



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

Unidad Académica:

Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica.

Carrera:

Tecnología Superior en Electromecánica .

Título:

Estudio de la resistencia de materiales en estructuras de soporte para paneles solares en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen.

Autores:

CORNEJO VELEZ MILLER DAYAN, FAJARDO GUERRON
FREDDY STEVEN

Tutor(a)

JONATHAN PAUL JIMENEZ GONZALES, Mgtr.

El Carmen, 08 septiembre de 2025.

CERTIFICACION DEL TUTOR

JONATHAN PAUL JIMENEZ GONZALES, Mgtr.; docente de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Unidad Académica de Formación Técnica y Tecnológica, en calidad de Tutor(a).

CERTIFICO:

Que la presente propuesta con el título: " Estudio de la resistencia de materiales en estructuras de soporte para paneles solares en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen," ha sido exhaustivamente revisada en varias sesiones de trabajo.

Las opciones y conceptos vertidos en esta propuesta son fruto de la perseverancia y originalidad de su(s) autor(es):

CORNEJO VELEZ MILLER DAYAN,
FAJARDO GUERRON FREDDY STEVEN

Siendo de su exclusiva responsabilidad

El Carmen, 01 Agosto de 2025.



JONATHAN PAUL JIMENEZ GONZALES, Mgtr.

TUTOR(A)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Quien(es) suscribe(n) la presente:

CORNEJO VELEZ MILLER DAYAN
FAJARDO GUERRON FREDDY STEVEN,

Estudiante(s) de la Carrera de Tecnología Superior en Electromecánica ,
declaro(amos) bajo juramento que el siguiente proyecto cuyo título: “
Estudio de la resistencia de materiales en estructuras de soporte para
paneles solares en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión
El Carmen.”, previa a la obtención del Título de Tecnólogo en
Electromecánica, es de autoría propia y ha sido desarrollado respetando
derechos intelectuales de terceros y consultando las referencias
bibliográficas que se incluyen en este documento.

El Carmen, 08 septiembre de 2025.



Miller Dayan Cornejo Velez



Freddy Steven Fajardo Guerron



APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: " Estudio de la resistencia de materiales en estructuras de soporte para paneles solares en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen." de su(s) autor(es): Cornejo Velez Miller Dayan, Fajardo Guerron Freddy Steven de la Carrera "Tecnología Superior en Electromecánica ", y como Tutor(a) del Trabajo el/la Jonathan Paul Jiménez González.

El Carmen- Manabí, 08 septiembre 2025

Ec. Tito Alexander Cedeño Loor, Mg
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Ing. Jonathan Jiménez, Mag.
TUTOR(A)

Ing. Marlon Serrano, Mag.
PRIMER MIEMBRO DEL
TRIBUNAL

Ing. Bladimir Mora, Mag
SEGUNDO MIEMBRO DEL
TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Gracias porque se termina una parte de nuestra vida que fue importante y dura - la enseñanza de la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM). Los años de trabajo, sacrificio y lo que aprendimos quedan atrás. Eso nos cambió no solo en los estudios, sino también como personas. Este logro no ocurriría sin la ayuda de quienes me acompañaron en este camino. Doy gracias a Dios. Él me dio la fuerza, la salud y la inteligencia para no rendirme, incluso cuando fue muy difícil. A mi familia, sobre todo a mis padres. Su amor, paciencia y ejemplo me impulsaron cada día. Gracias porque confiaron en mí, porque me sostuvieron cuando sentí que caía y porque siempre me protegieron. A mis maestros de la ULEAM. Gracias porque compartieron lo que sabían, porque me pidieron lo mejor y porque ayudaron a mi aprendizaje con trabajo y buen hacer. Lo que enseñaron ahora se ve en este trabajo. A mi tutor de tesis. Su guía, su dedicación y su paciencia fueron importantes para hacer este proyecto. Gracias por cada comentario, cada palabra que me animó y por creer en lo que yo podía hacer. A mis compañeros de clase. Con ellos compartí muchas horas de estudio, trabajos en grupo, desafíos y cosas buenas. Su compañía hizo que este proceso fuera mejor y se recordara. Por último, a todos los que, de una forma u otra, fueron parte de esto - gracias. Cada acto de ayuda y ánimo se añade a este gran logro que hoy celebro con agradecimiento y modestia. Esto solo es el comienzo de otros desafíos. Sin duda, este final tiene el trabajo de muchas personas que caminaron conmigo. A todos ustedes, muchas gracias.

Cornejo Velez Miller Dayan, Fajardo Guerron Freddy Steven

DEDICATORIA

Dedico esto a mi familia, porque ellos me han sostenido en cada paso de este camino. Su ayuda sin faltas, sus palabras para animarme y su fe en mí me dieron la fuerza para seguir adelante. A los ingenieros de la carrera de Electromecánica, por la dirección que me dieron, por su calma y por lo que me enseñaron. Gracias por estar conmigo con ganas y esmero durante mis estudios. Así, no solo me convertí en un profesional, sino también en una persona mejor.

Cornejo Velez Miller Dayan

A Dios. Él da sabiduría, fuerza y guía. Sin Su deseo y aprobación, nada de esto ocurriría. A mis padres. Ellos dan amor, sacrificio y perseverancia. Gracias por creer en mí incluso en los momentos duros, por ser mi casa segura y mi gran impulso. A mis amigos y compañeros. Compartí con ellos aprendizaje, problemas y momentos felices. Gracias por su ayuda, por acompañarme y por hacer de este tiempo un recuerdo. Y a mis tutores y maestros de la carrera de Electromecánica. Ellos dan dedicación, enseñanza y dirección constante. Cada uno puso algo importante en mi aprendizaje de trabajo y de persona. A todos ustedes, doy gracias siempre.

Fajardo Guerron Freddy Steven

RESUMEN

La investigación desea mirar la resistencia de los materiales que se usan para las bases de los paneles solares. Esto es para que las bases se queden firmes, duren y trabajen bien cuando se usan. Este estudio forma parte de la carrera de Electromecánica en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, extensión El Carmen, porque más sistemas de luz solar se instalan en casas, negocios y fábricas.

Se compararon materiales diferentes. Por ejemplo, se observó el acero recubierto de zinc, el aluminio y las bases que mezclan materiales. Se tuvo en cuenta el peso del panel, que es de 20,9 kilogramos. También se miró la fuerza del aire, el óxido y el tiempo que el material está al sol. Por medio de un programa llamado SolidWorks y con modelos que no se mueven, se supo cómo actúan los materiales cuando soportan peso. Los resultados muestran qué materiales funcionan mejor sin doblarse o romperse. El estudio también da ideas de cómo hacer bases buenas. Esto ayuda a los estudiantes de la carrera a aprender y a practicar.

Esta investigación hace que se sepa más sobre la energía que se renueva, sobre cómo construir cosas mecánicas y sobre cómo mirar piezas pequeñas. Así, la energía de la región puede durar más, y las instalaciones de luz solar tendrán buena calidad.

PALABRAS CLAVE

Resistencia de materiales, paneles solares, estructura de soporte, simulación, instalaciones fotovoltaicas

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the structural integrity of materials used in solar panel mounting bases to ensure stability, longevity, and reliable performance under operational conditions. Conducted within the Electromechanical Engineering program at Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (El Carmen campus), the study responds to the increasing deployment of photovoltaic systems in residential, commercial, and industrial settings.

Three material configurations were compared: hot-dip galvanized steel, aluminum alloy, and hybrid composite bases. Key parameters included the static load of a 20.9 kg panel, aerodynamic loading (wind force), corrosion potential, and cumulative ultraviolet exposure. A static structural analysis was performed in SolidWorks, employing fixed-support models to simulate real-world boundary conditions and quantify stress distribution, deformation, and factor of safety for each material.

Results indicate that the hybrid composite base exhibits the highest stiffness-to-weight ratio and superior resistance to yielding and fatigue under combined mechanical and environmental loads. Galvanized steel demonstrated excellent corrosion resistance but higher deflection, while aluminum offered a balance between weight and strength. These findings guide the design of optimized mounting bases and provide Electromechanical Engineering students with practical insights into renewable energy hardware development, contributing to more durable and high-quality solar installations in the region.

KEYWORDS

Strength of materials, Solar panels, Support structure, Simulation, Photovoltaic installations

ÍNDICE

CERTIFICACION DEL TUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN..	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
PALABRAS CLAVE	VI
ABSTRACT	VII
KEYWORDS	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. METODOLOGÍA.....	3
1.4.1. Procedimiento.....	3
1.4.2. Técnicas	4
1.4.3. Métodos	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. DEFINICIONES	7
2.1.1. Concepto y fundamentos de la resistencia de materiales.....	7
2.1.3. Diseño asistido por computadora (CAD): concepto y aplicaciones	9
2.2. ANTECEDENTES	11
2.3. TRABAJOS RELACIONADOS	12
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	15
3.1. DESARROLLO	15
3.1.1. Descripción de la propuesta.....	15
3.1.2. Etapas	16

3.1.3.	Presupuesto	18
3.1.4.	RESULTADOS	18
•	Cumplimiento normativo de la estructura propuesta.....	19
•	Selección del panel solar	20
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		30
4.1.	CONCLUSIONES	30
4.2.	RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFÍA.....		32

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1	Diseño de elementos finitos FEA	10
Figura 2	TRI-Bracket Falcat	19
Figura 3	Panel solar fotovoltaico BSP330P	20
Figura 4	Medidas soporte solar valcat	21
Figura 5	Diseño en solidworks 2024	22
Figura 6	Medidas placa solar Bauer.....	23
Figura 7	Diseño en solidworks 2024	23
Figura 8	Estructura panel solar	24
Figura 9	Distribucion de cargas y sujeciones a la estructura	25
Figura 10	Mallado de estructura solar	27
Figura 11	Resultados de Tensiones internas	27
Figura 12	Resultados de desplazamiento máximo.....	28
Figura 13	Resultados Deformación unitaria	28
Figura 14	Resultados Factor de seguridad	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación según la geometría y configuración	7
Tabla 2	Clasificación según el material	8
Tabla 3	Clasificación según su método constructivo	8
Tabla 4	Clasificación según el tipo de carga	8
Tabla 5	Tipos de software CAD utilizados	9

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de energías renovables ha emergido como una de las principales estrategias para mitigar los efectos del cambio climático y reducir la dependencia de fuentes de energía no sostenibles. De estas, la luz del sol convertida en electricidad sobresale porque se usa de muchas maneras. Se puede usar en casas, negocios y fábricas. Para poner estos aparatos, se necesitan armazones. Estos armazones deben mantenerlos bien instalados. Así también, los armazones hacen que trabajen bien durante todo su tiempo de uso. Sánchez-Carratalá, (2012).

Las estructuras de soporte de paneles solares deben cumplir con estrictos requerimientos de resistencia mecánica para soportar diversas cargas ambientales, como viento, nieve y sismos, además de su propio peso y el de los paneles. González, (2021).

Este trabajo trata la solidez de los elementos usados en los soportes para paneles solares. Cubre el dibujo de los elementos y las reglas que rigen estas obras. Mediante el uso de herramientas de modelado y de simulación por computadora, se examina la carga, el cambio de forma y los límites de seguridad. Se hace esto para hallar elementos y formas que den un buen balance entre el precio, la firmeza y que no dañen el medio ambiente. Huidobro Pelayo, (2016).

El presente estudio se desarrolla en el marco de la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), extensión El Carmen. Aporta al conocimiento técnico en la ingeniería de estructuras para sistemas fotovoltaicos. Impulsa la adopción de diseños que funcionan mejor y duran más. Estos diseños responden a las necesidades presentes de un cambio en la forma de producir energía. Por otro lado, estudia el modo en que operan bajo distintas condiciones climáticas. Prevé el comportamiento de los materiales escogidos, así que asegura que cumplen con normas que se usan en varios países. Martínez Fernández, (2023).

