante su fabricación, por lo que no hay forma de reparar daños que se presentan posteriormente.</p>
<p>Funcionales</p>	<p>Mecanismos: Polea en funcionamiento con el cometa para la obtención de energía mediante el movimiento mecánico.</p> <p>Resistencia mecánica y térmica: No disponible.</p> <p>Acabados: Material natural, los componentes principales (vigas y placas de acero) se mantienen sin un acabado adicional, la geometría de la estructura</p>	<p>Mecanismos: Rotación, fijación del haz de luz para la observación del telescopio.</p> <p>Resistencia mecánica y térmica: Debe de resistir más de 2400 kg de peso de los componentes. Tiene estabilidad térmica a temperaturas de hasta -240°C.</p> <p>Acabados: Material natural, para evitar agregar más peso.</p> <p>Ventajas: Se minimiza el peso de la estructura al carecer de un acabado</p>

	<p>protege los componentes internos de elementos externos como agua y polvo.</p> <p>Ventajas: El sistema se compone de tres secciones, en caso de que alguna se dañe es fácil reemplazarla. Se facilita el acceso al interior del sistema, solamente se deben remover las cubiertas.</p> <p>Desventajas: Los materiales de la estructura (acero y aluminio), son propensos a la corrosión, oxidación y daños al carecer de un acabado superficial.</p>	<p>superficial, asimismo, la estructura soporta el peso de los espejos.</p> <p>Desventajas: La estructura tiene grandes dimensiones y peso, esto representa un reto al lanzarla al espacio, incrementando los costos.</p>
Uso	<p>Seguridad: La estructura de forma cuadrada hecha con acero y aluminio resguardan a los componentes de elementos externos.</p> <p>Mantenimiento: La estructura no está sellada completamente, por lo que puede almacenarse polvo y a largo plazo puede ocasionar el incremento de temperaturas al interior del</p>	<p>Seguridad: El sistema opera de manera estacionaria en el espacio, se maneja de forma remota.</p> <p>Mantenimiento: No aplica.</p> <p>Manejo (biomecánico): No aplica.</p> <p>Ergonomía y Antropometría: No aplica.</p> <p>Transporte: Se debe ensamblar previamente al lanzamiento, se requirió de un espacio y manejo</p>

	<p>sistema por la obstrucción de la ventilación.</p> <p>Manejo (biomecánico): Se enfoca en garantizar su funcionamiento eficiente y seguro, considerando las fuerzas aplicadas y los componentes involucrados. Aunque no hay interacción directa del usuario, es importante considerar la ergonomía en el diseño y operación del sistema para prevenir lesiones y optimizar su rendimiento.</p> <p>Ergonomía y Antropometría: La forma de la estructura complica su transporte y ensamble, se requiere de al menos dos personas para dichas actividades.</p> <p>Transporte: El sistema se divide en 3 secciones, pueden separarse para transportarse y ensamblarse.</p> <p>Ventajas: Se ahorra espacio para su transporte al poseer</p>	<p>adecuados para evitar el daño de las piezas. La estructura puede plegarse para transportarse en cohetes espaciales.</p> <p>Ventajas: Una vez que se instala el sistema no requiere de mantenimiento, hasta el final de su ciclo de vida cuando debe desecharse.</p> <p>Desventajas: No puede accederse al sistema en caso de daño o reparación en el espacio exterior. Su transporte es costoso, la estructura y el espejo deben manejarse con mucho cuidado para evitar dañarlos.</p>
--	---	---

	<p>secciones que pueden separarse.</p> <p>Desventajas: Los materiales de la estructura incrementan mucho el peso, se necesitan de al menos dos personas para transportarlo y ensamblarlo.</p>	
Morfología	<p>Estilo de diseño (forma, tamaño, peso, color, presentación): 1.07 x 1.75 x 0.74 m</p> <p>Color natural de los materiales, colores plateados y acabados brillantes, idealmente se debería aplicar una capa de pintura para proteger los materiales.</p> <p>Ventajas: Se ahorran los costos de acabados.</p> <p>Desventajas: Sus precios de producción son elevados, ya que se fabrican pocos sistemas. No cuenta con acabados superficiales de agentes externos, se disminuye así su vida útil.</p>	<p>Estilo de diseño (forma, tamaño, peso, color, presentación):</p> <p>7.3 x 5.94 x 3.35 m</p> <p>969.78 kg</p> <p>Se mantiene el color negro de la fibra de carbono.</p> <p>Ventajas: La forma de la estructura permite que el conjunto de espejos pueda ensamblarse y mantenerse fijo, reduciendo su tamaño y peso.</p> <p>Desventajas: Al carecer de una cubierta o protección en la estructura se mantiene latente el daño por elementos externos.</p>

Fuente: Propia.

3.3 TABLA DE NECESIDADES DE USUARIOS Y REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

En la Tabla 7, se muestra la lista de necesidades y requerimientos que fueron contemplados para el desarrollo del proyecto, los cuales fueron obtenidos a partir de las normativas aplicables, el análisis hecho por el diseñador y a partir de los requerimientos establecidos en la convocatoria de la ASC.

Tabla 7

Necesidades de usuarios y requerimientos de diseño.

No. Enunciado	Necesidades	Requerimientos	Fuente	Categoría de requerimientos	Grado de importancia
1	Contar con un sistema el cual sea apto para ser transportado por personas adultas	Maximizar la relación energía producida/peso del sistema	ASC NOM-J-467-989	Resistencia, diseño	5, porque el sistema debe ser eficiente
2	Contar con un sistema que sea estable para soportar las cargas producidas por sus componentes	La estructura deberá soportar 378.874 N de los elementos que generan cargas (panel solar, manivela, polea, alternador, batería)	Observación del diseñador	Resistencia, seguridad	5, porque la estructura deberá soportar dicha carga para su adecuado funcionamiento
3	Tener un sistema resistente en su estructura, para soportar las cargas concentradas en los vértices	Las uniones y sujeciones deben soportar las cargas que se concentran en los vértices de la estructura	Observación del diseñador	Seguridad	5, porque la estructura deberá soportar cargas para su adecuado funcionamiento
4	Disminuir el impacto de la huella de carbono en los componentes	Comprobar que los componentes de la estructura tienen una sustentabilidad de cuna a cuna	ASC	Materias primas, mantenimiento	5, porque es un requerimiento de la Sociedad Americana para Materiales Compuestos
5	Tener un sistema que refleje el interés por la sustentabilidad ambiental y reducir la huella de carbono	Utilizar en la estructura materiales compuestos obtenidos de fuentes renovables y/o de materiales que de otra manera serían desechos	ASC	Materias primas	5, porque así tendrían un uso posterior los materiales

6	Usar sistemas que sean amigables con el medio ambiente	Estimar la huella del carbono reducida a través de los materiales compuestos en el diseño de la estructura	ASC	Mantenimiento , seguridad	4, porque es un cálculo adicional que está establecido por la Sociedad Americana para Materiales Compuestos
7	Contar con un sistema que garantice el buen funcionamiento y durabilidad de sus componentes	La estructura deberá contar con materiales que permitan una temperatura adecuada en el interior. La temperatura a la que debe mantenerse debe ser la especificada por el fabricante de la unidad motriz y del alternador o generador	NOM-J-467-989 apartado 5.3	Materias primas	3, porque la estructura contendrá componentes eléctricos y electrónicos que necesitan ventilación
8	Contar con un sistema seguro, que garantice la disminución de riesgos potenciales	La estructura deberá contar con elementos de diseño para evitar rupturas violentas de las baterías, así como incluir su adecuada ventilación	Norma UN 38.3	Seguridad	3, porque la estructura contendrá componentes eléctricos y electrónicos que necesitan ventilación
9	Contar con un diseño que facilite la inspección, mantenimiento y almacenamiento de los componentes internos del sistema	La estructura deberá considerar un buen manejo y acceso a los elementos internos de la misma	Observación del diseñador	Seguridad, mantenimiento	3, porque los elementos internos deberán permanecer fijos en el interior de la estructura

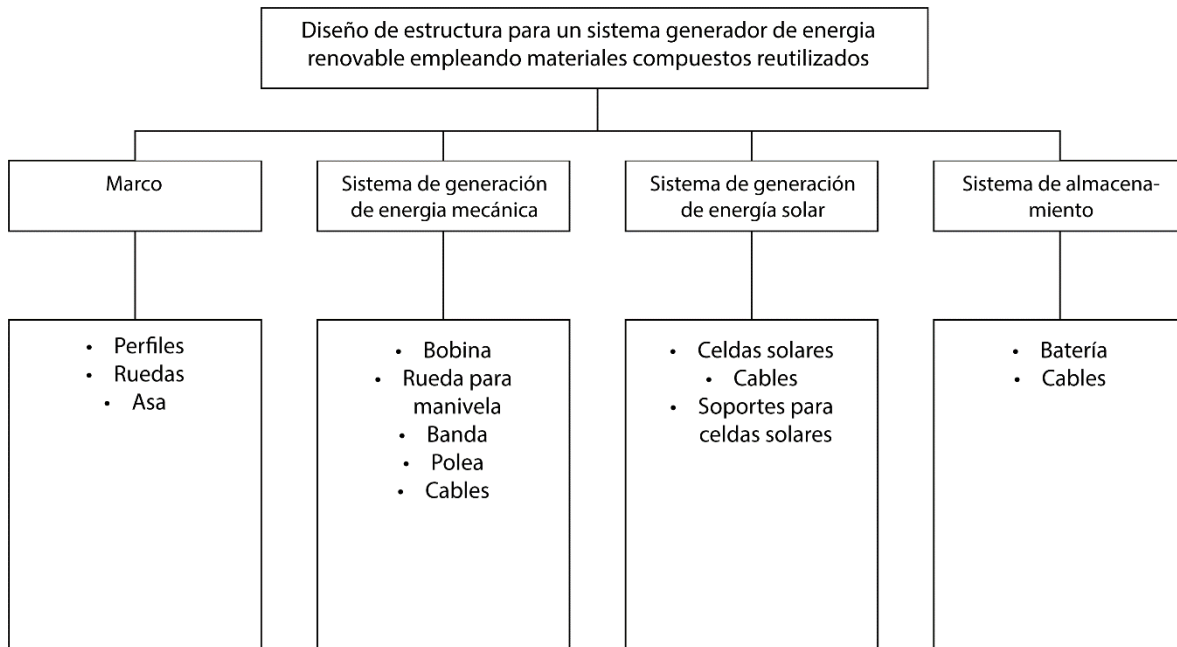
Fuente: Propia.

3.4 MAPA CONCEPTUAL DEL SISTEMA Y SUBSISTEMAS

En la Figura 13, se presenta la arquitectura de la estructura para un sistema de energía renovable, en ella se incluyen cuatro categorías principales de subelementos y sus correspondientes componentes, con ello, se propone atender los requerimientos identificados para este proyecto.

Figura 13

Mapa conceptual del sistema y subsistemas



Fuente: Propia.

3.5 APLICACIÓN DE LAS 8 ESTRATEGIAS DEL ECODISEÑO

En este apartado se desarrolla la aplicación de las ocho estrategias del ecodiseño en el proyecto, se mencionan los aspectos sostenibles que se incluyeron en el diseño del generador de energía.

1. DESARROLLO DE UN NUEVO CONCEPTO

En este proyecto se diseñó una estructura con materiales compuestos para un generador de energía eléctrica utilizando sistemas mecánicos y fotovoltaicos; estas características se encontraron en los productos de referencia que fueron analizados.

2. SELECCIÓN DE MATERIALES DE BAJO IMPACTO

En esta fase se evaluó la factibilidad para usar materiales compuestos, esta característica fue establecida como parte de los requerimientos de la ASC. Se propuso utilizar materiales compuestos reforzados con fibras naturales considerando la facilidad que se tendrá para conseguirlas, ya que en el estado de Oaxaca se obtienen como residuos del proceso de elaboración del mezcal.

3. REDUCCIÓN DE USO DE MATERIALES

Al proponer el uso de un material compuesto se pretende reducir la cantidad de materiales en la elaboración de la estructura, ya que en lugar de ocupar componentes comerciales que comúnmente son difíciles de reutilizar o reciclar, se empleará un material que estará conformado por un polímero termoplástico que se reforzará con fibras naturales de agave. Esto permitirá reutilizar residuos derivados de la elaboración del mezcal; además, el termoplástico se podría reutilizar al término de su ciclo de vida.

Otra manera de reducir el uso de materiales en el sistema es aplicar un estudio de topología, el cual tiene el objetivo de reducir el peso de una pieza al remover material sin afectar la resistencia de esta. Logrando así una pieza optimizada para cumplir las necesidades en cuanto a resistencia y al disminuir el peso se mejoran aspectos como ahorro de material, lo cual se traduce a su vez en un menor costo de producción.

Se ha comprobado que el material compuesto reforzado con fibras de agave (Ruiz, A 2016) no reduce sus propiedades mecánicas y es posible ocuparlo para la fabricación de la estructura; asimismo, permitirá reducir el peso de la estructura y del sistema.

4. TÉCNICAS PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN

Para cumplir con esta estrategia se realizó un análisis del ciclo de vida simplificado, en donde se evaluó tanto las operaciones de manufactura, así como las emisiones que estas generarían al producir la estructura del sistema de generación de energía a gran escala.

Entre las técnicas que se pueden contemplar con base en los resultados del análisis del ciclo de vida está la adquisición de materias primas, para minimizar el tiempo de transporte y disminuir en lo posible el costo. Por ejemplo, se consideró que los pellets de polietileno de alta densidad se obtengan de empresas nacionales productoras de este material, lo cual minimiza las distancias de transporte debido a que muchas empresas cuentan con plantas distribuidoras en estados colindantes como Puebla. En el caso de las fibras de agave serán obtenidas de productores locales en el estado.

El proceso de fabricación se tiene contemplado que se realice en el mismo estado para así no tener que realizar la maquila en otro estado y nuevamente tener que contemplar el transporte de ida y regreso.

En el análisis de ciclo de vida solo se consideró la obtención de la materia prima y la manufactura, no se consideró cuantificar las distancias de transporte. Después de realizar el análisis se pudieron obtener los resultados de las emisiones de dióxido de carbono emitidas en la manufactura del sistema, y de igual forma se realizó un análisis de ciclo de vida del sistema considerando que no se utilice material compuesto y se utilice aluminio, esto da posibilidad a comparar las emisiones de los dos sistemas y ver la cantidad de dióxido de carbono que disminuye. Como resultado se obtuvo que la cantidad de dióxido de carbono emitida al fabricar el sistema que no contiene materiales compuestos es de 7.28 kg en 20 años; en cambio, las emisiones producidas por el sistema que sí contempla el uso de materiales compuestos son de 6.37 kg.

5. OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

En esta fase se analizaron los métodos que se ocuparán para obtener los materiales que conformarán la estructura del sistema de generación de energía.

Se propone que sea un material compuesto con fibras naturales de agave reutilizadas, que se obtendrán del proceso de elaboración del mezcal y que se reforzarán con un material polímero, la determinación de este (termoplástico o termofijo) estuvo sujeto a la geometría de la estructura, ya que de ello dependerá el proceso de manufactura que se realizará.

6. REDUCCIÓN DEL IMPACTO DURANTE EL USO

Para la aplicación de esta estrategia se determinó que el sistema contará con un mantenimiento de limpieza y reemplazo fácil en caso de necesitarse, tanto a la estructura como en los componentes individuales (la batería, el panel solar, el alternador, la rueda y la polea), evitando la acumulación de agentes externos como polvo o suciedad que podrían ocasionar daños como sobrecalentamiento o mal funcionamiento.

De forma específica, si existe una concentración de polvo en las celdas de los paneles solares se afectará su rendimiento y demorarán en recargar la batería. Para esto se consultó el blog publicado por la misma empresa que produce y vende el panel solar y la batería. De acuerdo con Ecoflow (2022), "Para una absorción óptima de la luz solar, se aconseja limpiar las placas solares con una toalla o una esponja humedecida. Al ser impermeables, limpiarlas de esta manera no causará daño alguno al sistema. También se recomienda estar al tanto de cualquier objeto que pueda obstruir el paso de la luz solar, como por ejemplo hojas secas o ramas."

El mantenimiento de los demás elementos como la batería y el alternador deberá ser periódicamente cada que estos acumulen polvo, así se asegura que no haya acumulación en el interior y esto pueda derivar a un mal funcionamiento.

En el caso de la estructura es el mismo caso, basta con dar una limpieza periódica para evitar la concentración de polvo, y en el caso de que exista algún daño a la misma se puede reemplazar el perfil

extruido de material compuesto por otro del mismo tipo o bien, reemplazarlo por un perfil extruido de aluminio de las mismas medidas, el cual es fácil de conseguir y económico.

7. OPTIMIZACIÓN DE VIDA ÚTIL

En la aplicación de esta estrategia se planteó ocupar un material reemplazable y con geometría de perfiles con medidas estandarizadas, con ello se podrán cambiar los elementos que se dañen en la estructura o eventualmente, con perfiles comerciales de aluminio y acero. De esta forma, el usuario podría realizar la reparación empleando herramientas comunes.

8. OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE FIN DE VIDA

Varios elementos del sistema podrán reutilizarse, tanto los componentes internos que hacen posible su funcionamiento, como el material compuesto termoplástico de la estructura.

En el caso de los perfiles extruidos de material compuesto, paneles y cubiertas, una vez que hayan cumplido su ciclo de vida útil se pueden reutilizar para fabricar otras piezas, ya sean decorativas o en usos que no exijan resistencia a cargas, se puede triturar la pieza y realizar más pellets. Este material reutilizado por segunda ocasión no tendrá la resistencia ni las mismas propiedades que el material original, es por esto que no sería recomendable hacer otra pieza como otro perfil para la misma estructura ya que no se garantizaría que resista a las cargas presentes, y para poder ser usado en estas aplicaciones se debería de caracterizar el material, lo cual sería costoso y tardado.

En el caso de componentes metálicos se pueden destinar a empresas nacionales y locales si las hay, que se dediquen a la compra de estos y su reutilización, no habría una reutilización directa en el sistema, pero contribuiría a disminuir el impacto ambiental producido por el sistema.

3.6 MATRIZ DE CONTRADICCIONES DEL TRIZ

3.7 MATRIZ DE SELECCIÓN

La revisión de los parámetros de Altshuller y la matriz de contradicción en el contexto de la sustentabilidad no revela un apartado que aborde este concepto en específico, esto podría deberse a la limitada investigación que se tuvo disponible en el momento en que se desarrolló la metodología TRIZ. En el diseño de objetos resulta esencial considerar diversos aspectos como la obtención, procesamiento y distribución de materiales, ya que pueden influir significativamente en la sustentabilidad del sistema.

En la Tabla 8 se muestra el esquema básico para desarrollar la matriz de contradicción del TRIZ, la cual se muestra a detalle en el Anexo B, en ella se incluye las contradicciones técnica y física, además de los parámetros de Altshuller a partir de los cuales se establecen los principios de inventiva para resolver los problemas.

Tabla 8

Construcción de la matriz de contradicción del TRIZ.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
Variable que se mejora	Variable física que se mejora	Parámetro identificado	Principios Inventiva Identificado
<i>Beneficio</i>		<i>Parámetro identificado</i>	
<i>Variable que se afecta</i>	<i>Variable física que se afecta</i>		

Fuente: Propia.

De acuerdo con el análisis hecho en la Tabla 9, se determinó que el principio “27-Objetos baratos de corta vida” era adecuado para maximizar la relación energía/peso, en donde se mejoraría el material y en consecuencia la resistencia mecánica. Este principio estipula que se reemplace un material costoso por muchos materiales no costosos, si bien esto puede comprometer cualidades como la durabilidad o tiempo de vida, también tiene ventajas ya que al ser sustituido por materiales baratos son fáciles de adquirir y en caso de presentar daños o tener que agregar y adaptar cosas a la estructura, el usuario podrá hacerlo fácilmente sin ocupar materiales o equipo especial.

Tabla 9

Principios de inventiva con los parámetros 2, 10, 27 y 28 de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Material</i>	<i>Peso</i>	1 – Peso de un objeto en movimiento 2 – Peso de un objeto sin movimiento	<i>28 – Sustitución de sistemas mecánicos</i> <i>2 - Extracción</i> <i>10 – Acción preliminar</i> 27 – Objetos baratos o de corta vida
<i>Maximizar energía/peso</i>			
<i>Resistencia mecánica</i>	<i>Resistencia</i>	14 – Resistencia	

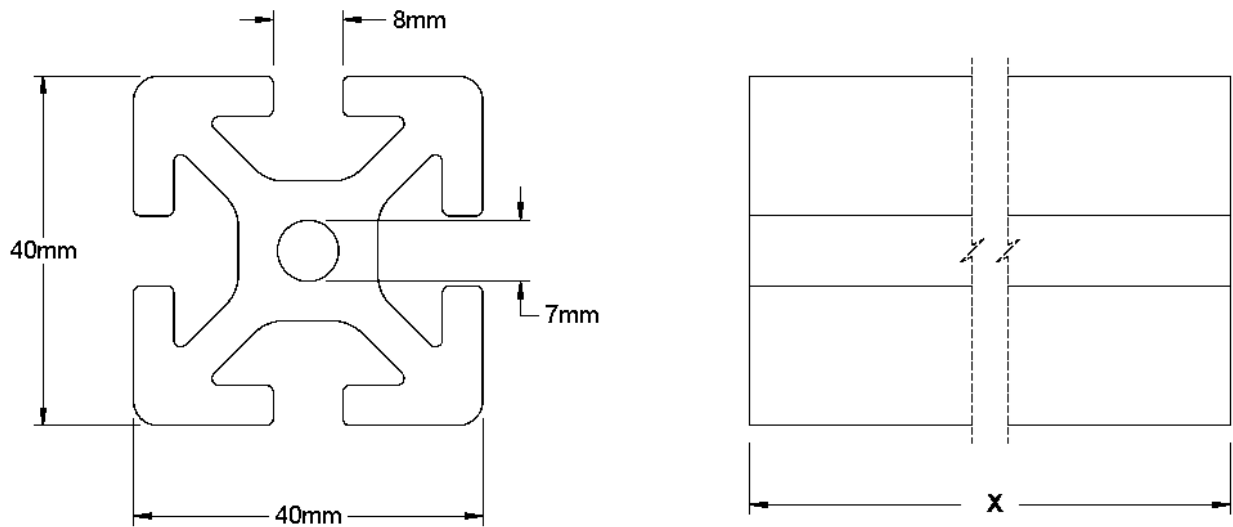
Fuente: Propia.

Por ello, se propuso utilizar perfiles fabricados mediante inyección de plástico de 1.5" x 1.5" mostrados en la Figura 14; así existe la posibilidad de adaptar, ensamblar y cortar el perfil con los requerimientos estipulados.

Figura 14

Propuesta del principio de inventiva “Objetos baratos o de corta vida”

OBJETOS BARATOS O DE CORTA VIDA



Fuente: McMaster-Carr (2021).

Conforme con el análisis hecho en la Tabla 10, también se estableció que el principio “40-Materiales compuestos” era apropiado para brindar mayor resistencia a las fuerzas, asimismo generan la disminución del peso sin comprometer su resistencia.

Tabla 10

Principios de inventiva con los parámetros 10, 34, 35 y 40 de Altshuller.

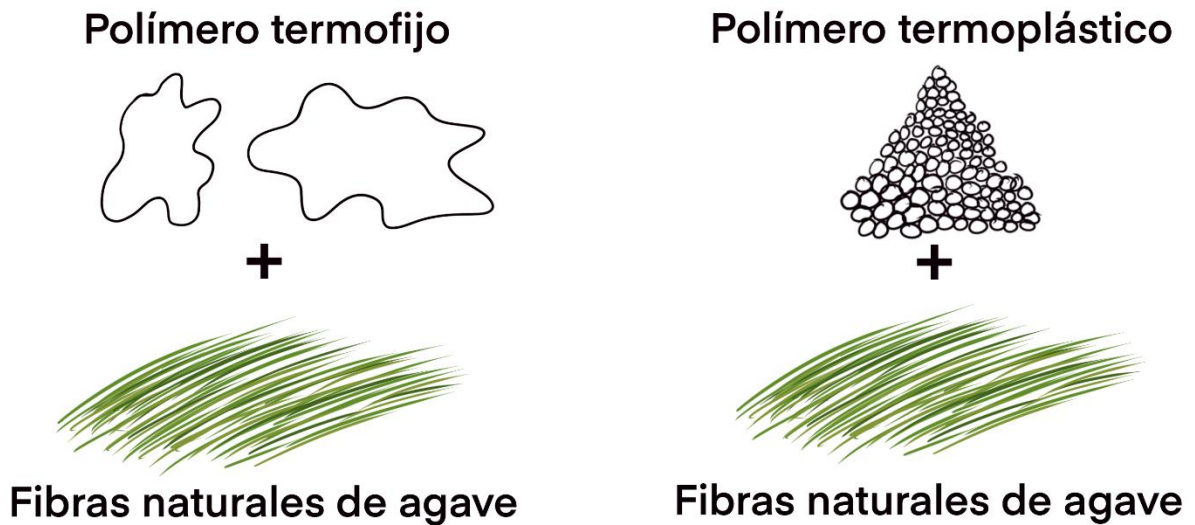
Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
Mayor resistencia a las fuerzas	Fuerza	10 – fuerza	10 - Acción preliminar 35 – Transformación del estado físico y químico de un objeto
Forma	Forma	12 – forma	40 – Materiales compuestos 34 – Restauración y regeneración de partes

Fuente: Propia.

Se propuso emplear un material compuesto con fibras de agave y un material termoplástico, en concreto polietileno de alta densidad, el cual puede ser inyectado y extruido con la forma de los perfiles o de los paneles laterales de la estructura (Figura 15).

Figura 15

Propuesta del principio de inventiva “Materiales Compuestos”



Fuente: Propia.

De acuerdo con el análisis realizado en la Tabla 11, se buscaba tener mayor resistencia en las uniones y ensamblajes, sabiendo que podría comprometerse la forma del sistema. Se eligió el principio “1-Segmentación”, ya que, al aumentar elementos entre los segmentos largos, se aumentará la estabilidad y resistencia (Figura 16) de los perfiles, haciendo un sistema más seguro y confiable para proteger y transportar los componentes internos.

Tabla 11

Principios de inventiva con los parámetros 1, 4, 18 y 22 de Altshuller.

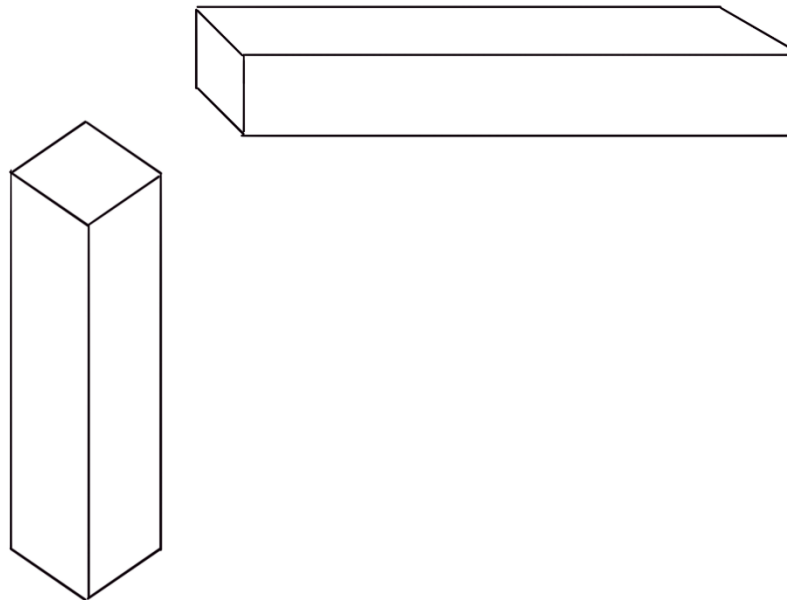
Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Mayor resistencia en las uniones y ensamblajes</i>	<i>Estabilidad en uniones</i>	<i>13 – Estabilidad de la composición del objeto</i>	<i>22 – Convertir lo negativo en positivo</i> 1 - Segmentación <i>18 – Vibraciones mecánicas</i>
<i>Forma del sistema</i>	<i>Formas</i>	<i>12 – Formas</i>	<i>4 – Asimetría</i>

Fuente: Propia.

La segmentación se empleará en la estructura, se usarán perfiles extruidos y se podrán reorganizar o realizar adecuaciones al sistema. La segmentación permitirá que el usuario realice cambios por sí mismo, sin necesidad de herramientas especiales.

Figura 16

Propuesta del principio de inventiva “Segmentación”



Fuente: Propia.

En la Tabla 12 se observa el análisis hecho para los elementos técnicos de peso y resistencia, en donde se necesitó disminuir el primero sin afectar a la segunda característica. Se seleccionó el principio “40- Materiales compuestos”, el cual fue establecido por la ASC y cumplirá con dicha pauta; además, tiene la ventaja adicional de hacer sustentable al sistema al reutilizar fibras naturales que generalmente son quemadas o tratadas como desecho.

Tabla 12

Principios de inventiva con los parámetros 10, 14, 35 y 40 de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Peso</i>	<i>Materiales ligeros para reducir peso</i>	<i>1 – Peso del objeto en movimiento</i>	<i>10 - Acción preliminar 14 – Esfericidad o curvatura 35 – Transformación del estado físico y químico de un objeto 40 – Materiales compuestos</i>
<i>Resistencia</i>	<i>Resistencia del sistema</i>	<i>12 – Resistencia</i>	

Fuente: Propia.

En la Tabla 13 se muestra el análisis hecho para resolver el transporte del sistema, se consideró modificar la forma del sistema y para obtener mayor movilidad, ya que al reducir la complejidad geométrica habrá más facilidad para su manejo.

Tabla 13

Principios de inventiva con los parámetros 12, 17, 25 y 32 de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Transportación</i>	<i>Mayor movilidad en el sistema</i>	<i>33 – Facilidad de manejo</i>	<i>32 – Cambios de color 25 - Autoservicio 12 - Equipotencialidad 17 – Otra dimensión</i>
<i>Formas del sistema</i>	<i>Complejidad del sistema en el diseño</i>	<i>36 – Complejidad del dispositivo</i>	

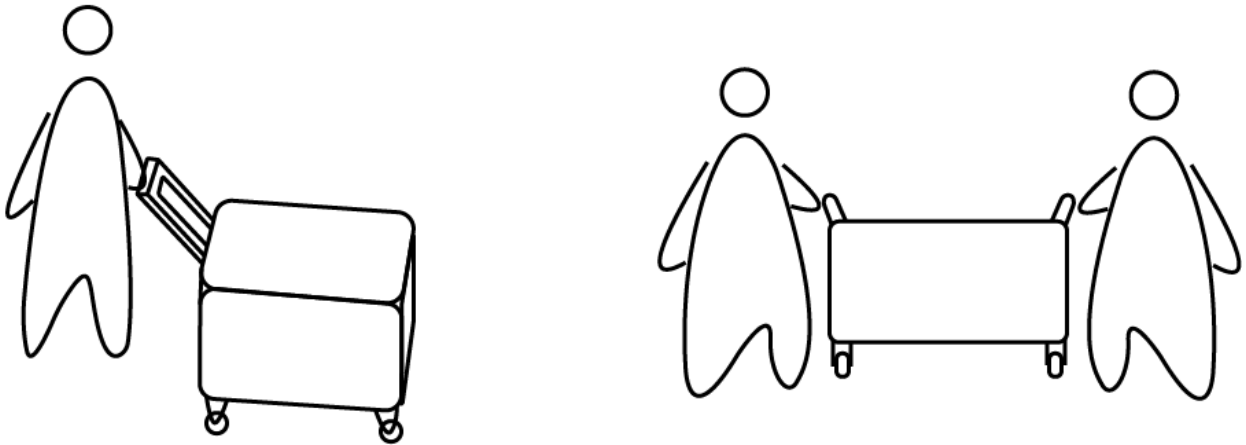
Fuente: Propia.

Asimismo, se seleccionó el principio “12 - Equipotencialidad” para que el sistema posea dos formas de transporte; la primera consistirá en una jaladera y llantas para desplazar la estructura, la segunda tendrá asas con las que se podrá levantar y mover el sistema por uno o dos usuarios (Figura 17).

Figura 17

Propuesta del principio de inventiva “Equipotencialidad”

EQUIPOTENCIALIDAD



Fuente: Propia.

En la Tabla 14 se observa el análisis hecho para la estética y un menor aumento de temperatura en el sistema. Se seleccionó el principio “14 - Esfericidad o curvatura”, ya que geoméricamente el sistema será más agradable a la vista y también al eliminar vértices agudos será seguro para evitar cortaduras. Asimismo, como se presenta en la Figura 18, el ensamble de los componentes de la estructura se facilitará al tener conexiones en las esquinas usando soportes redondeados.

Tabla 14

Principios de inventiva con los parámetros 14, 19, 22 y 32 de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
Menor aumento de temperatura	Temperatura dentro del sistema	17 – Temperatura	14 - Esfericidad o curvatura 22 - Convertir lo negativo en positivo 19 – Acción periódica 32 – Cambios de color
Estética del sistema		12 – Formas	

Fuente: Propia.

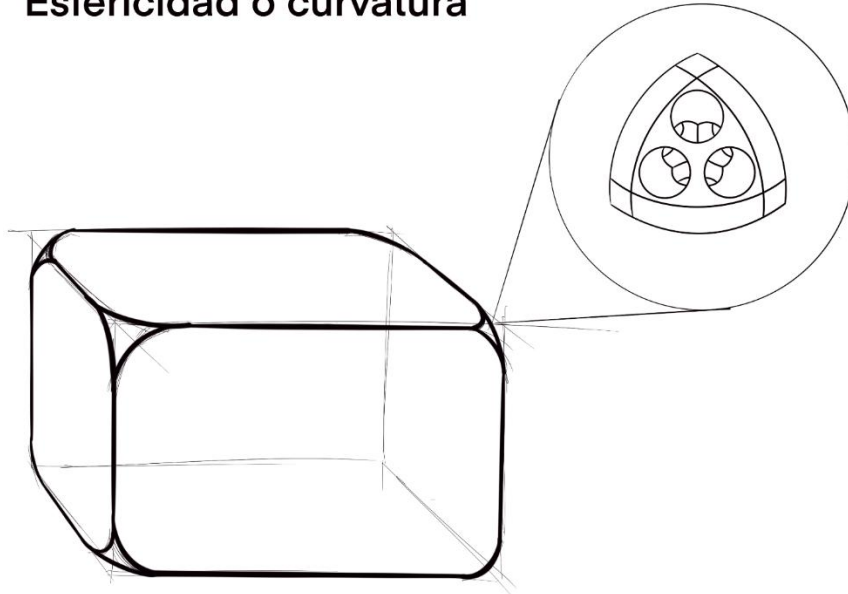
La estructura se dimensionará con respecto a las medidas necesarias antropométricas de hombres y mujeres mexicanos, en una edad de 18 a 65 años, para ser operada adecuadamente; asimismo, se

consideró que la altura interna máxima de la estructura contemple espacios por donde el aire caliente generado por los componentes eléctricos y electrónicos pueda salir, permitiendo su flujo y evitando el sobrecalentamiento, lo cual podría ocasionar fallas en el rendimiento y daños en los componentes.

Figura 18

Propuesta del principio de inventiva “Esfericidad o curvatura”

Esfericidad o curvatura



Fuente: Propia.

En la Tabla 15 se presenta el análisis hecho para la contradicción técnica de diseño del sistema, se eligió el principio “40 – Materiales compuestos” para mejorar dicha característica.

Tabla 15

Principios de inventiva con los parámetros 30, 32, y 40 de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Diseño del sistema</i>	<i>Mejor manejo en especificaciones de los componentes</i>	<i>29 – Precisión de fabricación</i>	32 - Cambios de color 30 – Membranas delgadas 40 – Materiales compuestos
<i>Forma</i>	<i>Forma y diseño del sistema</i>	<i>12 – Formas</i>	

Fuente: Propia.

En las Tablas 16 y 17 se muestran los análisis hechos para la contradicción técnica de facilidad de manejo, con lo cual se mejoraría el volumen del sistema. En ambos casos, se observa que con el principio de “1 - Segmentación” se facilitará el manejo y la reparación de los elementos del sistema, esté en movimiento o de forma estacionaria.

Tabla 16

Principios de inventiva con el parámetro 1 “segmentación” de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Facilidad de manejo</i>	<i>Acceso a los elementos internos</i>	<i>34 – facilidad de reparación</i>	1 - Segmentación
<i>Volumen del sistema</i>	<i>Aumento en volumen</i>	<i>8 – volumen del objeto estacionario</i>	

Fuente: Propia.

Tabla 17

Principios de inventiva con los parámetros 1, 15, 16 y 35 de Altshuller.

Contradicción técnica	Contradicción física	Parámetros de Altshuller	Principios de inventiva
<i>Facilidad de manejo</i>	<i>Acceso a los elementos internos</i>	<i>33 – facilidad de manejo</i>	1 - Segmentación <i>16 – Acciones parciales</i> <i>35 - Transformación del estado físico y químico de un objeto</i> <i>15 - Dinámica</i>
<i>Volumen del sistema</i>	<i>Aumento en volumen</i>	<i>7 – volumen del objeto en movimiento</i>	

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 4. DESARROLLO DE DISEÑO

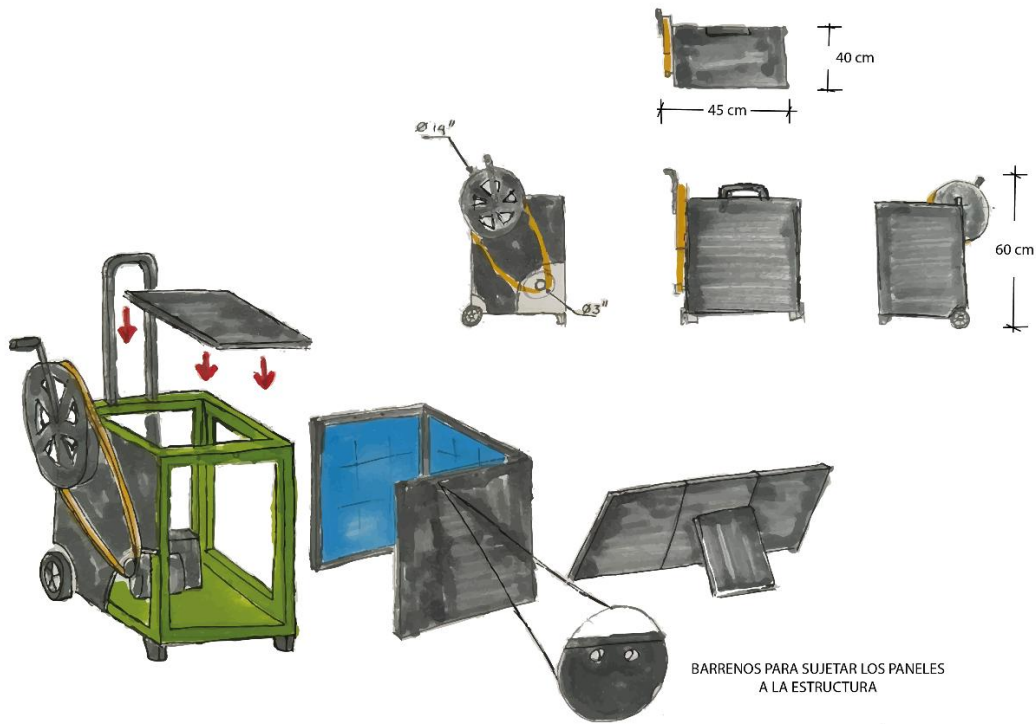
Para desarrollar las propuestas de diseño se contemplaron los requerimientos obtenidos del Benchmarking, de la revisión de normativas nacionales e internacionales y de la convocatoria emitida para el concurso.