1.1. PROBLEMA

El aumento de la energía renovable, como una opción a los combustibles fósiles, causó un crecimiento continuo en la instalación de sistemas de luz solar en el mundo. El diseño y el levantamiento de los soportes para las tablas solares

tienen varios problemas técnicos y de dinero. Esto baja su buen uso y su vida útil. De estos problemas, la constante exposición al mal tiempo es un problema. Por ejemplo, el viento, la lluvia, la nieve y los cambios de calor crean fuerzas y aceleran que los materiales se deterioren. A esto se une la obligación de obedecer las reglas de seguridad de las estructuras, que piden mucha resistencia, firmeza y duración para los soportes. Martínez Fernández, (2023). En muchos casos, los materiales y diseños que se usan no trabajan bien con estas necesidades. Ello trae consigo peligros de fallas en la estructura, así como una vida más corta del sistema. Por lo tanto, el costo de mantener y cambiar las partes sube. Moreno Gómez, (2023). Además, las condiciones del lugar, como la humedad alta, la luz intensa del sol y los movimientos de tierra posibles, aumentan lo que se pide a las construcciones. Así, mirar con cuidado los materiales y los planos que se usan es muy importante. Huidobro Pelayo, (2016). Estas carencias son un gran problema en países pobres. Allí, el dinero y los aparatos para solucionar estos asuntos son pocos. En esos lugares, si una construcción falla, esto causa problemas de dinero y problemas con la naturaleza Chunga Santos, (2022).

1.2. JUSTIFICACIÓN

Es necesario estudiar cómo los materiales soportan la fuerza en estructuras que sostienen paneles solares. El cambio a energías renovables es importante. La gente usa la energía del sol cada vez más. Así, las estructuras que la sostienen deben ser seguras y durar mucho. Pero a menudo, estas estructuras no están bien hechas para soportar el mal tiempo. El viento fuerte, la humedad, los temblores de tierra y los cambios de temperatura pueden alterar su función con el tiempo. Por esta razón, esta investigación es importante. Ella mira qué materiales y diseños de estructuras son mejores para sostener paneles solares. Esto se hace en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en su sede de El Carmen. Con la ayuda de programas de computadora para diseñar y simular, se comprobará cuán fuertes son los materiales escogidos. También se verá cómo se comportan bajo la fuerza. Ello se hace para que cumplan con las reglas de otros países y para que duren más.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Analizar la resistencia del material en estructuras de soporte para paneles solares en la carrera de Electromecánica en la ULEAM Extensión El Carmen.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los materiales, diseños estructurales, normativas aplicables a las estructuras de soporte para paneles solares.
- Diseñar una estructura que sostenga paneles solares usando programas de computadora.
- Examinar la resistencia y la manera en que se comportan los soportes empleando modelos hechos en computadora.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Procedimiento

El procedimiento para hacer esta tesis tiene etapas claras, esas etapas aseguran que los objetivos se cumplan, también aseguran que la propuesta se desarrolle de forma lógica. Al principio, se mira mucha información escrita. Eso incluye encontrar, escoger y estudiar textos de escuelas y de técnicos, los escritos hablan de monturas para placas solares. También tratan sobre las reglas que se deben seguir. Además, consideran los materiales que se pueden emplear. Por último, los escritos mencionan los problemas que aparecen al concebir y montar estas monturas. Por medio de este estudio, se podrán reconocer pautas, maneras de actuar acertadas y huecos en la información. Esto guiará los pasos siguientes. Al mismo tiempo, se recolecta información técnica del lugar, como la fuerza del viento, los empujes del suelo, el daño ambiental y las reglas propias, para establecer los puntos básicos del diseño de la montura. Este paso asienta el plan con datos que ayudan, se dibuja una forma en tres medidas con programas de ordenador, como AutoCAD o SolidWorks, se toma en cuenta la forma y los materiales que se han elegido. La forma se revisa con programas de ordenador, como ANSYS o SAP2000. Así, se ve cómo se comporta el diseño con distintos pesos y como el del aire. Se comparan los resultados con las reglas vigentes. Se cambia el diseño si hace falta, para que cumpla con las normas de seguridad, aguante y no dañe el ambiente. Al final, se escriben los hallazgos, se

hacen dibujos del diseño final. Se muestran las ideas principales y los consejos en un informe técnico. Este informe se presenta en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen. Este modo de trabajar completo asegura un avance significativo para la tecnología en electromecánica.

1.4.2. Técnicas

La primera acción será ver los libros, un modo principal para construir la parte de teoría de la tesis. Este modo junta, estudia y resume datos importantes de libros de estudio, leyes y de técnicas. Esto es para hallar lo que se sabe y lo que está de moda en el diseño de soportes para paneles solares, los libros ayuda a entender bien el asunto, porque identifica lo que falta y lo que se puede mejorar en trabajos anteriores. En esta idea, se usará en la primera parte del plan, para justificar las decisiones técnicas y de método. Por ejemplo, la elección de los materiales, las formas de las estructuras y las leyes que aplican. Esto hará que las bases del diseño estén acordes con lo más nuevo y con las reglas de calidad aceptadas.

El diseño por computadora es la segunda técnica principal. Este método permite la formación de modelos de tres dimensiones y con exactitud. Usa programas como AutoCAD o SolidWorks. Muchas personas en ingeniería conocen este método. Así, el desarrollo y la vista de diseños con detalle se vuelven más fáciles antes de la construcción (Zeid, 2015). En este escrito, el diseño asistido por computadora sirve para delinear la forma de soporte propuesta, se toma en cuenta el clima y las reglas ya señaladas. Este modo de trabajo facilita el proceso de delinear, así como la posibilidad de cambiar rápidamente la forma. Así, el modelo final llega a los objetivos puestos.

Cuando la forma tridimensional está hecha, se usa la simulación por computadora con análisis de elementos finitos, el sistema evalúa cómo se porta la forma bajo distintas cargas, como el viento, el peso de la propia forma y los temblores. Se revisa, por ejemplo, la fuerza, los cambios de forma y los puntos seguros. Programas como ANSYS o SAP2000 se emplean para estas simulaciones, estos dan información importante sobre cómo se comporta la forma diseñada. La simulación por computadora se aplica en el momento de estudiar la forma. Esto asegura que la forma cumpla con las reglas de seguridad y aguante, y también con las condiciones del clima del lugar.

1.4.3. Métodos

Método Analítico

- **Fundamentación** El método de análisis supone separar un problema en sus partes principales. Se examina cada parte sola, esto permite entender las conexiones de fondo y obtener resultados precisos (Sampieri, 2014).
- **Motivo de Uso:** Este sistema examinará cómo se comportan los materiales elegidos se observará qué tan firmes son y si se estiran. También verá cuánto tiempo duran ante el clima. Su uso asegurará que los materiales planteados obedecen las reglas técnicas y las normas.
- **Aplicación:** Se usará al principio del proyecto, en la revisión de la literatura, se examinarán los textos y las reglas que hay esto hará una base teórica firme.

Método de Diseño por Modelado Computacional

- **Fundamentación:** Este método emplea programas de computadora, como software CAD, para idear y copiar sistemas difíciles. Según Zeid, (2015) el modelado por computadora permite construir imágenes virtuales exactas. Estas imágenes ayudan a ver cómo se comporta una estructura antes de que la construyan.
- **Motivo de Uso:** Se usará para construir figuras de tres dimensiones de las estructuras de apoyo. Se pensará en las formas más útiles y en los materiales escogidos. Así se hallarán fallos en el diseño antes de que se revisen sus partes.
- **Aplicación:** Este método se usará al diseñar la estructura. Se producirán modelos detallados con programas como SolidWorks o AutoCAD.

Método de Simulación por Elementos Finitos

- **Fundamentación:** El análisis de elementos finitos es un modo de cálculo. Con él, se resuelven problemas difíciles en ingeniería. El cálculo parte un sistema en porciones pequeñas. Lo hace para mirar cada porción aparte. Moreno Gómez, (2023).
- **Motivo de Uso:** El método resultará útil para ver la fuerza del armazón y cómo responde el diseño a las cargas del entorno. Por ejemplo, el viento, el peso propio y los temblores son cargas. Por lo tanto, el sistema cumplirá con las normas de seguridad.

- **Aplicación:** Se usará durante el análisis de cómo se arma el proyecto. Se hará con herramientas como ANSYS o SAP2000, así se copiarán las condiciones verdaderas que la armazón soportará.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

2.1.1. Concepto y fundamentos de la resistencia de materiales

La resistencia de materiales es una parte de la mecánica aplicada. Se observa cómo se comportan los cuerpos sólidos cuando soportan cargas y fuerzas. Su propósito es asegurar que sean estables, funcionen bien y no fallen. Esto implica estudiar cómo se estiran, la presión que soportan y si se rompen. Se consideran los materiales usados en la fabricación de estructuras y máquinas. Martínez Fernández, (2023).

Este campo se basa en las ideas de elasticidad, plasticidad y mecánica de cuerpos que se deforman. Por medio de esto, se revisa cómo se comportan los materiales cuando se les pone una carga. Se miran aspectos como la resistencia para estirar, para apretar, para doblar, para cortar, para girar y para deformarse. Esto dice si un material puede aguantar fuerzas de fuera sin que se rompa Moreno Gómez, (2023).

2.1.2. Concepto y función de las estructuras de soporte

Las estructuras de soporte garantizan la estabilidad y seguridad de una construcción o sistema mecánico al resistir y distribuir cargas. Proporcionan resistencia ante fuerzas como gravedad, viento, sismos y cargas dinámicas. Son esenciales en ingeniería civil, mecánica y aeroespacial. Depende de factores como el tipo de material, la geometría y las condiciones de carga. Beer, (2013).

- **Clasificación de las estructuras de soporte**

Las estructuras de soporte son fundamentales en la ingeniería civil, mecánica y estructural, ya que garantizan la estabilidad y resistencia de edificaciones, maquinarias e infraestructuras. Su clasificación se basa en diversos criterios, tales como su función, material, geometría y método constructivo. A continuación, se presentan las principales categorías de estructuras de soporte. Beer, (2013).

- **Clasificación según la geometría y configuración:**

Tabla 1 Clasificación según la geométrica y configuración

Tipo de Estructura	Descripción	Ejemplo
Estructuras Reticuladas	Formadas por elementos lineales conectados en nodos, transmiten	Torres de telecomunicaciones, puentes metálicos.

	esfuerzos a través de un entramado de barras.	
Estructuras de Viga y Pilar	Sistema tradicional basado en columnas verticales que soportan vigas horizontales.	Edificios, puentes, plataformas industriales.
Estructuras Laminares	Superficies delgadas que resisten cargas sin necesidad de refuerzos adicionales.	Cúpulas, cascarones, techos parabólicos.
Estructuras Tensadas	Utilizan cables y membranas sometidos a tensión para soportar cargas.	Puentes colgantes, techos de estadios.
Estructuras Modulares	Conjunto de elementos repetitivos que pueden ensamblarse fácilmente.	Viviendas prefabricadas, hangares.

Fuente: Elaboración propia

- **Clasificación según el material**

Tabla 2 Clasificación según el material

Material	Descripción	Ejemplo
Estructuras de Concreto	Resistentes a compresión, pero requieren refuerzo de acero para soportar tracción.	Edificios, puentes, túneles.
Estructuras de Acero	Alta resistencia y ductilidad, utilizadas en grandes infraestructuras.	Rascacielos, puentes metálicos, torres de transmisión.
Estructuras de Madera	Livianas y flexibles, utilizadas en construcciones residenciales y modulares.	Viviendas, pérgolas, vigas laminadas.
Estructuras de Materiales Compuestos	Combinan fibra de carbono, polímeros reforzados o aleaciones ligeras para mejorar rendimiento.	Aviación, automoción, ingeniería naval.

Fuente: Elaboración propia

- **Clasificación según su método constructivo**

Tabla 3 Clasificación según su método constructivo

Tipo de Construcción	Descripción	Ejemplo
Estructuras Prefabricadas	Se construyen en fábrica y luego se ensamblan en el sitio de obra.	Viviendas modulares, estaciones de peaje.
Estructuras In Situ	Construidas directamente en su ubicación final.	Puentes, túneles.
Estructuras Mixtas	Combinan elementos prefabricados con construcción tradicional.	Edificios de hormigón con vigas de acero.

Fuente: Elaboración propia

- **Clasificación según el tipo de carga que soportan**

Tabla 4 Clasificación según el tipo de carga

Tipo de Carga	Descripción	Ejemplo
Estructuras Estáticas	Soportan cargas constantes sin variación	Columnas, muros de contención.
Estructuras Dinámicas	Diseñadas para resistir cargas variables	Puentes colgantes, grúas.
Estructuras Sísmicas	Adaptadas para resistir terremotos mediante amortiguadores	Edificios en zonas sísmicas.