La idea general para el diseño del sistema y de la estructura se centró en realizar una geometría prismática en donde se almacenarán y transportarán los componentes, para después utilizar los mecanismos generativos de energía. Los métodos de energía que se tenían considerados inicialmente fueron la energía solar, energía eólica y energía mecánica; la primera sería entregada mediante paneles solares incorporados a la estructura para evitar elementos adicionales en la misma, además los componentes servirían como protección contra agua, polvo u otros agentes externos. La energía eólica se obtendría mediante una turbina con mecanismo telescópico, esta podría guardarse al transportarse, sin embargo, esta idea se descartó ya que la altura que se necesitaría para tener los vientos adecuados sería de por lo menos 10 metros (Universidad Nacional Autónoma de México, s. f.). Otra opción que se propuso fueron turbinas verticales, estas son más pequeñas, no contienen aspas y utilizan dos o tres palas que se unen al eje principal, esta opción se descartó debido a que las alturas requeridas para captar el viento eran grandes. El tercer método de generación propuesto fue la energía mecánica generada a través de una rueda manivela que se conecta a una polea que acciona el movimiento de un alternador para producir energía.

La primera propuesta de diseño se muestra en la Figura 19, considera que la estructura sea vertical y esté cubierta en la parte frontal, lateral derecha y posterior por un panel solar que funcionará como protección para los componentes internos contra polvo, agua y otros agentes externos. En la parte lateral izquierda estará el sistema de energía mecánica, esta se ensamblará a los perfiles de la estructura y estará protegido con un panel de material resistente. Además, se incluyeron ruedas y una agarradera abatible como la de las maletas de viaje para transportarla. Como se mencionó anteriormente, se generará energía mediante el movimiento mecánico de una rueda manivela que estará ensamblada directamente dentro del perfil cuadrado que se fabricará con polietileno de alta densidad reforzado con las fibras de agave. El sistema podrá ser desmontado para que la rueda manivela y la polea no presenten algún riesgo o daño durante el transporte. En la parte superior se protegerá la estructura mediante un panel superior fabricado de aluminio o con polietileno de alta densidad reforzado con fibras de agave.

Figura 19

Propuesta 1 del diseño de la estructura

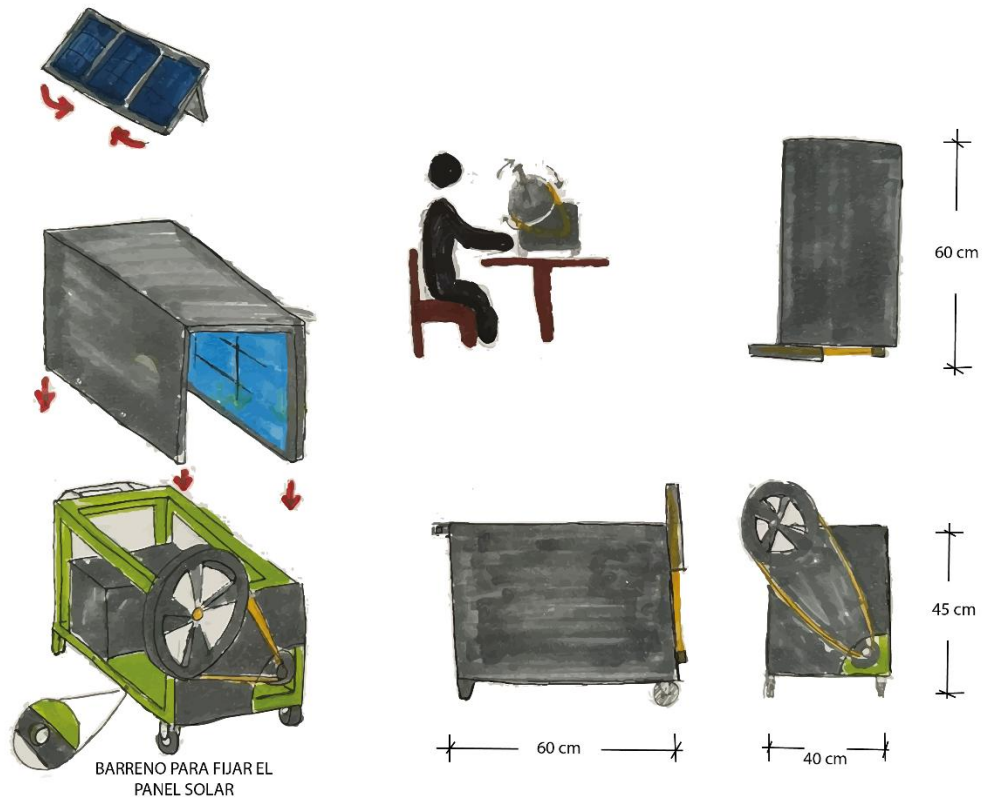


Fuente: Propia.

La segunda propuesta se presenta en la Figura 20, posee una geometría similar a la Propuesta 1 pero la estructura se orienta horizontalmente para que el usuario en posición sedente apoye al sistema sobre una superficie plana y elevada al momento de generar la energía de forma constante y por periodos largos de tiempo. También se contempló que el panel solar funja como una cubierta en la parte superior y laterales de la estructura. Contará también con ruedas para transportar al sistema, no obstante, se consideró que tenga una agarradera fija que no cambie su altura, para que el usuario la cargue al transportarla mediante otro método.

Figura 20

Propuesta 2 del diseño de la estructura

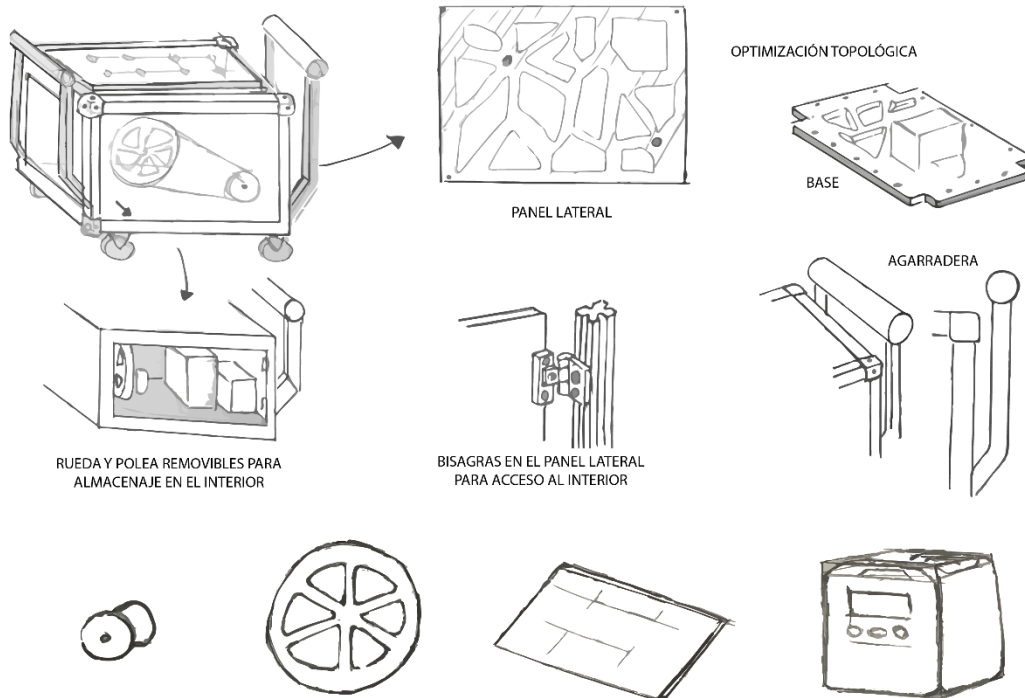


Fuente: Propia.

Como se muestra en la Figura 21, la Propuesta 3 mantiene el diseño horizontal de la estructura incorporando ruedas para facilitar el transporte y agarraderas que se ensamblarán al perfil extruido, esto permitirá que el usuario jale o cargue al sistema. También se contempló que cuente con paneles laterales abatibles mediante bisagras para tener un fácil acceso al interior o también explorar la idea de que los paneles se ensamblen con los perfiles extruidos. Se proyectó que tanto los paneles laterales como la base se optimicen topológicamente en su diseño para reducir el peso, sin afectar la resistencia a las cargas que soportarán. En el panel lateral se contempló ensamblar la rueda manivela y la polea, en la base irá apoyada la batería, el alternador y elementos como cables o herramientas.

Figura 21

Propuesta 3 del diseño de la estructura



Fuente: Propia.

Para la generación de la propuesta final observada en la Figura 22 se retomaron elementos de las tres propuestas previas, en donde la orientación de la estructura será horizontal, manteniendo las ruedas y agarraderas para un fácil transporte, las agarraderas cumplirán con las medidas mínimas de la altura del piso a la mano para un fácil manejo sugeridas por Ávila C., Prado L., & González M. (2007) para hacerlas ajustables. En la posición más baja servirán para que el usuario levante y cargue al sistema, en la posición media y alta el usuario podrá jalar la agarradera y al sistema sin agacharse, brindando un agarre fácil y ergonómico.

Para el ensamble de los perfiles extruidos de material compuesto que conforman la estructura se proyectó ocupar conectores de esquina redondeados, estos brindarán estabilidad y serán una forma segura para reemplazar los perfiles en caso de reparación o sustitución, este tipo de conector se unirá al final de los perfiles mediante tornillos que se insertan al conector y al perfil. Se decidió emplear este tipo de perfil para conformar la estructura por su geometría, ya que podrán sustituirse fácilmente por perfiles extruidos de

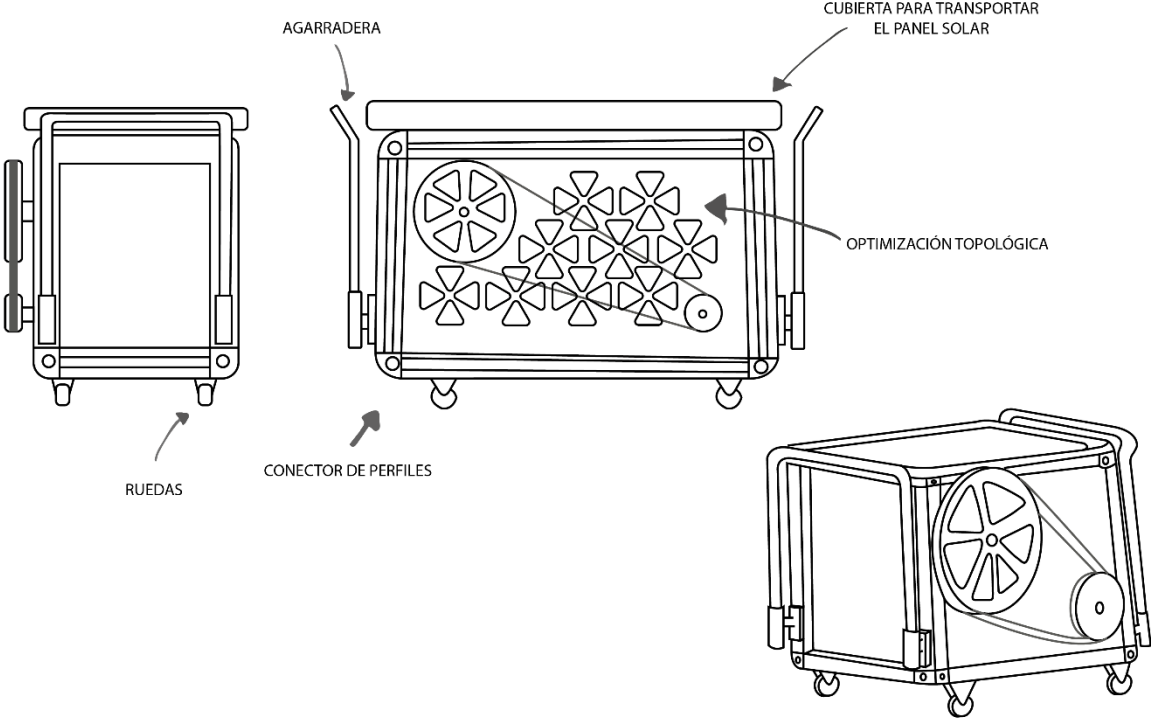
aluminio en caso de dañarse, estos se encuentran fácilmente a la venta. También, la geometría de este perfil permitirá que los paneles laterales y la base del sistema puedan ensamblarse directamente con la parte media de los perfiles, en el apartado 4.2 Modelo virtual se muestra a detalle el ensamble de los paneles y la base a los perfiles.

Tanto en los paneles lateral derecho e izquierdo como en la base se contempló optimizarlos topológicamente en su diseño para disminuir su peso y mantener la resistencia a las cargas de la rueda manivela y la polea, en la base se encuentran elementos como la batería y el alternador. Además, permitirá que el sistema cuente con una mejor ventilación al interior en donde se tendrán componentes electrónicos como la batería y el alternador, ayudando a prolongar su vida útil. No obstante, se colocará una malla con perforaciones finas para protegerlos del agua y polvo. En la zona con los paneles laterales izquierdo y derecho se incluyeron ejes para ensamblar la rueda manivela y la polea, estos podrán removerse para almacenarse al interior de la estructura.

Finalmente, para mantener al sistema cerrado mientras se usa o transporta, se incluyó una cubierta en la parte superior que se ensamblará a la estructura utilizando la geometría de los perfiles extruidos, esta servirá para transportar al panel solar y sobre ella podrán colocarse otros objetos, como cables, la batería, etc. En la sección 4.2 Modelo virtual se desarrolla y explica a detalle el proceso de ensamble y manufactura de la propuesta final.

Figura 22

Propuesta final del diseño de la estructura



Fuente: Propia.

4.1 LISTA DE ESPECIFICACIONES

A continuación, en la Figura 23 se muestra la lista de materiales requeridos para el ensamble del sistema generador de energía renovable.

Figura 23

Lista de materiales

NO. PARTE	PORTE	MATERIAL PROPUESTO	CANT.
1	Conector de esquinas	Aluminio	8
2	Perfil extruido 32 cm	Material compuesto	4
3	Perfil extruido 52 cm	Material compuesto	4
4	Perfil extruido 37 cm	Material compuesto	4
5	Tornillo	Acero	24
6	Batería	N/A	1
7	Alternador	N/A	1
8	Base	Material compuesto	1
9	Panel frontal y posterior	Material compuesto	2
10	Eje del alternador	Aluminio	1
11	Polea	Material compuesto	1
12	Rueda manivela	Material compuesto	1
13	Panel lateral	Material compuesto	2
14	Eje de la rueda manivela	Aluminio	1
15	Rueda	Aluminio y caucho	4
16	Agarradera	Material compuesto	2
17	Base de la agarradera	Aluminio	4
18	Cubierta	Material compuesto	1
19	Panel solar plegado 110W	N/A	1
20	Rosca eje rueda manivela	Aluminio	1
21	Tuerca de bloqueo	Acero	1
22	Émbolo de resorte	Aluminio	8
23	Rosca eje de polea	Aluminio	1
24	Correa	Caucho	1

Universidad Tecnológica de la Mixteca
Instituto de Diseño

<p>Proyecto: DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA UN SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE EMPLEANDO MATERIALES COMPUESTOS REUTILIZADOS</p> <p>Elaboró: Roberto Carlos Acevedo Fierros</p> <p>Revisó: M.T.A.M. Armando Rosas González</p>	<p>Plano: Vista explosionada</p> <p>Escala: 1:10</p> <p>Fecha: 25/06/2024</p>
	<p>Medidas: mm</p> <p>Lámina: 1</p>

Fuente: Propia.

4.2 MODELO VIRTUAL

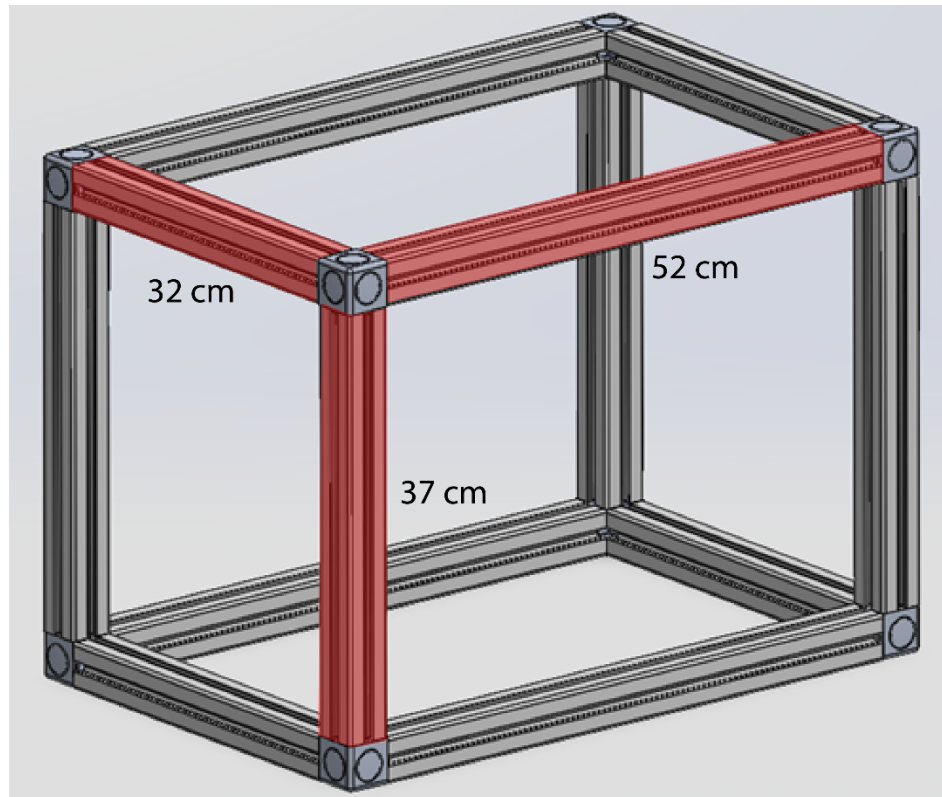
Partiendo de las tablas realizadas con las contradicciones técnicas y físicas, en donde estas últimas proponen los parámetros de Altshuller; además de desarrollar la matriz de contradicción para encontrar potenciales soluciones con los principios de inventiva, se eligieron las que adaptaron y resolvieron el problema descrito.

Para resolver el principio de “Objetos baratos o de corta vida” se propuso utilizar la geometría de perfiles extruidos de aluminio; sin embargo, se propone que el material con los que se fabrique sea el material compuesto de polietileno de alta densidad (HDPE) reforzado con fibras naturales cortas de agave.

Con el perfil extruido se conformará la estructura principal del sistema en conjunto, en la Figura 24, se muestra la imagen representando los tres tipos de perfiles utilizados y la geometría general de la estructura, los perfiles cuentan con medidas en el largo de 52 cm, 37 cm de alto y 32 cm de ancho. Estos se ensamblarán mediante soportes de esquinas que estarán fabricados específicamente para el perfil usado y mostrados en la Figura 25.

Figura 24

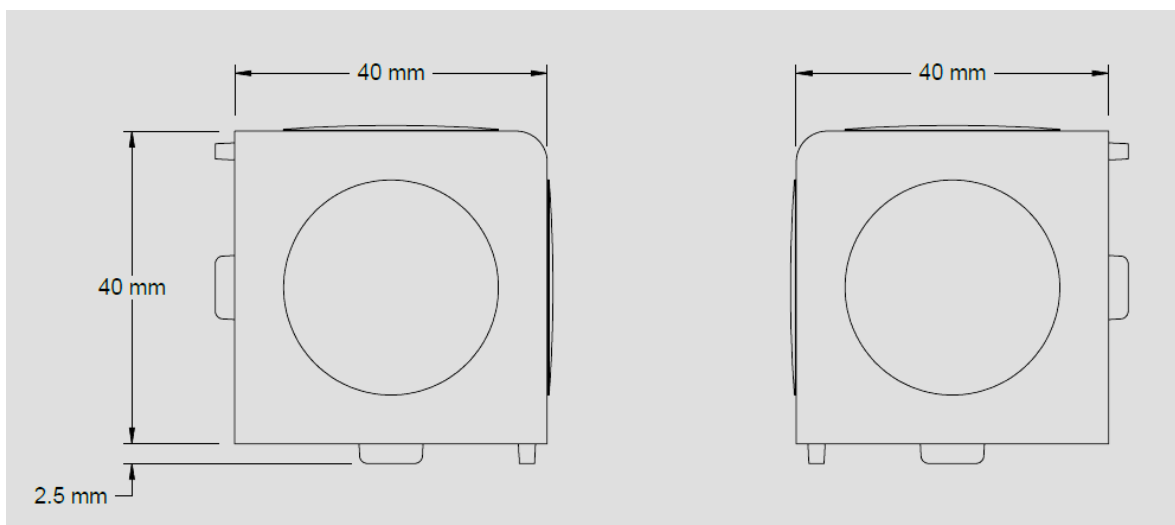
Perfil extruido de material compuesto y geometría general de la estructura.



Fuente: Propia.

Figura 25

Medidas generales y vista de soportes de esquinas para ensamble de perfiles.



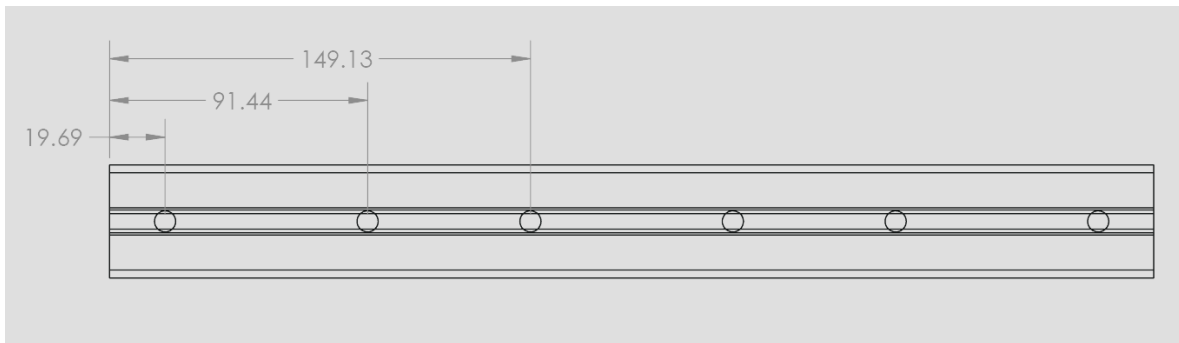
Fuente: McMaster-Carr (2021).

Los perfiles que se colocarán en las esquinas de manera vertical contarán con una medida de 37 cm de largo, tendrán barrenos para ensamblarse con la agarradera. Estos barrenos permitirán que el usuario ajuste la altura de la agarradera en tres diferentes posiciones mediante émbolos de resorte que entrarán en el orificio y se enroscarán para evitar que se aflojen.

En la Figura 26 se muestra la separación que tendrán los barrenos.

Figura 26

Dimensiones para el corte de barrenos en el perfil de 37 cm.

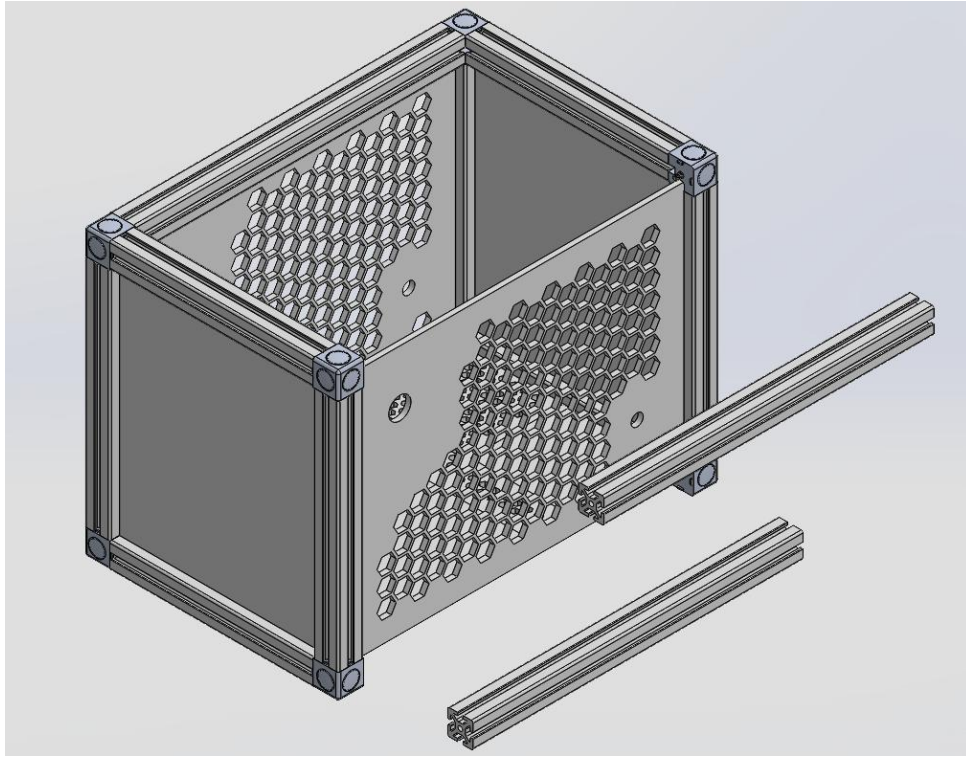


Fuente: Propia.

El principio de "Segmentación" estará presente en los componentes de los perfiles, en los paneles laterales y cubiertas de la estructura. Esto permitirá que el usuario pueda modificarla de acuerdo con sus necesidades; además, al utilizar perfiles extruidos con geometría estándar podrán reemplazarse fácilmente ante alguna urgencia como se muestra en la Figura 27.

Figura 27

Segmentación y posibilidad de reemplazar perfiles de acuerdo con las necesidades.



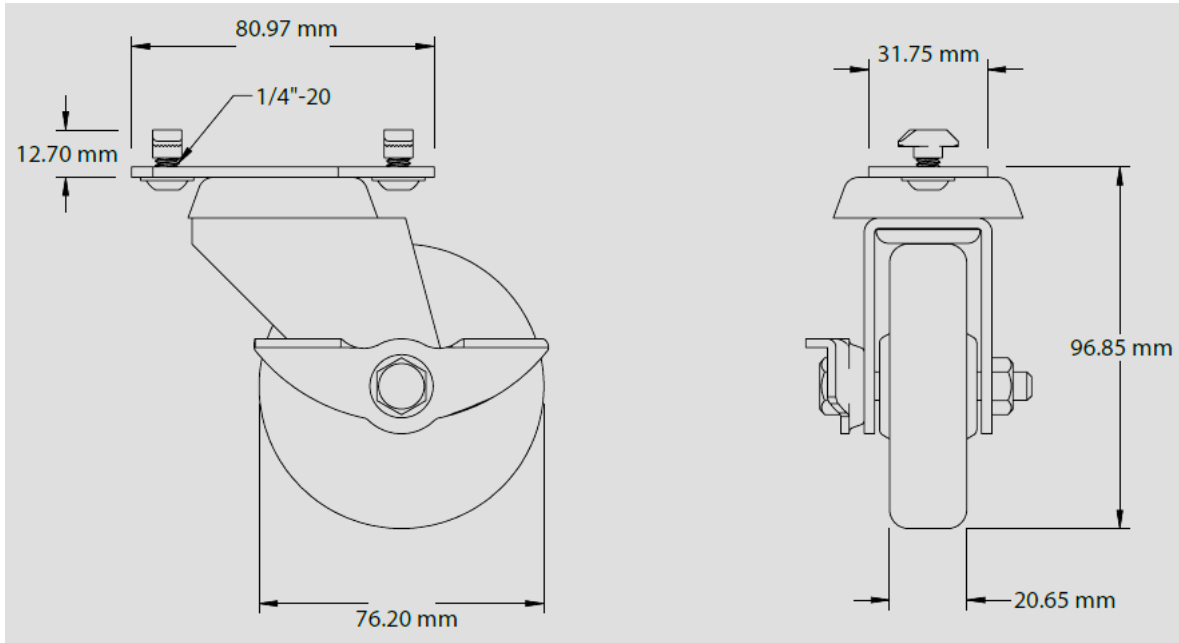
Fuente: Propia.

Para cumplir con el principio de “Equipotencialidad” se propuso contar con llantas y un par de agarraderas, cuya altura podrá ajustarse en función de la comodidad del usuario.

Las llantas empleadas tendrán medidas estándar para la altura del riel (40 mm), su estructura está hecha con aluminio y goma, soportan un peso de aproximadamente 63.50 kg (McMaster-Carr, 2021). Asimismo, cuentan con frenos para mantener el sistema estático, y en la Figura 28 se muestran las medidas generales de la rueda.

Figura 28

Medidas generales de la rueda seleccionada.



Fuente: McMaster-Carr (2021).

Para determinar las dimensiones y diseño de las agarraderas se consultó a Ávila, Prado y González (2007), considerando los percentiles de trabajadores industriales mexicanos de ambos sexos en posición de pie, en un rango de edad de 18 a 65 años.

La posición más baja en donde se podrá colocar la agarradera será de una altura de 65 cm, que es la medida del piso a la altura máxima que se alcanza, esto permitirá levantar y cargar la estructura al usuario.

La posición intermedia será de una altura de 77 cm, permitirá tanto levantar como empujar la estructura,

En la tercera posición de la agarradera se colocará a una altura de 91 cm, esta permitirá que el usuario empuje la estructura sin tener que agacharse o inclinarse.

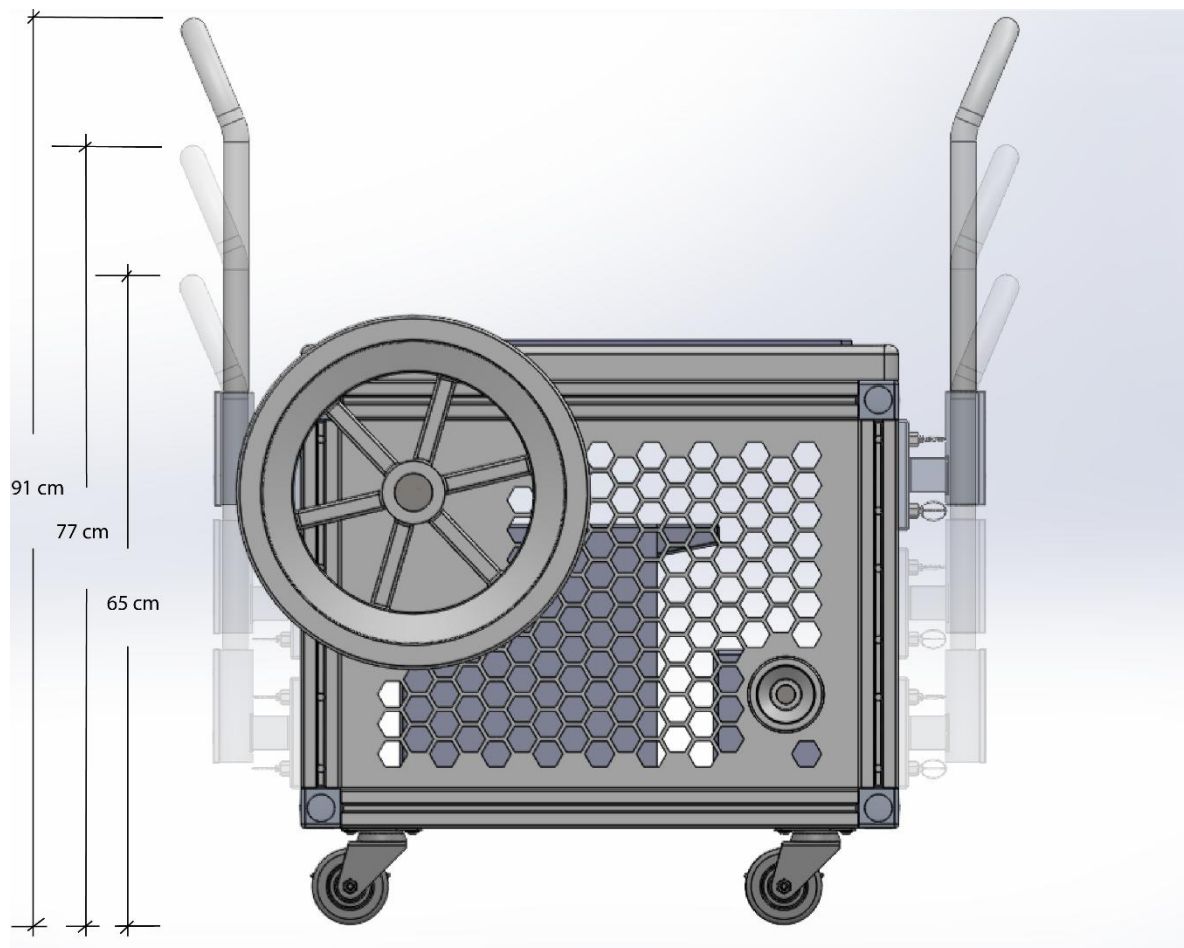
Las alturas se establecieron de acuerdo con la medida de la distancia del piso al nudillo de los usuarios en una posición erguida y para esto se tomaron en cuenta los percentiles P5 y P95; estos mencionan que en mujeres la medida para el percentil P5 es de 663 mm y para el percentil P95 es de 769 mm. Y para hombres el percentil P5 es de 680 mm y el percentil P95 es de 800 mm. Teniendo en cuenta las medidas de los

percentiles se puede observar que las tres posiciones de la agarradera cumplen con los percentiles para los usuarios, haciendo que tengan un buen manejo y movilidad de la estructura.

En la Figura 29 se muestran las tres configuraciones y las alturas del piso a la parte superior de la agarradera.

Figura 29

Altura del piso a la parte superior de la agarradera dependiendo de la posición.



Fuente: Propia.

La agarradera tendrá un diámetro de una pulgada, 46 cm de largo por 36 cm de ancho, y contará con un ángulo de 157° que permitirá al usuario un agarre fácil. En la Figura 30 se muestra la geometría de la agarradera.

Figura 30

Geometría de la agarradera propuesta.

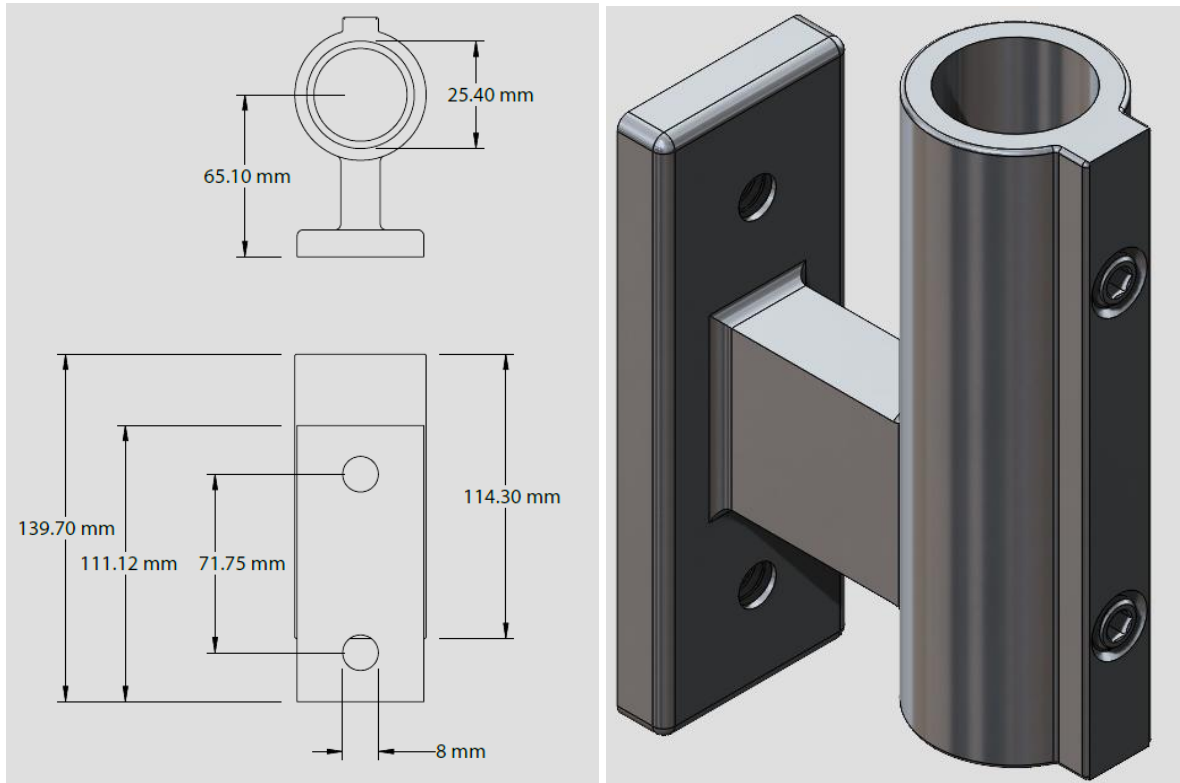


Fuente: Propia.