Fuente: Elaboración propia

- **Estructuras con movimiento (seguimiento solar)**

Los seguidores solares son máquinas que giran los paneles del sol. Giran así los paneles quedan de frente a los rayos. Esto ocurre todo el día. Esta orientación optimizada permite maximizar la captación de energía solar, aumentando la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y termosolares. Martínez, (2022).

Los seguidores solares se clasifican según el número de ejes de movimiento y su orientación. González, (2021).

- **Seguidores de un eje:**

- **Eje polar (1xp):** Se mueven alrededor de una línea que mira al sur. La línea se inclina según qué tan al norte o al sur está el lugar. Siguen el trayecto que el sol hace cada día, desde el este hacia el oeste.
- **Eje azimutal (1xa):** Rotan sobre un poste vertical. Ajustan su dirección en la horizontal para ir tras el sol. El ángulo inclinado es siempre el mismo que la latitud.
- **Eje horizontal (1xh):** Rotan sobre una barra horizontal que va de norte a sur. Ajustan la inclinación para que estén rectos con la luz del sol.

- **Seguidores de dos ejes (2x):**

- Permiten seguir el sol. Mantienen la superficie del panel en ángulo recto con los rayos del sol.

2.1.3. Diseño asistido por computadora (CAD): concepto y aplicaciones

El Diseño Asistido por Computadora (CAD, por sus siglas en inglés: Computer-Aided Design) es una tecnología utilizada en la ingeniería, arquitectura y diseño industrial que permite la creación, modificación, análisis y optimización de modelos digitales en 2D y 3D. Con programas, el diseño por ordenador deja ver y probar partes y sistemas. Lo hace antes de que la gente los fabrique o los construya. Zeid, (2015).

Los programas de diseño ayudan a los ingenieros y a los diseñadores. Ellos pueden hacer diseños más exactos, y el tiempo de desarrollo baja. La manera en que usan los materiales y el resto de los recursos en los proyectos de construcción, máquinas, electricidad y edificios, es mejor. Shih, (2021).

Ingeniería Civil y Arquitectura

- Diseño de edificios y estructuras en la creación de planos detallados de estructuras residenciales, comerciales e industriales.

Ingeniería Mecánica

- Modelado de componentes mecánicos como la creación de prototipos de maquinaria y piezas automotrices.

Ingeniería Eléctrica y Electrónica

- Diseño de circuitos y sistemas eléctricos en la construcción de esquemas eléctricos y PCB (placas de circuito impreso).

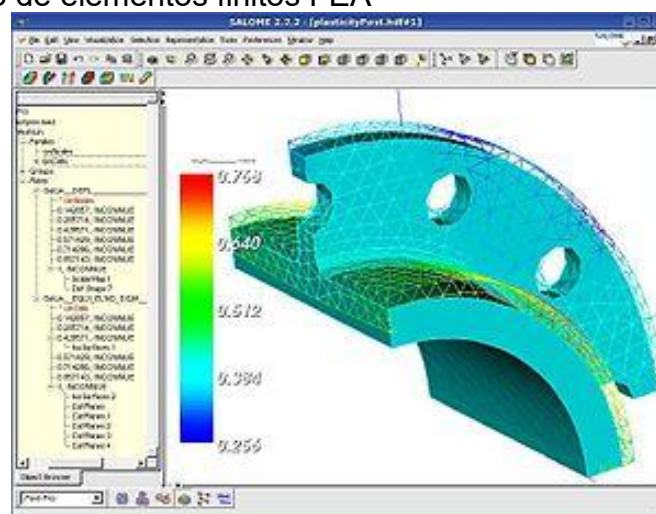
Industria Aeroespacial y Automotriz

- Diseño de aeronaves y vehículos como la creación de modelos de chasis, carrocerías y sistemas aerodinámicos.

2.1.4. Análisis de elementos finitos (FEA): definición y utilidad

El Análisis de Elementos Finitos (FEA) es un modo de cálculo para la ingeniería. Se usa para solucionar problemas de mecánica de estructuras y de calor. También soluciona problemas del movimiento de los líquidos y de otros hechos físicos. Un modelo se divide en elementos pequeños para esto. Las ecuaciones diferenciales se resuelven de manera aproximada en cada elemento, al dividir el dominio en múltiples subdominios interconectados. El FEA permite predecir el comportamiento de estructuras y sistemas físicos bajo diferentes condiciones de carga, temperatura y esfuerzos. Cook et al., (2018).

Figura 1 Diseño de elementos finitos FEA



Fuente: Elaboración propia.

El método de elementos finitos se ha convertido en una herramienta indispensable en diversas ramas de la ingeniería, ya que proporciona resultados detallados sobre la resistencia, estabilidad y rendimiento de materiales y estructuras.

2.2. ANTECEDENTES

La gente usa más energías renovables, como la energía solar. Así, se necesitan soportes para los paneles solares. Las estructuras sujetan los paneles. La estructura es necesaria para girar el panel en la dirección adecuada. También deben darles estabilidad y hacer que duren. Estas estructuras reciben fuerzas fijas y móviles. A veces, el ambiente es áspero y esto afecta su estado. Según Sánchez-Carratalá, (2012) una gran parte de la energía solar está en granjas de luz en áreas de campo, y se usan cimientos hondos como postes puestos. Los postes deben seguir reglas de seguridad estructural, y deben aguantar el viento, la nieve, y las cosas vivas y muertas. Desde una perspectiva regional, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), a través del trabajo de Chunga, (2022), estudió el comportamiento de estructuras de metal expuestas a la costa de Salinas, Ecuador. Descubrió que el acero A36 galvanizado resiste mejor la corrosión. Así, la duración de estas estructuras llega a los 28 años. La investigación muestra la importancia de escoger bien los materiales para los sistemas solares.

En el contexto latinoamericano, Martínez Fernández, (2023), un estudio se hizo en la parte amazónica de Colombia. Allí, el estudio empleó herramientas, como el método matricial y el de elementos finitos. Así, se planearon y calcularon los armazones de metal para los paneles solares. El que hizo el estudio dice que se deben considerar los factores del lugar, como el tiempo, la gente y la forma de construir. Esto ayuda a que el plan del amazón mejore y a que el ambiente no sufra tanto.

Antes de que se hiciera el proyecto "La resistencia de materiales en estructuras de soporte para paneles solares", se llevaron a cabo trabajos. Estos trabajos pusieron la base para diseñar soportes solares que sirvieran. Los trabajos previos mostraron la manera de observar la estructura y cómo los materiales aguantaban. De igual forma, se vio cómo reducir el tamaño de las formas y cómo ajustarlas a distintos sitios y momentos.

Uno de los estudios más completos en este campo fue el de Martínez Fernández, (2023), desarrolló un modo de soporte para paneles solares en la Amazonía colombiana. Usó programas de ordenador como Matlab y Tricalc para mirar la estructura. Tuvo en cuenta el viento, la humedad y el daño por óxido. Su plan era usar piezas de acero doblado en frío y con capa de cinc, porque estas piezas se podían montar por partes y no dañaban mucho el ambiente.

De forma complementaria, Arizaga Ibarra, (2018) Diseñaron un armazón movable para paneles solares. Emplearon modelado tridimensional con SolidWorks. Analizaron la mecánica usando la teoría de falla por esfuerzo cortante. Este trabajo ayudó a entender cómo la orientación y la inclinación afectaban la energía. No se necesitaban mecanismos complicados para seguir el sol.

Por otro lado, Mantas Biosca, (2021) creó un sistema de soporte modular para sujetar paneles solares. Se ajustaba a diferentes clases de paneles y de superficies. El estudio tuvo en cuenta las reglas presentes. Empleó principios de dureza, utilidad y solidez de la construcción. Validó el diseño al usar simulaciones.

Se realizaron estudios sobre la comprobación de la estructura y la firmeza de los sistemas fotovoltaicos. Estos sistemas se colocan en el mismo plano y se sujetan con contrapesos. El estudio midió cómo los perfiles soportan las cargas de viento y las de nieve. SolarMet, (2021). Estos informes han sido fundamentales para el desarrollo de configuraciones estructurales seguras y normativamente compatibles con instalaciones sobre cubiertas inclinadas o planas.

2.3. TRABAJOS RELACIONADOS

En Europa, específicamente en España, (Huidobro Pelayo, 2016) desarrolló un proyecto en la Universidad Politécnica de Madrid orientado al diseño de una estructura de soporte para un módulo solar compacto. Este módulo integraba todos los componentes eléctricos, incluido el sistema de almacenamiento, en la parte posterior del panel fotovoltaico. El diseño propuesto ofrecía una solución innovadora para instalaciones en entornos urbanos, al reducir el volumen del sistema completo y facilitar su montaje, a la vez que permitía una mayor flexibilidad arquitectónica. Huidobro Pelayo, (2016).

En Asia, el One Peking Road en Hong Kong muestra paneles solares en edificios altos. Esta construcción tiene unos 180 metros cuadrados de paneles arriba, y

los paneles producen 25.000 kilovatios hora cada año. La construcción es un buen ejemplo de cómo las estructuras para paneles solares funcionan en ciudades grandes, con sus propias necesidades. Wikipedia, (2024).

Las empresas que hacen estructuras solares, como Super Solar, trabajan en Asia y Europa. Ellas han creado soportes de aluminio y acero. Estos aguantan la oxidación y el viento fuerte. Se prueban las estructuras. Y se hacen análisis de cómo funcionan. Esto ayuda a fijar normas que aseguran que duran y que trabajan bien. Solar, (2024).

Las universidades ecuatorianas han estudiado el diseño de estructuras que sostienen paneles solares. Ellas consideraron el ambiente y la mecánica. Uno de los estudios más destacados fue realizado por Chunga Santos, (2022) en la Escuela Superior Politécnica del Litoral, unos individuos estudiaron el daño por corrosión de metales que estaban en el aire salino de Salinas. Los resultados mostraron que el acero A36 galvanizado, con un recubrimiento de zinc de 0,040 mm, dura hasta 28 años. Por esto, la elección es barata para las construcciones de paneles solares cerca del mar. También la Universidad Internacional SEK, Ordoñez Lara, (2020) diseñó un sistema estructural para un seguidor solar de un eje, destacando la importancia del análisis estructural detallado para optimizar el rendimiento energético y la seguridad de las instalaciones. El estudio consideró variables como la carga de viento y el movimiento mecánico del seguidor para evitar fallas en los componentes estructurales. Finalmente, Guillén Chicaiza, (2022), también desde la Universidad Politécnica Salesiana, investigaron la normativa de puesta a tierra en sistemas fotovoltaicos, concluyendo que las estructuras metálicas de soporte pueden actuar como rutas efectivas para la evacuación de corrientes de falla, siempre que se cumpla con los estándares técnicos nacionales e internacionales.

En provincias de Ecuador, se crearon proyectos. Los proyectos tratan sobre el uso de la energía solar. También evalúan las estructuras que sostienen los sistemas fotovoltaicos. Un estudio se hizo en la provincia de Loja. Usaron el método de Hottel. Este método calcula la luz del sol que hay en la zona. La información ayuda a planificar cómo deben ser los soportes. Los soportes deben recoger la mayor energía. Esto depende de cómo se inclinan y hacia dónde miran Cumbicus Guamán, (2023). Estos escritos muestran un interés en los lugares de

Ecuador. Allí, la gente busca apoyar la habilidad técnica y el modo de operar de los aparatos de energía solar. Así, se ajustan a las diferentes zonas del país. En Manabí, Ecuador, las personas han empezado proyectos de energía solar en varios pueblos. Por ejemplo, en el pueblo de Jipijapa, una persona estudió la energía disponible para poner paneles solares. Esa persona vio si era posible usar la luz del sol de la zona. No encontramos estudios sobre cómo hacer soportes para paneles solares en otros pueblos de Manabí. Esto lo sabemos porque revisamos escritos. Por esto, hay una oportunidad de hacer más estudios. Estos estudios podrían ser sobre cómo construir la infraestructura para los sistemas solares en la provincia.

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El capítulo detalla el proyecto para mejorar la fuerza de los materiales en los soportes de los paneles solares. Estos paneles se usan en la carrera de Electromecánica de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen. El proyecto abarca la elección de los materiales y el estudio de la estructura. Este estudio se hace con una simulación por computadora. Además, se comprueban los valores de fuerza de los materiales bajo carga verdadera. Por medio de esto, se busca dar a los alumnos una experiencia técnica real. Esto los ayudará a entender el diseño de estructuras y el análisis de la tensión. También, aprenderán cómo se comportan los materiales bajo diferentes demandas. Así, se asegura que los soportes funcionen bien y sean seguros.

3.1. DESARROLLO

Aquí se muestra cómo se hicieron las tres metas del estudio. Se revisaron muchos textos sobre los materiales, los diseños de las estructuras y las reglas para los soportes de los paneles solares. Después, se hizo el diseño de una estructura detallada con programas de computadora. El programa permitió obtener dibujos tridimensionales exactos, y se prepararon los planos técnicos. Al final, se revisó qué tan fuerte era la estructura y cómo funcionaba con programas de computadora que usaban elementos finitos. Se miraron las cargas del ambiente, las fuerzas que actuaban, cómo se doblaba y qué tan segura era. Cada parte de esto se explica en los siguientes apartados. Esto confirma que se lograron las metas, y que el método del estudio es lógico.

3.1.1. Descripción de la propuesta

- **Descripción del Objetivo Específico 1**

En el marco del primer objetivo específico “Realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre los materiales, diseños estructurales, normativas aplicables a las estructuras de soporte para paneles solares”, se llevó a cabo un análisis sistemático de fuentes académicas y técnicas seleccionadas de bases de datos y repositorios institucionales. Esta revisión incorporó estudios recientes sobre acero galvanizado, aluminio y materiales compuestos, así como las normativas internacionales IEC 61215 e IEC 61730, con el fin de identificar las propiedades mecánicas, criterios de corrosión y requisitos de seguridad que deben cumplir las estructuras de soporte en condiciones ambientales adversas. Mediante la

aplicación de criterios de inclusión basados en relevancia temática, calidad editorial y datos empíricos, se sintetizaron las buenas prácticas de diseño y los vacíos de conocimiento, estableciendo así el fundamento teórico necesario para guiar las fases posteriores de diseño asistido por computadora y simulación estructural en esta tesis

- **Descripción del Objetivo Específico 2**

Se hizo un modelo tridimensional de la estructura propuesta. Se usó SolidWorks 2024 para hacerlo. Para el modelo, se entendieron los requisitos de funcionamiento, como cuántos paneles había y de qué tipo, su posición, su inclinación, y dónde se iban a poner. Así, se definieron los perfiles. En el programa, se pudo revisar si las piezas aguantaban el peso. Se crearon vistas de las piezas separadas. Se buscaron choques entre ellas y se prepararon dibujos técnicos. También se hicieron listas de lo que se necesitaba. Esto se guardó en formatos DWG, STL y STEP. Así se gastó menos tiempo en el diseño, y se tuvieron menos errores al construir.

- **Descripción del Objetivo Específico 3**

Se hizo un análisis con elementos finitos en SolidWorks Simulation 2024. Se pusieron las cargas externas, ya que se estableció una fuerza de gravedad hacia abajo y una carga distribuida en las caras de arriba del modelo, pues esto imitaba el peso de los paneles y la fuerza del viento. Después, se colocaron tres puntos fijos en la base de la estructura, lo que mostraba cómo se ataba al suelo en la realidad. Con estas cargas y los puntos fijos, se estudiaron las presiones, los cambios de forma y el factor de seguridad mientras funcionaba. Así, los resultados fueron ciertos y se confirmó que la estructura era posible de hacer.

3.1.2. Etapas

- **Etapas 1: Actividades realizadas para cumplir Objetivo Específico 1.**

Durante la Etapa 1, se implementó un proceso sistemático de investigación documental: se definieron criterios de búsqueda y palabras clave específicas, y se seleccionaron bases de datos académicas (Google académico) y repositorios institucionales para ejecutar consultas avanzadas y descargar literatura publicada entre 2016 y 2024; seguidamente, se filtraron las referencias según relevancia temática, calidad metodológica y adecuación al contexto local de El Carmen, eliminando duplicados y evaluando críticamente cada fuente para

extraer datos sobre propiedades mecánicas de acero galvanizado, aluminio y materiales compuestos, finalmente, los hallazgos se consolidaron en un marco teórico con tablas comparativas y diagramas de síntesis que fundamentan las decisiones de selección de materiales y guían las fases posteriores de diseño asistido por computadora y simulación estructural

- **Etapla 2: Actividades realizadas para cumplir Objetivo Específico 2.**

En la Etapa 2, orientada a cumplir el Objetivo Específico 2 se llevaron a cabo las siguientes actividades: primero, se interpretaron los requerimientos funcionales del sistema (número, tipo, orientación e inclinación de los paneles, condiciones climáticas y superficie de instalación), lo cual ayudó la parametrización de perfiles metálicos y bases de anclaje en SolidWorks 2024; a continuación, se modelaron cada uno de estos componentes en entorno tridimensional, ajustándolos a las dimensiones reales del panel BSP330P; luego, se validó el ensamblaje mediante análisis de interferencias y se generaron vistas explosionadas y secciones transversales para asegurar la compatibilidad de piezas; finalmente, se preparó la documentación técnica completa planos detallados, listas de materiales y archivos DWG, STL y STEP destinada a anexarse al informe como soporte para la fase de fabricación o implementación a escala real

- **Etapla 3: Actividades realizadas para cumplir Objetivo Específico 3.**

Para el Objetivo Específico 3, la Etapa 3 tuvo estas actividades - Primero, en SolidWorks Simulation 2024, aplicamos una aceleración de la gravedad hacia abajo, y una fuerza de 605,52 Newtons en cada una de las cuatro caras de arriba del modelo. Esto simuló el peso de los paneles y la fuerza del viento. Pusimos tres puntos de sujeción fijos en la base del armazón, porque así representamos el anclaje al suelo. Después de eso, configuramos una malla sólida. Esta malla tuvo buena calidad, se basó en la curvatura, y tuvo 18 723 partes y 42 725 puntos, sin distorsión. Esto aseguró un análisis estático lineal exacto. Por último, corrimos la simulación. Con esto obtuvimos las tensiones de Von Mises, los desplazamientos más grandes, las deformaciones y el factor de seguridad. Comprobamos que todos los números estaban dentro de lo que permiten las normas de construcción.

3.1.3. Presupuesto

El trabajo en la investigación no usó dinero. Se usaron los programas de diseño y análisis de los laboratorios de la ULEAM. Los materiales y las máquinas que estaban en la unidad académica también se usaron. Así, el dinero para los tres objetivos fue cero. No se tuvo que comprar ni contratar nada de fuera. Los gastos se cubrieron con lo que la institución ya tenía.

3.1.4. RESULTADOS

- **Objetivo 1: Logros obtenidos en el objetivo 1.**

La selección del material de construcción es uno de los factores importantes al diseñar soportes para aparatos solares. Esto decide si la estructura puede soportar fuerzas mecánicas, cargas del ambiente y funcionar mucho tiempo. Los escritos técnicos y científicos muestran materiales que se usan habitualmente en estas estructuras. Entre ellos, algunos sobresalen.

- **Acero galvanizado:** La gente lo usa mucho porque es duro y es barato. También evita que se oxide, sobre todo si lo dejas fuera.
- **Aluminio estructural:** Es ligero. Resiste bien la corrosión. Se puede trabajar con facilidad.
- **Materiales compuestos:** Aun cuando se usan poco, las personas investigan los polímeros que llevan fibra de vidrio o carbono. Los miran para usos que piden que no se rompan por el uso constante y que pesen poco. Pero su precio hace que no se pongan en muchos sitios.

La bibliografía también señala la importancia de considerar el comportamiento del material bajo cargas dinámicas, como ráfagas de viento, así como su durabilidad frente a ambientes agresivos (humedad, radiación UV, salinidad en zonas costeras).

Considerando lo anterior se ha optado por implementar en esta propuesta la estructura inclinada tipo TRI-Bracket Falcat de 30°, debido a su eficiencia estructural, facilidad de montaje y adaptabilidad. Esta estructura está fabricada en acero inoxidable 304, lo cual garantiza una alta resistencia a la corrosión, larga vida útil y un comportamiento mecánico adecuado frente a las condiciones ambientales del cantón El Carmen, caracterizado por su clima tropical húmedo y niveles moderados de salinidad.

Figura 2 TRI-Bracket Falcat



Fuente: Ficha técnica Valcat

La estructura aguanta vientos de 27 metros por segundo y nieve de 50 centímetros de alto. Así, hay seguridad con mal tiempo.

El acero 304 sirve para las partes que sujetan y soportan. Este material tira con fuerza y no se rompe fácilmente. También resiste las cosas que lo dañan.

- **Cumplimiento normativo de la estructura propuesta**

La estructura TRI-Bracket Falcat de 30 grados se inclina. Esta inclinación sigue las reglas nacionales y las reglas de otros países para los soportes de los sistemas solares. En los lugares donde se enseña, la precisión técnica es buena. Seguir las reglas ayuda a que los paneles solares, que están puestos, sean seguros y duren mucho.

La TRI-Bracket cumple con la regla ASCE 7. Ella soporta vientos de hasta 27 metros por segundo. Además, soporta el peso de 50 centímetros de nieve. En El Carmen no hay peso de nieve. Pero esto muestra que la estructura tiene más seguridad.

El acero inoxidable 304 cumple con las reglas de calidad de ASTM International. Esto es para las cosas de estructura que van afuera. Así, el acero tiene las características adecuadas para resistir.

En Ecuador, la estructura que se propone sigue las ideas del Código Ecuatoriano de la Construcción. Este código habla de la seguridad de las estructuras. También habla de los materiales que tienen certificación y de cómo resistir el clima de la región. La estructura que se escogió sirve para el lugar de Manabí. Allí hay vientos suaves, mucha humedad y sal en el ambiente.

- **Selección del panel solar**

El panel solar fotovoltaico BSP330P, de Bauer Energy, tiene 72 celdas. Las celdas son policristalinas y miden 156 por 156 milímetros. El módulo mide 1956 por 992 por 40 milímetros. Se elige este panel para su uso en la carrera de Electromecánica. Su uso es para fines académicos. Se considera su función, su firmeza y que muestre la tecnología. Se tienen en cuenta su buen uso de la energía y si encaja en la estructura. El panel solar da 330 vatios de potencia máxima. Su voltaje en circuito abierto es de 45.75 voltios y su corriente en cortocircuito es de 9.3 amperios. En su diseño, el panel lleva un vidrio templado de 3.2 milímetros. Este vidrio lo protege de golpes y del tiempo. En El Carmen, hay altas temperaturas y mucha humedad, y el panel funciona bien. Por lo tanto, sirve para la enseñanza y para probar cosas. El panel cumple con las pruebas. Las pruebas son de 1000 vatios por metro cuadrado de luz, 25 grados Celsius y un espectro AM 1.5. Así, se puede hacer un estudio técnico exacto del módulo. El módulo logra un 17 % de buen uso de la energía. En lugares con calor, el panel rinde menos. Esto sucede porque el calor reduce su potencia máxima. Esto es importante en esta región. El panel asegura su calidad y que es seguro con la electricidad. También, el panel funciona bien en diferentes tiempos. Esto es porque cumple con las normas IEC 61215 e IEC 61730. El producto tiene los certificados ISO 9001, ISO 14001 e ISO 18001. Estos certificados apoyan su origen, su cuidado del ambiente y la seguridad en el trabajo de quien lo hace. Se elige este panel solar porque sirve para el aprendizaje. También, el panel encaja en la estructura de soporte. Así, los estudiantes trabajan con tecnología de energía que se usa en el sector. Se consideran sus rasgos técnicos y las normas. También, se considera el TRI-Bracket Falcat de 30 grados.

Figura 3 Panel solar fotovoltaico BSP330P



Fuente: Ficha técnica Bauer

- **Objetivo 2: Logros obtenidos en el objetivo 2.**

Se creó un armazón para sostener paneles solares. Las computadoras se usaron para mostrar cada pieza de la estructura con exactitud. Este proceso es importante para ver las cosas en tres dimensiones, así se pueden medir las partes. También se puede comprobar que las piezas encajen y que los elementos funcionen bien juntos. Luego se preparan dibujos para fabricar o instalar el armazón.