La agarradera se unirá con el perfil extruido mediante conectores de aluminio para tubulares de 1", los cuales contarán con una rosca que permitirá en conjunto con un émbolo de resorte que se ajuste a la altura deseada, en la Figura 31 se muestra el conector de aluminio, y en la Figura 32 se muestra el émbolo de resorte empleado.

Figura 31

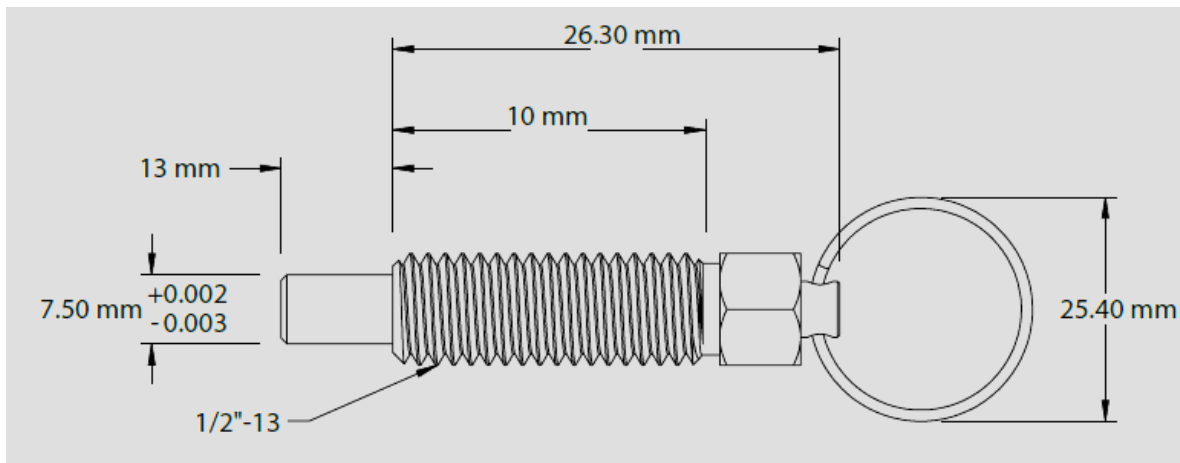
Conector de aluminio para tubular.



Fuente: McMaster-Carr (2021).

Figura 32

Émbolo de resorte empleado.



Fuente: Propia.

Para el principio de "Esfericidad o curvatura" inicialmente se planteó que los perfiles tuvieran un redondeo pronunciado en los vértices y aristas para incrementar la seguridad al carecer de filos y para generar una

apariciencia agradable; sin embargo, debido al tipo de unión no fue factible usarlo, por lo que se dejó el redondeo con el que cuenta la geometría del perfil extruido y de los elementos de ensamble. En los elementos externos como la cubierta también se cuenta con un redondeo para seguir con un mismo estilo de diseño.

Los paneles contemplados serán fabricados también con el material compuesto de polietileno de alta densidad (HDPE) y reforzado con fibras de agave. Se fabricarán ocupando moldes de inyección de plástico, por lo que se obtendrán piezas de grandes dimensiones y de una manera más rápida.

Los paneles contarán con un espesor de 8 mm que les permitirá ser colocados entre los perfiles sin emplear elementos de sujeción semipermanentes o permanentes adicionales; además, podrán removerse del perfil y los conectores de esquina si es necesario. En la Figura 33 se muestra una representación de su ensamble entre dos perfiles.

Figura 33

Ensamble de panel en perfil.

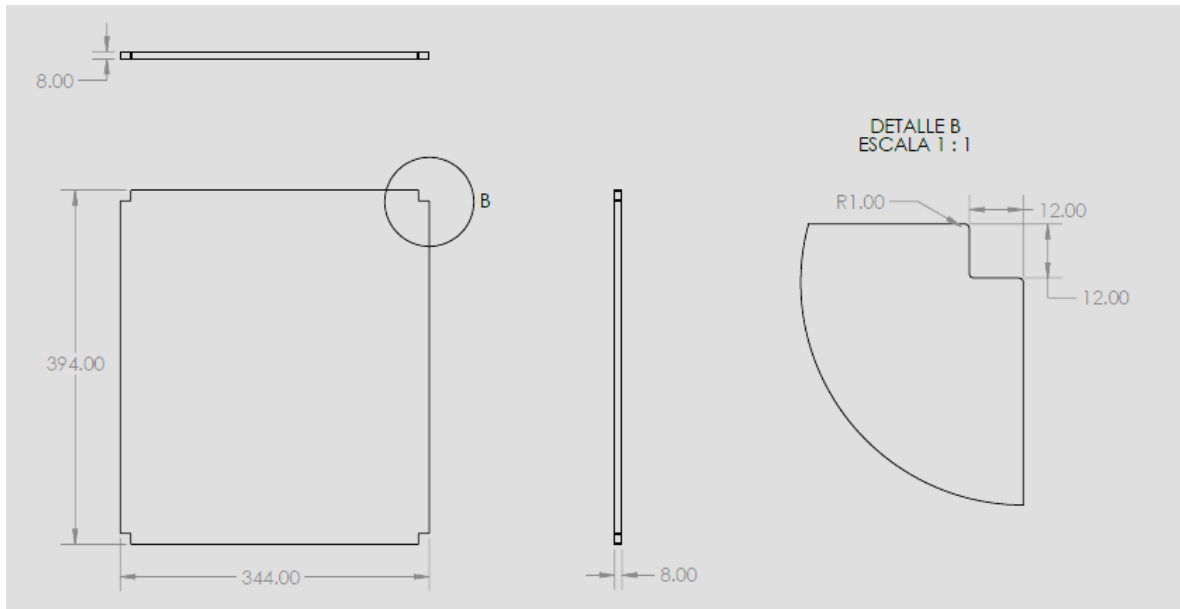


Fuente: Propia.

Los paneles contarán con medidas de 34.4 cm y 39.4 cm, irán ensamblados en la parte frontal y posterior de la estructura, entre los rieles de los perfiles, a continuación, en la Figura 34 se muestran las medidas generales del panel.

Figura 34

Medidas de panel frontal y posterior.

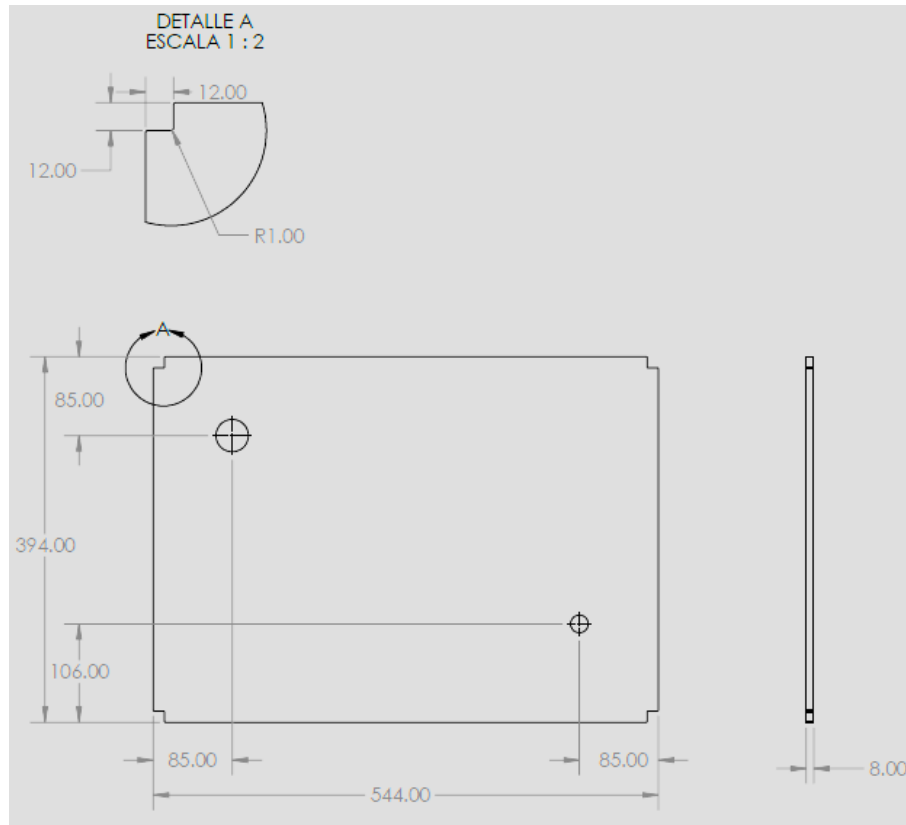


Fuente: Propia.

A pesar de que los paneles laterales de la estructura cuentan con el mismo grosor que los demás, se consideró que estos tendrán los barrenos correspondientes para poder ensamblar las barras de los ejes que se unirán al alternador y a la rueda manivela para accionar el mecanismo de la polea y generar así la energía eléctrica mediante el movimiento mecánico de esta. En la Figura 35 se muestran las medidas y la ubicación de los barrenos correspondientes para realizar el ensamble de las piezas mencionadas anteriormente.

Figura 35

Medidas de panel lateral izquierdo y derecho.



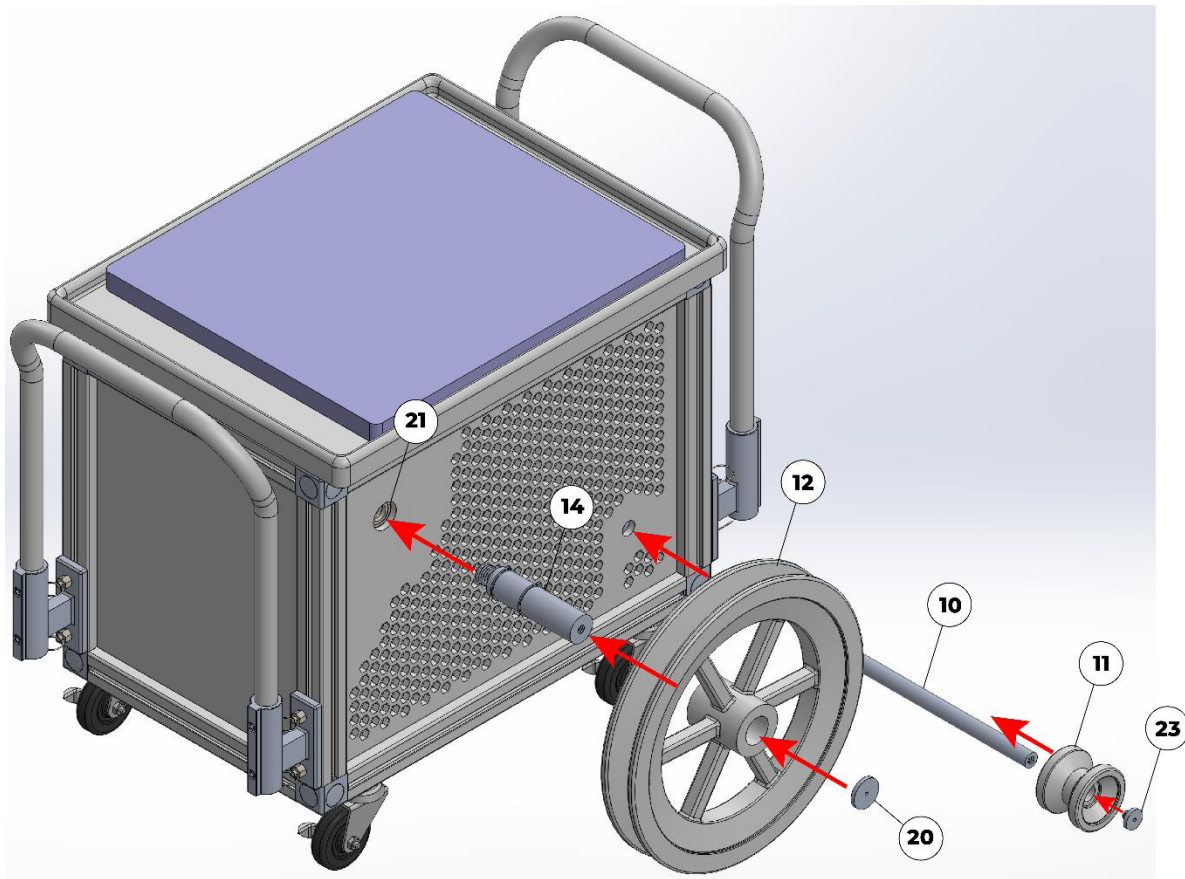
Fuente: Propia.

En el Anexo C se presenta la “Vista explosionada” del sistema de generación de energía, enumerando los componentes, la cantidad y materiales de cada uno de ellos.

Tomando como referencia el nombre de elementos del sistema descritos en la Figura 23, en la Figura 36 se observa la secuencia para ensamblar las diferentes piezas enumeradas del sistema para la generación de energía.

Figura 36

Ensamble de poleas a la estructura principal.

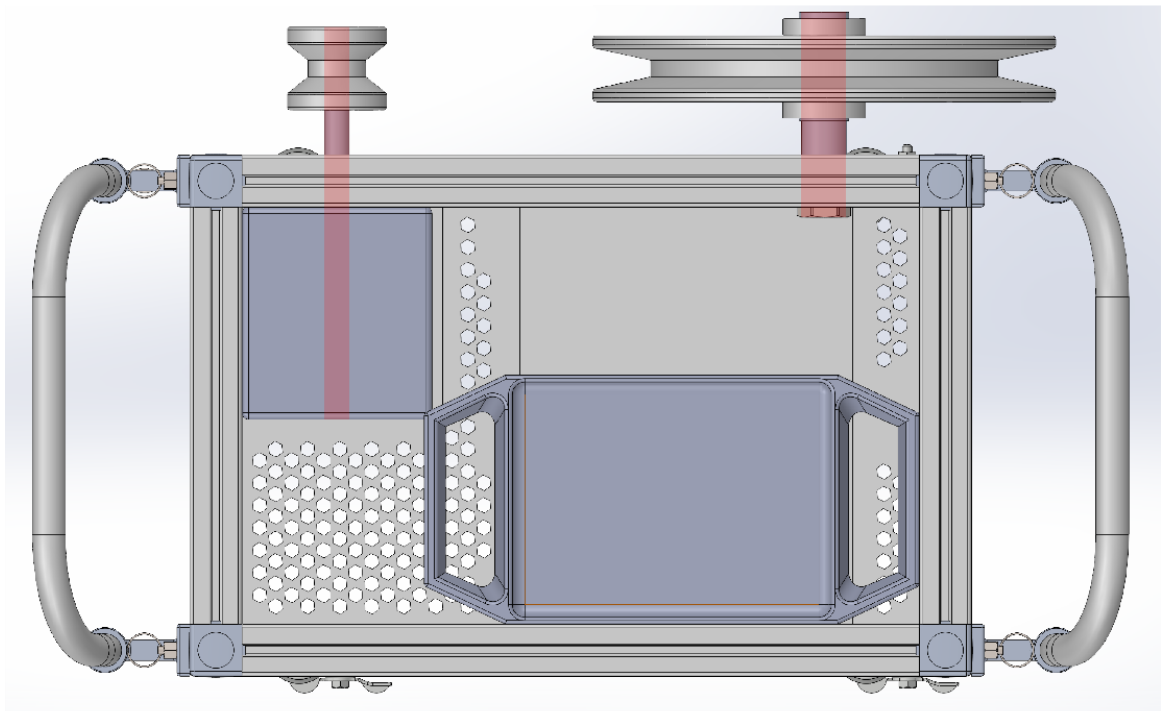


Fuente: Propia.

Se aprecia que el sistema cuenta con dos paneles laterales, en el barreno de la parte superior se colocará el eje de la rueda manivela, en el barreno de la parte inferior se instalará el eje de la polea que se conecta al alternador. En la Figura 37 se muestra la vista superior del sistema, con el ensamble de las piezas finalizado.

Figura 37

Vista superior del ensamble del sistema.

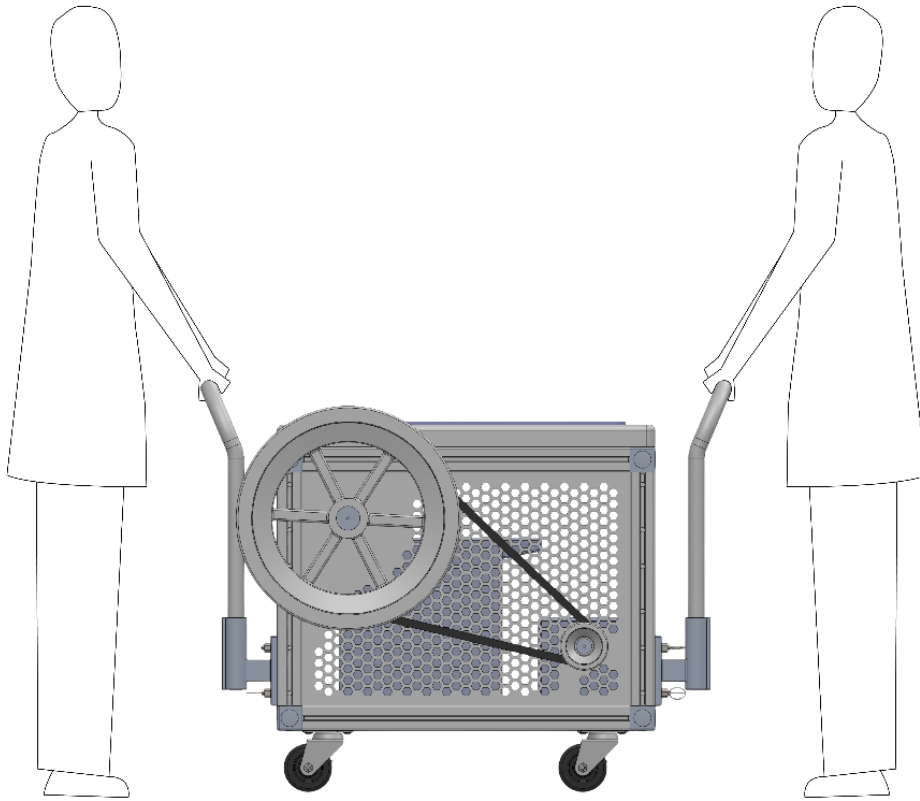


Fuente: Propia.

En las figuras mostradas a continuación se presentan las configuraciones para transportar al sistema de generación de energía, las cuales dependerán del modo en que se coloquen las agarraderas. Primero, en la Figura 38 se muestra la configuración en donde se tiene la altura más baja para las agarraderas (65 cm), esta permite que el sistema sea cargado entre dos personas.

Figura 38

Configuración con la altura más baja de las agarraderas para cargar al sistema.

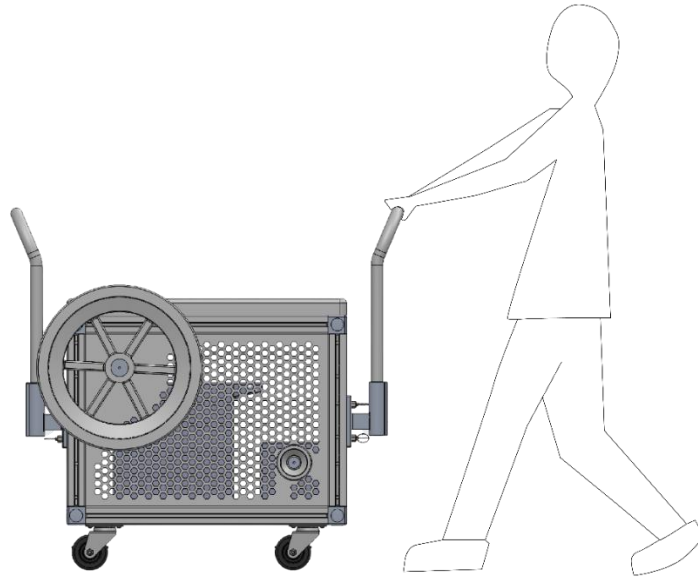


Fuente: Propia.

En la Figura 39 se observa la configuración en donde el sistema se transporta por una persona al empujarlo o jalarlo, cuando la agarradera tiene una altura media de 77cm.

Figura 39

Configuración para empujar o jalar al sistema a una altura media de la agarradera.

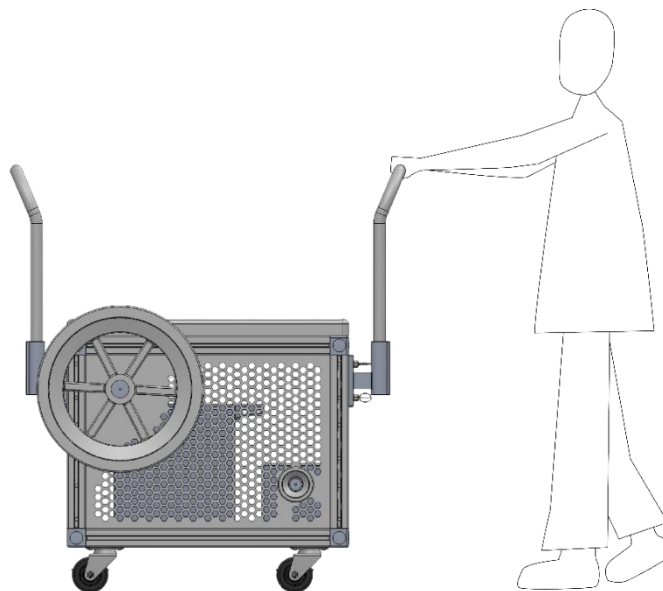


Fuente: Propia.

En la Figura 40, se presenta la configuración en donde la agarradera está en su máxima altura permisible (91 cm), esto permitirá que el sistema de generación de energía también se empuje fácilmente.

Figura 40

Configuración para empujar o jalar al sistema a la altura máxima de la agarradera.



Fuente: Propia.

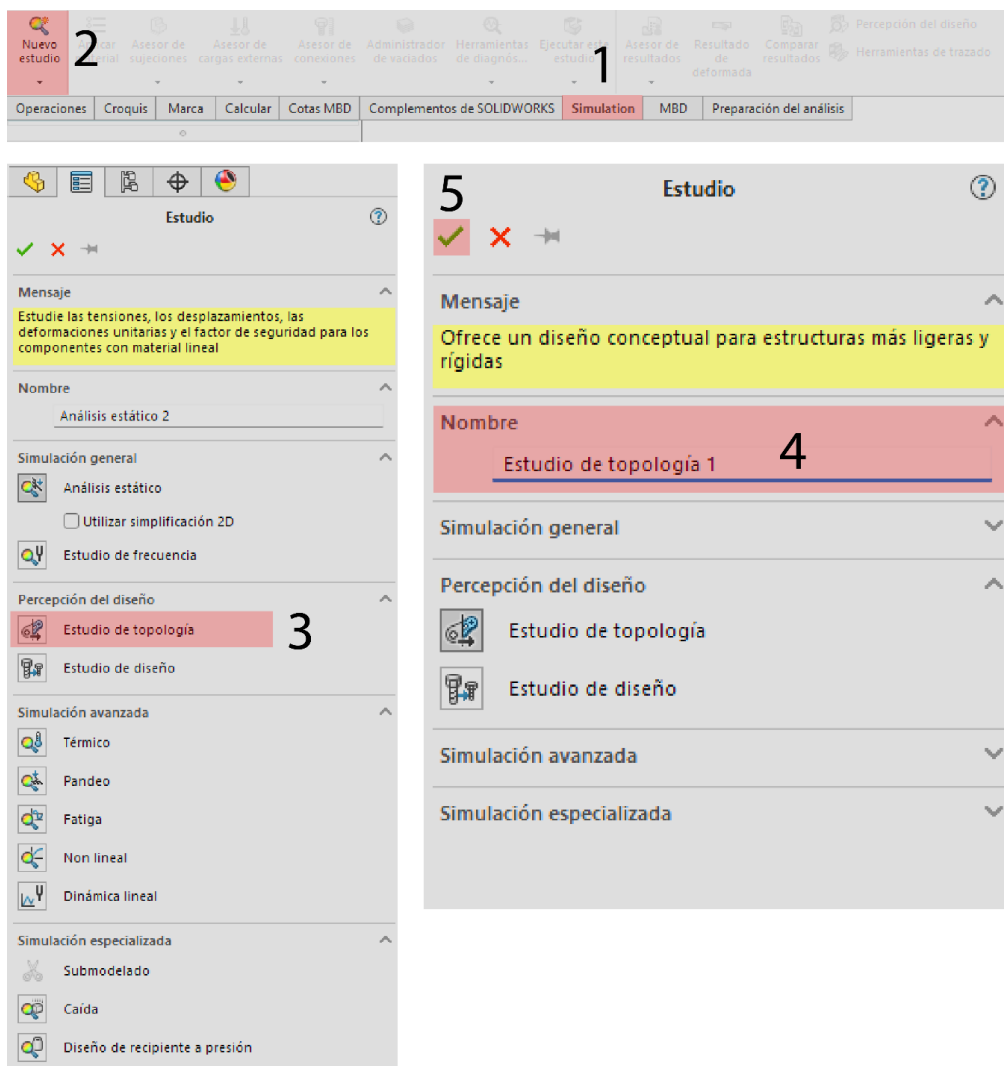
4.2.1 ESTUDIO DE TOPOLOGÍA

Cuando se dimensionó y modeló el panel lateral, se observó que existía un área considerable que podría removerse para disminuir su peso y ventilar los componentes eléctricos y electrónicos interiores del sistema. Por ello, se hizo un estudio topológico en SolidWorks Simulation (Figura 41) para identificar la zona por remover y que el panel tuviera la resistencia mecánica para soportar las cargas de los elementos que resguardará. A continuación, se describe el proceso para realizar dicho análisis:

Primero, se seleccionó el botón de “Nuevo estudio” y se seleccionó el estudio de topología para comenzar.

Figura 41

Pasos para realizar el estudio de topología.

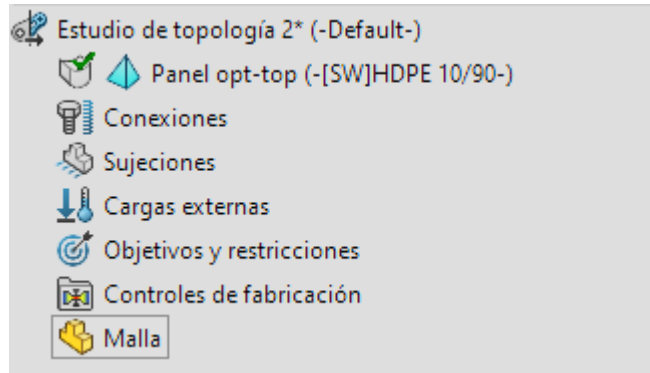


Fuente: Propia.

Como se muestra en la Figura 42, una vez que se comenzó con el estudio se desplegó un panel con las propiedades y pasos requeridos para ejecutar la simulación y obtener los resultados del análisis.

Figura 42

Parámetros para realizar el estudio de topología.

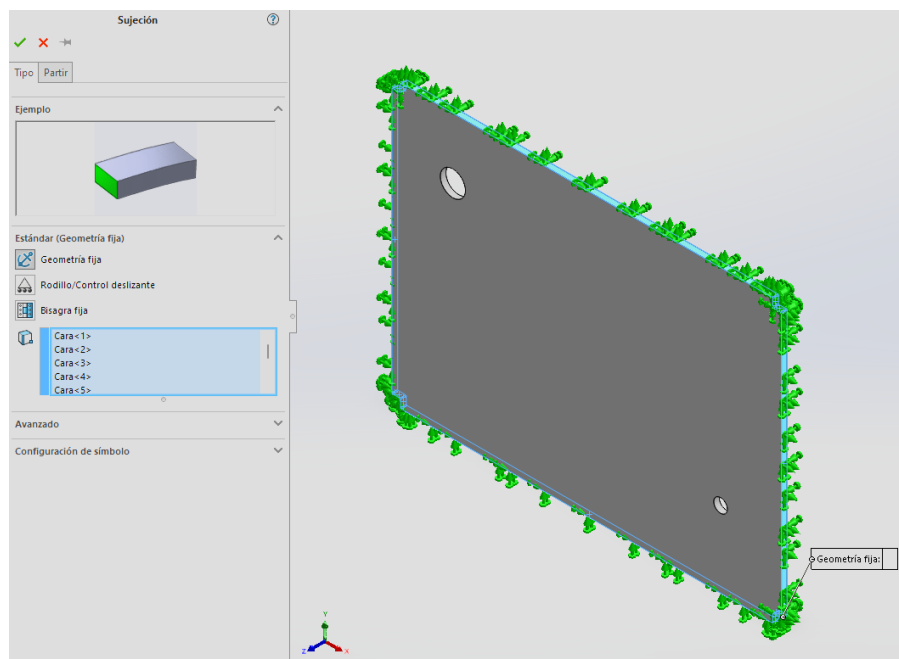


Fuente: Propia.

Se seleccionaron las caras para colocar las sujeciones y en el caso del panel se eligieron las caras externas ya que estas irán ensambladas y tendrán contacto con los rieles de los perfiles, las caras seleccionadas para definir las sujeciones se muestran en la Figura 43.

Figura 43

Caras seleccionadas para las sujeciones.

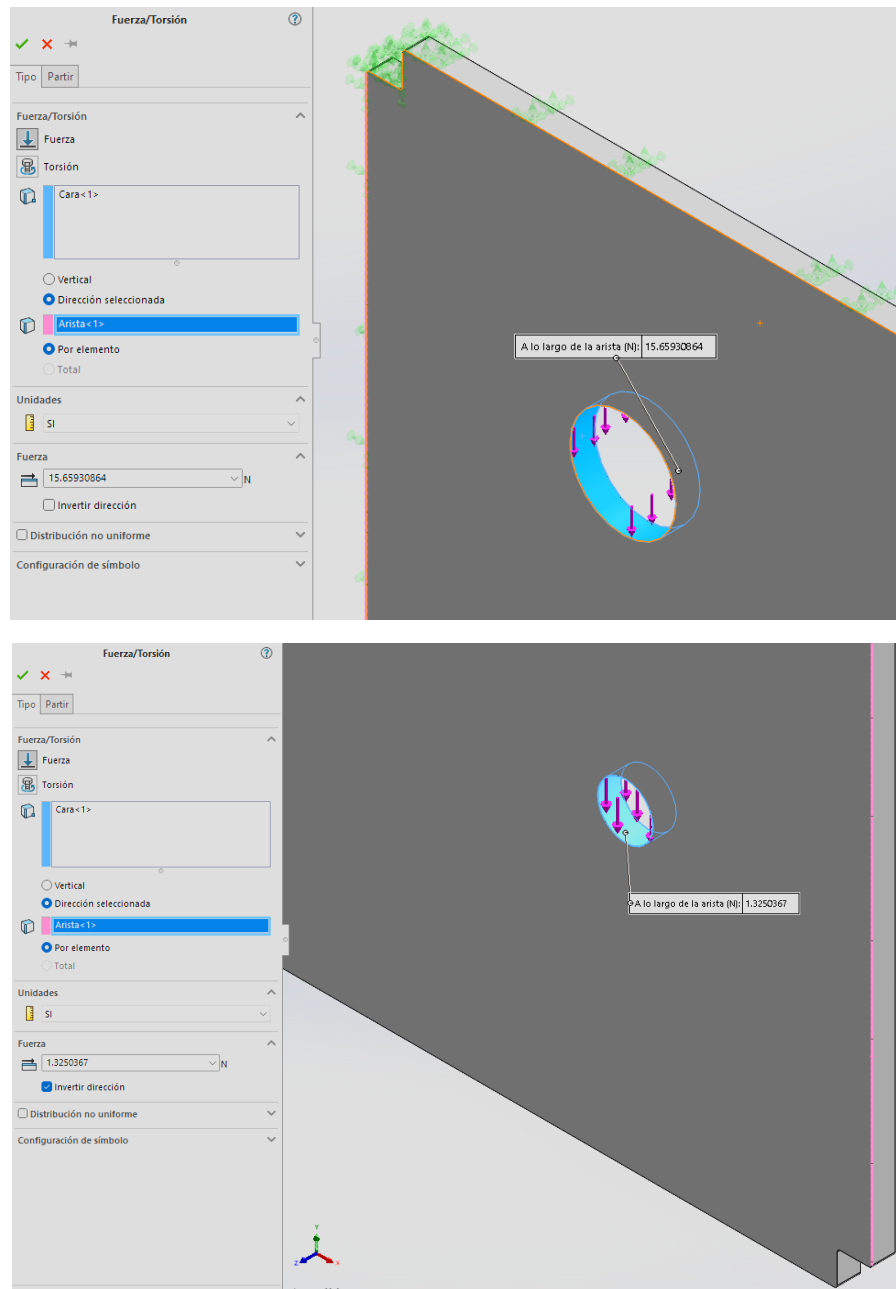


Fuente: Propia.

Posteriormente, se identificaron las cargas que interactúan en los barrenos, las cuales son los pesos de la polea (0.137 kg) y de la rueda manivela (1.676 kg). A partir de esto, se estableció la fuerza de 15.659 N que interactúa en el barreno del eje de la rueda manivela y otra fuerza de 1.325 N que está presente en el barreno del eje de la polea, estas fuerzas se muestran en la Figura 44.

Figura 44

Fuerzas que interactúan en los barrenos.

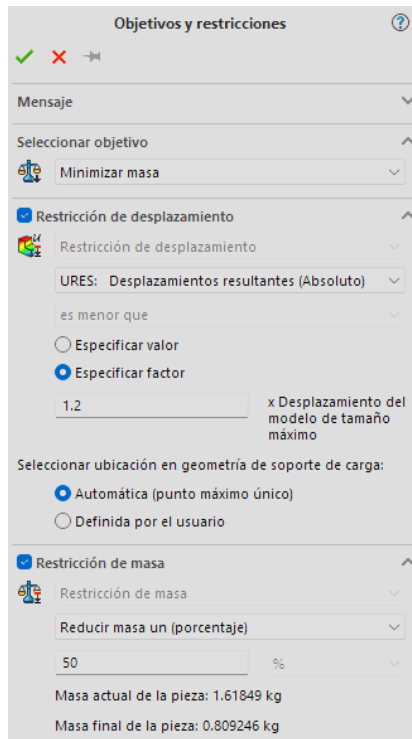


Fuente: Propia.

En el estudio de topología se pueden determinar objetivos, en este caso se definió como objetivo reducir la masa en un 50% y mantener la resistencia mecánica a las fuerzas presentes. En la Figura 45, se muestran los valores y el porcentaje de reducción de masa aplicadas en el análisis.

Figura 45

Porcentaje de reducción de masa seleccionado en los objetivos del estudio.

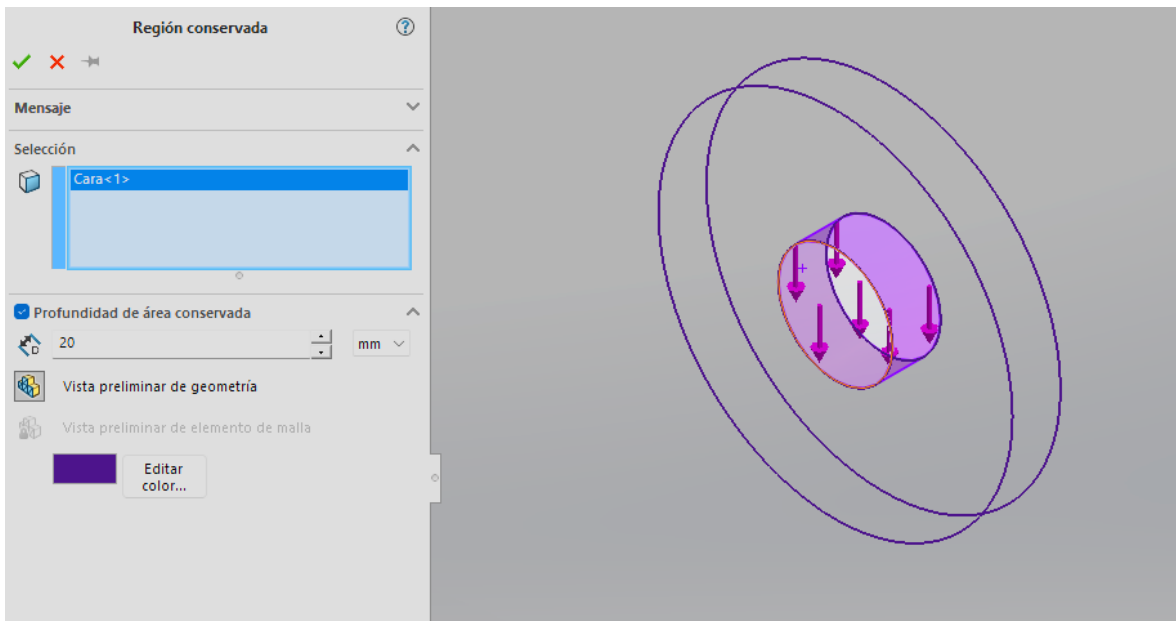
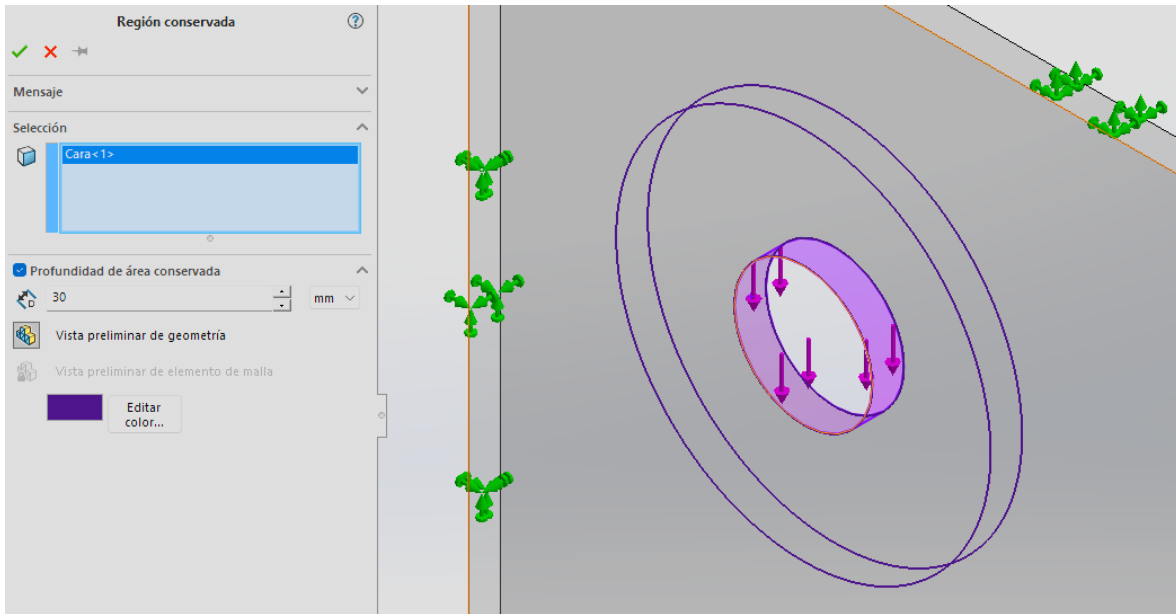


Fuente: Propia.