El diseño se hizo con un programa que forma modelos en tres dimensiones. Esto permite hacer estructuras exactas y ver cómo se comporta el sistema en distintas formas. Se ahorra tiempo y se cometen menos errores cuando se construye, porque se pueden cambiar las cosas mientras se diseña.

- **Proceso de diseño**

El proceso de diseño del armazón comenzó con la lectura de las necesidades del sistema solar. Estas necesidades incluían la cantidad y el modelo de paneles a poner, la dirección y la pendiente que se querían, el estado del tiempo del lugar y la clase de superficie donde se instalaría. También se consideró que el mantenimiento fuera fácil. Sobre esta base, se procedió a modelar cada componente estructural perfiles, abrazaderas, tornillería, bases de anclaje y refuerzos ajustándolos a las dimensiones reales del panel solar seleccionado, de modo que el sistema garantice un montaje seguro, estable y funcional. Se incorporaron también canales para el paso de cableado, zonas de anclaje estandarizadas y elementos de fijación compatibles con condiciones de intemperie.

- **Herramientas utilizadas**

En nuestro estudio se utilizó SolidWorks 2024, una herramienta CAD de alta precisión que permite trabajar en entornos tridimensionales con soporte para ensamblajes, análisis de interferencias y generación automática de planos técnicos para el diseño estructural. Estas herramientas fueron clave para:

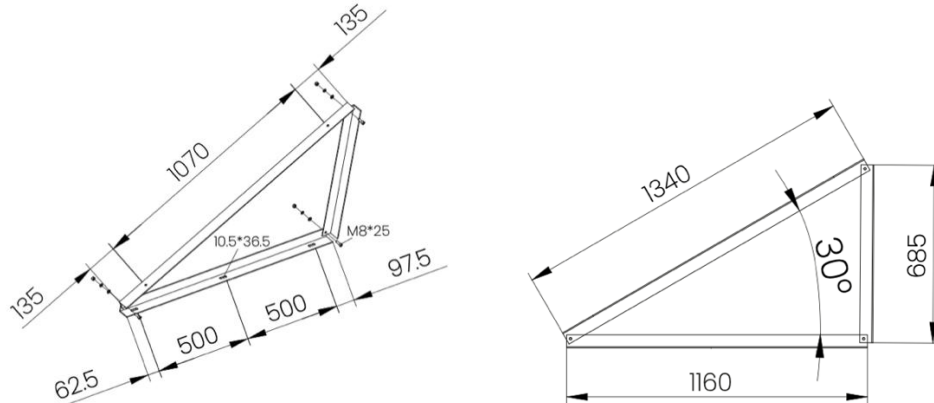
- Realizar el diseño detallado de cada componente de la estructura.
- Generar vistas explosionadas y secciones transversales del sistema.
- Identificar puntos críticos de unión o concentración de esfuerzos.

Se creó un modelo en 3D de la estructura de soporte elegida con SolidWorks 2024. Este modelo incluía sus partes importantes. Estas partes eran los soportes

de metal, las piezas que los sujetaban, los tornillos y los lugares donde se anclaban. El modelo tenía las medidas verdaderas de los materiales, como el acero 304.

Se adaptó la estructura al panel solar, que era de 330W y de 72 celdas. Se añadieron las inclinaciones y las distancias. Las uniones y la forma de la estructura permitían una colocación estable.

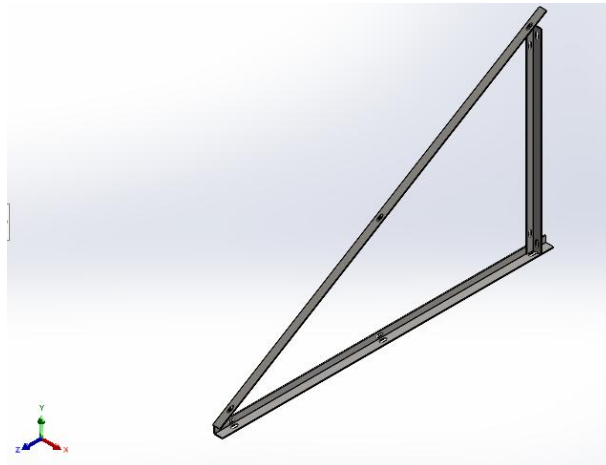
Figura 4 Medidas soporte solar valcat



Fuente: Ficha técnica Valcat.

En la siguiente figura se muestra el diseño realizado en Solidworks 2024 considerando la ficha técnica.

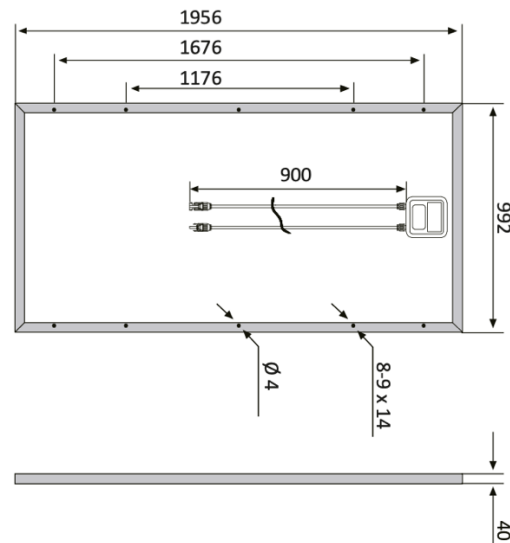
Figura 5 Diseño en solidworks 2024



Fuente: Elaboración propia.

En la figura siguiente se muestra las medidas brindadas por la ficha técnica Bauer.

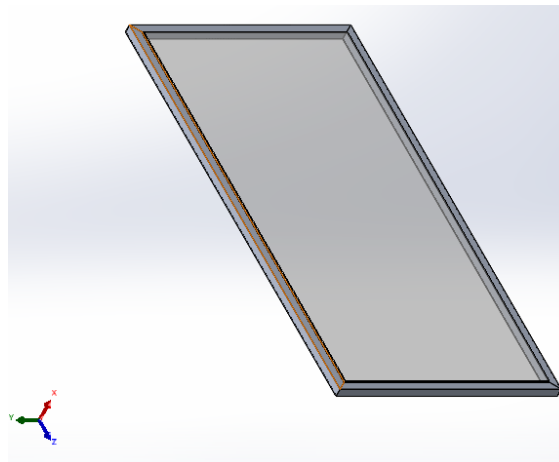
Figura 6 Medidas placa solar Bauer



Fuente: Ficha técnica Bauer.

En la siguiente figura se muestra el diseño realizado en Solidworks 2024 considerando la ficha técnica.

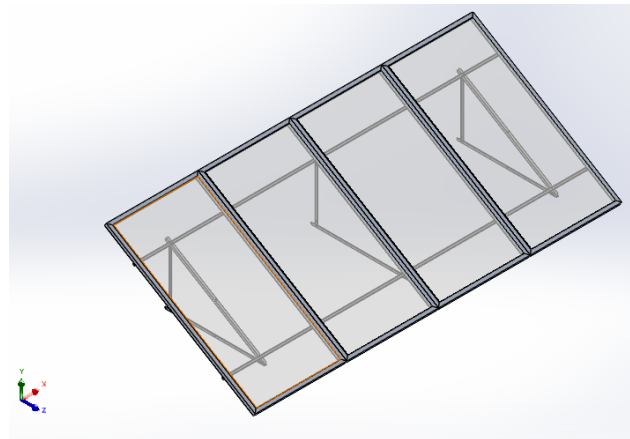
Figura 7 Diseño en solidworks 2024



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el detalle completo de la estructura y los paneles solares.

Figura 8 Estructura panel solar



Fuente: Elaboración propia.

Por el modelado y el ensamblaje en SolidWorks 2024, se creó la documentación técnica del sistema estructural. Esta incluye planos de cada elemento que conforma la estructura de soporte para los paneles solares. Los planos muestran medidas exactas y explican cómo unir las partes. También especifican qué materiales usar. Esto ayuda a la gente a entender los planos, y así construyen las cosas. Por el detalle y el largo de esta información, los planos técnicos completos van al final del texto. Así es fácil verlos sin parar la lectura del capítulo. En esos anexos, usted puede mirar el dibujo técnico de cada parte de la estructura.

- **Objetivo 3: Logros obtenidos en el objetivo 3.**

La buena definición de las fuerzas de afuera y de cómo se sujeta algo es muy importante en todo análisis de estructuras con elementos finitos. Los resultados de esto muestran qué tan cerca está la estructura de su comportamiento verdadero. En este estudio, los dos aspectos se pusieron con cuidado en SolidWorks Simulation 2024. Así se consideraron las condiciones físicas del sistema y las reglas que se aplican.

- **Aplicación de cargas externas**

En la simulación se aplicaron dos tipos de carga principales:

- a. **Carga gravitacional**

Se definió una aceleración gravitacional estándar de:

$$g = 9,81m/s^2$$

Esta carga fue aplicada en dirección vertical negativa (eje Z), y se distribuyó automáticamente sobre la masa total del modelo ensamblado, compuesta por

perfiles metálicos y el peso equivalente de los paneles solares. La masa de cada componente fue determinada por el propio software con base en la densidad del acero inoxidable AISI 304 y el volumen de cada sólido.

b. Carga superficial simulando viento + peso de paneles

Además de la gravedad, se aplicó una fuerza normal distribuida de 605,52 N sobre cuatro caras superiores del modelo, correspondientes a las superficies de contacto con los paneles solares. Esta fuerza fue calculada considerando dos componentes:

- Peso total de tres paneles solares (aproximadamente 20,9 kg cada uno):

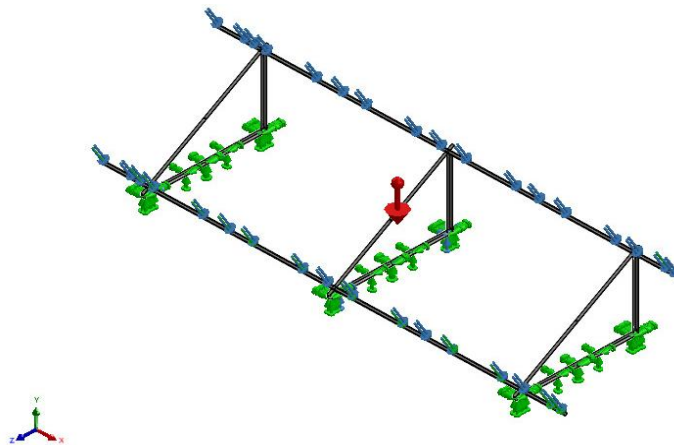
$$P_{\text{paneles}} = 3 \times 20,6 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 606,8 \text{ N}$$

Se ajustó a 606,8 N como valor efectivo teniendo en cuenta la inclinación de la estructura (30°) y la distribución parcial de carga sobre múltiples puntos.

- Distribución

La carga total se dividió proporcionalmente en cuatro superficies superiores (bordes y centros del bastidor), simulando la transferencia de carga desde los paneles hacia la estructura metálica.

Figura 9 Distribucion de cargas y sujeciones a la estructura



Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Condiciones de sujeción

Para simular la conexión de la estructura con el suelo o base física, se definieron tres sujeciones fijas en la parte inferior del bastidor (cimentación o apoyo inferior de los TRI-brackets).

Estas sujeciones fueron asignadas como:

- Geometría fija ("Fijo-1") sobre tres caras inferiores, las cuales representan las bases de anclaje atornilladas o embebidas al terreno o plataforma.
- Esta condición impide todo tipo de desplazamiento y rotación en esas superficies, lo cual es coherente con una instalación fija de exterior.