Antes de generar la malla, se realizaron controles de fabricación para indicar al programa las regiones que se mantendrían en la pieza; en el caso de esta pieza se decidió que se conservaría un área adyacente de 30 mm alrededor del diámetro del barreno para el eje de la rueda manivela, un área adyacente de 20 mm alrededor del diámetro del barreno de la polea y finalmente un área adyacente de 20 mm desde los bordes exteriores de la pieza hacia el centro; esto con la finalidad de que el programa no pasara de ese límite y removiera material, y así poder insertar la pieza con los perfiles. En la Figura 46 se muestra en una circunferencia morada el área que se mantendrá en los dos barrenos, y en la Figura 47 se muestra el área conservada desde los bordes externos hacia el centro de la pieza.

Figura 46

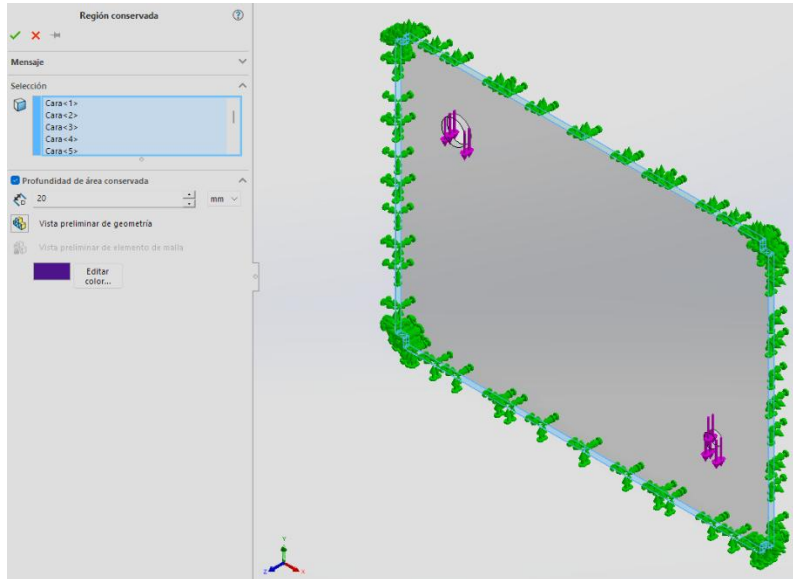
Región conservada para el eje de la rueda manivela y polea.



Fuente: Propia.

Figura 47

Región conservada para el borde de la pieza.

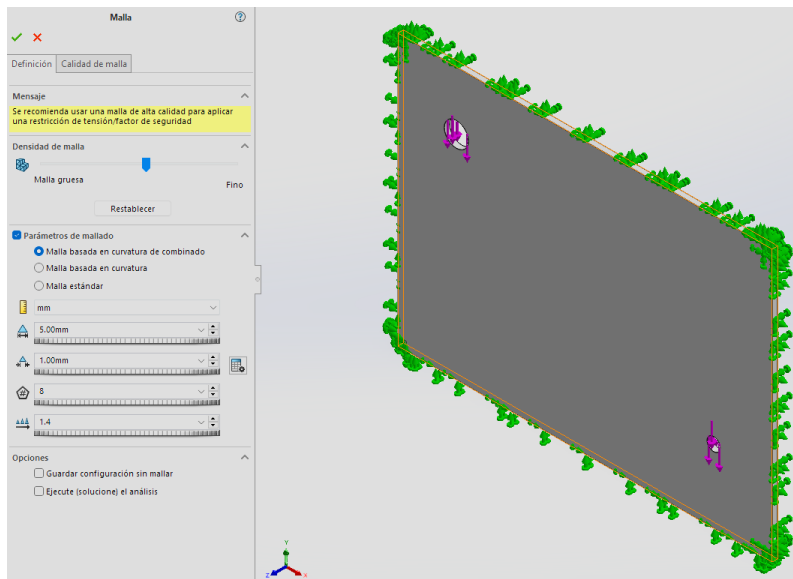


Fuente: Propia.

Después, como se muestra en la Figura 48, se definieron los parámetros para el trazado de la malla y obtener cálculos con mejor aproximación, esta contó con elementos individuales de tamaño máximo de 5 mm y mínimo de 1 mm.

Figura 48

Parámetros de creado de la malla.

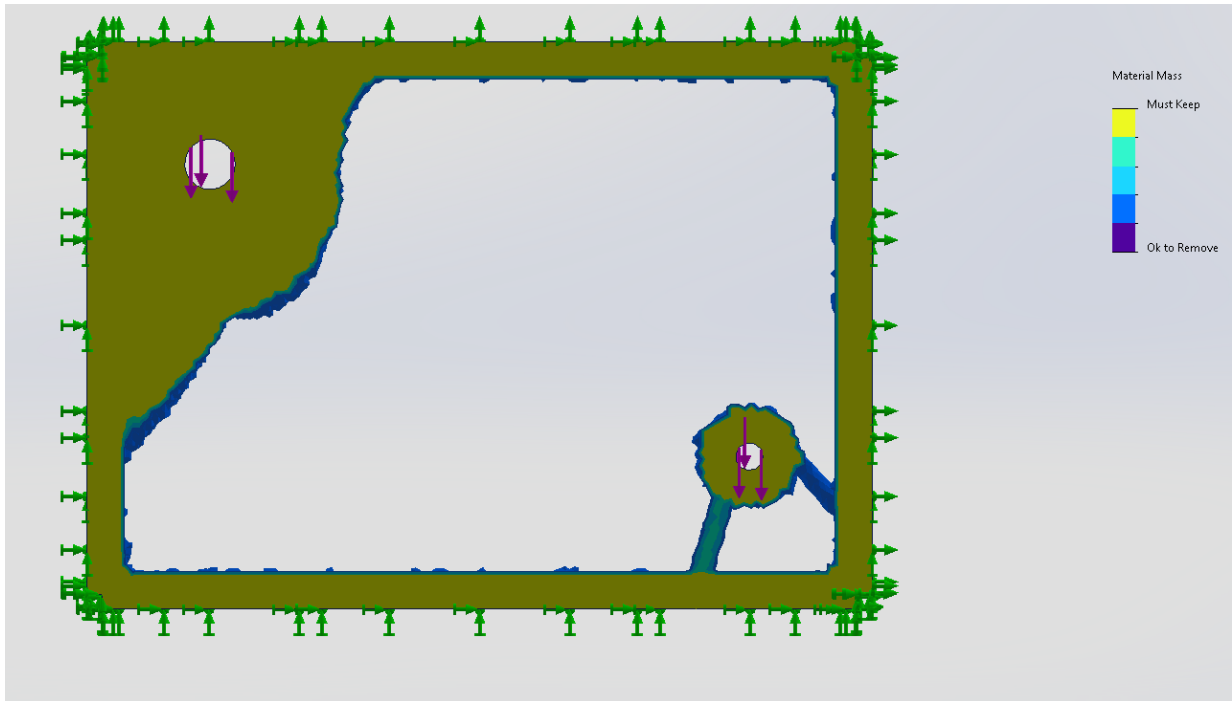


Fuente: Propia.

Una vez que se definieron todos los parámetros para realizar el estudio, se ejecutó el análisis y se obtuvieron los resultados mostrados en la Figura 49.

Figura 49

Resultado del análisis de topología.



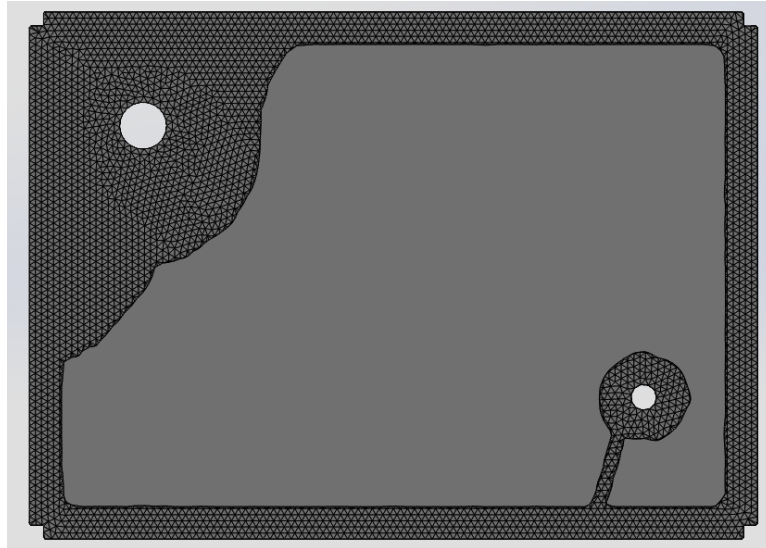
Fuente: Propia.

Los resultados muestran que se puede remover un área sin afectar la resistencia mecánica de la pieza, la cual pesaba originalmente 1618 gramos y hubo una reducción final de al menos 60% (peso final de 520 gramos).

Derivado de lo anterior, se exportó la malla del resultado para marcar el área en la pieza que se podría remover, como se muestra en la Figura 50.

Figura 50

Trazado de área segura para remover.

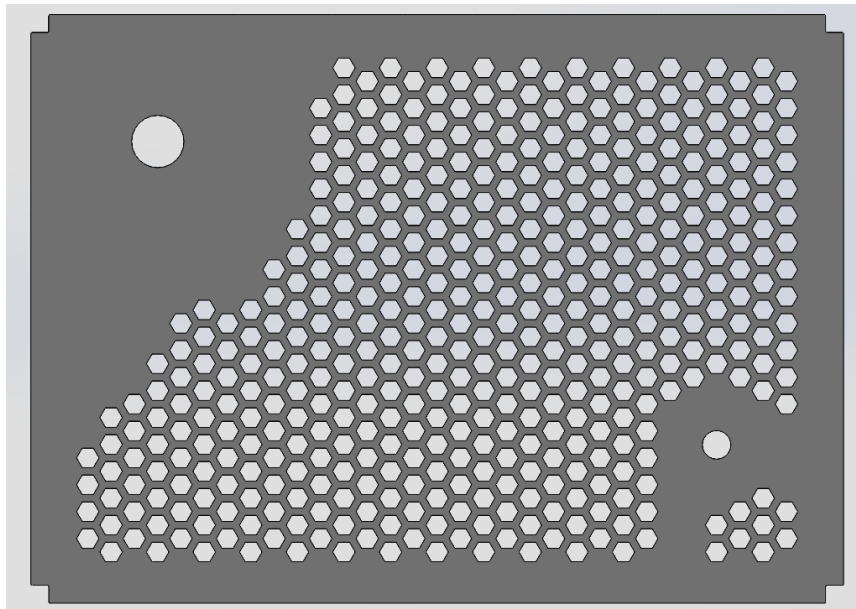


Fuente: Propia.

Sobre el contorno marcado, se generó un patrón de hexágonos para proporcionar ventilación al interior y hacer el diseño vistoso, cada hexágono cuenta con un diámetro exterior de 15 mm y una separación entre cada instancia de 18 mm, en la Figura 51 se observa el patrón establecido.

Figura 51

Patrón resultante del análisis de topología.

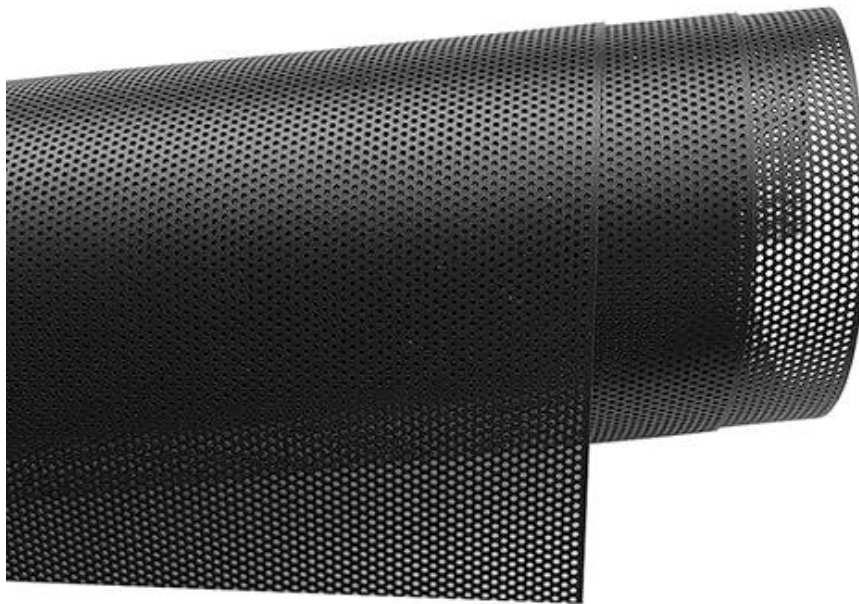


Fuente: Propia.

Para proteger los componentes internos de la estructura se propuso utilizar una malla de policloruro de vinilo (PVC) para polvo mostrada en la Figura 52, la cual cuenta con espesor de 0.3 mm, y con orificios circulares de 0.8 mm de diámetro y un espaciado entre ellos de 1.3 mm.

Figura 52

Malla de PVC para proteger contra polvo.



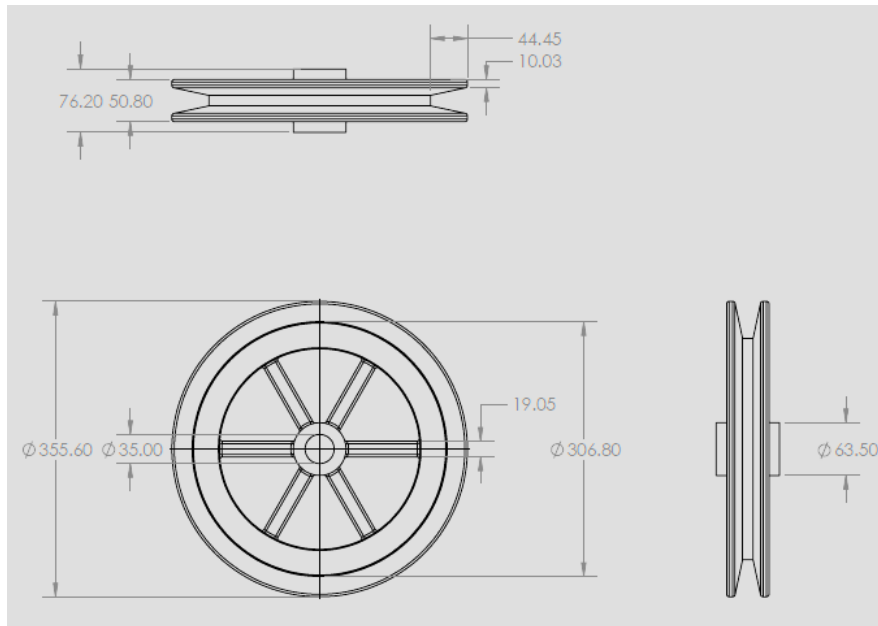
Fuente: Leadigol (s.f.).

Después, se realizó un análisis estático para comprobar que la pieza resistiera las cargas aún después de generar los huecos hexagonales, los resultados se presentan en el apartado 4.3 Análisis de Elemento Finito Estático.

Como en el panel se montarán la rueda manivela y la polea, estas se ensamblarán mediante unas barras o ejes, las medidas generales de los ejes, de la rueda y de la polea se muestran de la Figura 53 a la Figura 55. Los ejes se fijarán mediante roscas que se apretarán manualmente con ayuda de una llave Allen de 5 mm.

Figura 53

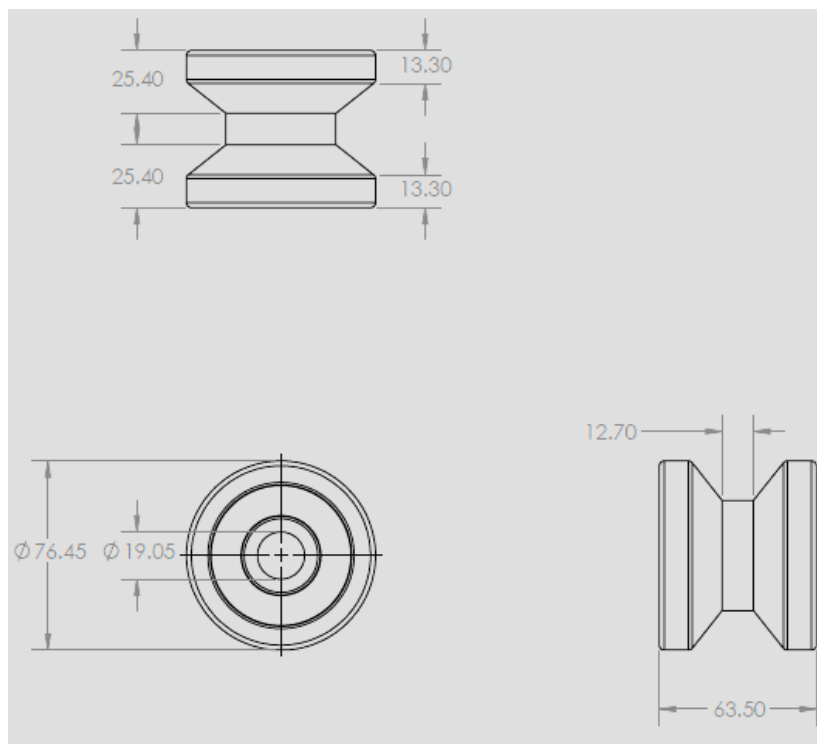
Medidas de la rueda manivela y polea.



Fuente: Propia.

Figura 54

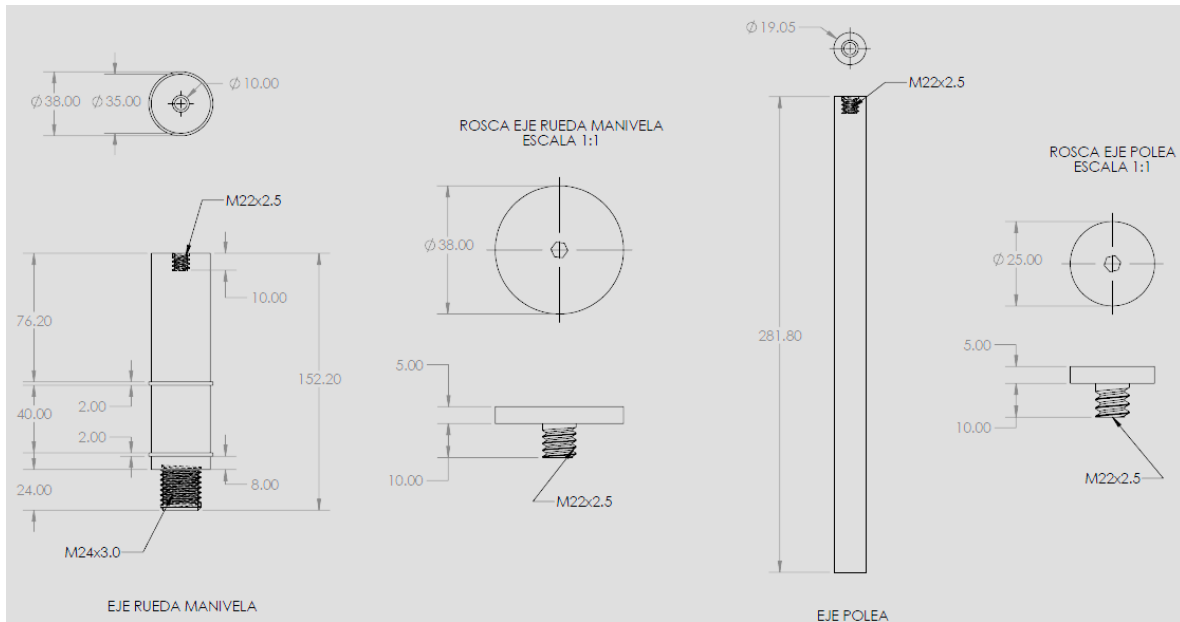
Medidas de la polea.



Fuente: Propia.

Figura 55

Medidas del eje de la rueda manivela y polea.



Fuente: Propia.

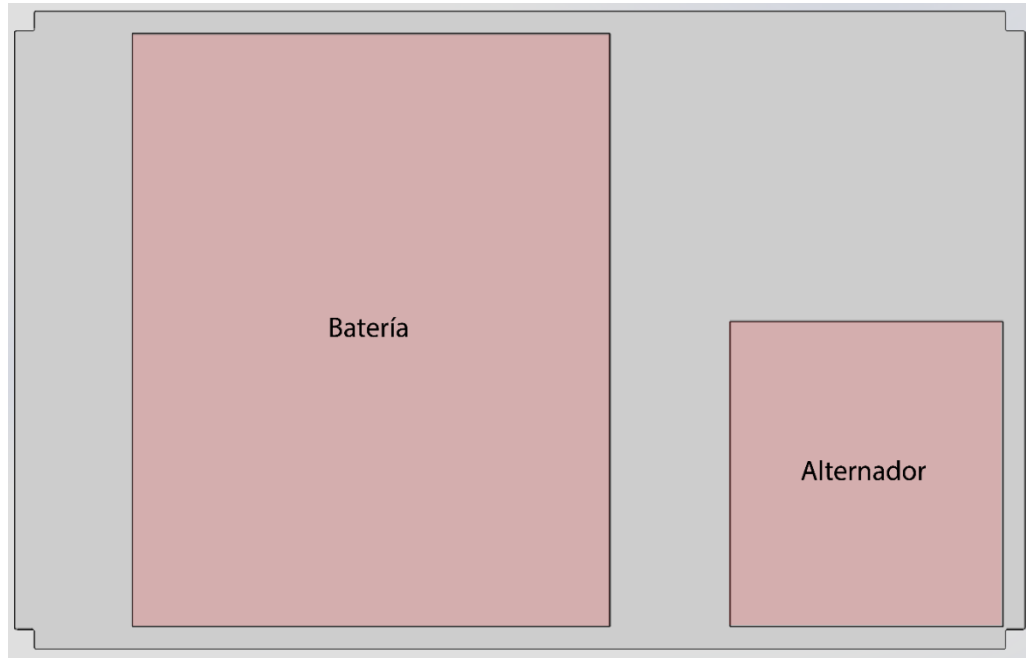
El estudio de topología también se realizó para la base de la estructura con la finalidad de generar espacios para ventilar a los componentes que resguardará y brindar rutas de desfogue de líquidos en caso de suscitarse inundaciones.

La base de la estructura tendrá el mismo grosor que los paneles laterales y frontales debido a que el método de ensamble será igual para aprovechar la geometría de los perfiles extrudidos.

Para el análisis topológico de la base se delimitó el área en donde se colocarán los elementos internos. El alternador no podrá desplazarse debido a la conexión que tendrá con el eje y polea, y la batería permanecerá en el mismo sitio sin sujeciones adicionales ya que sus agarraderas funcionarán como topes, en la Figura 56 se muestra en rojo el área permisible para colocar la batería y el alternador, y en la Figura 57 se muestran las sujeciones a la parte inferior de la pieza.

Figura 56

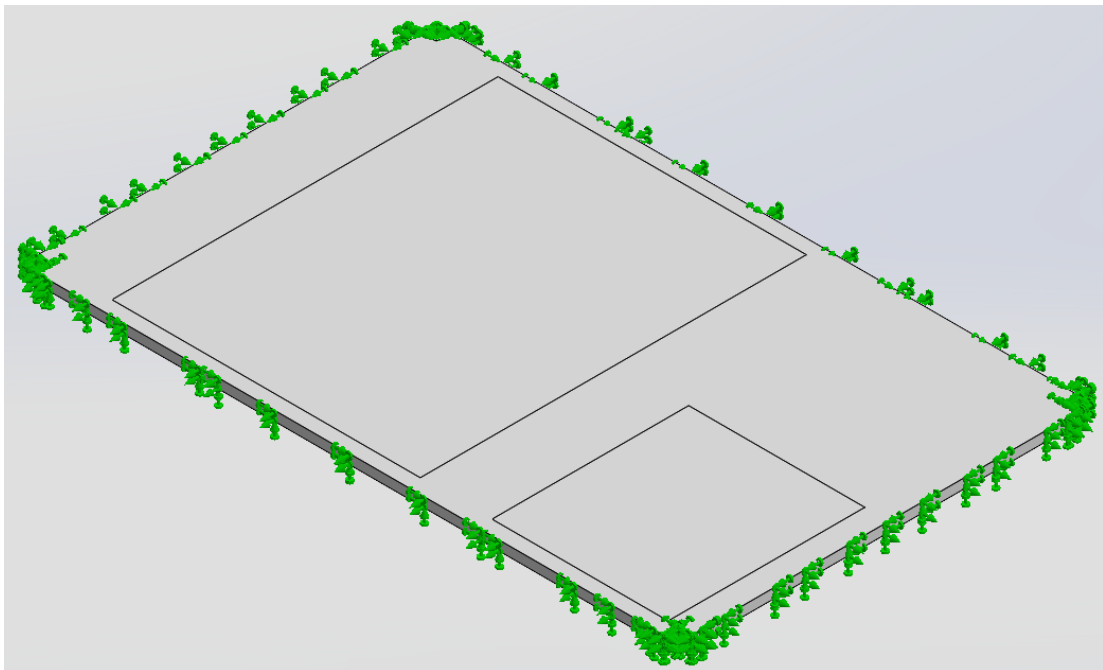
Área delimitada que ocupa la base y el alternador.



Fuente: Propia.

Figura 57

Sujeciones en los laterales de la base.



Fuente: Propia.

Se calculó la presión que ejercerán los elementos internos mediante la Ecuación 3.

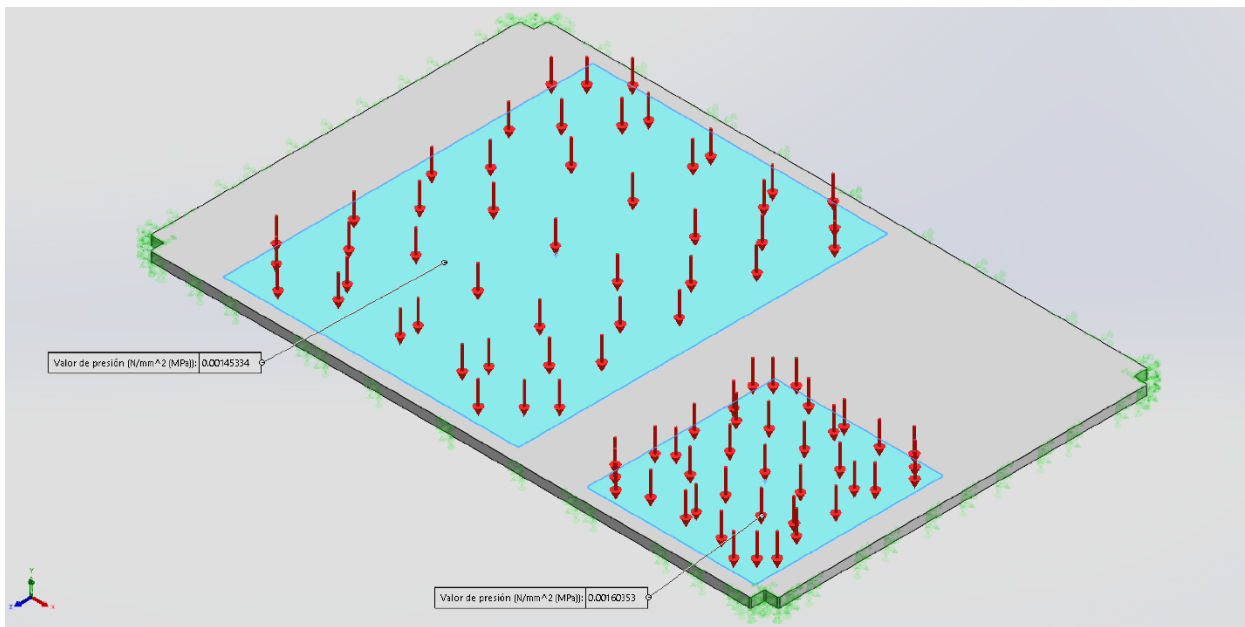
$$P = \frac{F}{A} \quad (3)$$

El área A se calculó considerando el largo y ancho de los componentes, la fuerza F aplicada se obtuvo al multiplicar las masas de la batería y del alternador por la constante gravitatoria (9.81 m/s^2).

Se encontró que estarán presentes presiones de 0.0014 MPa para la batería y de 0.0016 MPa para el alternador, mostrados en la Figura 58. Asimismo, como se muestra en la Figura 59, se generó el mallado con parámetros de tamaño máximo de elemento de 3mm y mínimo de 1 mm.

Figura 58

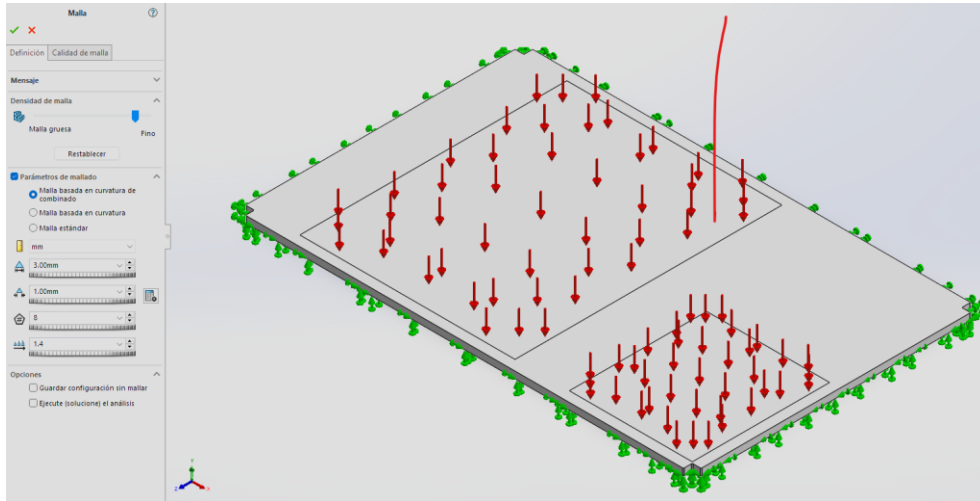
Cargas que actúan en la base.



Fuente: Propia.

Figura 59

Mallado en la pieza antes del análisis.

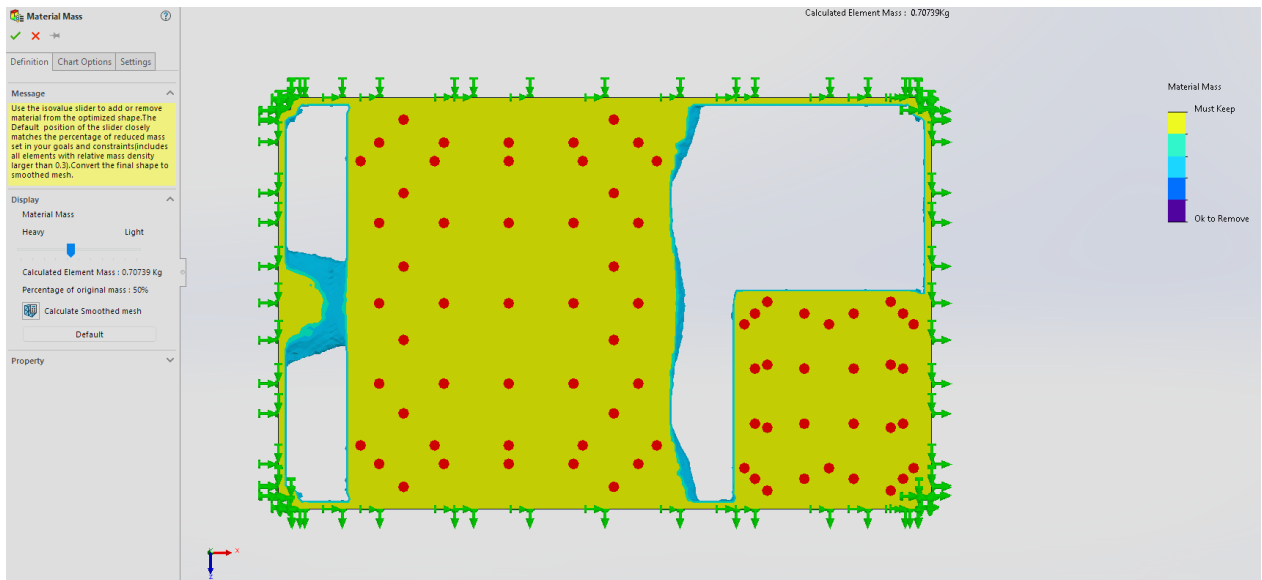


Fuente: Propia.

Después de ejecutar el estudio de topología, se identificaron las zonas que sería seguro remover sin comprometer la resistencia mecánica de la base, en esta área, mostrada en la Figura 60, se generó un patrón de perforaciones hexagonales (Figura 61) con tamaño de 6 mm y separación entre los elementos de 15 mm.

Figura 60

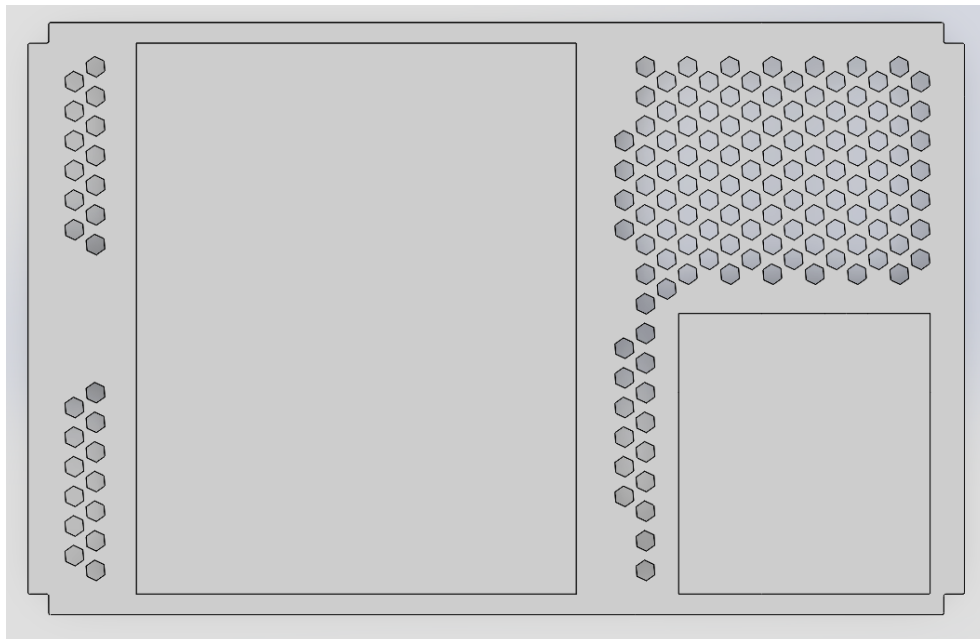
Zonas de la pieza donde es seguro remover material sin afectar la resistencia de la misma, sobre estas zonas se realiza el diseño resultante.



Fuente: Propia.

Figura 61

Diseño resultante posterior al análisis de topología.



Fuente: Propia.

Finalmente, para proteger de la intemperie a los elementos internos se estipuló un panel ubicado en la parte superior de la estructura que se ensamblará a presión con los rieles de los perfiles y sobre el cual podrán colocarse el panel solar de Ecoflow (2022) mostrados en la Figura 62, el cual tiene un peso de 4 kg, además dimensiones de 178.5 x 42 x 2.5 cm en su configuración desplegada y 42 x 48 x 2.5 cm cuando se pliega.

Figura 62

Panel solar Ecoflow 110 W.

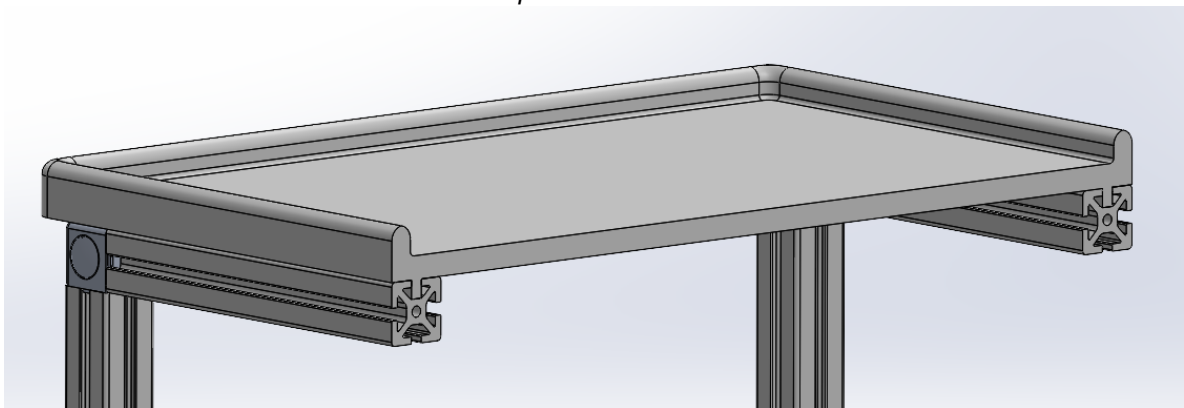


Fuente: Ecoflow (2022).

La cubierta podrá ensamblarse a la estructura aprovechando los rieles de los perfiles como se muestra en la Figura 63, y en la Figura 64 se muestran las medidas de esta.