La combinación de cargas y restricciones se diseñó para representar de manera realista las condiciones de trabajo de la estructura:

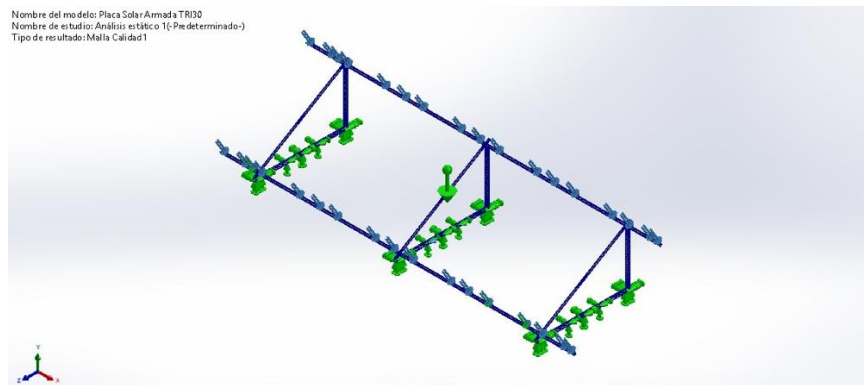
- Las cargas gravitacionales y normales representan el peso propio del sistema y la acción del viento, principales agentes que afectan estructuras de soporte para paneles solares.
- Las sujeciones fijas en la base reflejan una instalación real donde la estructura se encuentra firmemente anclada a una base rígida, como lo exige la normativa estructural.

- **Datos de entrada y configuración del análisis**

El estudio se realizó sobre el ensamblaje completo denominado Placa Solar Armada TRI30, modelado previamente en SolidWorks. El análisis seleccionado fue de tipo estático lineal, aplicando las siguientes condiciones:

- **Material:** Acero inoxidable AISI 304
 - Módulo de elasticidad: $1,9 \times 10^{11}$ N/m²
 - Límite elástico: 206,8 MPa
 - Límite de tracción: 517 MPa
 - Densidad: 8000 kg/m³
- **Tipo de malla:** Sólida, basada en curvatura
 - Elementos: 18.723
 - Nodos: 42.725
 - Calidad de malla alta, con porcentaje de distorsión: 0%

Figura 10 Mallado de estructura solar



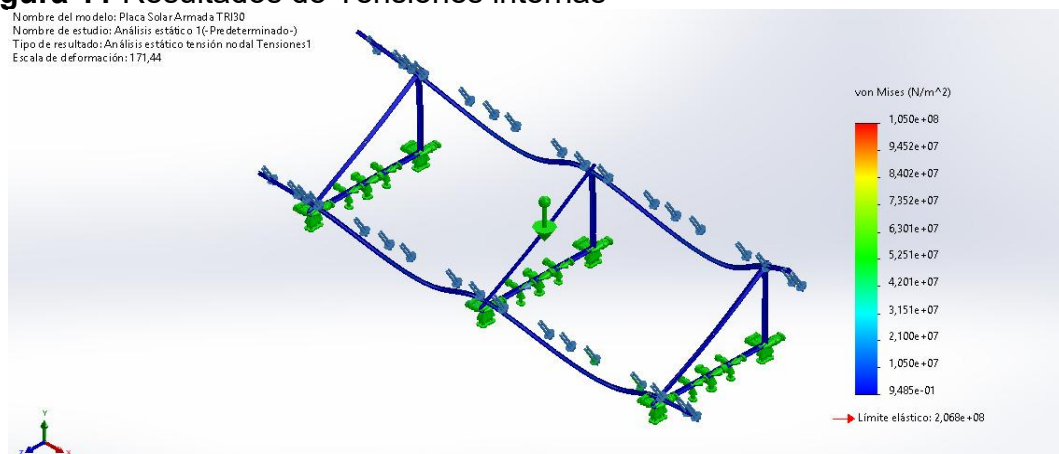
Fuente: Elaboración propia.

- **Resultados del análisis**

- a) Tensiones internas (Von Mises):

El análisis computacional arrojó una tensión máxima de 105 MPa ($1,05 \times 10^8$ N/m²), lo cual representa el 50,7% del límite elástico del acero inoxidable AISI 304 (206,8 MPa). Esto indica que la estructura trabaja dentro de márgenes aceptables sin riesgo de fluencia o falla por tensión.

Figura 11 Resultados de Tensiones internas

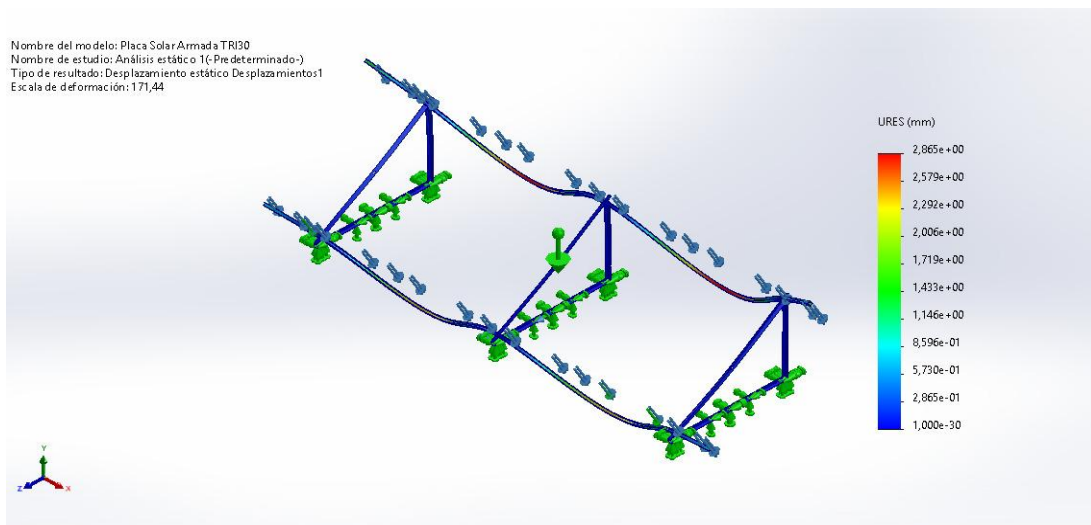


Fuente: Elaboración propia.

- b) Desplazamientos máximos:

Se obtuvo un desplazamiento máximo de 2,865 mm, localizado en los extremos superiores del bastidor, donde se concentra parte de la carga. El número está dentro de lo que se permite para las armazones de metal. Estas armazones reciben cargas de uso. Así, la estabilidad del conjunto no sufre. Tampoco su funcionamiento.

Figura 12 Resultados de desplazamiento máximo

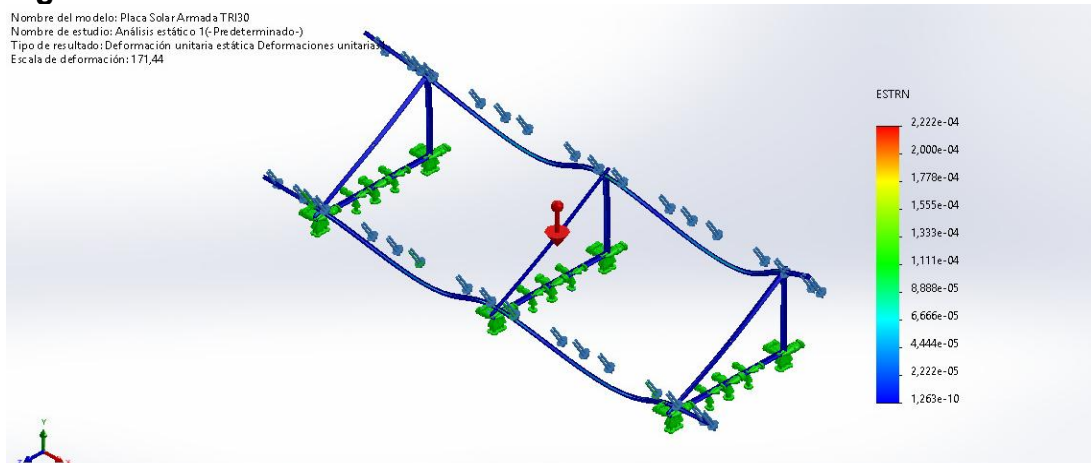


Fuente: Elaboración propia.

c) Deformación unitaria (strain):

La deformación más grande fue de $2,22 \times 10^{-4}$. Este dato revela el comportamiento elástico del material. No había indicios de doblado ni de que la fuerza se juntara.

Figura 13 Resultados Deformación unitaria

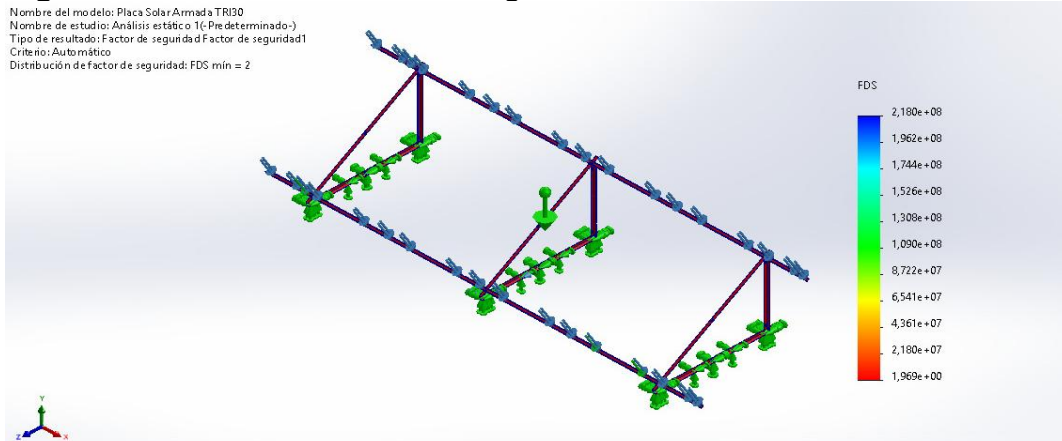


Fuente: Elaboración propia.

d) Factor de seguridad (FOS):

El sistema dio un factor de seguridad mínimo de 1,969. Esto significa que la estructura soporta cargas que son casi el doble de las que se esperan. No se llega así al punto de ruptura del material. Este número es bueno para estructuras que tienen distintas cargas. Por ejemplo, en lugares de enseñanza la seguridad es muy importante.

Figura 14 Resultados Factor de seguridad



Fuente: Elaboración propia.

El simulacro muestra que el soporte propuesto cubre los requisitos mecánicos bajo las condiciones del entorno. Las fuerzas, los movimientos y los cambios de forma permanecen dentro de los límites de las normas para construcciones de metal. El factor de seguridad alcanza una respuesta aceptable si hay más peso, temblores o esfuerzos imprevistos. Los resultados confirman que se puede emplear acero inoxidable 304 como material. El diseño de la forma también es adecuado. La solución pensada es práctica para estudios y pruebas.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- La revisión bibliográfica permitió identificar los materiales más empleados en estructuras de soporte para paneles solares, destacando entre ellos el acero inoxidable 304, el acero galvanizado y el aluminio anodizado, debido a su alta resistencia mecánica, durabilidad y buena relación peso/resistencia. Así mismo, se analizaron distintos tipos de configuraciones estructurales como soportes fijos inclinados y sistemas con seguimiento solar, siendo el sistema tipo TRI-Bracket de 30° una solución óptima por su simplicidad, estabilidad y facilidad de implementación.
- El diseño de la estructura se hizo con el programa SolidWorks 2024. Así, se mostró bien cada parte de la estructura. La estructura tenía largueros, abrazaderas, anclajes y perfiles de apoyo. Este trabajo permitió ver que el sistema funcionaba y que las formas eran correctas. Las cargas se repartían bien, el montaje era sencillo y se ajustaba a los paneles solares elegidos. Esos paneles eran policristalinos de 330 W y 72 células. Dentro del programa, se hicieron planos, listas de materiales y vistas despiezadas. Estas herramientas sirvieron para entender la estructura. También sirvieron para construirla después.
- La simulación estructural, hecha con SolidWorks Simulation 2024, mostró que el sistema propuesto se porta bien cuando tiene encima el peso de los paneles solares y el empuje del viento. Los números indicaron una tensión máxima de 105 MPa. Esto es el 50,7 % de lo que el acero inoxidable 304 aguanta antes de estirarse. El mayor movimiento fue de 2,865 mm. Este número está por debajo de lo que se permite para que la forma no cambie demasiado. El estudio también encontró un factor de seguridad de al menos 1,969. Este número es bueno para estructuras con cargas normales y que no se mueven. Las partes estiradas del material quedaron dentro de lo que el material puede volver a su forma. Por eso, no hay peligro de que se doblen, se estiren para siempre o se deformen de forma fija. Se confirmó que la estructura es segura. Cumple con lo que

se pide para aguantar y sirve tanto para usarse de verdad como para enseñar.