Figura 63

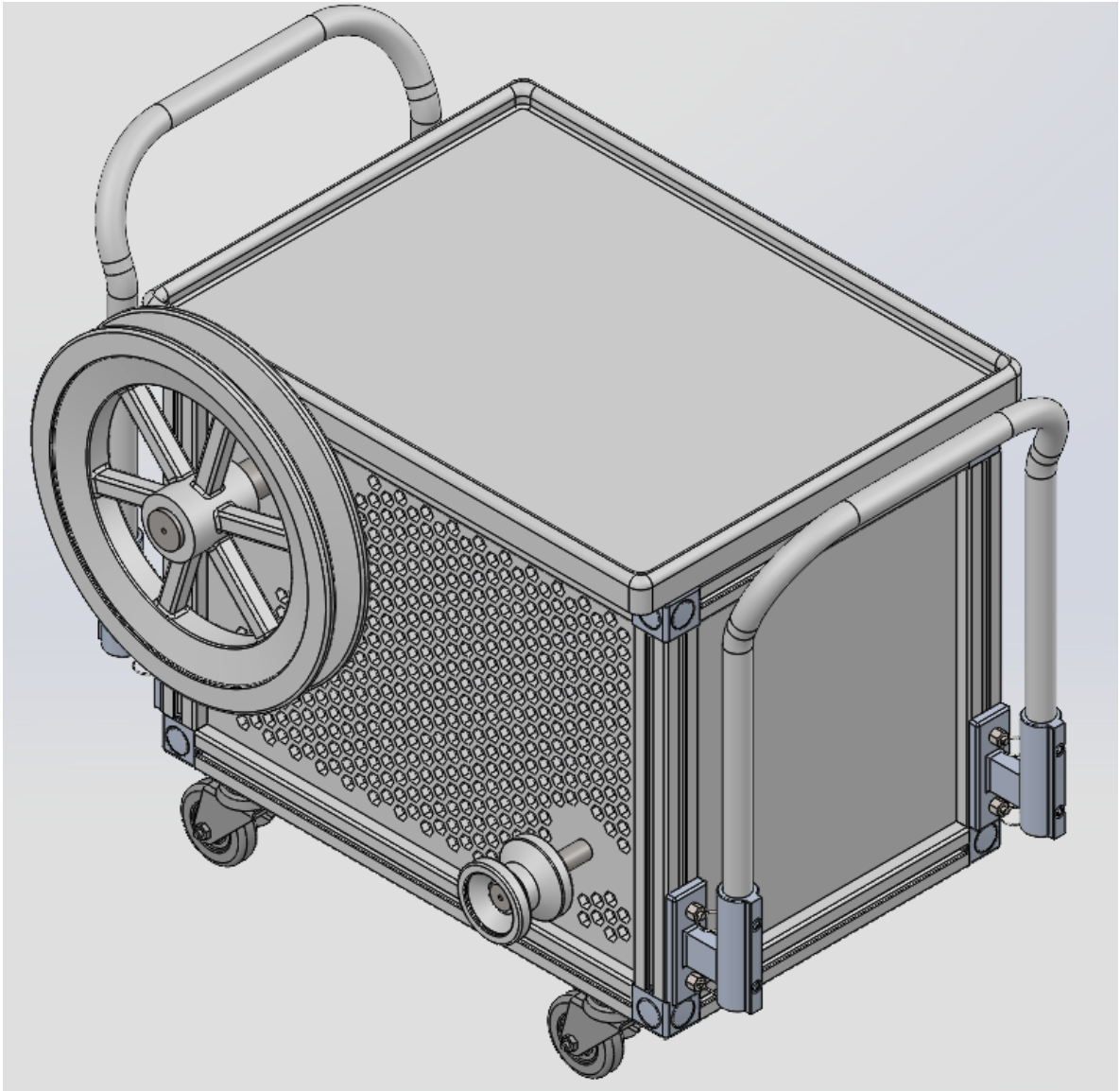
Ensamble de la cubierta a los rieles de los perfiles.



Fuente: Propia.

Figura 65

Diseño final del sistema.



Fuente: Propia.

4.3 ANÁLISIS DE ELEMENTO FINITO ESTÁTICO

El análisis estático de la estructura y de las piezas que conforman al sistema de generación de energía en donde actúan fuerzas, se realizó ocupando el módulo Simulation en el software SolidWorks, los resultados se obtuvieron mediante el Análisis de Elemento Finito.

Para ello, inicialmente se generaron los modelos digitales de cada componente; particularmente, para los elementos de la estructura que se elaborarán con el material compuesto con fibras naturales reutilizadas se ocupó la información brindada por Ruiz (2016), considerando que poseerá una proporción de 90% polietileno y 10% fibras de agave, módulo elástico de 1087 MPa y límite elástico de 23.54 MPa. En la Tabla 18 se muestran los componentes que generan fuerzas sobre la estructura a causa de su peso.

Tabla 18

Componentes y fuerzas aplicadas.

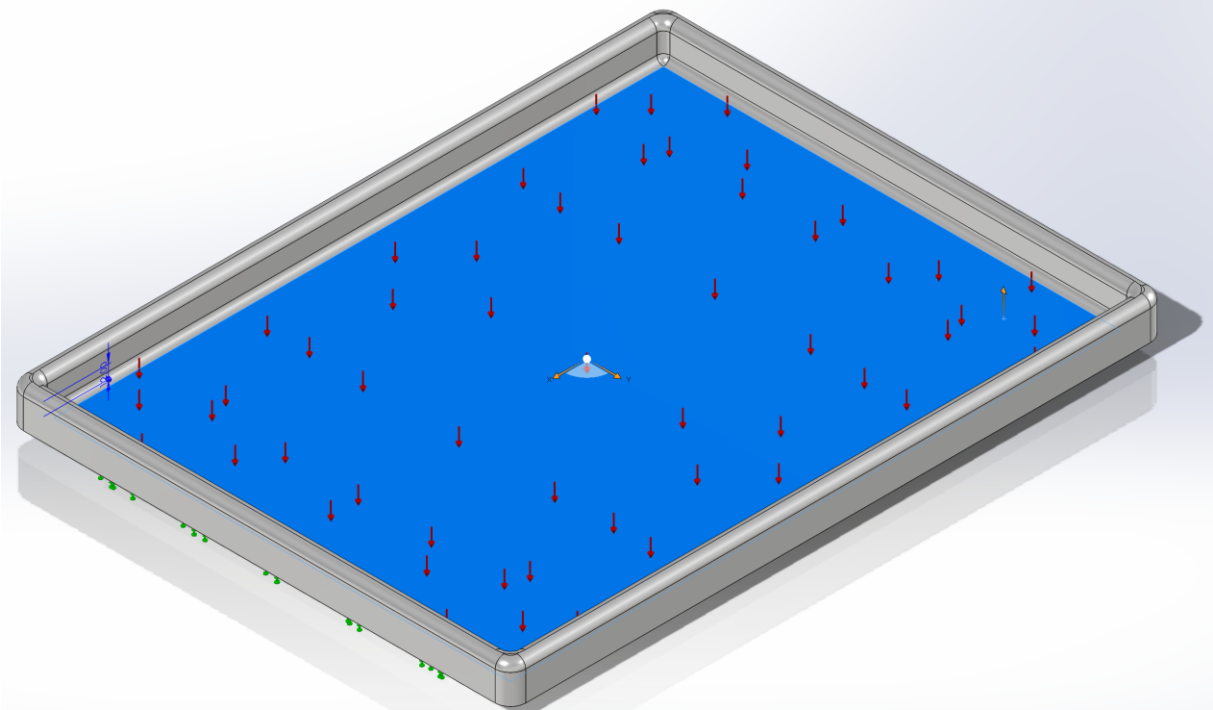
No.	Componente	Fuerza
1	Batería	117.72 N
2	Alternador	38.16 N
3	Panel solar	39.24 N
4	Polea	1.325 N
5	Rueda manivela	15.659 N
6	Panel lateral	11 N
7	Base	12.88 N
8	Cubierta superior	45.257 N

Fuente: Propia.

Primero, se realizó el análisis estático de la cubierta superior que soportará al panel solar, el cual se fabricará con el material compuesto y tendrá un área de apoyo de $0.2451 m^2$ como se muestra en la Figura 66. El panel solar tendrá una masa de 4 kg que generará un peso de 39.24 N, sin embargo, como el peso se distribuye por toda el área se considerará como presión, que al dividir la fuerza de 39.24 N entre área de la superficie de apoyo da un resultado de 160.0983 N.

Figura 66

Área sobre la cual podrá apoyarse el panel solar y donde se ejerce la presión.



Fuente: Propia.

Para determinar si la cubierta soportará la carga de la masa del panel solar plegado se debe realizar un cálculo analítico utilizando la fórmula de esfuerzo máximo para un esfuerzo en flexión, mostrada en la ecuación (4).

$$\sigma = \frac{FR\left(\frac{L}{2}\right)\left(\frac{h}{2}\right)}{\frac{1}{12}bh^3} \quad (4)$$

Al haber realizado los cálculos y el análisis de elemento finito, los datos obtenidos no coincidieron y por lo tanto no se pudo validar que la pieza soportará las cargas mediante los métodos tradicionales. Una de las razones por las que los resultados del Análisis de Elemento Finito no coincidieron con los del método analítico pudo haber sido que el software usado para esta simulación (SolidWorks) utiliza algoritmos de solución distintos a los programas especializados para realizar Análisis de Elemento Finito como Abaqus CAE, así como variables que no siempre serán iguales en los análisis, como el tipo de elemento para realizar la malla o el número de nodos utilizados.

Debido a esto y con el objetivo de validar si la pieza diseñada resistirá las fuerzas a las que se encuentra, se decidió validarlo mediante el factor de seguridad, el cual como se mencionó en el apartado 2.1.11, ayuda para determinar si el valor obtenido es mayor a 1 y por ende el diseño de la pieza resistirá las cargas.

Para determinar el factor de seguridad se tomó en cuenta la presión ejercida por el panel solar, considerando que hay una cavidad en la parte superior y tomando en cuenta que en algún momento los usuarios podrían dejar la cubierta a la intemperie y esta podría llenarse de agua cuando llueva, se calculó la presión ejercida también por esta.

$$P = \frac{F}{A}$$

(3) repetida

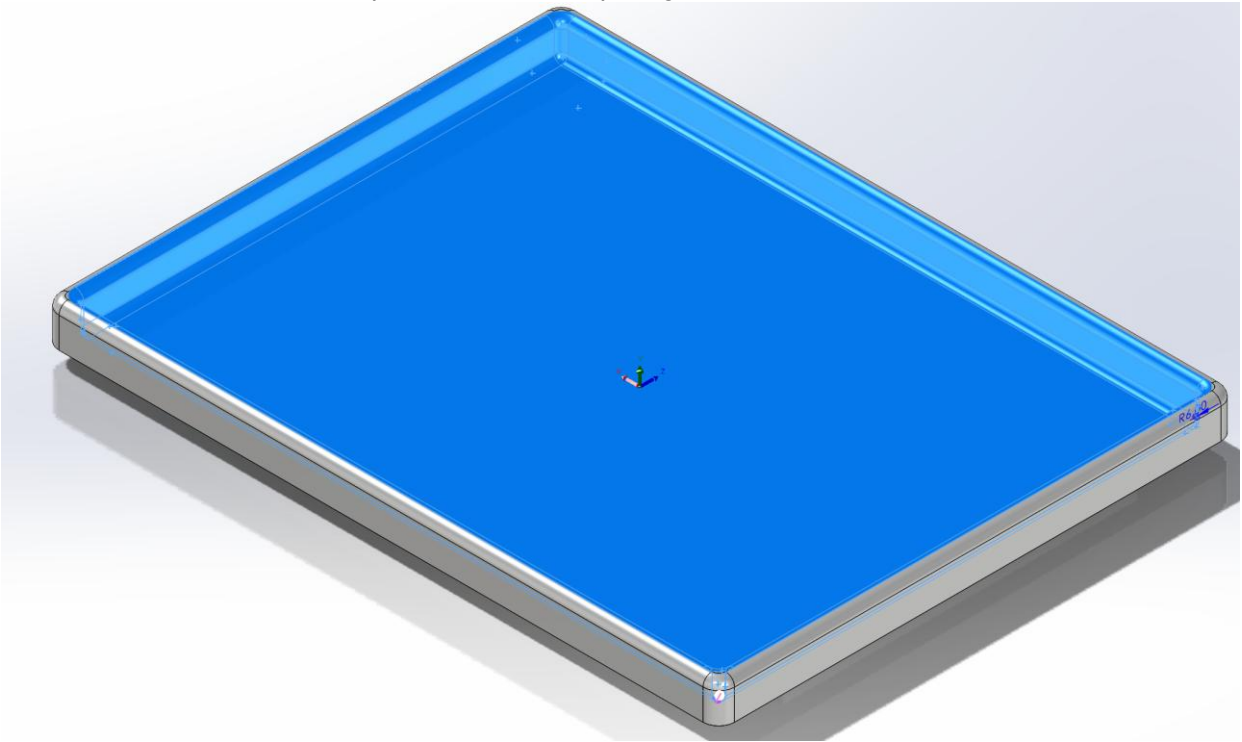
$$P = \frac{39.24 \text{ N}}{(0.57\text{m})(0.43\text{m})}$$

$$P = 160.098 \text{ N}$$

En los cálculos para determinar la presión ejercida por el agua, primero se calculó el volumen del área que ocuparía, mostrada en la Figura 67.

Figura 67

Volumen de la cubierta, el cual puede ser cubierto por agua.



Fuente: Propia.

Se procedió a calcular el volumen del rectángulo tomando el largo, ancho y alto.

$$V = (L)(W)(H) \quad (5)$$

$$V = (0.57m)(0.43m)(0.03198m)$$

$$V = 0.0078 \text{ m}^3$$

Después, se utilizó la fórmula para encontrar la masa, teniendo la densidad del agua y el volumen del cuerpo.

$$m = (\rho) (V) \quad (6)$$

$$V = (1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(0.0078 \text{ m}^3)$$

$$V = 7.8 \text{ kg}$$

Posteriormente, se calculó la fuerza y la presión que ejerce sobre la cubierta multiplicando la masa por la constante de gravedad.

$$F = (m) (a) \quad (7)$$

$$F = (7.8 \text{ kg})(9.81 \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2})$$

$$F = 76.518 \text{ N}$$

A continuación, se utilizó la Fórmula 3 y se sustituye el valor de la fuerza.

$$P = \frac{F}{A}$$

(3) repetida

$$P = \frac{76.518 \text{ N}}{(0.57\text{m})(0.43\text{m})}$$

$$P = 312.19 \text{ N}$$

Finalmente, se sumaron los valores de la presión ejercida por el panel y la posible presión del agua.

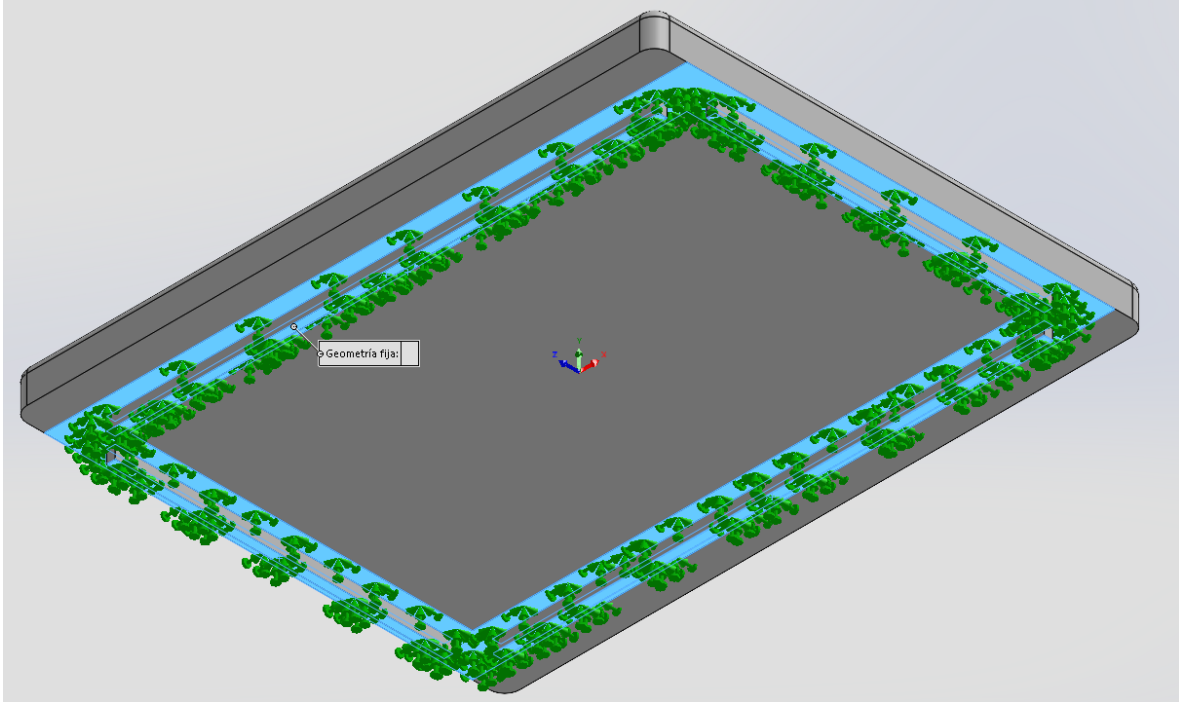
$$P = 472.288 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Esta presión resultante es la que se aplicó a la cubierta para hacer el análisis de elemento finito y posteriormente determinar el factor de seguridad.

Como se observa en la Figura 68, se colocaron sujeciones de geometría fija en todas las superficies que tendrán contacto con los perfiles; además, se ocupó un trazado de malla predeterminado en donde el tamaño máximo y mínimo de los elementos es de 2.5 mm y 2.25 mm, respectivamente.

Figura 68

Sujeciones de geometría fija en la cubierta superior.

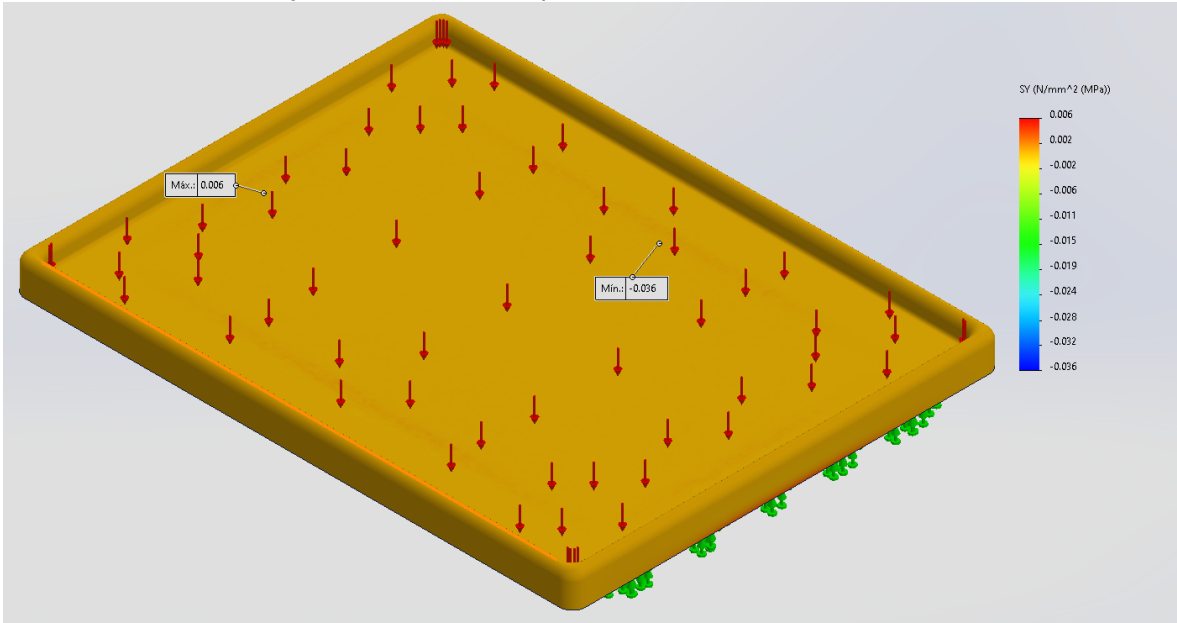


Fuente: Propia.

Como se presenta en el Figura 69, los resultados mostraron tensiones máximas y mínimas de 0.006 MPa y -0.036 MPa en la cubierta superior hecha de agave/HDPE (10/90), respectivamente. También, como se observa en la Figura 70, se obtuvo que el desplazamiento máximo resultante será de 0.014 mm en el centro de la cubierta.

Figura 69

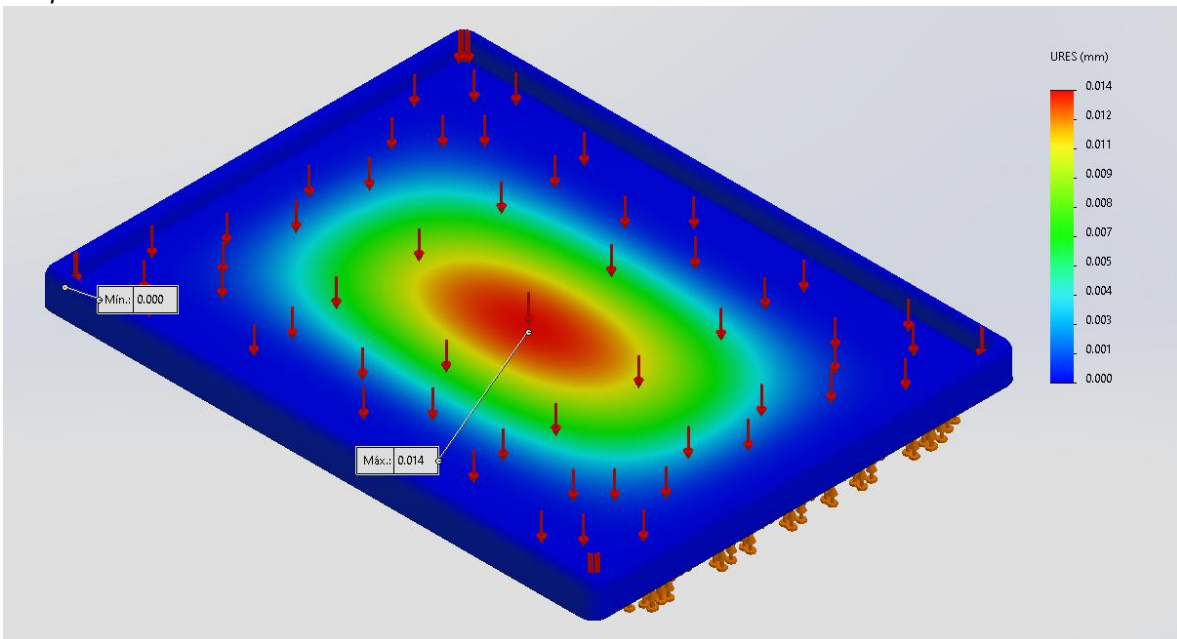
Tensiones normales al eje Y en la cubierta superior.



Fuente: Propia.

Figura 70

Desplazamientos resultantes.



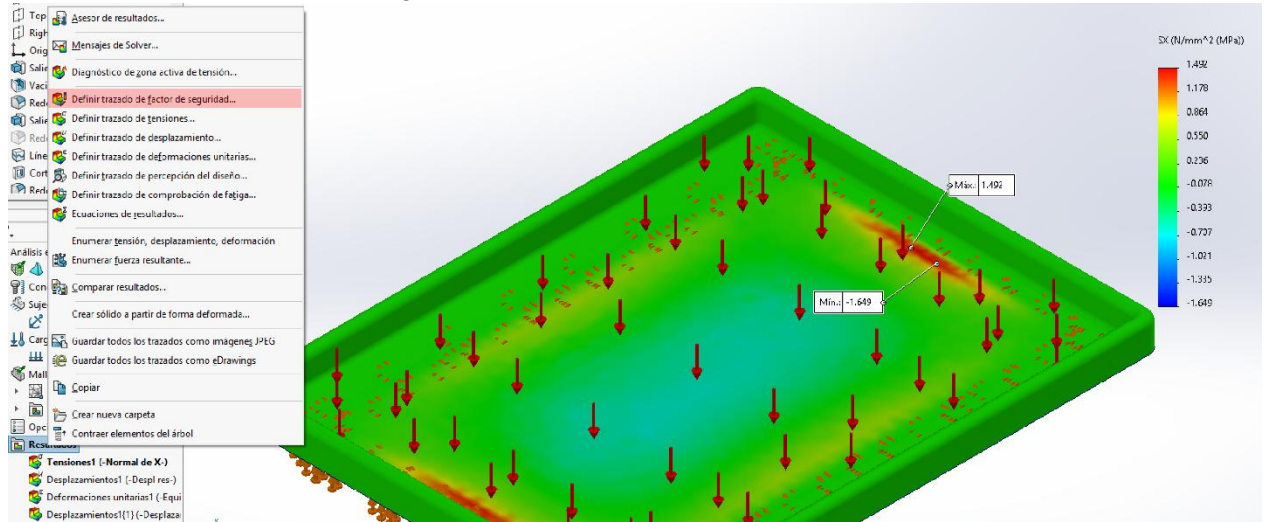
Fuente: Propia.

Se identificó que las tensiones son menores al límite de resistencia a la tracción del material seleccionado (23.54 MPa), concluyendo que la cubierta superior soportará las cargas aplicadas. Sin embargo, se obtuvo también el factor de seguridad.

En la Figura 71 se muestran los resultados para el factor de seguridad.

Figura 71

Definir el trazado del factor de seguridad.

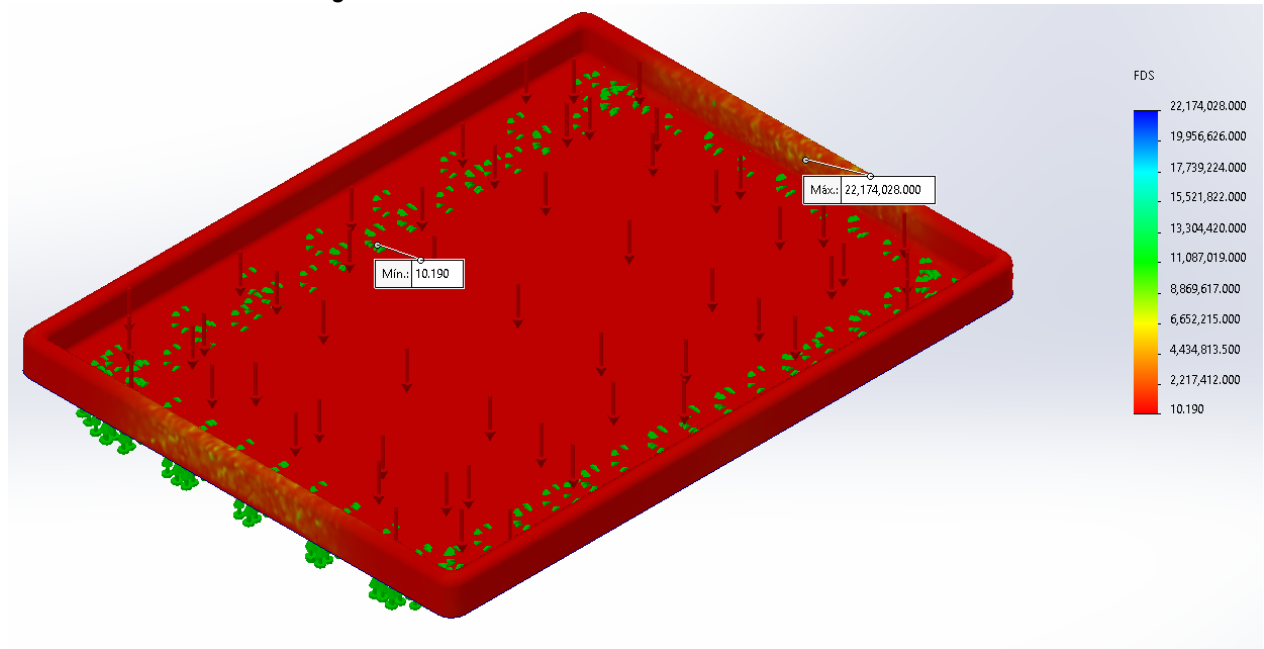


Fuente: Propia.

Por último se obtuvo el resultado del valor mínimo y máximo del factor de seguridad, que como se observa en la figura 72, es un valor mínimo de 10.19, lo cual indica que la pieza soportará las cargas y no habrá falla en el diseño.

Figura 72

Resultados del factor de seguridad.



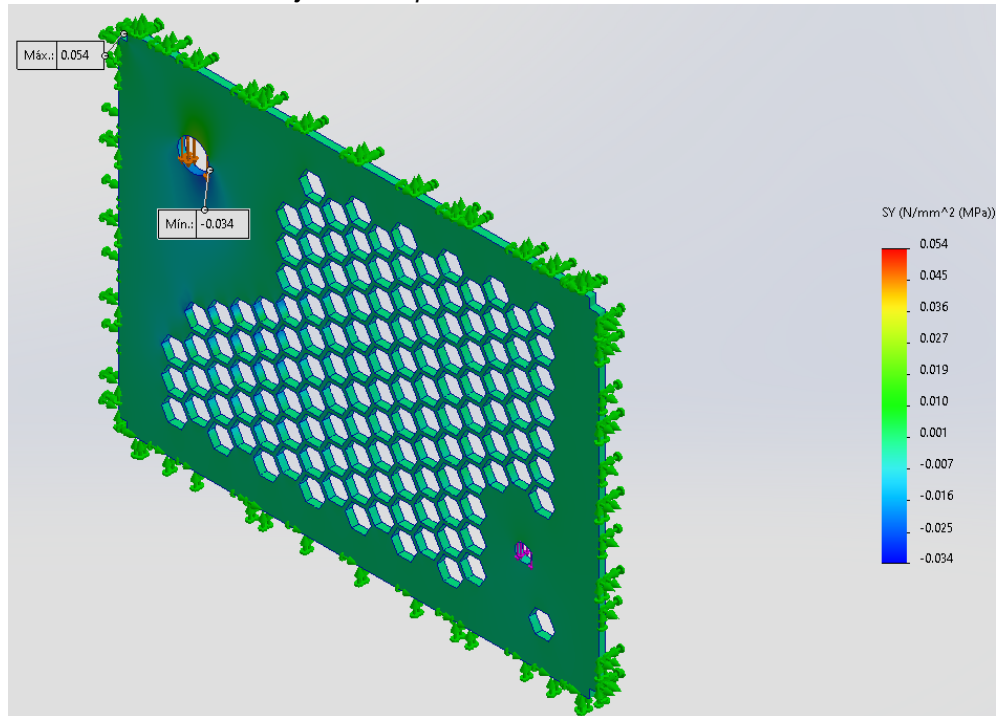
Fuente: Propia.

Posteriormente, se realizó el estudio estático para el panel lateral después de suprimir las áreas indicadas por el análisis de topología. Se identificó que los elementos que generarán cargas son la rueda manivela y la polea, transmitirán su peso mediante los ejes que se ensamblarán al panel lateral.

Como se muestra en la Figura 73, para el panel lateral también se asignó el material de fibras de agave y polietileno de alta densidad, se definieron sujeciones de geometría fija en las zonas de contacto con el perfil extruido y en los barrenos donde se ensamblarán los ejes. Las cargas presentes serán de 15.659 N y 1.325 N , correspondientes a la fuerza ejercida por la rueda manivela y la polea. Se estableció un trazado de malla predeterminado con tamaño máximo y mínimo de 2.50 mm y 2.25 mm, respectivamente. Como se presenta en la Figura 74, los desplazamientos resultantes serán casi nulos; además, las tensiones máximas y mínimas mostradas en la Figura 73 serán de 0.054 MPa y -0.034 MPa respectivamente. Se concluyó que el panel lateral también resistirá las cargas que son inferiores al límite de resistencia a la tracción del material indicado.

Figura 73

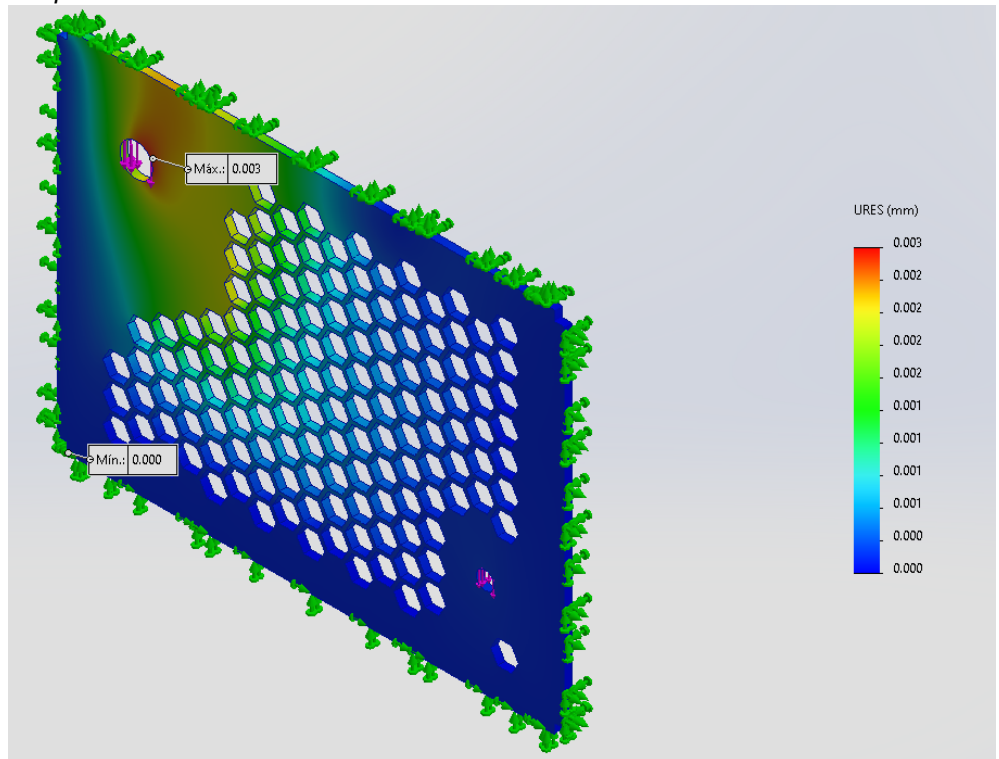
Tensiones normales al eje Y en el panel lateral.



Fuente: Propia.

Figura 74

Desplazamientos resultantes.



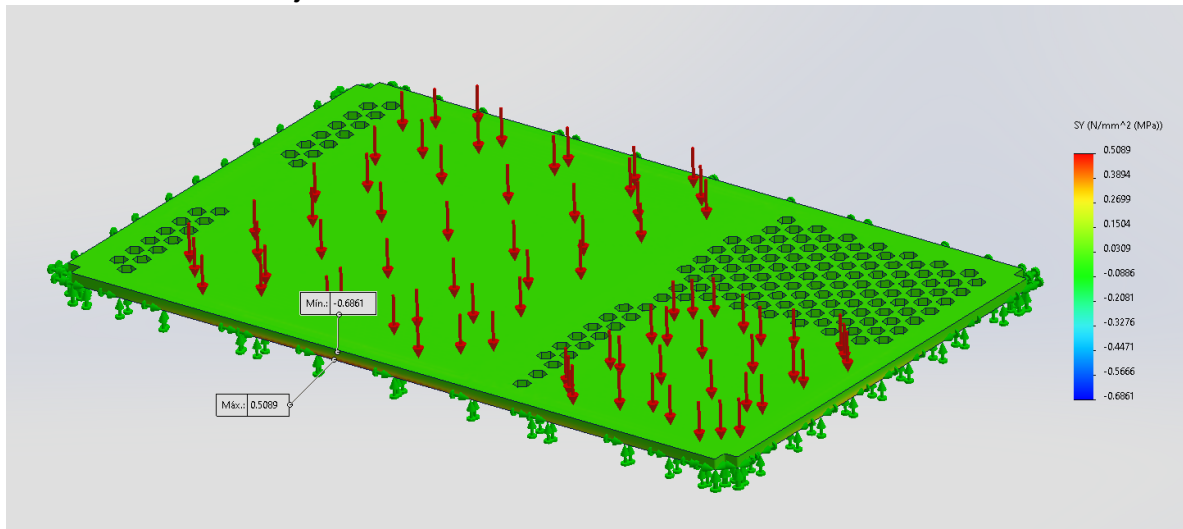
Fuente: Propia.

Igualmente, se ejecutó el análisis estático para la cubierta inferior, considerando como cargas presentes el peso de la batería y del alternador 117.72 N y 38.16 N , respectivamente. También, se asignó el material de agave y polietileno de alta densidad, se definieron sujeciones de geometría fija en las zonas de contacto con el perfil extruido y se estableció un trazado de malla predeterminado con tamaño máximo y mínimo de 2.50 mm y 2.25 mm , respectivamente.

Como se muestra en la Figura 76, el desplazamiento resultante máximo será de 0.6263 mm en el área en donde se colocará la batería; además, las tensiones máximas y mínimas serán de 0.054 MPa y -0.034 MPa respectivamente (Figura 75). Se concluyó que el panel inferior también resistirá las cargas que son inferiores al límite de resistencia a la tracción del material indicado.

Figura 75

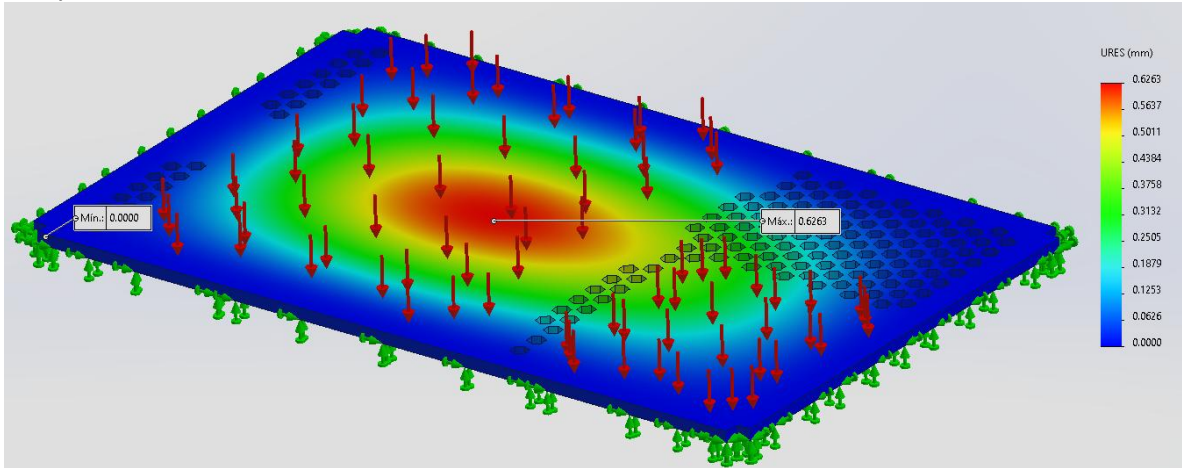
Tensiones normales al eje Y en la cubierta inferior.



Fuente: Propia.

Figura 76

Desplazamientos resultantes.

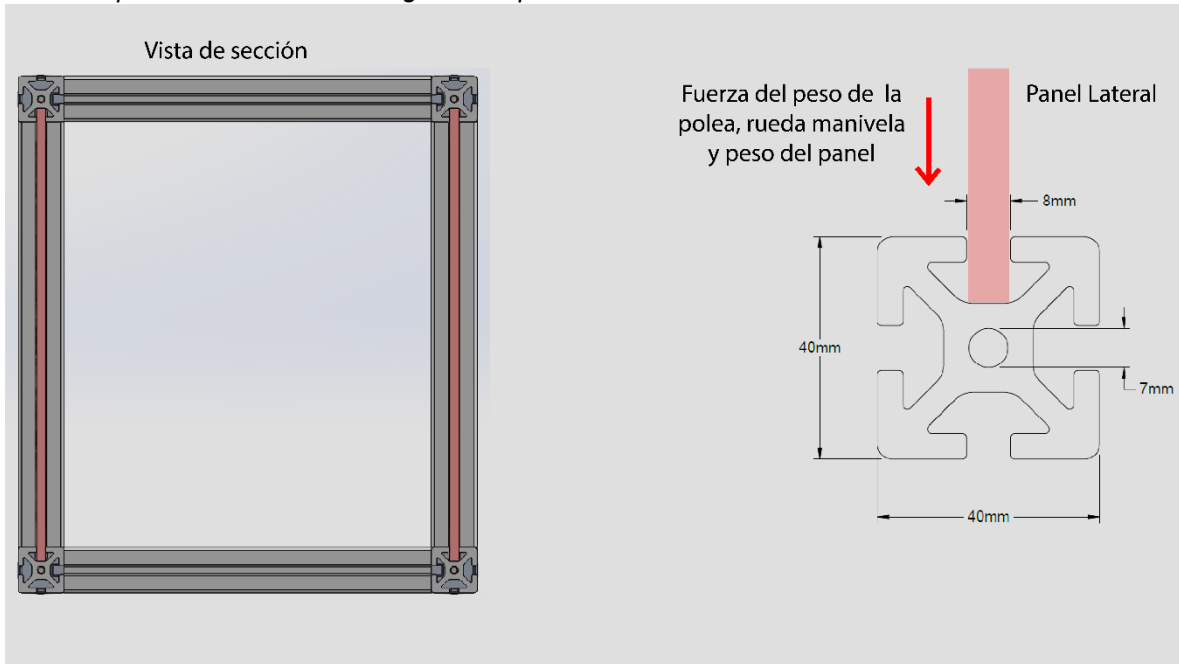


Fuente: Propia.

Finalmente, se realizó el análisis estático de la estructura conformada por los perfiles extruidos. Primero, se establecieron las sujeciones de geometría fija en la parte inferior y se configuró el valor de la magnitud del peso que ejerce la polea, la rueda manivela, el panel, la batería y el alternador. Debido a la forma en que se ensamblarán los paneles laterales y la base, se indicó la zona del perfil en donde recaerán las cargas para el panel lateral y para la base (ver Figuras 77 y 78).

Figura 77

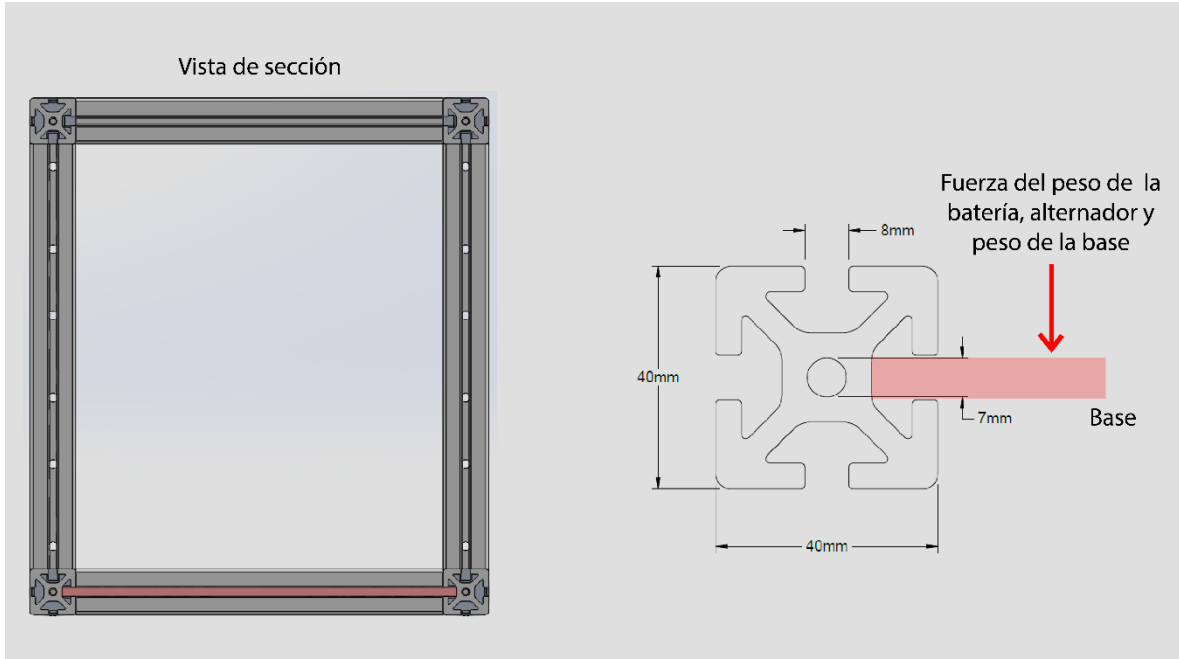
Zona del perfil donde recae la carga de los paneles laterales.



Fuente: Propia.

Figura 78

Zona del perfil donde recae la carga de la base.

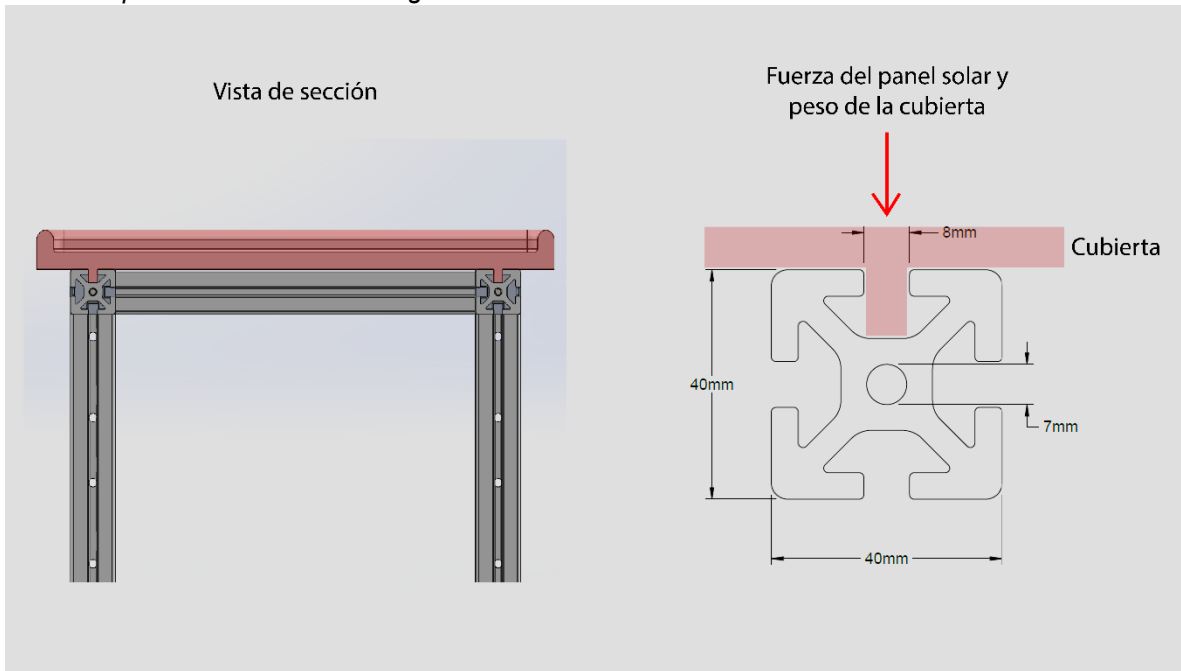


Fuente: Propia.

Para los pesos del panel solar y de la cubierta se contempló la geometría tanto de la cubierta como de los perfiles; ya que la cubierta se apoyará en las zonas superior e interior de los perfiles, como se muestra en la Figura 79.

Figura 79

Zona del perfil donde recae la carga de la cubierta.

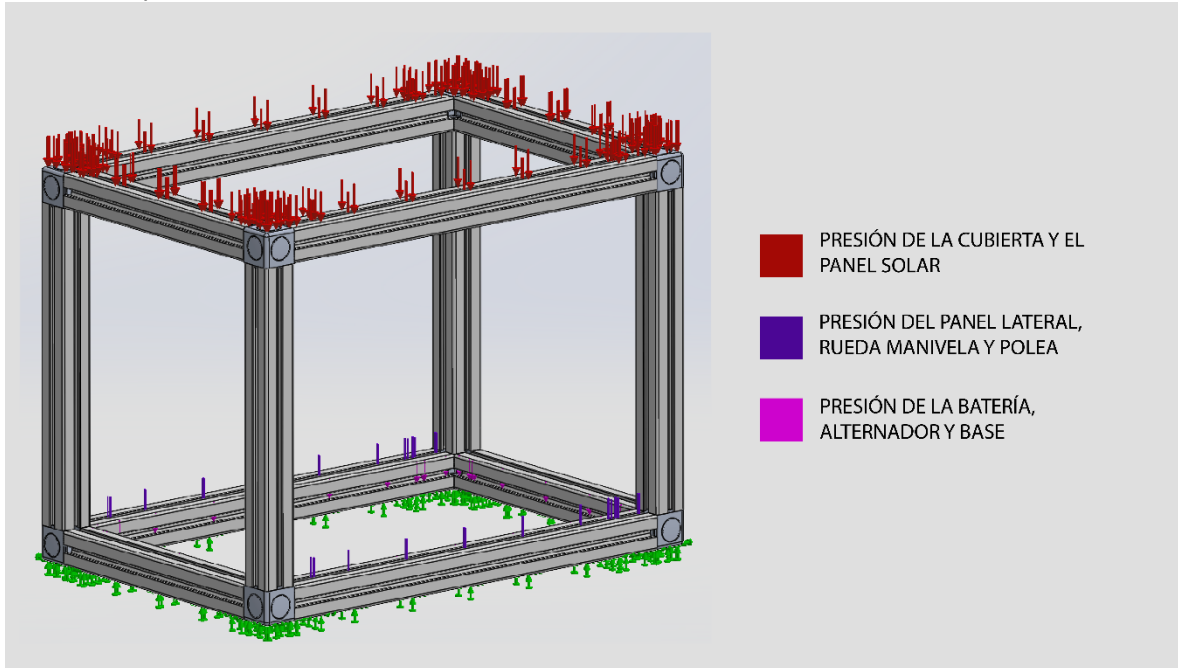


Fuente: Propia.

Como se observa en la Figura 80, la fuerza aplicada se configuró a lo largo y dentro de los perfiles como una presión distribuida, para el caso de la cubierta superior se aplicó dentro de los perfiles y en la parte superior.

Figura 80

Presiones aplicadas en la estructura.

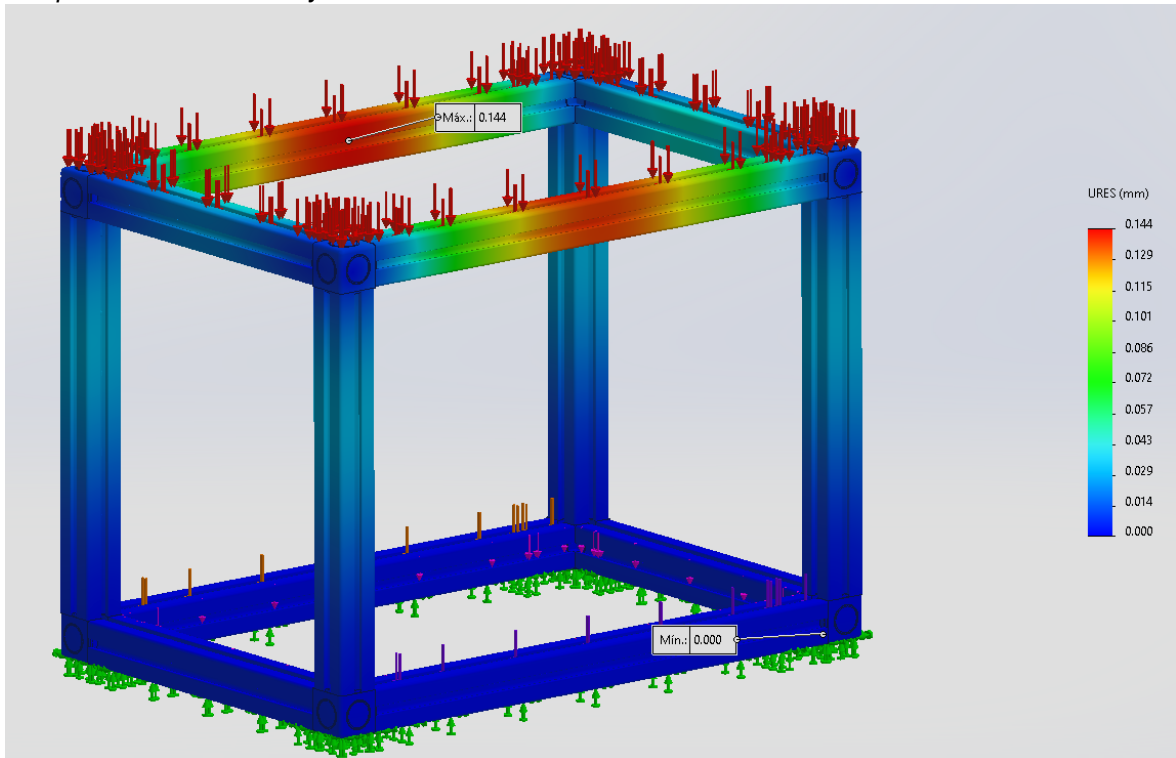


Fuente: Propia.

Se configuró una mallado fino con tamaño máximo de elemento de 5 mm y mínimo de 2.5 mm, como se presenta en las Figuras 81 y 82, las tensiones máximas y mínimas fueron de 2.548 MPa y -1.373 MPa, respectivamente. Las tensiones promedio en la estructura fueron de -8.932 MPa. Por lo tanto, se identificó que las tensiones son menores al límite de resistencia a la tracción del material seleccionado (23.54 MPa) y se concluyó que la estructura soportará las cargas aplicadas.

Figura 81

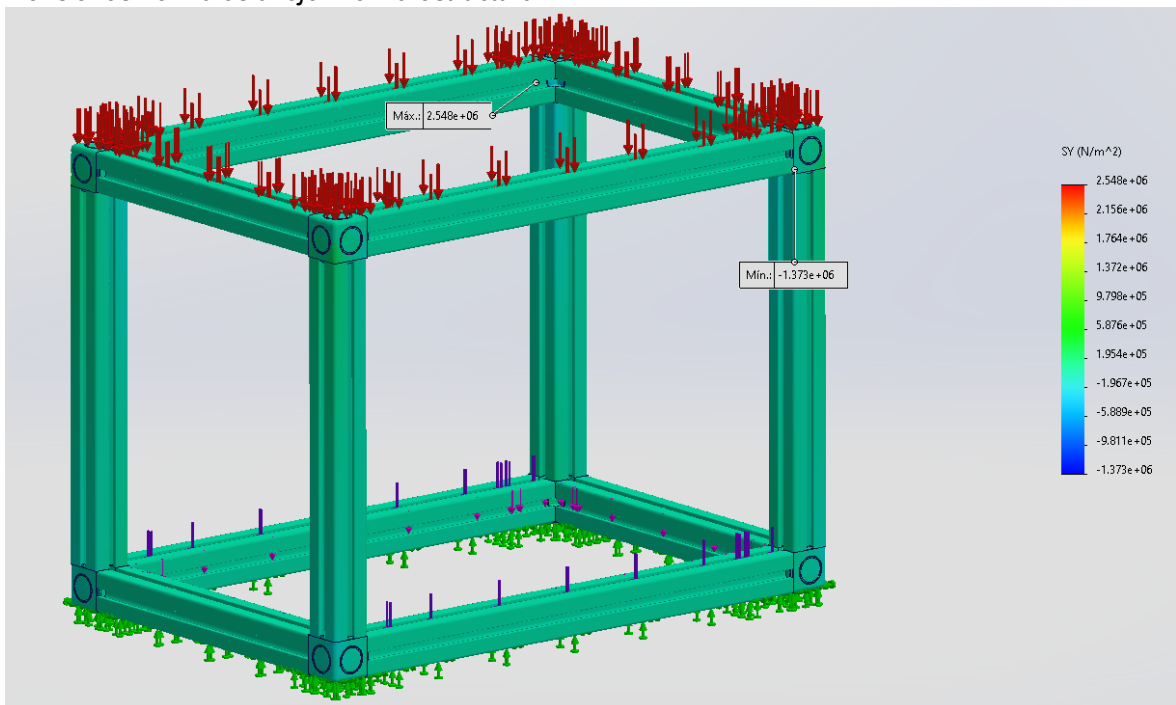
Desplazamiento máximo y mínimo en la estructura.



Fuente: Propia.

Figura 82

Tensiones normales al eje Y en la estructura.



Fuente: Propia.

4.4 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA SIMPLIFICADO

Como se mencionó en el punto 4 de las estrategias de la rueda del ecodiseño, se realizó el Análisis del Ciclo de Vida simplificado para evaluar el impacto ambiental del sistema del generador de energía renovable y la estructura hecha con el material compuesto, abarcando hasta la fase previa a la distribución ya que no se contó con la información necesaria para examinar estas etapas.

A continuación, se describen las primeras etapas incluidas en las normas UNE-EN 50693 (2020); Reglas de categoría de producto para el análisis del ciclo de vida de productos y sistemas eléctricos y electrónicos. Y la normativa ISO 14040 (2006); Gestión ambiental, Análisis del ciclo de vida, Principios y marco de referencia, (definición de objetivo y alcance, y análisis de inventario), las cuales se complementaron posteriormente con la estimación de la huella de carbono y una interpretación de los resultados:

1. Adquisición de materias primas: Se espera que tanto los pellets de polietileno de alta densidad como las fibras de agave se obtengan en el territorio mexicano. De forma específica, las fibras de agave se obtendrán en el estado de Oaxaca o en caso de escasez, se recurriría a productores de tequila en el estado de Jalisco. Con el material compuesto se fabricarán piezas como los perfiles extruidos, cubiertas, paneles laterales, la base, la rueda manivela y la polea.

En el caso de componentes internos (la batería, el alternador y el panel solar) se comprarán con distribuidores nacionales, estos componentes ya vienen ensamblados y listos para su funcionamiento.

En el caso de componentes como los ejes para ensambles entre la rueda manivela, la polea y el alternador se obtendrán de proveedores nacionales, al igual que elementos de sujeción como el embolo de resorte para ajustar la jaladera, roscas, tornillos y tuercas.
2. Proceso de fabricación: Se tendrán principalmente dos procesos para elaborar los componentes hechos con el material compuesto reforzado con fibras de agave: inyección de plástico con moldes y extrusión de plástico. La inyección de plástico se utilizará para elementos con geometrías complejas que no puedan obtenerse mediante extrusión, como los paneles laterales, la cubierta superior y la base. La extrusión de plástico se ocupará para los perfiles de 40 mm x 40 mm que debido a su geometría no pueden fabricarse mediante la inyección de plástico.

La mayoría de elementos hechos con aluminio o acero ya están prefabricados y sólo necesitan ensamblarse, sin embargo, podrían elaborarse mediante el torneado manual o fresado CNC.

- a) Definición de objetivo y alcance: Se determinó desarrollar el Análisis del Ciclo de Vida del proceso de manufactura de la estructura para un generador de energía renovable empleando materiales compuestos reutilizados para determinar su impacto ambiental.

El estudio abarcó desde la obtención materia prima hasta la manufactura de los componentes que conforman la estructura y el sistema generador de energía renovable, en términos de ecodiseño se indicaría que desde la cuna a la puerta. Es importante mencionar que la etapa de transporte de materiales no fue considerada en la estimación del impacto ambiental debido a que la compra y obtención de materiales es gestionada por las empresas proveedoras.

El proceso de fabricación de los componentes inicia con la quema del agave para procesar su piña y posteriormente obtener el mezcal, de lo que se genera el desecho conocido como bagazo del cual se consiguen fibras. Antes de mezclar estas fibras con un material termoplástico se secan y se tratan con hidróxido de sodio para alcanzar una limpieza profunda, mejorar su adhesión y propiedades mecánicas entre 10-15% (Saraswat, Sharma y Sharma, 2023).

Después, las fibras se trituran y mezclan con pellets de polietileno de alta densidad, ambos materiales se funden en una máquina extrusora de plástico para obtener pellets del material compuesto, los cuales pueden inyectarse en moldes para generar partes de la estructura como los paneles o la base, o extruirse para elaborar los perfiles.

- b) Análisis del inventario:

Se utilizó el software de código abierto OpenLCA para cuantificar el impacto ambiental que generarán las piezas producidas mediante las bases de datos gratuitas precargadas Ecoinvent 35 LCIA method, LCIA 2.0 y LCI 2019, para ello se calculó la masa del material compuesto que se requiere para producir cada componente.

Asimismo, se investigó la cantidad de energía que sería empleada para la manufactura de las piezas, así como la energía producida por los hornos y de las diferentes máquinas que se ocuparían. Para la

realización del Análisis del Ciclo de Vida simplificado primero se desarrolló el escenario en donde las piezas serán manufacturadas con materiales comunes; en el caso de la agarradera, la rueda manivela y la polea se estipuló fundición de aluminio y para los perfiles se determinó extrusión de aluminio. En un segundo escenario se estableció que las piezas serán fabricadas con el material compuesto para comparar los impactos ambientales.

De acuerdo con Brevick, Mount-Campbell y Mobley (2004), una cámara enfriadora para fundición a presión de aluminio se compone de cuatro etapas, teniendo el siguiente consumo energético:

1. Fundición en el horno de gas que consume 9495 MJ/h.
2. Recepción/mantenimiento central de la aleación en un horno eléctrico que consume 949.5 MJ/h
3. Mantenimiento de la aleación en una máquina de fundición a presión que consume 126.61 MJ/h
4. Celda de fundición a presión que consume 85.46 MJ/h

La suma de las etapas anteriores brinda un total de 10657 MJ/h.

Posteriormente, se calculó el tiempo de manufactura, costo unitario y tasa de producción para las piezas de aluminio mediante función ocupando el estimador de la página web Custompart (<https://www.custompartnet.com>), en donde se ingresaron parámetros como el volumen de cada pieza, proceso de manufactura, número de piezas por producir y materia prima. Posteriormente, se calculó el consumo total de energía mostrado en la Tabla 19.

Tabla 19

Consumo de energía para la manufactura de moldeo a presión.

PIEZA	TIEMPO DE MANUFACTURA (h)	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/h)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Polea	0.0064	10657	68.31410256
Rueda manivela	0.0156		166.515625
Agarradera	0.0135		144.0135135

Fuente: Propia.

Después, se estimó el consumo energético del proceso de extrusión de aluminio para los perfiles de la estructura. De acuerdo con Sato & Nakata (2020), la extrusión de aluminio consume 71.82 MJ/Kg desde la obtención del material hasta el maquinado, el consumo de energía total para los perfiles calculado se presenta en la Tabla 20.

Tabla 20*Consumo de energía para la manufactura de perfiles extruidos de aluminio.*

PIEZA	MASA (kg)	CANTIDAD	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Perfil extruido 320 mm	0.7934	4	71.82	227.928
Perfil extruido 370 mm	0.90348	4		259.552
Perfil extruido 520 mm	1.28929	4		370.387

Fuente: Propia.

En el segundo análisis se calculó el consumo de energía total mostrado en la Tabla 21, los valores máximos de consumo energético para la creación en conjunto de pellets de HDPE, inyección y extrusión de plástico se retomaron de Thiriez & Gutowski (2006).

Tabla 21*Consumo de energía por fase.*

FASE	CONSUMO (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ/kg)
Producción del material termoplástico	111.5	137.57
Producción de pellets	8.01	
Máquina eléctrica de inyección	18.06	

Fuente: Thiriez & Gutowski (2006).

También, se estimaron las masas de las piezas que serán fabricadas con el material compuesto a través de los modelos generados en el software SolidWorks. En la Tabla 22 se observa la energía consumida para cada componente, el cálculo se hizo multiplicando la masa unitaria por el consumo de energía total.

Tabla 22*Consumo de energía para la manufactura de piezas por el método de inyección.*

PIEZA	MASA (kg)	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Agarradera	1.2	137.57	165.084
Base	1.312		180.513
Cubierta	4.613		634.664
Panel lateral derecho	1.122		154.366
Panel lateral izquierdo	1.122		154.366
Panel frontal	1.027		141.401
Panel posterior	1.027		141.401
Polea	0.134		18.517
Rueda manivela	1.586		215.407

Fuente: Propia.

De acuerdo con Thiriez & Gutowski (2006), el consumo de energía por kilogramo para el proceso de extrusión es proporcional a la mitad empleada en el proceso de inyección, en la Tabla 23 se muestran los cálculos hechos considerando esta especificación.

Tabla 23

Consumo de energía para la manufactura de los perfiles extruidos.

PIEZA	MASA (kg)	CANTIDAD	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Perfil extruido 320 mm	0.27923	4	68.785	76.828
Perfil extruido 370 mm	0.31797	4		87.487
Perfil extruido 520 mm	0.45375	4		124.844

Fuente: Propia.

Posteriormente, se hicieron los cálculos del consumo de energía para las siguientes piezas restantes: conector de esquina, correa, eje de la rueda manivela, eje de la polea, émbolo de resorte, rosca que se ensambla al eje de la rueda manivela, rosca del eje de la polea, tuerca de bloqueo, tornillos, batería, alternador, ruedas y panel solar.

Zhang et al. (2021) calculó consumos de energía para distintas máquinas eléctricas y procesos de manufactura, entre los cuales se encuentra el consumo de energía para procesos como fresado, torneado, endurecimiento de superficies, fundición de aluminio y acero, entre otros. De esta investigación se retomaron valores para el consumo de energía correspondientes al proceso de manufactura de las piezas restantes.

Para el caso de piezas como los conectores de esquinas, émbolos de resorte, roscas, tornillos y tuerca de bloqueo; su manufactura se compone de varios procesos como extrusión o fundición del material, torneado, fresado, corte, entre otros; el consumo total de energía para estos componentes se muestra en la Tabla 24.

Tabla 24*Consumo de energía para la manufactura de piezas maquinadas*

PIEZA	MASA TOTAL (kg)	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Conector de esquinas	0.8370	30.96	25.9123
Émbolo de resorte	0.1822		5.6422
Rosca del eje de la polea	0.0081		0.2495
Rosca del eje de la rueda manivela	0.0168		0.5211
Tornillos	0.1704		5.2756
Tuerca de bloqueo	0.1303		4.0341

Fuente: Propia.

En dicha investigación también se indica que se requiere una energía de 13428 kJ para la manufactura de un eje de 200 gramos, en la Tabla 25 se observa el consumo total de energía para los ejes de la polea y de la rueda manivela.

Tabla 25*Consumo de energía para la manufactura de los ejes.*

PIEZA	MASA (kg)	CONSUMO DE ENERGÍA (kJ)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Eje de la polea	0.2153	13428	2.8904
Eje de la rueda manivela	0.3584		4.8126

Fuente: Propia.

Para el análisis de la correa, se encontró que Chapman (2007) estimó que el consumo energético para la manufactura de este tipo de piezas es de 1000 MJ/Kg. En la Tabla 26 se observan los cálculos para el consumo de energía de la banda utilizada en el sistema.

Tabla 26*Consumo de energía para la manufactura de la correa.*

PIEZA	MASA (kg)	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL (MJ)
Correa	0.26266	1000	262.66

Fuente: Propia.

Para el caso de la batería, se investigó el consumo de energía que requiere la fabricación de las celdas debido a que la batería propuesta será adquirida con un proveedor externo. En el trabajo de Degen et al. (2023) se encontró que el consumo de energía en la producción de celdas de litio ferro-fosfato (LFP), conocidas por sus siglas en inglés como Lithium Ferrum Phosphate (LiFePO₄), es de 37.5 kWh. En la Tabla

27 se observan los cálculos hechos para el consumo de energía total para la batería de LFP, en donde se consideró que un kWh es equivalente a 3.6 MJ.

Tabla 27

Consumo de energía para la manufactura de la batería.

PIEZA	CONSUMO DE ENERGÍA (kWh)	CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL (MJ)
Batería	37.50	135

Fuente: Propia.

El panel solar será proveído por el mismo fabricante de la batería; de acuerdo con Fthenakis, Kim & Alsema (2008), el consumo de energía para producir celdas monocristalinas de silicio es de 250 kWh por metro cuadrado. Contemplando que las dimensiones del panel son de 178.5 x 42 cm ($0.7497m^2$), se obtuvo el consumo de energía por metro cuadrado y total correspondiente al panel utilizado que se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28

Consumo de energía para la manufactura del panel solar.

PIEZA	ÁREA (m^2)	CONSUMO DE ENERGÍA POR METRO CUADRADO (kWh)	CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL (MJ)
Panel solar 110 Wh	0.7497	250	187.4250

Fuente: Propia.

Para el caso de las ruedas, se hizo una aproximación de su consumo energético y manufactura debido a la escasez de información disponible, en su fabricación se involucran diferentes procesos debido a los diferentes componentes que las conforman como tornillos, cojinetes, placas metálicas y la llanta de caucho.

Se consideraron los distintos procesos como el torneado, fresado y conformación que se involucran; se retomaron datos de algunos de ellos incluidos en la Tabla 24. Inicialmente se consideró una energía de 30.96 MJ/kg y se agregó el consumo de operaciones que se involucrarán; como el corte, limpieza, fundición de acero para algunas piezas y tratamientos superficiales; con lo cual se obtuvo una energía total de 189.12 MJ/kg. Después, se calculó la masa de cada componente de la estructura de la rueda; además, se estimó la masa de caucho considerando el consumo de energía de 1000 MJ/kg incluido en la Tabla 26. Los cálculos del consumo de energía total para la fabricación de la rueda se observan en la Tabla 29.

Tabla 29*Consumo de energía para la manufactura de las ruedas.*

PIEZA	MASA (Kg)	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Estructura de la rueda	0.3206	189.1200	60.6403
Rueda de caucho	0.1100		20.8010

Fuente: Propia.

Para el cálculo del consumo de energía en la fabricación del alternador se consideró la información de Fatimah & Biswas (2016) para generar componentes remanufacturados de menor precio mediante el reciclaje de piezas.

Por lo tanto, se evaluaron las operaciones de inspección y fabricación de alternadores reutilizados para medir su impacto ambiental, se comparó el consumo de energía para la manufactura de un alternador nuevo (265 MJ/kg) y de alternadores reutilizados, estos últimos tuvieron un ahorro del 75% en el consumo de energía (65.5 MJ/kg).

En este proyecto se consideró ocupar un alternador nuevo, sin embargo, para un trabajo a futuro se podría emplear un alternador remanufacturado como alternativa para disminuir el impacto ambiental y ahorrar costos. En la Tabla 30 se muestra la estimación del consumo de energía para fabricar un alternador nuevo.

Tabla 30*Consumo de energía para la manufactura del alternador.*

PIEZA	MASA (Kg)	CONSUMO DE ENERGÍA (MJ/kg)	CONSUMO TOTAL (MJ)
Alternador	3.89	265	1030.85

Fuente: Propia.

Posteriormente, se calcularon el tiempo de producción, consumo de energía y la masa de los alternadores, para estimar la huella de carbono e impacto ambiental mediante el software OpenLCA. Por lo tanto, se creó un proceso para cada uno de los dos análisis, el primero contemplando que el sistema generador de energía será fabricado con piezas comerciales y el segundo estableciendo que las piezas se elaborarán con el material compuesto.

En las Figuras 83 y 84 se muestran los materiales configurados para ambos escenarios, también se incluyeron los datos de cantidad de piezas y consumo de energía en la fabricación.

Figura 83

Ingresos y salidas de elementos para el sistema generador de energía sin material compuesto.

Inputs				
Flow	Category	Amount	Unit	Provider
Add Extruded Ethylene PropyleneDiene (EPDM) Rubber - AU	Components/Extrusions Rubber	0.37260	kg	
Add Hot Rolled Cast Iron Shape ex 99.9%PCR Fischer Converter - PAO	Metals/Iron Cast & Ductile	4.49980	kg	
electricity mix	Energy carriers and technologies/Electricity	4390.13550	MJ	Electricity Mix, consumption mix, at consumer, AC, 1kV - 60kV - UCTE
polyethylene high density granulate (PE-HD)	Materials production/Plastics	10.22543	kg	Polyethylene high density granulate (PE-HD), production mix, at plant - RER
Road Haul Stainless Steel Hot Rolled Item 100km 2%PCR - GLO	Metals/Steel Stainless 316	0.32060	kg	Road Haul Stainless Steel Hot Rolled Item 100km 2%PCR - GLO
Ship Al6060 Aluminium Extrusion ex Victoria Lignite Power 3000km 20%PCR - AU	Metals/Aluminium 6060	18.78700	kg	Ship Al6060 Aluminium Extrusion ex Victoria Lignite Power 3000km 20%PCR - AU
Domestic Extraction Used - Primary Crops - Agave Fibres nes	Resource/unspecified	1.02254	kg	

Outputs									
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Revenues	Uncertainty	Avoided product	Provider	Data quality entry	Location
Generator		1.00000	Item(s)		none				

Fuente: Propia.

Figura 84

Ingresos y salidas de elementos para el sistema generador de energía contemplando el uso del material compuesto.

Inputs						
Flow	Category	Amount	Unit	Uncertainty	Provider	Data quality entry
Add Extruded Ethylene PropyleneDiene (EPDM) Rubber - AU	Components/Extrusions Rubber	0.37260	kg	none	Add Extruded Ethylene PropyleneDiene (EPDM) Rubber - AU	
electricity mix	Energy carriers and technologies/Electricity	3944.45150	MJ	none	Electricity Mix, consumption mix, at consumer, AC, 1kV - 60kV - UCTE	
polyethylene high density granulate (PE-HD)	Materials production/Plastics	17.35041	kg	none	Polyethylene high density granulate (PE-HD), production mix, at plant...	
Road Haul Stainless Steel Hot Rolled Item 100km 2%PCR - GLO	Metals/Steel Stainless 316	0.32060	kg	none	Road Haul Stainless Steel Hot Rolled Item 100km 2%PCR - GLO	
Ship Al6060 Aluminium Extrusion ex Victoria Lignite Power 3000km 20%PCR - AU	Metals/Aluminium 6060	3.07120	kg	none	Ship Al6060 Aluminium Extrusion ex Victoria Lignite Power 3000km 20...	
Domestic Extraction Used - Primary Crops - Agave Fibres nes	Resource/unspecified	1.73504	kg	none		

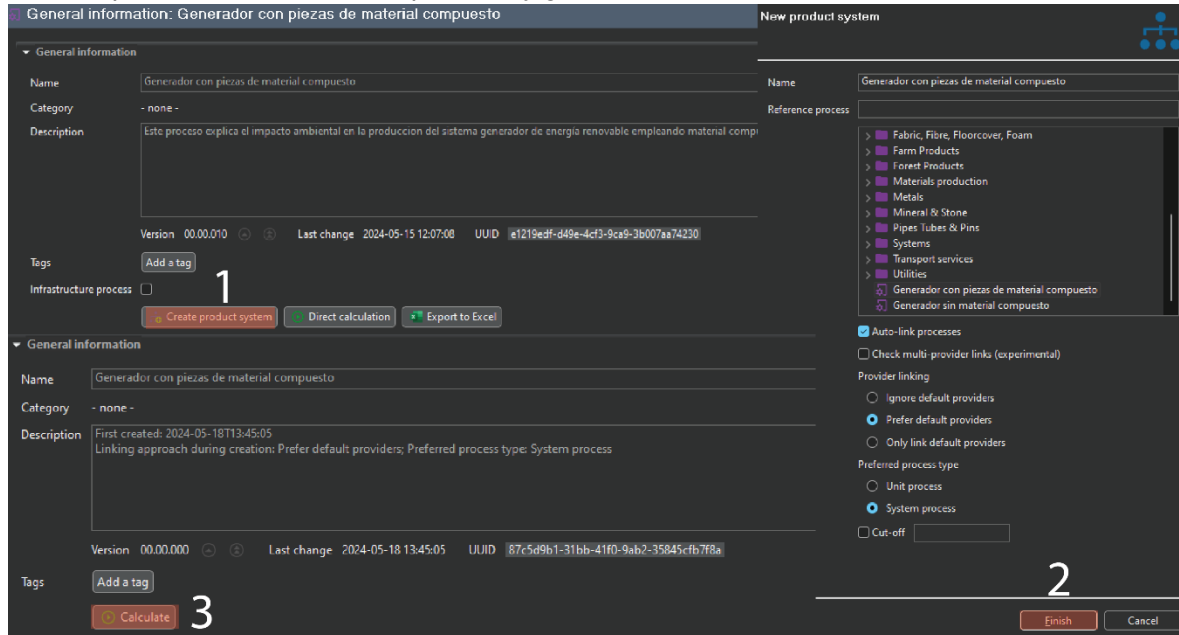
Outputs										
Flow	Category	Amount	Unit	Costs/Revenues	Uncertainty	Avoided product	Provider	Data quality entry	Location	Description
Generator		1.00000	Item(s)		none					

Fuente: Propia.

Posteriormente, se creó un sistema del producto en la pestaña de Información general y se calculó la cantidad de dióxido de carbono que se producirá en 20 y 100 años empleando el método CML 2001, como se observa en las Figuras 85 a 89, se utilizó este método debido a que éste incluye una cantidad de datos más amplia que otros métodos como lo puede ser el Eco-indicator 99, donde este último se centra más en daños finales y utiliza un solo indicador, lo cual lo hace menos detallado que el método utilizado.