4.2. RECOMENDACIONES

- El análisis presente consideró un estudio sin movimiento. Para entender mejor cómo se comporta el sistema, es bueno hacer más simulaciones. Por ejemplo, incluye la fuerza del viento que cambia. También considera cómo el calor hace que el metal se estire, porque la temperatura varía. El Ecuador tiene un riesgo moderado de temblores, así que suma la fuerza de los movimientos de tierra. Al hacer esto, sabrás más sobre cómo la estructura se mueve. Esto te permite crear soluciones más resistentes para la vida real.
- Se sugiere incorporar proyectos similares en asignaturas como Diseño Mecánico, Tecnología de materiales entre otras, donde los estudiantes puedan modelar, simular y analizar estructuras aplicadas a energías limpias. Esto fomentará el aprendizaje activo, el uso de software de ingeniería y el desarrollo de competencias prácticas vinculadas a las exigencias actuales del sector industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Arizaga Ibarra, M. A. (2018). *Diseño de estructura de soporte móvil y ajustable para panel solar de experimentación*. . Universidad de Guanajuato.
- Beer, F. P. (2013). *Mecánica de materiales (5ª ed.)*. . McGraw-Hill.
- Chunga Santos, G. E. (2022). *Análisis de la corrosión en aleaciones metálicas en Salinas (Ecuador) para determinar su empleabilidad en soportes para paneles solares* . Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Chunga, G. E. (2022). *Análisis de la corrosión en aleaciones metálicas en Salinas (Ecuador) para determinar su empleabilidad en soportes para paneles solares*. . Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Cumbicus Guamán, S. E. (2023). *Cálculo de la radiación solar utilizando el método de Hottel para determinar la viabilidad de sistemas fotovoltaicos en Loja* . Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25874/1/TTS1510.pdf>.
- González, J. &. (2021). *Innovaciones en energía solar fotovoltaica*. . Editorial Científica Técnica.
- Guillén Chicaiza, J. E. (2022). *Análisis de la normativa técnica de puesta a tierra en sistemas fotovoltaicos en el Ecuador* . Universidad Politécnica Salesiana.
- Huidobro Pelayo, M. (2016). *Diseño de una estructura de soporte para módulo solar compacto* . Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/44696/>.
- Mantas Biosca, J. (2021). *Diseño y estudio técnico de un sistema estructural modular para anclaje de placas solares* . Universitat Politècnica de València.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/189135>.
- Martínez Fernández, L. A. (2023). *Diseño y cálculo de la estructura de soporte de una instalación solar fotovoltaica*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Martínez, D. S. (2022). Optimización de sistemas solares mediante seguimiento solar. . *Revista de Ingeniería Energética*, 28(3), 45-58.
- Moreno Gómez, D. (2023). *Análisis numérico de una estructura retráctil para placas solares*. Universidad de Sevilla.
- Neira Jalca, D. M. (2022). *Análisis de potencial energético para la implementación de paneles solares en el cantón Jipijapa* . Universidad Estatal del Sur de Manabí.
<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4867/1/NEIRA%20JALCA%20DAYANA%20MICHELLE.pdf>.
- Ordoñez Lara, J. A. (2020). *Diseño estructural de un sistema de seguidor solar de un eje para mejorar la eficiencia de paneles fotovoltaicos*. Universidad Internacional SEK.

<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3469/1/ESTRUCTURA%20SEGUIDOR%20SOLAR.pdf>.

- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación (6.ª ed.)*. . México: McGraw-Hill.
- Sánchez-Carratalá, C. R. (2012). *Bases para el proyecto de cimentaciones de pilotes hincados para estructuras de apoyo de placas en parques solares fotovoltaicos*. . XVI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.
- Shih, Y.-T. &. (2021). Exploring the Role of CAD and its Application in Design Education. *Computer-Aided Design and Applications*, , 18((6)), 1410–1424. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2021.1410-1424>.
- Solar, S. (2024). *Selección de materiales y resistencia al viento de soportes para paneles solares*. . <https://www.supersolarpv.com/es/material-selection-and-wind-resistance-of-solar-panel-roof-mounting-brackets>.
- SolarMet. (2021). *Verificación estructural y de estabilidad: sistema coplanar y RS10*. . Efergia. <https://efergia.com/files/productos/descargas/solarmet---verificación-estructural-y-de-estabilidad---sistema-coplanar-y-rs10.pdf>.
- Wikipedia. (2024). *One Peking Road*. . https://es.wikipedia.org/wiki/One_Peking_Road.
- Zeid, I. (2015). *Mastering SolidWorks: The Design Approach*. . Mastering SolidWorks.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica Valcat Estructura Panel Solar

Ficha técnica:
TRI 30

FALCAT
STRUCTURES



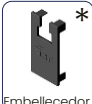
Especificaciones

Materiales: Aluminio anodizado 6005 T5
Acero inoxidable 304

Velocidad del viento: hasta 27 m/s

Carga de nieve: hasta 50 cm

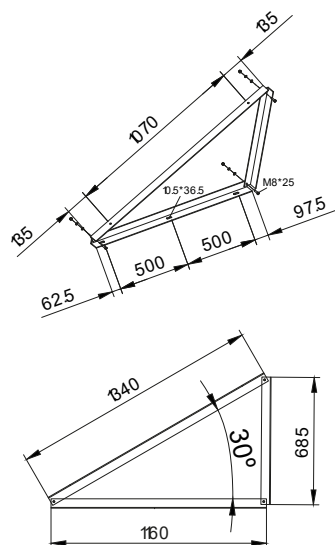
Componentes

Cantidad/ paneles								Peso bruto (kg)	
	TRI-bracket	Perfil	Embellecedor *	Abrazadera	Empalme de perfil	Presor central	Presor lateral	60	72
1 panel	2	2	4	4	-	-	4	13.5	12.2
2 paneles	3	4	4	6	2	2	4	15.2	18.6
3 paneles	4	6	4	8	4	4	4	21.0	25.6
4 paneles	4	8	4	8	6	6	4	22.9	27.7
5 paneles	5	10	4	10	8	8	4	28.6	34.5
6 paneles	6	12	4	12	10	10	4	34.0	41.0

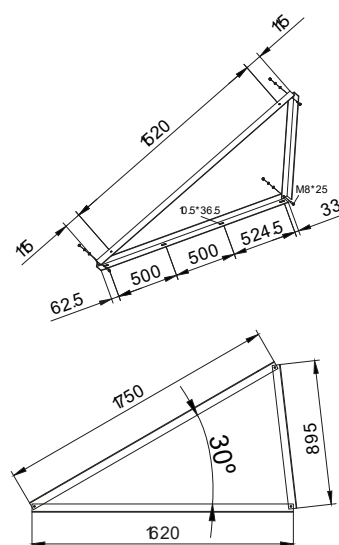
*No incluido en
todas las referencias

Medidas

Estructura tri-60 células



Estructura tri-72 células



Anexo 2. Ficha técnica Bauer Panel Solar



PANEL SOLAR 330W 72 CÉLULAS POLICRISTALINO

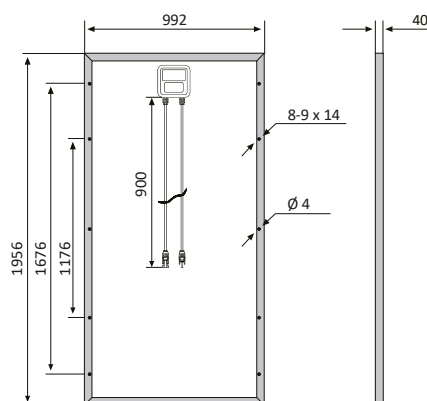
BSP330P

Características

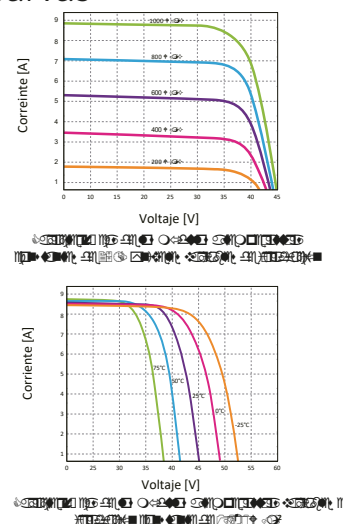
Tamaño del módulo	1956 x 992 x 40 0 0
Células	72 Células Policristalinas (156 x 156 0 0)
Cristal	Bajo contenido en hierro 3te 0 lado (3,2 0 0)
Potencia máxima (Wp)	330W
Cable	90c0 , 40 0 2
Voltaje en circuito abierto (Voc)	45,75V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	9,3A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	37,95V
Intensidad a máxima potencia (Im)	8,7A
Condiciones del test	1000W/m², 25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	1000Vdc
Coefficiente temperatura - Isc	+0,08558%
Coefficiente temperatura - Uoc	-0,29506%
Coefficiente temperatura - Pmpp	-0,38001%
Temperatura normal trabajo célula	45°C
Eficiencia del módulo	17 %
Certificados de producto	TUV(IEC 61215, IEC 61730), CE
Certificados de la empresa	ISO9001, ISO14001, ISO18001
Peso	20,9 kg
Garantía del producto	10 años
Garantía de potencia	25 años