Figura 85

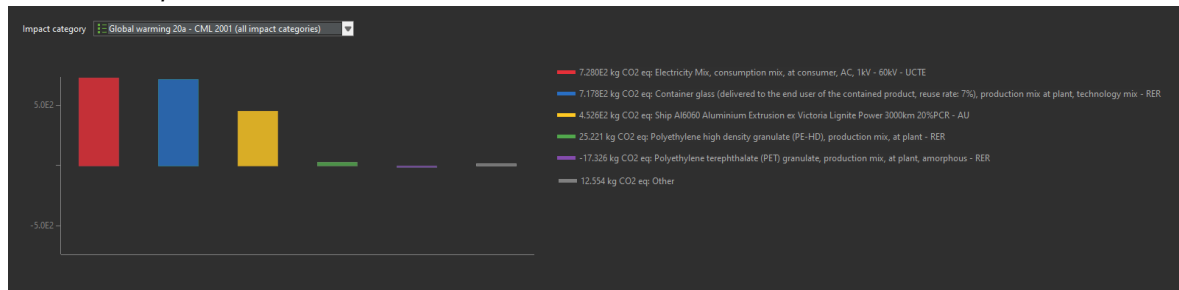
Proceso para crear el sistema del producto y generar el análisis.



Fuente: Propia.

Figura 86

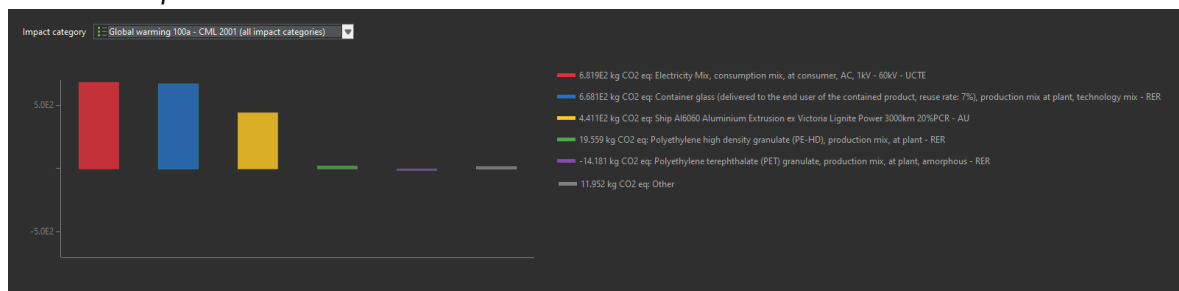
Cantidad de dióxido de carbono producida a 20 años para el sistema generador de energía fabricado sin material compuesto.



Fuente: Propia.

Figura 87

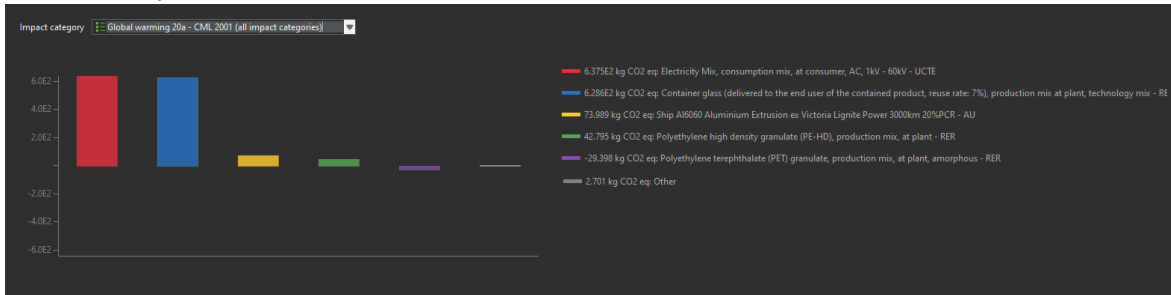
Cantidad de dióxido de carbono producida a 100 años para el sistema generador de energía fabricado sin material compuesto.



Fuente: Propia.

Figura 88

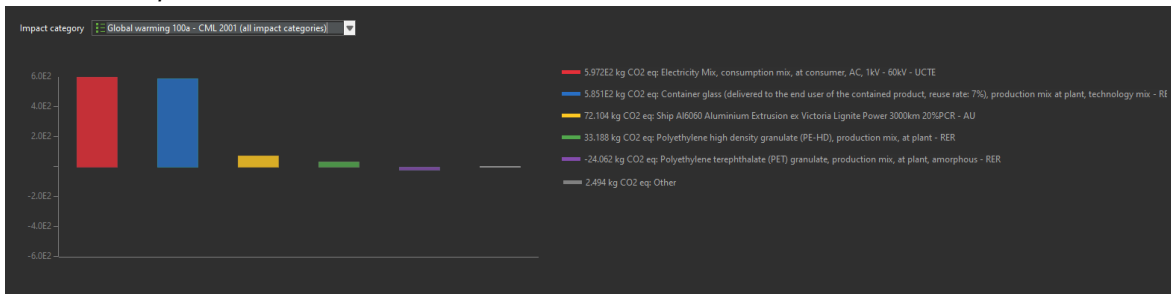
Cantidad de dióxido de carbono producida a 20 años para el sistema generador de energía fabricado con material compuesto.



Fuente: Propia.

Figura 89

Cantidad de dióxido de carbono producida a 100 años para el sistema generador de energía fabricado con material compuesto.



Fuente: Propia.

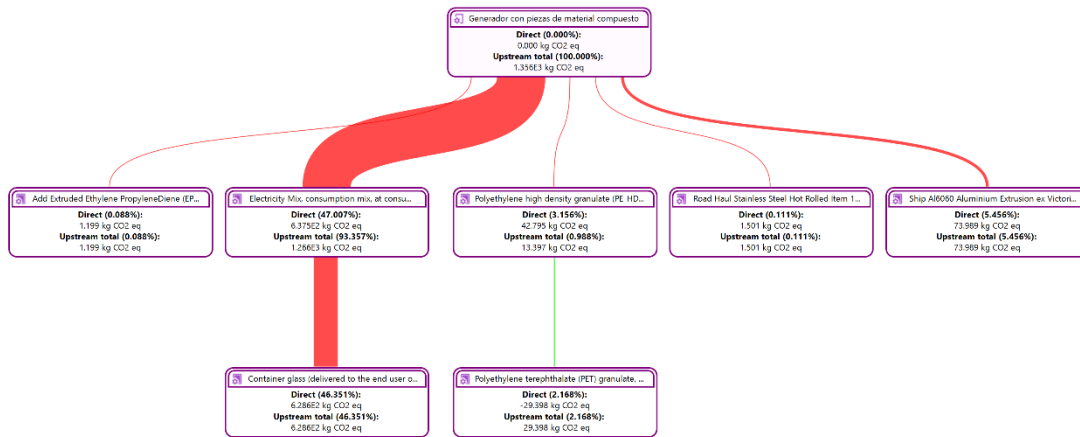
Es importante observar que la cantidad de dióxido de carbono emitida al fabricar el sistema generador de energía que no contiene materiales compuestos será de 7.28 kg en 20 años y de 6.81 kg en 100 años; en cambio, las emisiones disminuirán ocupando el material compuesto a 6.37 kg en 20 años y 5.97 kg en 100 años.

También resalta que las actividades que más dióxido de carbono producirán son la generación y uso de energía para la obtención, procesamiento y manufactura de los materiales; así como el uso de elementos que interactúan después, como el transporte y los contenedores donde se almacenarán los materiales para su producción. En ambos sistemas en primer lugar se encuentra la energía, seguida por los contenedores de vidrio que de acuerdo con los cálculos pueden involucrarse en el transporte de materiales requeridos para la fabricación. Después, se encuentra el metal y finalmente los materiales plásticos.

Gracias a esta comparativa, se concluye que el sistema que emplea el material compuesto presenta ventajas en el diseño al reducirse su peso, será más fácil su reparación y tendrá un aporte significativo al reutilizar materiales como las fibras de agave. Resaltará la contribución que se tendrá al disminuir el calentamiento global por la reducción en la producción de dióxido de carbono a largo plazo.

En la Figura 90 se muestra el diagrama de Sankey, en el cual se observan los flujos y cantidades a usarse en el proceso de producción del sistema generador de energía que incorpora materiales compuestos, en donde el ancho de las líneas es directamente proporcional al volumen de flujo de energía consumido, así como el volumen de emisiones generadas por el proceso total.

Figura 90
Diagrama de Sankey con entradas y salidas del sistema.



Fuente: Propia.

En el diagrama aparecen las entradas usadas por el software para el cálculo del impacto ambiental, tales como la energía consumida en cada proceso, y la masa de cada material a ser usado en la fabricación; se considera la energía requerida para la obtención de materiales, la energía requerida por la maquinaria para procesamiento de materiales y la energía total para la fabricación del sistema. En el caso de este análisis y en el diagrama, se muestran los procesos que más consumen energía, los cuales son la extrusión de polietileno de alta densidad, la energía requerida, el granulado de polietileno de alta densidad, el transporte por carretera del acero inoxidable y el transporte del aluminio.

Habiendo procesado los datos de la energía cuantificada se mencionan los procesos y sus cantidades:

Incluye la entrada del etileno y propileno extruido con un aporte de 1.199 kg de CO₂ equivalente, el consumo de energía mixto con un aporte de 637.5 kg de CO₂ equivalente, siendo este el proceso que más aporta a la entrada del sistema, seguido del envasado en vidrio con un aporte de 628.6 kg de CO₂ el cual el programa lo toma en cuenta al final del proceso de producción y transporte ya que puede ser requerido en diversos métodos de manufactura.

Siguiendo con las entradas se encuentra el polietileno de alta densidad con 42.795 kg de CO₂ equivalente, el transporte terrestre del aluminio con un aporte de 1.501 kg de CO₂ equivalente y finalmente la extrusión del aluminio 6060 con un aporte de 73.989 kg de CO₂ equivalente.

Es importante mencionar que estos cinco procesos son los que más aportan al análisis del sistema y por esto mismo el programa no toma en cuenta procesos que aporten una cantidad insignificante para el cálculo, como lo es el proceso de obtención, producción y procesamiento de las fibras de agave, las cuales están tomadas en cuenta para realizar el análisis del ciclo de vida, pero no se encuentran mostradas en el diagrama de Sankey.

Así mismo cabe resaltar que el tereftalato de polietileno (PET) al provenir de una fuente reciclada y/o reutilizada se observa en el diagrama que cuenta con un aporte negativo de -29.398 kg de CO₂ equivalente, lo cual quiere decir que el proceso de reciclar y/o reutilizar este material disminuye el dióxido de carbono generado al final.

Finalmente, se realiza la suma de entradas, la resta del valor aportado por el PET y en el cuadro superior del diagrama se despliega la salida total la cual es de 1356.186 kg de dióxido de carbono equivalente generado a 20 años.

4.5 MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DE BAJA FIDELIDAD

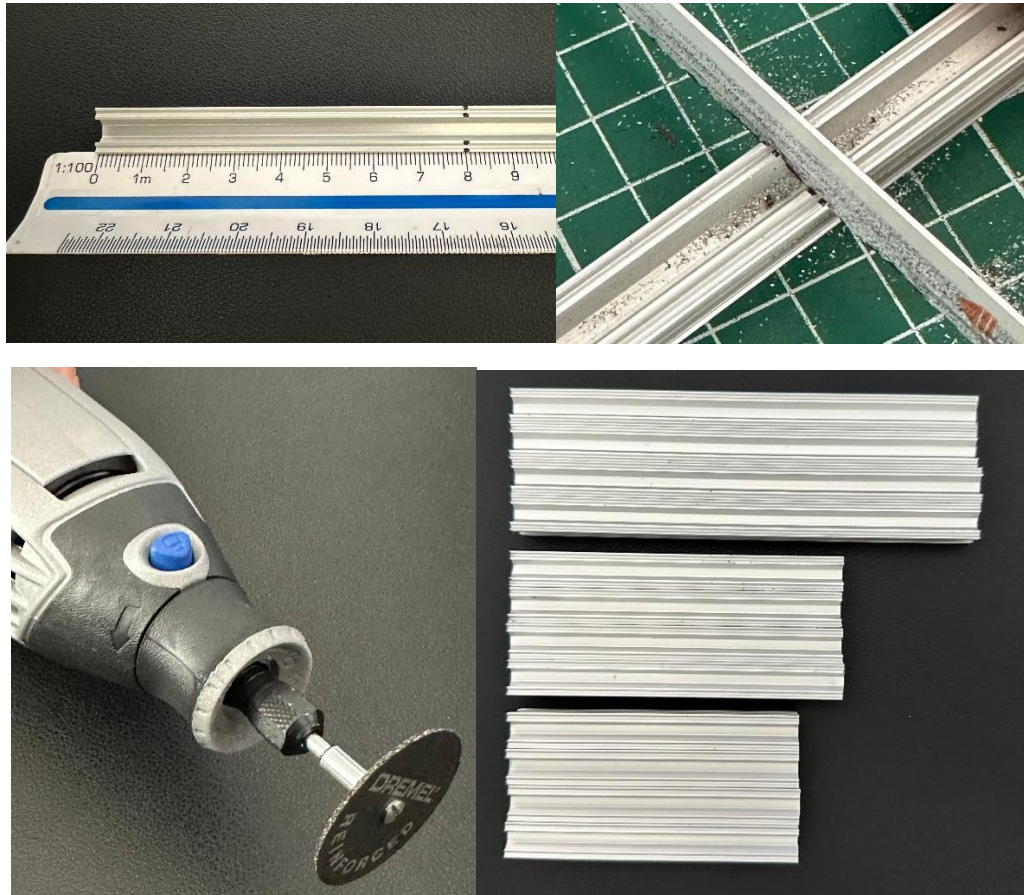
El prototipo de baja fidelidad se produjo utilizando perfiles de aluminio y piezas impresas en 3D de plástico, empleando la escala 1:4 por conveniencia y practicidad.

Los perfiles metálicos utilizados se adquirieron por internet con la empresa McMaster-Carr, la cual maneja distintos materiales y perfiles, entre ellos los que miden 40x40mm y que fueron propuestos originalmente. Se compraron perfiles de aluminio más pequeños a escala 1:4 que tienen ligeras variaciones geométricas a los originales. Dichas diferencias formales no afectaron la producción del prototipo, permitiendo comprobar la efectividad de los ensambles y dimensiones propuestas para el sistema.

En la Figura 91 se muestran la geometría de los perfiles y el corte que se les hizo utilizando un arco con segueta y la herramienta Mototool Dremel 3000, este último sirvió para realizar inicialmente el corte guía y después con el arco con segueta se hizo el corte a profundidad de las piezas.

Figura 91

Marcaje del corte en los perfiles de aluminio, corte del aluminio, herramienta guía y perfiles seccionados.

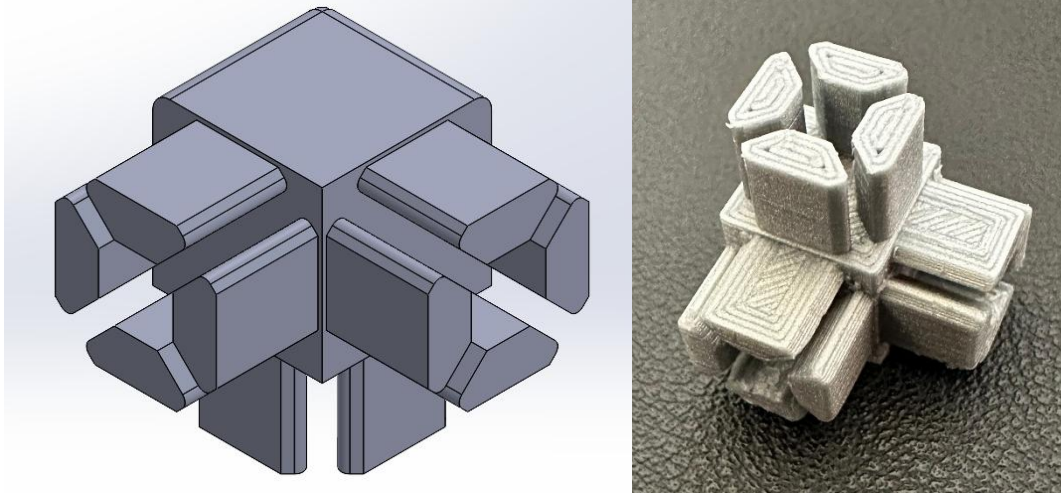


Fuente: Propia.

Una vez realizados los cortes, los perfiles se agruparon acorde con sus dimensiones y se realizó el diseño de los conectores en esquinas, los cuales se diseñaron conforme a la geometría del perfil y escala aplicada. En la Figura 92 se muestra el modelo CAD del conector y una pieza impresa en 3D.

Figura 92

Modelado e impresión de la pieza para unir perfiles de aluminio.



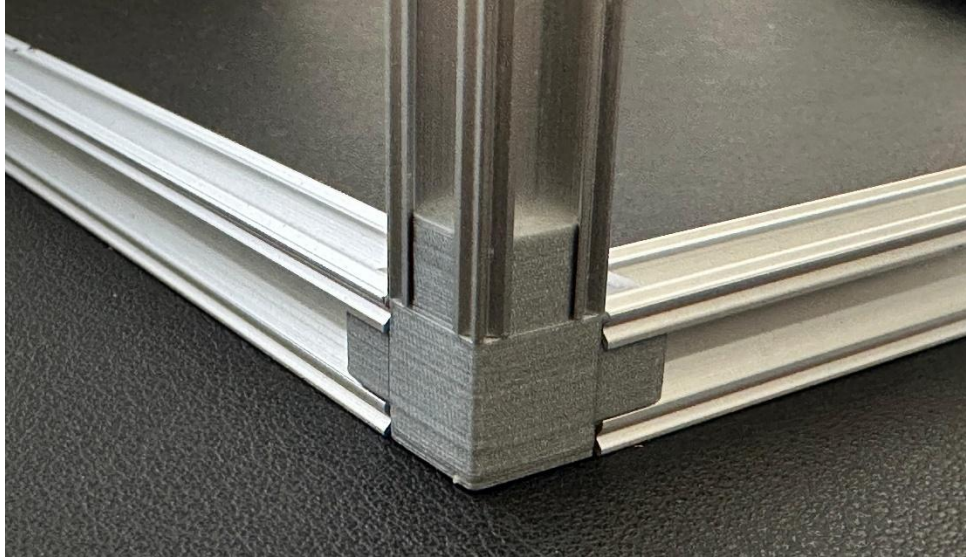
Fuente: Propia.

Los conectores generados a escala 1:4 se diferencian de los de escala 1:1 en que prescinden de barrenos en las esquinas que sirven para insertar tornillos y ensamblarlos a la parte central de los perfiles, por lo tanto, se optó por extruir guías que se afianzan en los perfiles y permiten una adecuada fijación a presión. En particular, esta pieza impresa, mostrada en la Figura 86 se mandó a imprimir a un establecimiento dedicado a la impresión 3D para checar tolerancias y ver si las medidas coincidían. La configuración que se utilizó en esta impresión no fue compartida por el lugar, pero se puede observar que se utilizó un relleno de líneas y por el detalle y calidad que presenta la pieza se intuye que se imprimió a baja velocidad, así mismo se hizo uso de soportes ya que en la parte interior de la pieza se observa cierta rugosidad que indica que se removió el soporte.

En la Figura 93 se muestra el conector ensamblado a los perfiles de aluminio.

Figura 93

Conector impreso unido a presión con los perfiles de aluminio extruido.



Fuente: Propia.

En la Figura 94 se muestran las dimensiones escaladas, se muestran las medidas a escalas 1:1 y 1:4. Cabe mencionar que el proveedor solo maneja dimensiones estándar de 9 pulgadas, 12 pulgadas y superiores.

Figura 94

Conversiones escalares y cantidades de piezas necesarias de perfiles de aluminio.

TAMAÑO REAL 1:1 (cm)	TAMAÑO ESCALA 1:4 (cm)
32	8
37	9.25
52	13
ESCALA 1:4	
2 barras de 9" para obtener 4 perfiles 8 cm	
2 barras de 9" para obtener 4 perfiles 9.25 cm	
2 barras de 12" para obtener 4 perfiles de 13 cm	

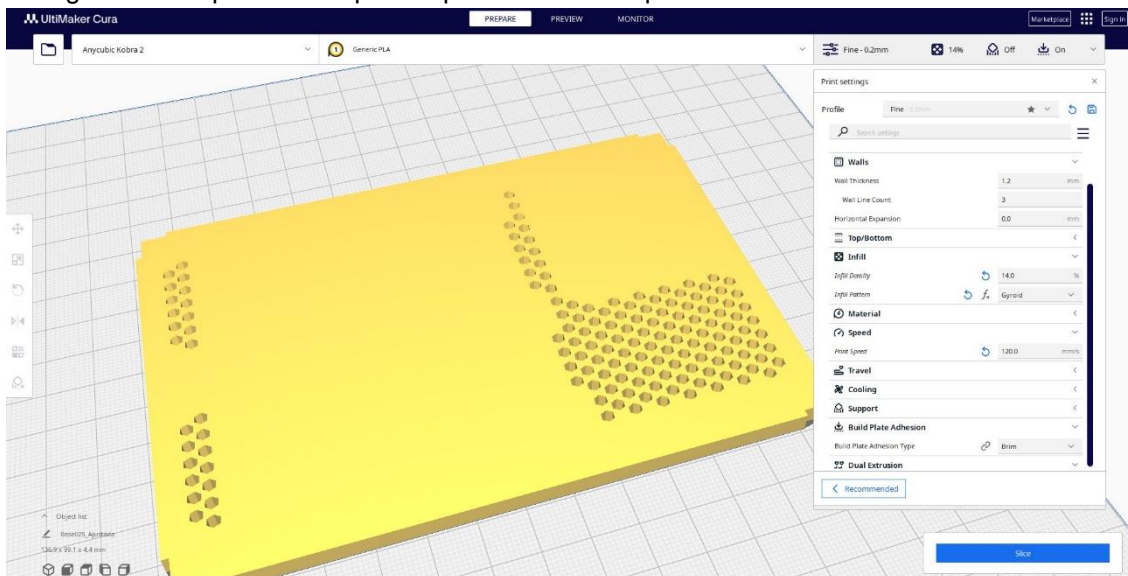
Fuente: Propia.

Para la impresión 3D de las piezas, se utilizó una impresora marca Anycubic, modelo Kobra 2, empleando filamento de PLA. Previamente, la impresora se calibró para asegurar un adecuado funcionamiento y acabados convenientes de las piezas. Asimismo, se utilizó una boquilla de 0.4 mm y se configuró un

espesor de pared de 1.2 mm, además se mantuvieron tres líneas de pared para producir una estructura externa sólida.

Para la impresión de la pieza “base” se utilizó una densidad de relleno del 14% y un patrón de relleno tipo giroide, este ofrece resistencia interna con un peso reducido asegurando la durabilidad sin acrecentar la cantidad de material. La velocidad de impresión se programó a 120 mm/s, esto permitió disminuir el tiempo del proceso y mantener la integridad de la pieza. En la Figura 95 se muestra la configuración definida en el software para la impresión de las piezas.

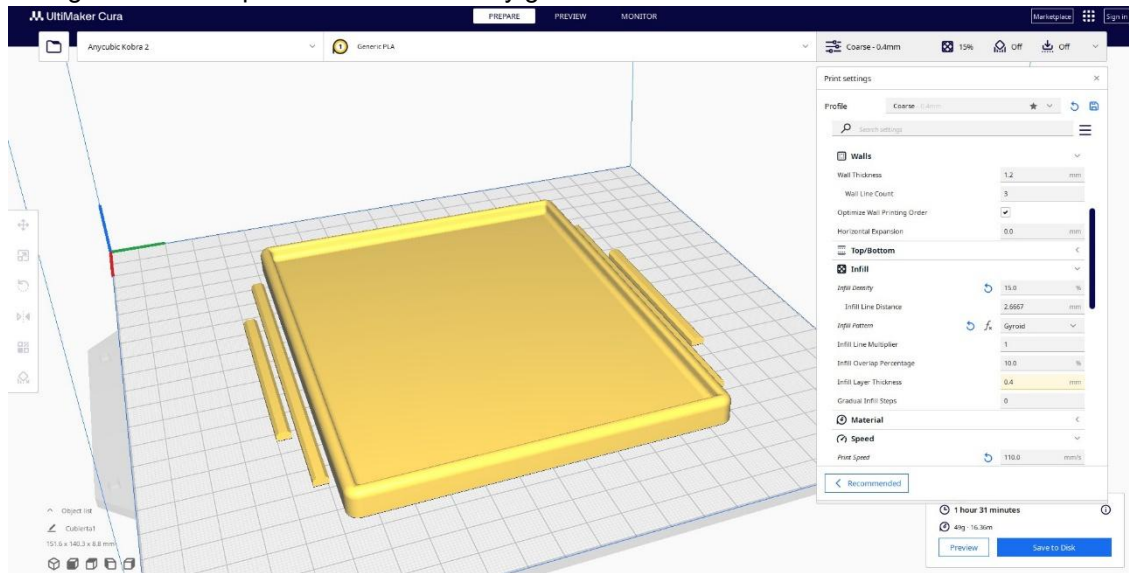
Figura 95
Configuración de parámetros para impresión 3D de la pieza “base”.



Fuente: Propia.

Como se observa en la Figura 96, la cubierta fue impresa con una densidad de relleno del 15%, con patrón de relleno tipo giroide, a una velocidad de impresión de 1110 mm/s. Se imprimieron por separado la parte superior de la cubierta y las guías que se insertan sobre los rieles para evitar emplear material de soporte.

Figura 96
Configuración de impresión de la cubierta y guías.



Fuente: Propia.

En la Figura 97 se presenta la pieza guía impresa y en la Figura 98 se muestran los rieles impresos por separado y la pieza guía.

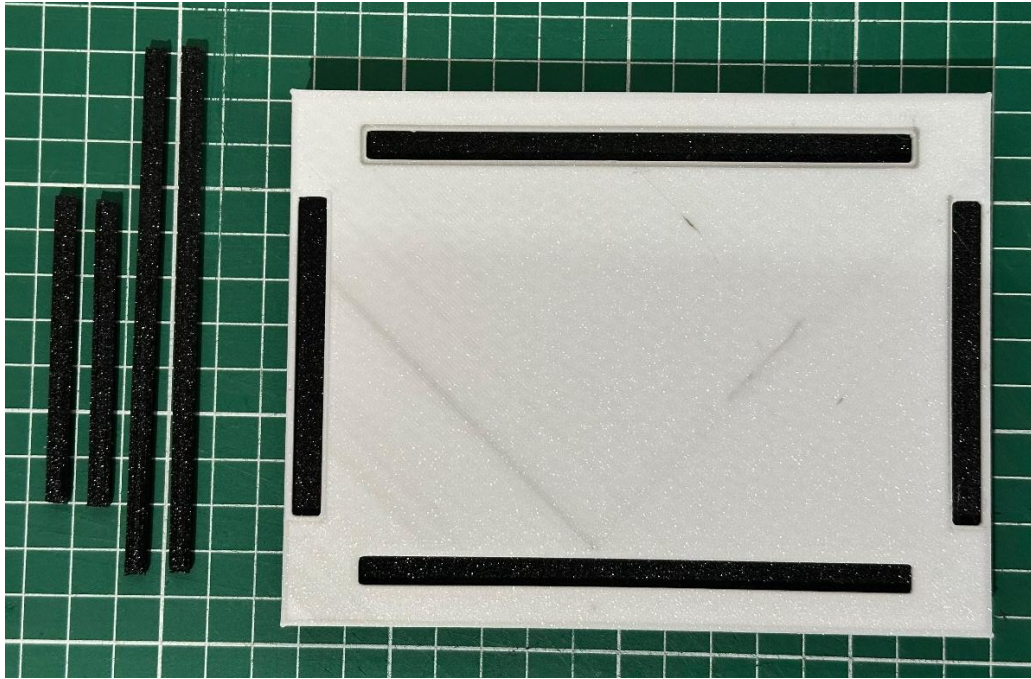
Figura 97
Guía impresa para unir la parte inferior de la base con la parte superior.



Fuente: Propia.

Figura 98

Proceso de adhesión de las partes inferiores de la cubierta

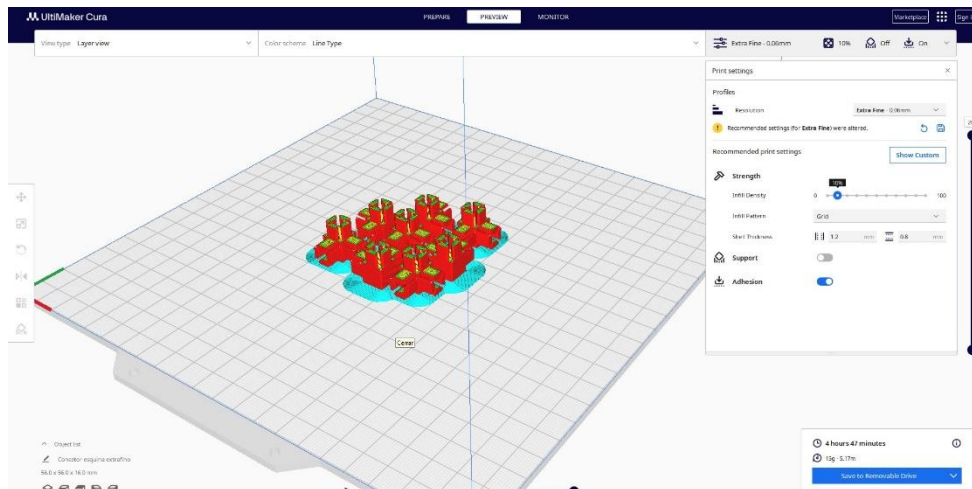


Fuente: Propia.

Como se observa en las Figuras 99 y 100, los conectores de perfiles se imprimieron con un porcentaje de relleno del 20% para brindarles mayor rigidez, ocupando el patrón tipo rejilla, a una velocidad de 90 mm/s para obtener un mejor acabado y fidelidad.

Figura 99

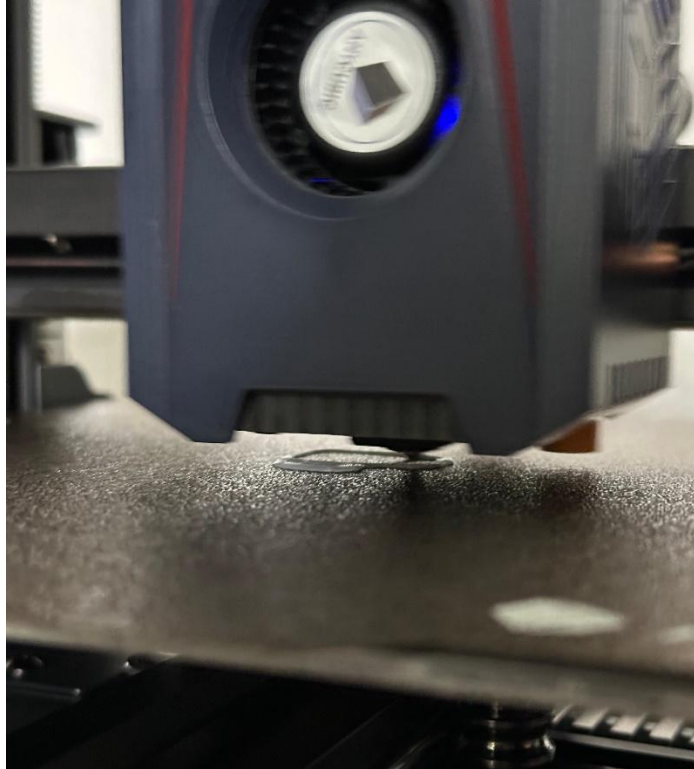
Configuración de impresión de los conectores de perfiles



Fuente: Propia.

Figura 100

Proceso de impresión de los conectores.

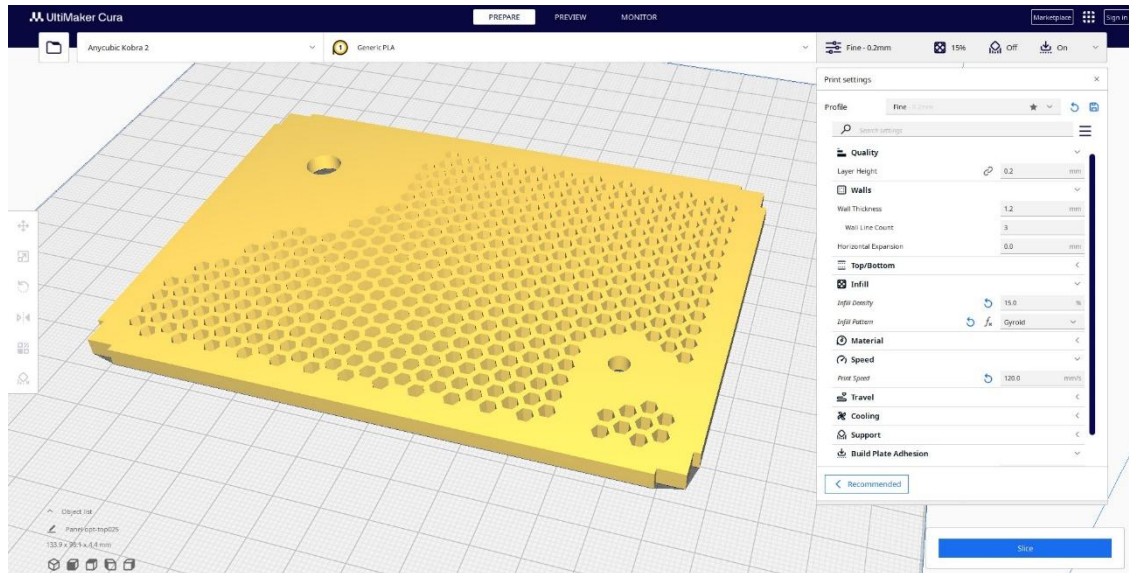


Fuente: Propia.

Como se presenta en la Figura 101, en la pieza del panel lateral se mantuvo la misma configuración de tres líneas de pares y un patrón de relleno tipo giroide, aún con la con la optimización topológica realizada, se imprimió con un relleno del 40% y a una velocidad de 100 mm/s para lograr un adecuado detalle en los orificios para ensamble y ventilación.

Figura 101

Configuración para impresión del panel lateral con optimización topológica.

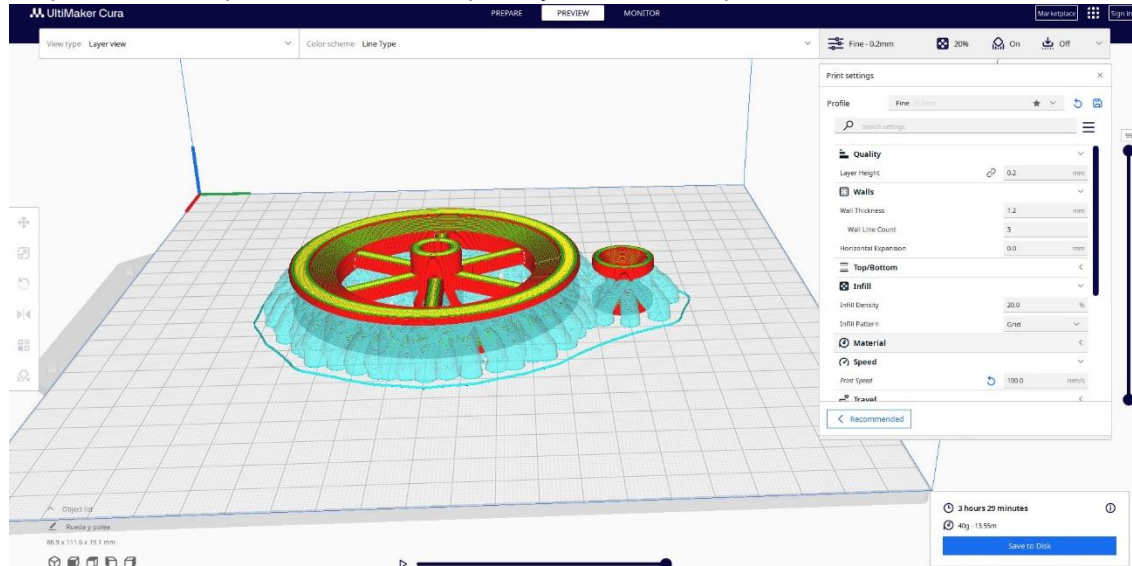


Fuente: Propia.

Para las piezas restantes que solo sirvieron para visualizar el modelo completo (rueda, polea, y tuerca de bloqueo) se imprimieron igualmente con tres líneas de pared. Particularmente, la rueda y la polea se imprimieron con una densidad de relleno del 20% usando un patrón de rejilla, a una velocidad de impresión de 100 mm/s. Por su parte, como se muestra en la Figura 102, la tuerca de bloqueo se imprimió con una densidad de relleno del 40% por sus dimensiones, a una velocidad de 100 mm/s, con un patrón de giroide.

Figura 102

Preparación de impresión de la rueda, polea y tuerca de bloqueo.

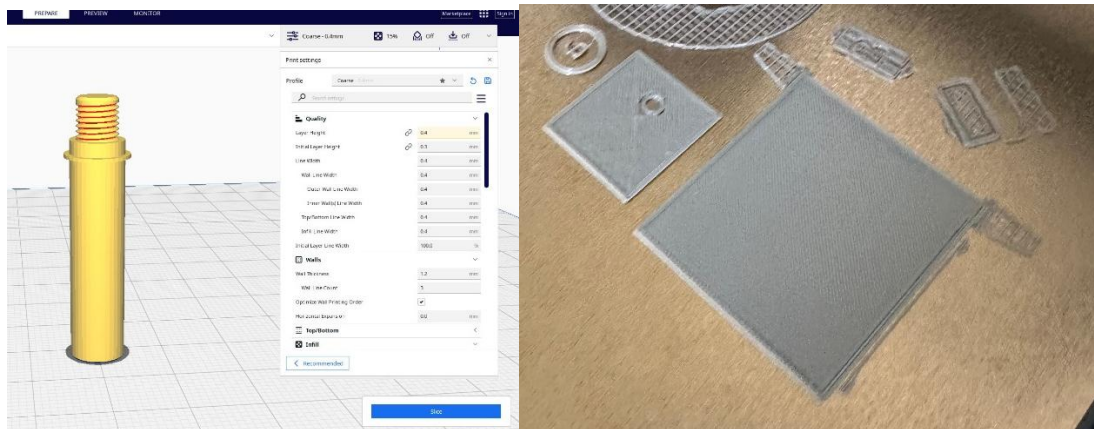


Fuente: Propia.

Finalmente, como se observa en la Figura 103, para la impresión del alternador, la batería y los ejes; se usó una densidad de relleno del 15% y un patrón de rejilla, a una velocidad de impresión de 110 mm/s.

Figura 103

Preparación e impresión de las piezas faltantes.



Fuente: Propia.

Es importante mencionar que antes de imprimir cada pieza se realizó una simulación en el software para asegurar prescindir de soportes. De igual forma, esto funcionó para visualizar posibles errores en la configuración de las velocidades, rellenos o espesores de la pared. En la Figura 104 se muestra el ensamble de todas las piezas impresas para conformar el modelo.

Figura 104

Ensamble del conjunto de piezas impresas.

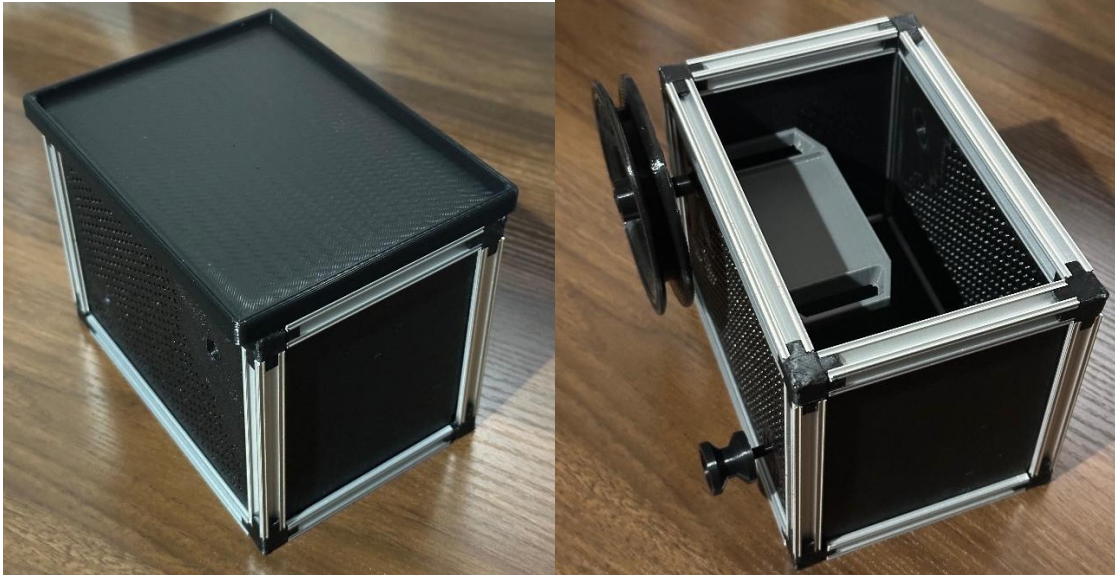


Fuente: Propia.

En la Figura 105 se muestran las configuraciones del ensamble final de la estructura; la primera configuración (figura izquierda) contempla todas las piezas dentro de la estructura y con la cubierta puesta; en la figura del lado derecho se muestra la configuración con las piezas ensambladas y sin la cubierta para una adecuada visualización. Finalmente, en la Figura 106 se presenta la configuración que no cuenta con la cubierta para mostrar las piezas en el interior de la estructura y visualizar su acomodo mientras el sistema no está en uso.

Figura 105

Estructura con cubierta y estructura con el ensamble de las piezas en la configuración de uso.



Fuente: Propia.

Figura 106

Configuración de la estructura sin la cubierta, mostrando las piezas guardadas en el interior para el transporte de las mismas.



Fuente: Propia.

CONCLUSIONES

Esta investigación ha presentado el diseño de una estructura que podrá fabricarse a partir de un material compuesto reforzado con fibras naturales que se obtendrán de fuentes locales para brindarles un uso alternativo. La estructura se diseñó para un sistema generador de energía renovable que empleará dos fuentes de energía; la primera a partir de un panel solar y la segunda mediante el uso de una rueda manivela, la cual al generar el movimiento rotatorio y transmitirlo a un alternador se producirá energía eléctrica que se almacenará en una batería que se localizará en el interior de la estructura para que el o los usuarios la utilicen en situaciones de emergencia, para sobrevivir a desastres naturales o al tener que reubicarse.

El trabajo de investigación comenzó con el estudio de sistemas similares al propuesto, sistemas que utilizan materiales compuestos, sistemas que generan energía renovable o sistemas que incorporan ambas variables. El diseño final resultó del análisis de necesidades y requerimientos de los usuarios que podrían potencialmente utilizarlo.

El propósito del diseño consistió en contar con una estructura sólida que permitirá almacenar y emplear los componentes que conforman al sistema, como la batería, el alternador, la rueda manivela, la banda, los ejes y un panel solar. Así mismo, el diseño se centró para que los usuarios tengan un método de abastecimiento y recarga en un solo sistema, de esta forma se harán eficientes los tiempos y así no se dependerá de un sistema conectado al suministro público, el cual, ante el suceso de desastres naturales o desplazamientos inesperados, resulta inaccesible.

Otra parte importante de este trabajo de investigación recayó en la aplicación de herramientas para el diseño y validación de la estructura; por ello, se aplicó la matriz de contradicciones de la metodología TRIZ para resolver las necesidades de los usuarios. Asimismo, se emplearon herramientas adicionales como el modelado por dibujo asistido por computadora (CAD) y el análisis de elemento finito (FEA).

Como parte de los análisis, se realizó un estudio de topología que permitió disminuir pesos en partes de la estructura, sin perder la resistencia de las mismas. Además, con el análisis de elemento finito se simuló las cargas a las que la estructura y el sistema podrán someterse, para validar la resistencia de los paneles

laterales, inferiores y superiores que se producirán con el material compuesto, además de los perfiles de aluminio.

La estructura se diseñó para que los usuarios tengan un fácil acceso a todos los componentes, además para que sea fácil su montaje, estén protegidos de las inclemencias del entorno y sean fáciles de transportar. En los vértices de la estructura, por ejemplo, se implementaron conectores que se ensamblarán mediante tornillos que podrán removerse, estos al igual que los perfiles de aluminio tendrán esquinas redondeadas para brindar seguridad a los usuarios. También, se aplicaron pautas ergonómicas, específicamente para que la agarradera y jaladera tengan diferentes niveles de altura que podrán ajustar los usuarios para que eviten adoptar posturas incómodas que afecten su salud.

Los sistemas generadores de energía existen desde hace varios años, sin embargo, utilizan fuentes de energía no renovables que son cada vez más escasas o de difícil acceso, debido a ello, en este proyecto se decidió incorporar sistemas de energías renovables que representan una mejor opción para el medio ambiente.

En el proyecto se propuso utilizar un material compuesto hecho con fibras naturales de agave reutilizadas del proceso de producción de mezcal, residuos que abundan en el estado de Oaxaca. Esta estrategia representará una alternativa para disminuir la contaminación ocasionada por los productores locales, quienes comúnmente las queman a la intemperie. El Análisis del Ciclo de Vida mostró que el uso de este compuesto para sustituir algunas partes hechas de materiales tradicionales, reduce las emisiones de efecto invernadero, en particular el CO₂, haciéndolo una opción con menor impacto ambiental negativo.

El sistema puede ser una gran opción para generar energía eléctrica a partir de fuentes mecánica y solar, éstas se complementarán para abastecer a familias y personas que se encuentren ante situaciones de emergencia.

REFERENCIAS

- Airtech International. (s.f.). *Infusión de resina*. Recuperado de <https://www.airtechintl.com/es/resin-infusion>
- Altshuller, G. S. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*. CRC Press. Enlace DOI: <https://doi.org/10.1201/9781466593442>
- Altshuller, G. S. (1998). *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation*. TIC, Worchester.
- American Society for Composites*. (2022). Home. <https://asc-composites.org>
- Ávila C., R., Prado L., L. R., & González M., E. L. (2007). *Dimensiones antropométricas población latinoamericana*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño. ISBN 978-970-27-1193-3.
- Aziz, I. (2013). *Design of a High-Altitude Wind Power Generation System (Dissertation)*. Recuperado de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-104569>
- Backplane Webb/NASA. (s. f.). <https://webb.nasa.gov/content/observatory/ote/backplane.html>
- Bayona, J. M., Dugo, P., Chris Le, X. C., Lee, H. K., Li, X. F., Lord, H., & Pawliszyn, J. (2012). *Comprehensive Sampling and Sample Preparation: Analytical Techniques for Scientists*. Elsevier Gezondheidszorg.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2014). *Mechanics of materials (7th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Brevick, J., Mount-Campbell, C., & Mobley, C. (2004). *Energy consumption of die casting operations*. Department of Energy-The Ohio State University. <https://doi.org/10.2172/822409>
- CarbonClad. (2021, 26 febrero). Carbon Clad - Wood. <https://carbonclad.net/>
- Chapman, A. (2007, diciembre). Natural rubber and NR-based polymers: renewable materials with unique properties. Páginas 15-16.

- Chou, T. (1992). Short-fiber composites. In *Microstructural Design of Fiber Composites* (Cambridge Solid State Science Series, pp. 169-230). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511600272.005
- Composites Aerospace Applications. (s. f.). S&P Global. Recuperado 15 de noviembre de 2022, de https://ihsmarkit.com/pdf/Composites-Aerospace-Applications-whitepaper_264558110913046532.pdf
- CompositesLab*. (2015, 21 septiembre). *What Are Composites? - Composite 101*. <https://compositeslab.com/composites-101/what-are-composites/>
- Consejo Regulador del Tequila (CRT). (2017). Producción total. Recuperado el 20 de mayo de 2017 de <https://www.crt.org.mx/EstadisticasCRTweb/>
- Cuevas Cruz, G. (s. f.). *Conflicto por tierras entre las poblaciones de Santiago Ixtaltepec y San Mateo Macuilxóchitl, del distrito de Tlacolula*. <https://www.oaxaca.gob.mx/ageo/conflicto-por-tierras-entre-las-poblaciones-de-santiago-ixtaltepec-y-san-mateo-macuilxochitl-del-distrito-de-tlacolula/>
- CustomPartNet. (s. f.). Custom manufacturing cost estimation. Recuperado de <https://www.custompartnet.com/estimate/>
- CKN Knowledge in Practice Centre. (s.f.). Wet layup – A296. Recuperado de <https://compositeskn.org/KPC/A296>
- D.R. STEWART World Staff Writer. (2019, 26 Febrero). Window Frames: Lightweight Specifications: Nordam delivers parts for 787. Tulsa World. https://tulsaworld.com/archive/window-frames-lightweight-specifications-nordam-delivers-parts-for-787/article_ef9d7733-162a-583f-b3b5-0c25b11b5b45.html
- Degen, F., Winter, M., Bendig, D., et al. (2023). Energy consumption of current and future production of lithium-ion and post lithium-ion battery cells. *Nature Energy*, 8, 1284–1295. <https://doi.org/10.1038/s41560-023-01355-z>

- Dorantes, C. L. T. (2007). *Triz: Una herramienta poderosa para las empresas mexicanas en los ámbitos productivo y administrativo* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dragon Plate. (2019, 25 Junio). *A brief history of carbon fiber*. Recuperado 3 de febrero de 2023, de <https://dragonplate.com/a-brief-history-of-carbon-fiber>
- ECOFLOW. (2022, 14 de septiembre). *¿Cómo limpiar y mantener sus paneles solares Ecoflow?* [Blog post]. Recuperado de <https://blog.ecoflow.com/es/limpieza-y-mantenimiento-de-paneles-solares/>
- Ecosign Project. (2018, septiembre). *Conceptos básicos de ecodiseño* [Documento PDF]. Recuperado de http://www.ecosign-project.eu/wp-content/uploads/2018/09/BASIC_UNIT05_ES_Lecture.pdf
- edX. (s. f.). *Aprende sobre Sistemas de Energía Eléctrica con cursos online*. <https://www.edx.org/es/aprende/sistemas-de-energia-electrica>
- efENERGIA. (2019, 10 agosto). *Energías renovables*. <https://www.efenergia.com/energia/energias-renovables/>
- The Engineering ToolBox. (2010). *Factors of safety – FOS*. https://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d_1624.html
- Fatimah, Y. A., & Biswas, W. K. (2016). Remanufacturing as a means for achieving low-carbon SMEs in Indonesia. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1148-5>
- Fthenakis, V. M., Kim, H. C., & Alsema, E. (2008). Emissions from photovoltaic life cycles. *Environmental Science & Technology*, 42(6), 2168-2174. <https://doi.org/10.1021/es071763q>
- García, J. (16 de octubre de 2023). *La disputa por un bosque en Oaxaca ha dejado más de 150 personas desplazadas de sus hogares*. El Universal. Recuperado de <https://oaxaca.eluniversal.com.mx/estatal/la-disputa-por-un-bosque-en-oaxaca-ha-dejado-mas-de-150-personas-desplazadas-de-sus-hogares>
- Gobierno de Oaxaca. (2003). *Peligros de origen geológico y localización de zonas vulnerables: Vol. Capítulo 1* (1.ª ed.). <https://www.oaxaca.gob.mx/wp->

content/uploads/sites/26/2016/05/tomo1_cpeligros-de-origen-geol%C3%B3gico-y-localizacion-de-zonas-vulnerables.pdf

Gobierno de Oaxaca. (s. f.). *Abastecen paneles solares de energía a Santa María del Mar*. Coordinación de Comunicación Social. Recuperado 3 de febrero de 2023, de <https://www.oaxaca.gob.mx/comunicacion/abastecen-paneles-solares-de-energia-a-santa-maria-del-mar/>

Gobierno Federal. (2017, 17 octubre). *Plan de Acción Ante Sismos 7 y 19/Sep*. Scribd. <https://www.scribd.com/document/361993553/Plan-de-Accion-Ante-Sismos-Sep-2017-171017>

Hernández Hernández, E., & Soriano Corral, F. (2020, 25 de agosto). Fibra de Agave y Plásticos. Una pareja versátil y prometedora para diversas aplicaciones. Recuperado de <https://ciqa.mx/FibraAgavePla.aspx>

ISO. (2006). ISO 14040: Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

La importancia de las energías renovables (s. f.). https://www.accionaria.com/es/energias-renovables/?_adin=02021864894

Leadigol. (s.f.). Filtro de polvo. Recuperado de <https://rb.gy/hiru2o>

León, C. D. J. Y. (s. f.). *Tipos de energía. Energía y Minería*. <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/tipos-energia.html>

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (2003). Diario Oficial de la Federación, 8 de octubre de 2003. Recuperado de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>

McMaster-Carr. (2021). Recuperado de <https://www.mcmaster.com/catalog/130/2230/4304N42>

México. Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2022). Catálogo de sismos. Extraído de <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/>
<https://gaia.inegi.org.mx/scince2020/>

- Ministerio de Energía de Chile. (2018). Guía OM FV. Recuperado de <https://techossolares.minenergia.cl/wp-content/uploads/2018/11/Guia-OM-FV.pdf>
- Ministerio de Energía. (2020). Guía de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo [PDF]. Autoconsumo. https://autoconsumo.minenergia.cl/wp-content/uploads/2020/09/Gu%C3%ADa-de-Sistemas-Fotovoltaicos_web_sm.pdf
- Mylsamy, K., & Rajendran, I. (2011). Influence of alkali treatment and fibre length on mechanical properties of short Agave fibre reinforced epoxy composites. *Materials & Design*, 32(8–9), 4629-4640. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.04.029>
- Naciones Unidas. (2002). Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas: Manual de pruebas y criterios, Tercera edición revisada, Enmienda 1: Pilas y baterías de litio. ISBN 92-1-339027-0.
- National Geographic Society. (s. f.). Solar Energy. National Geographic Education. Recuperado de <https://education.nationalgeographic.org/resource/solar-energy/>
- Oxford Creativity. (2024). Matriz de contradicción. Recuperado de <https://www.triz.co.uk/learning-centre-innovation-materials>
- Peña Osorio, C. D. (s.f.). *Los conflictos agrarios en Oaxaca*. Archivo General Del Estado De Oaxaca. Recuperado 3 de febrero de 2023, de <https://www.oaxaca.gob.mx/ageo/los-conflictos-agrarios-en-oaxaca/>
- Qué es el sistema de almacenamiento de energía en baterías y cómo funciona.* (s. f.). Enel X. <https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/what-is-battery-energy-storage>
- Riddiford, M. P. (2009, 14 Octubre). *Gravity-powered electrical energy generators*. <https://patents.google.com/patent/US20120212948/no>
- Rijo, B., Dias, A. P. S., & Carvalho, J. P. S. (2023). Recovery of carbon fibers from aviation epoxy composites by acid solvolysis. *Sustainable Materials and Technologies*, 35, e00545. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2022.e00545>

- Ruiz Jiménez, A. (2016). Estudio mecánico de un composite adicionado con fibras de agave [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica de la Mixteca]. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/13058.pdf
- Ruiz Serrano, M., & Juan Pérez, J. I. (2022). Elaboración de adobes con fibras de Agave angustifolia Haw. en Zumpahuacán, Estado de México. *Con Texto Humano*, 1(1), 43-55. ISSN 2954-5021.
- Saraswat, B. K., Sharma, V. K., & Sharma, R. (2023). Alkali treatment effects on agave Americana fiber properties. *Materials Today: Proceedings*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.035>
- Sato, F. E. K., & Nakata, T. (2020). Energy consumption analysis for vehicle production through a material flow approach. *Energies*, 13, 2396. <https://doi.org/10.3390/en13092396>
- Savransky, S. D. (2000). *Engineering of creativity: introduction to triz methodology of inventive problem solving* (1.a ed.). CRC Press.
- Secretaría de Economía. (2018, 3 de octubre). NORMA Oficial Mexicana NOM-212-SCFI-2017, Pilas y baterías primarias-Límites máximos permisibles de mercurio y cadmio-Especificaciones, métodos de prueba y etiquetado. *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5539835&fecha=03/10/2018#gsc.tab=0
- Secretaría de Energía. (1989). Norma Oficial Mexicana NOM-J-467-1989. Productos eléctricos - Plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4837485&fecha=12/12/1989#gsc.tab=0
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2022). Sismología de México. Museo Virtual de Riesgos Geológicos. Recuperado el 9 de mayo de 2023, de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). (2014). NOM-006-STPS-2014, Manejo y almacenamiento de materiales-Condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5359717&fecha=11/09/2014#gsc.tab=0

- Sultana, S., Asadi, A., Colton, J., & Kalaitzidou, K. (2020). Composites made from CF prepreg trim waste tapes using sheet molding compounds (SMC) technology: Challenges and potential. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 134. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESA.2020.105906>
- Rock West Composites. (s.f.). Layup molding. Recuperado de <https://www.rockwestcomposites.com/layup-molding.html>
- Tecsa. (2022, 25 febrero). *Las distintas causas de apagones que existen*. Recuperado 3 de febrero de 2023, de <https://www.tecsaqro.com.mx/blog/causas-de-apagones/>
- Thiriez, A., & Gutowski, T. (2006). An environmental analysis of injection molding. Recuperado de http://web.mit.edu/ebm/www/Publications/Thiriez_ISEE_2006.pdf
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (s. f.). Objetivos del desarrollo sostenible (ODS). Nobiu UNAM. Recuperado el [fecha de consulta], de https://nobiu.unam.mx/?page_id=2655
- Underwriters Laboratories Inc. (2020). Standard for Lithium Batteries (UL 1642). Recuperado de https://webstore.ansi.org/standards/ul/ul1642ed2020?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw17qvBhBrEiwA1rU9w6c1JRiNDVstMJMgdOx0_bPWGnPjW6sdiQ_2au1G4B21RX3NUuqQqxoCWnkQAvD_BwE
- UNE-EN 62446-1:2017. (2017, 8 de marzo). Pertenece al Comité Técnico de Normalización CTN 220 - Sistemas de energía solar fotovoltaica. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=norma-une-en-62446-1-2017-n0058027>
- Unión Europea. (2006). Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas y por la que se modifica la Directiva 95/16/CE (refundición). Diario Oficial de la Unión Europea, L 157/24-L 157/86. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2006/266/L00001-00014.pdf>

Universidad Politécnica de Cataluña. (2013). Análisis del Ciclo de Vida [Documento PDF]. Recuperado de https://portal.camins.upc.edu/materials_guia/250504/2013/Analisis%20del%20Ciclo%20de%20Vida.pdf

Zavala, J. C. (2020, 2 julio). Hay 342 conflictos activos en Oaxaca; 9 son disputas tras elecciones cuestionadas. *Oaxaca*. <https://oaxaca.eluniversal.com.mx/municipios/01-07-2020/hay-342-conflictos-activos-en-oaxaca-9-son-disputas-tras-elecciones>

Zhang, X., Xu, Z., Gerada, C., & Gerada, D. (2021). Carbon emission analysis of electrical machines. En *Proceedings of the 2021 International Conference on Electrical Machines and Systems* (pp. 1678-1683). <https://doi.org/10.23919/ICEMS52562.2021.9634279>

ANEXO A: DESCRIPCIÓN DE LOS 39 PARÁMETROS DE TRIZ

Los 39 parámetros técnicos permiten desarrollar la matriz en función de las contradicciones técnicas, por medio de la matriz de contradicciones, en la intersección de las dos contradicciones se encuentra uno o más de los 40 principios de inventiva de Altshuller que darán soluciones de inventiva a un problema.

A continuación, se describirán los 39 parámetros de acuerdo con la publicación realizada por Savransky (2000).

1. Peso de un objeto móvil: Se considera la masa del objeto en un campo gravitacional. Es la fuerza que el cuerpo ejerce en su soporte o suspensión.

2. Peso de un objeto estacionario: Se considera la masa del objeto en un campo gravitacional. Es La fuerza que el cuerpo ejerce sobre su soporte o suspensión o sobre la superficie sobre la que descansa.

3 y 4. Longitud de un objeto móvil/estacionario: Es la característica geométrica descrita por una línea (recta, curva y no necesariamente la más larga) que se puede medir por cualquier unidad de dimensión lineal como el metro, la pulgada, etc.

5 y 6. Área de un objeto móvil/estacionario: Es la característica geométrica descrita por la parte de un plano encerrado por una línea. Es la parte de una superficie ocupada por el objeto.

7 y 8. Volumen de un objeto móvil/estacionario: Es la medida cúbica del espacio ocupado por el objeto. Largo x ancho x alto para un objeto rectangular; alto por área por un cilindro, etc.

9. Velocidad: Es la velocidad de un objeto; es la velocidad de un proceso o acción en el tiempo.

10. Fuerza: Es cualquier interacción que puede cambiar las condiciones de un objeto debido a la interacción con otros.

11. Tensión o presión: Es la tensión que existe sobre o dentro de un objeto, es la fuerza por unidad de área ejercida.

12. Forma: La conforman los contornos externos o límites que separan los objetos del ambiente o de otros objetos.

13. Estabilidad del objeto: Es la capacidad de un objeto para mantener su integridad. Es la estabilidad de los elementos de un objeto en el tiempo. El desgaste, la descomposición química, el desmontaje y el crecimiento de la entropía son disminuciones en la estabilidad.

14. Resistencia: Es la capacidad de un objeto para resistir un cambio en respuesta a la fuerza. Es la resistencia a la rotura.

15 y 16. Durabilidad de un objeto móvil/estacionario: Incluye al tiempo durante el cual un objeto puede realizar funciones útiles y/o neutrales (durabilidad). Se puede estimar como el periodo promedio entre fallas, la vida útil.

17. Temperatura: Es la condición térmica de un objeto.

18. Brillo: Es el flujo de luz por unidad de área.

19 y 20. Energía gastada por un objeto móvil/estacionario: Es la capacidad de un objeto para realizar un trabajo. Incluye el uso de energía proveniente de un supersistema (tal como energía eléctrica o calor). Es la energía requerida para realizar un trabajo en particular.

21. Potencia: Consiste en el tiempo promedio en el que un trabajo es realizado. Es la tasa de uso de energía.

22. Desperdicio de energía: Es el uso de energía que no contribuye al trabajo que se está realizando. Se debe reducir la pérdida de energía.

23. Desperdicio de sustancia: Es la pérdida parcial o completa, temporal o permanente de alguno de los materiales o elementos de un objeto o partes.

24. Pérdida de información: Consiste en la pérdida parcial o completa, permanente o temporal de datos o acceso de datos en o por un objeto. Con frecuencia incluye datos sensoriales como aroma, textura, etc.

25. Desperdicio de tiempo: Es la duración de una actividad. Mejorar la pérdida de tiempo significa reducir el tiempo que lleva para realizar una actividad.

26. Cantidad de sustancia: Es el número de materiales o elementos de un objeto que pueden modificarse total o parcialmente de forma temporal o permanentemente.
27. Confiabilidad: Consiste en la habilidad de un objeto para llevar a cabo su(s) función(es) prevista(s) en formas y condiciones predecibles.
28. Precisión de mediciones: Es la cercanía del valor medido al valor real del parámetro de un objeto.
29. Precisión de manufactura: Es la cercanía de las características reales de un objeto con las características especificadas o requeridas que se pueden lograr durante la producción de un objeto.
30. Factores perjudiciales actuando en el objeto: Consiste en la susceptibilidad de un objeto a los efectos nocivos generados externamente.
31. Efectos secundarios dañinos: Es el efecto dañino que es generado por un objeto como parte de su funcionamiento dentro de un sistema o supersistema, y que reduce la eficiencia o calidad de funcionamiento.
32. Manufacturabilidad: Es el grado de facilidad, comodidad o poco esfuerzo en manufacturar o fabricar un objeto.
33. Conveniencia de uso Simple y fácil de operar: El objeto no es conveniente si requiere muchos pasos para operar o necesita herramienta especializada, habilidades especiales del operador, etc.
34. Reparabilidad: Característica de calidad como conveniente, comodidad, simple y tiempo para reparar las fallas o defectos de un objeto.
35. Adaptabilidad: Es la habilidad de un objeto para responder positivamente a cambios externos y la versatilidad del objeto que puede ser usado en múltiples formas bajo una variedad de circunstancias.
36. Complejidad: Consiste en el número y diversidad de elementos y las interrelaciones de los elementos con un objeto. El usuario puede ser un elemento del objeto que añade complejidad.
37. Complejidad de control: Consiste en aquellos objetos que tienen relaciones confusas entre componentes o que tienen componentes que interfieren entre sí.

38. Nivel de automatización: Es la habilidad de un objeto para realizar su función sin interferencia humana. Al menor nivel de automatización ese tiene el uso de una herramienta operada manualmente. Para niveles intermedios, la persona programa la herramienta y observa la operación e interrumpe o reprograma como y cuando sea necesario. Para el nivel más alto, la máquina censa la operación necesitada, se programa a ella misma y monitorea sus propias operaciones.

39. Productividad: Es el número de funciones u operaciones realizadas por un objeto por unidad de tiempo. El tiempo por unidad funcional u operación. La producción por unidad de tiempo o el costo por unidad de salida.

40 PRINCIPIOS DE INVENTIVA

Como se mencionó anteriormente, una vez habiendo hecho la matriz con las contradicciones técnicas da como resultado una serie de principios de inventiva para realizar las mejoras en un producto y dar solución al problema, estos principios son descritos a continuación según SolidCreativity (2021).

1. Segmentación

- A. Dividir un objeto en diferentes partes
- B. Hacer un objeto fácil de desarmar
- C. Incrementar el grado de fragmentación de un objeto

2. Extracción

- A. Extraer (remover o separar) la propiedad o parte que perturba de un objeto
- B. Extraer solamente la propiedad o elemento necesario del objeto

3. Calidad local

- A. Cambiar la estructura del objeto desde una uniforme a una no uniforme
- B. Cambiar una acción o ambiente externo (o influencia externa) de uniforme a no uniforme
- C. Hacer que cada parte del objeto funcione en las mejores condiciones para su funcionamiento
- D. Hacer que cada parte de un objeto cumpla una función diferente y útil

4. Asimetría

- A. Cambiar la forma o propiedades de un objeto de simétrico a asimétrico
- B. Cambiar la forma de un objeto para adaptarlo a las asimetrías externas
- C. Si un objeto es asimétrico, incrementar su grado de asimetría

5. Unión/Combinación

- A. Unir o combinar objetos u operaciones similares o idénticas

B. Hacer que los objetos u operaciones sean contiguos o paralelos

6. Universalidad

A. Hacer que un objeto lleve a cabo múltiples funciones eliminando la necesidad de otras partes

7. Anidación

A. Poner uno o múltiples objetos dentro de otros

B. Hacer que un objeto pase a través de la cavidad de otro

8. Contrapeso

A. Compensar el peso de un objeto combinándolo con otro que tenga fuerza de levantamiento.

B. Compensar el peso de un objeto haciéndolo interactuar con el ambiente (usar aerodinámica, hidrodinámica, flotación entre otras fuerzas)

9. Acción contraria previa

A. Ordenar los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdidas de tiempo.

10. Acción preliminar

A. Llevar a cabo antes de ser necesario el cambio requerido de un objeto (completo o parcial)

B. Arreglar previamente los objetos de tal manera que puedan entrar en acción en el lugar más conveniente y sin perder tiempo para su liberación

11. Amortiguamiento anticipado

A. Compensar la relativamente baja confiabilidad de un objeto por medidas tomadas con anterioridad

12. Equipotencialidad

A. Si un objeto tiene que ser elevado o bajado, rediseñar el entorno del objeto para que la necesidad de subir o bajar sea eliminada en el espacio

13. Invertir

- A. Invertir las acciones utilizadas para resolver los problemas
- B. Hacer las partes (o el ambiente externo) fijas, y partes fijas movibles
- C. Invertir el objeto o procesos

14. Curvatura

- A. Cambiar de partes, superficies o formas rectas a usar curvilíneas; pasar de superficies planas a esféricas
- B. Usar rodillos, espirales, cúpulas
- C. Ir de movimientos lineales a movimientos rotativos
- D. Usar fuerzas centrífugas

15. Dinámico

- A. Permitir o diseñar un objeto para un desempeño óptimo en cada estación de operación
- B. Dividir un objeto en partes que puedan cambiar de posición relativa entre sí
- C. Incrementar el grado de movilidad

16. Acción parcial o excesiva

- A. Si es difícil obtener el 100 % del efecto deseado, ejecute algo más o algo menos para simplificar el problema

17. Otra dimensión

- A. Mover un objeto en dos o tres espacios dimensionales
- B. Usar un arreglo multidimensional (multinivel) de objetos en lugar de un arreglo de uno
- C. Inclinar o reorientar el objeto
- D. Usar el anverso del área dada

18. Vibración mecánica

- A. Hacer que un objeto oscile o vibre
- B. Usar la frecuencia de resonancia

19. Acción periódica

- A. Reemplazar una acción continua con una periódica o impulso
- B. Usar pausas entre impulsos para dar una acción adicional

20. Continuidad de una acción útil

- A. Realizar una acción sin descanso
- B. Todas las partes de un objeto deben ser operadas constantemente a su capacidad total
- C. Elimine los tiempos ociosos o movimientos intermedios

21. Acción precipitada

- A. Ejecutar procesos o ciertas etapas (destruibles, dañinas y operaciones peligrosas) a alta velocidad

22. Conversión de perjuicio a beneficio

- A. Utilizar factores dañinos (particularmente del ambiente o externo) para lograr un efecto positivo

23. Retroalimentación

- A. Introducir la retroalimentación para mejorar un proceso o acción

24. Intermediario

- A. Usar un objeto intermediario para transferir o llevar a cabo una acción
- B. Combinar un objeto temporalmente con otro (que fácilmente pueda ser removido)

25. Autoservicio

- A. Hacer que el objeto tenga su propio servicio y ejecute operaciones de ayuda

B. Hacer uso de desperdicios de material y energía

26. Copiar

A. Usar una copia simple y poco costosa en lugar de un objeto complejo, costoso y frágil o inconveniente de operar

B. Reemplazar un objeto o un sistema de objetos por una copia óptica

27. Reemplazo de objetos baratos de corta duración

A. Reemplazar un objeto costoso con varios objetos económicos, comprometiendo ciertas cualidades, como el servicio de vida

28. Reemplazo del sistema mecánico

A. Reemplazar el sistema mecánico por uno óptico, acústico u odorífero

29. Construcción neumática o hidráulica

A. Reemplazar las partes sólidas de un objeto por gas o líquido

30. Membranas delgadas y flexibles

A. Reemplazar las construcciones habituales con membranas flexibles y películas delgadas

B. Aislar un objeto del ambiente externo con películas delgadas o membranas finas

31. Materiales porosos

A. Hacer un objeto poroso o usar elementos porosos adicionales (insertos, cubiertas, etc.)

32. Cambio de color

A. Cambiar el color de un objeto o sus alrededores

B. Cambiar el grado de translucidez de un objeto o sus alrededores

C. Usar aditivos de colores para observar objetos o procesos que son difíciles de ver

33. Homogeneidad

A. Hacer que los objetos interactúen con un objeto primario hecho del mismo material o algún material similar

34. Restauración y regeneración de partes

A. Rechazar o modificar un elemento de un objeto después de que complete su función o se hace inútil (descartar, disolver, evaporar)

B. Restaurar completamente cualquier parte usada de un objeto

35. Cambio de parámetros y propiedades

A. Cambiar el estado físico de un objeto (líquido, gas, sólido)

B. Cambiar la concentración o consistencia

C. Cambiar el grado de flexibilidad

D. Cambiar la temperatura

36. Transición de fase

A. Usar fenómenos que ocurren durante las transiciones de fase (cambios de volumen, pérdida o absorción de calor, etc.)

37. Expansión térmica

A. Usar la expansión o contracción de un material por calor

B. Usar varios materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica

38. Oxidación acelerada

A. Reemplazar aire normal con aire enriquecido con oxígeno

B. Reemplazar aire enriquecido con oxígeno puro

39. Medio ambiente inerte

A. Reemplazar el ambiente normal con uno inerte

B. Llevar a cabo el proceso en el vacío

40. Materiales compuestos

A. Reemplazar materiales homogéneos con materiales compuestos (múltiples)

ANEXO B: MATRIZ DE CONTRADICCIÓN

Figura 107
Matriz de contradicción.

Mejor este		Sin empeorar este		Peor este		Mejor este		Sin empeorar este		Peor este	
parámetros técnicos		parámetros técnicos		parámetros técnicos		parámetros técnicos		parámetros técnicos		parámetros técnicos	
1	Peso del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Peso del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	Longitud del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Longitud del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Área del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Área del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	Volumen del dispositivo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Velocidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	Potencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	Potencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Tensión presión	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Forma	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	Facilidad de composición	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	Resistencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Duración de una acción de un objeto móvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Duración de una acción de un objeto móvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	Temperatura	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	Diferencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Uso de energía del dispositivo móvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	Uso de energía del dispositivo móvil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	Potencia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	Potencia de energía	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	Potencia de energía	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	Potencia de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	Potencia de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	Calidad de materia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	Calidad de materia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	Exactitud de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	Precisión de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	Diferencia de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	Diferencia de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	Facilidad de la información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	Facilidad de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	Alta calidad de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	Alta calidad de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	Completitud de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	Diferencia de información	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	Mejor de automatización	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
39	Productividad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Matriz de contradicción para resolver las contradicciones técnicas

Fuente: Oxford Creativity (2024).

Los 39 parámetros técnicos

Los 40 principios inventivos

Principios de separación para resolver las contradicciones físicas

Escala Condición Tiempo Espacio

1 Separación 2 Densidad 3 Calidad Local 4 Asimetría 5 Fusión 6 Universalidad 7 Anticipar cosas 8 Contraste 9 Acción contra la Previsión 10 Acción pasiva 11 Anotación por adelantado 12 Equiparar la realidad 13 Altruismo 14 Esférica - Curvatura 15 Diámetro 16 Acción sucesiva o paralela 17 Otros elementos 18 Vibración oscilante 19 Acción periódica 20 Seguir haciendo una acción positiva 21 Ajustar acciones energéticas 22 No hay nada que no bien o venga 23 Retroalimentación 24 Acelerador 25 Autoseruicio 26 Colar 27 Objetos desechables 28 Reemplazar un sistema mecánico 29 Sistemas neumáticos e hidráulicos 30 Membranas flexibles y películas delgadas 31 Asistenten posos 32 Cambio de color 33 Inhomogeneidad 34 Doblechar y recuperar 35 Cambio de parámetros 36 Inmutación de fase 37 Expansión térmica 38 Oculación oculta 39 Ambiente interno 40 Materiales compuestos

ANEXO C: LISTA DE MATERIALES

Figura 108

Lista de materiales.

NO. PARTE	PORTE	MATERIAL PROPUESTO	CANT.
1	Conector de esquinas	Aluminio	8
2	Perfil extruido 32 cm	Material compuesto	4
3	Perfil extruido 52 cm	Material compuesto	4
4	Perfil extruido 37 cm	Material compuesto	4
5	Tornillo	Acero	24
6	Batería	N/A	1
7	Alternador	N/A	1
8	Base	Material compuesto	1
9	Panel frontal y posterior	Material compuesto	2
10	Eje del alternador	Aluminio	1
11	Polea	Material compuesto	1
12	Rueda manivela	Material compuesto	1
13	Panel lateral	Material compuesto	2
14	Eje de la rueda manivela	Aluminio	1
15	Rueda	Aluminio y caucho	4
16	Agarradera	Material compuesto	2
17	Base de la agarradera	Aluminio	4
18	Cubierta	Material compuesto	1
19	Panel solar plegado 110W	N/A	1
20	Rosca eje rueda manivela	Aluminio	1
21	Tuerca de bloqueo	Acero	1
22	Embolo de resorte	Aluminio	8
23	Rosca eje de polea	Aluminio	1
24	Correa	Caucho	1

Universidad Tecnológica de la Mixteca
Instituto de Diseño

Proyecto: DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA UN SISTEMA GENERADOR DE ENERGÍA RENOVABLE EMPLEANDO MATERIALES COMPUESTOS REUTILIZADOS	Plano: Vista explosionada
Elaboró: Roberto Carlos Acevedo Fierros	Escala: 1:10
Revisó: M.T.A.M. Armando Rosas González	Medidas: mm
	Fecha: 25/06/2024
	Lámina: 1

Fuente: Propia.