Esquemas



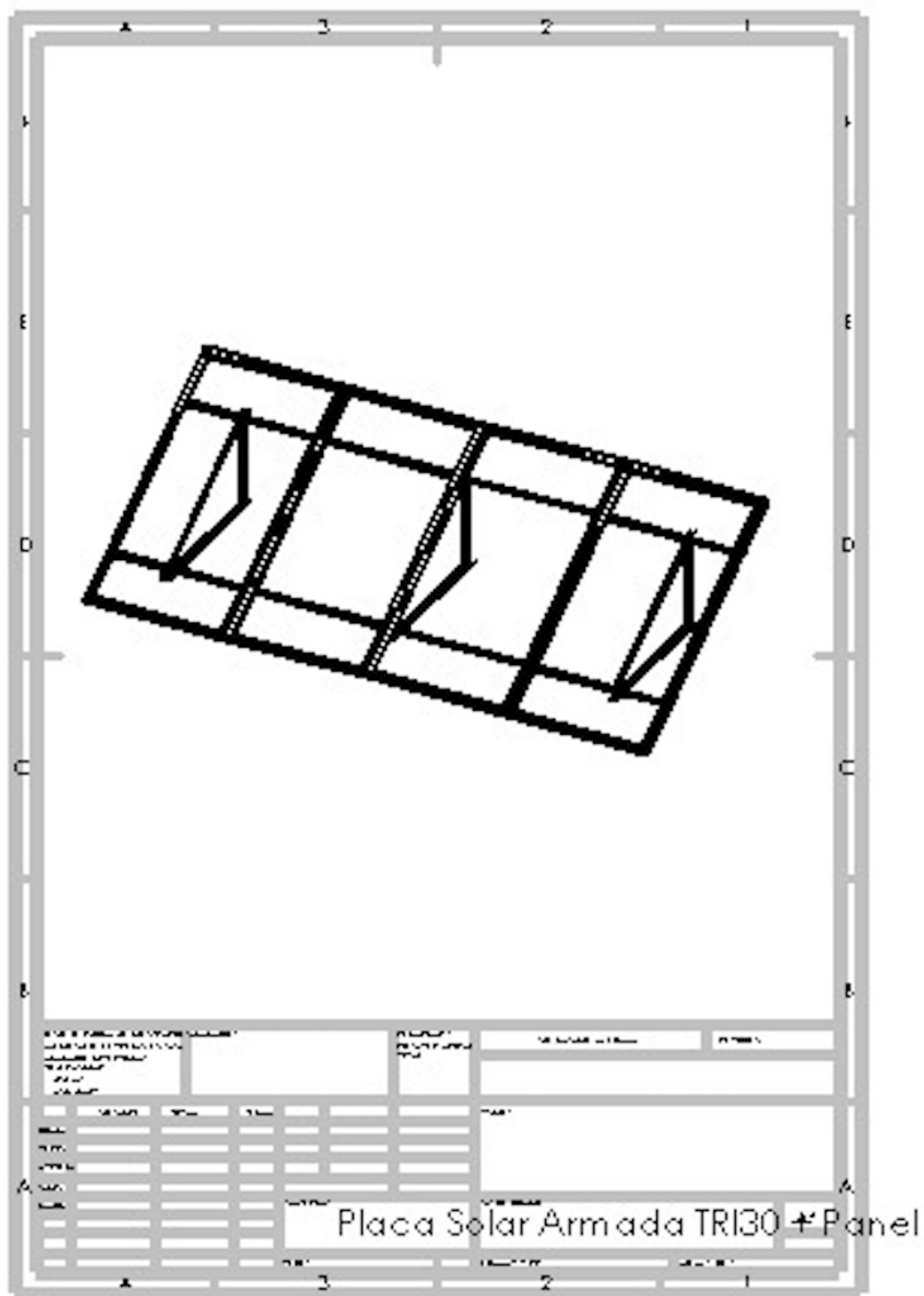
Curvas

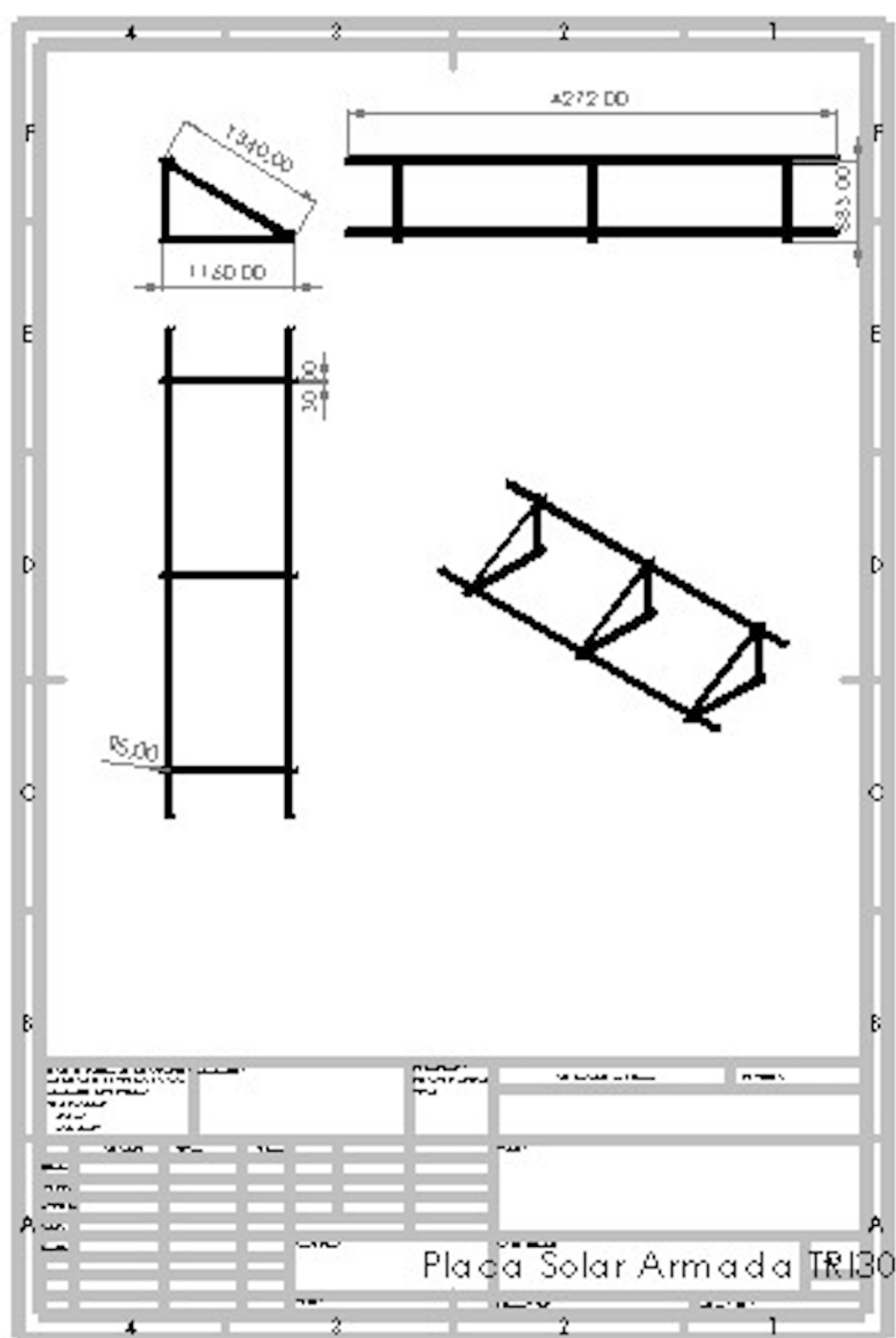


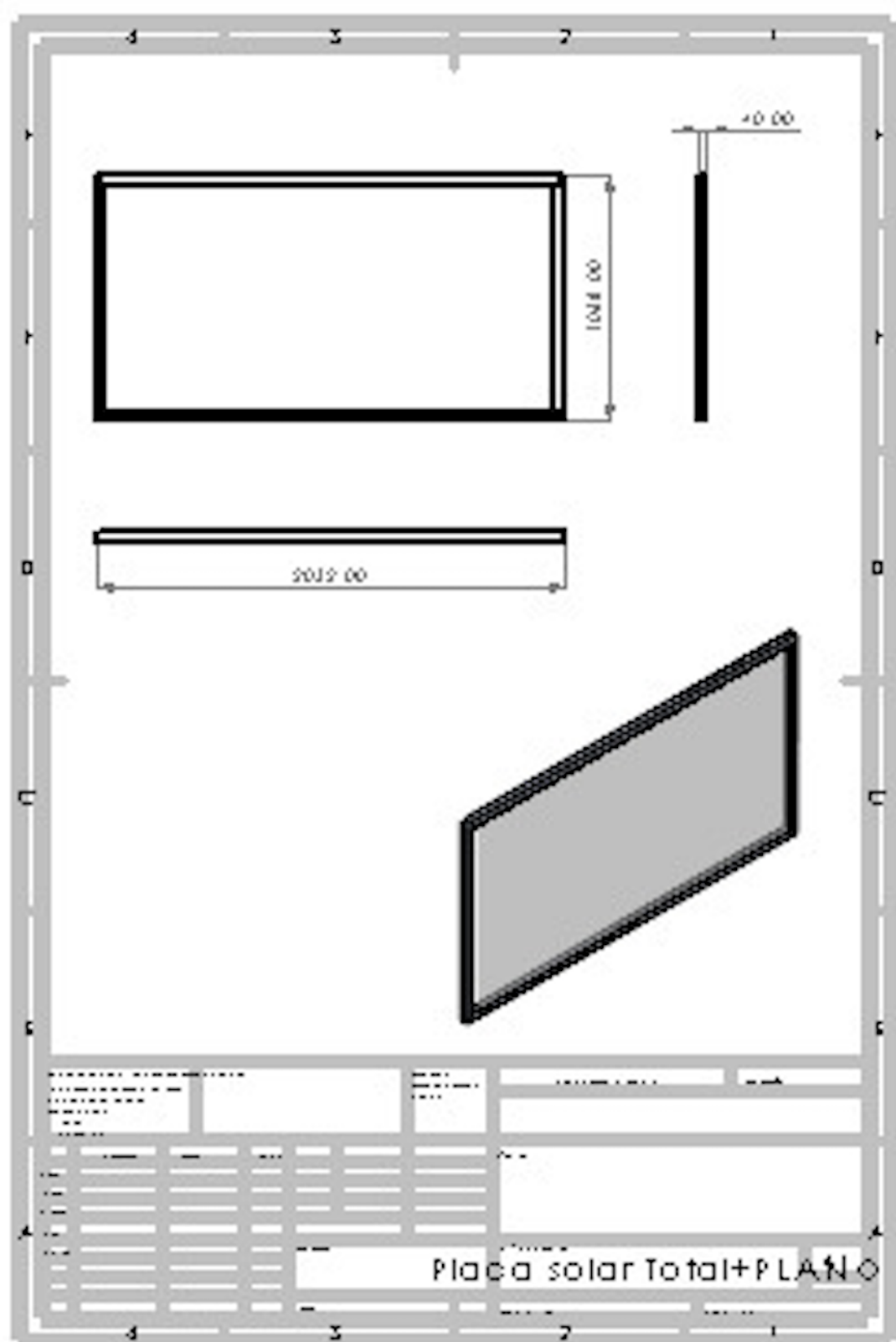
Bauer Energy
info@bauer-energy.com
www.bauer-energy.com



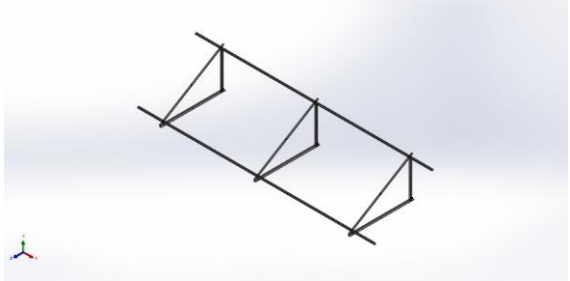
Anexo 3. Planos Solidworks 2024







Anexo 4. Planos Solidworks 2024



Descripción
No hay datos

Simulación de Placa Solar Armada TRI30

Fecha: 3 de juniol de 2025
Diseñador: Solidworks
Nombre de estudio: Análisis estático 1
Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de contenidos

Descripción	1
Suposiciones	¡Error! Marcador no definido.
Información de modelo	¡Error! Marcador no definido.
Propiedades de estudio.....	2
Unidades	2
Propiedades de material	3
Cargas y sujeciones	4
Definiciones de conector ..	¡Error! Marcador no definido.
Información de interacción	5
Información de malla	6
Detalles del sensor	7
Fuerzas resultantes	8
Vigas	¡Error! Marcador no definido.
Resultados del estudio.....	9
Conclusión	¡Error! Marcador no definido.

Propiedades de estudio

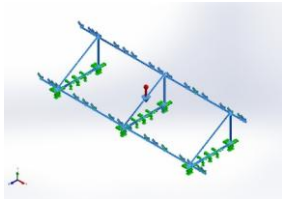
Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	Automático
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\User\Desktop\Base solar)

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/ Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/ Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2,06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m² Módulo elástico: 1,9e+11 N/m² Coefficiente de Poisson: 0,29 Densidad: 8.000 kg/m³ Módulo cortante: 7,5e+10 N/m² Coefficiente de dilatación térmica: 1,8e-05 /Kelvin	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Larguero-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(Larguero-2), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-1/base 1-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-1/base 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-1/base 3-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-2/base 1-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-2/base 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-2/base 3-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-3/base 1-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-3/base 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir2)(TRI-bracket-3/base 3-1)
Datos de curva:N/A		



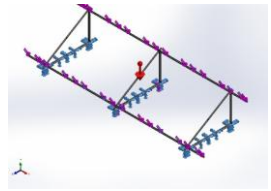
SOLIDWORKS

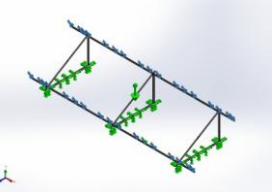
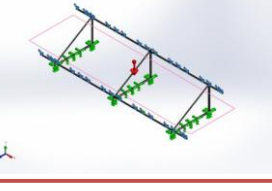
Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de Placa Solar Armada TRI30

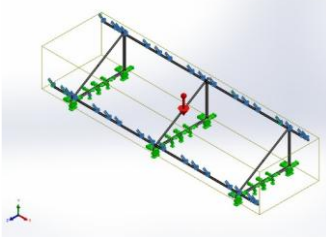
3

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 3 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	0,139464	713,675	314,693	779,976
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga		
Fuerza-1		Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 605,52 N		
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9,81 Unidades: m/s ²		

Información de interacción

Interacción	Imagen de interacción	Propiedades de interacción
Interacción global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado independiente



SOLIDWORKS

Analizado con SOLIDWORKS Simulation

Simulación de Placa Solar Armada TRI30

5

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	58,2428 mm
Tamaño mínimo del elemento	2,98062 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Mallar de nuevo las piezas fallidas de forma independiente	Desactivar
Reutilizar malla para partes idénticas en un ensamblaje (solo mallador basado en curvatura combinado)	Desactivar

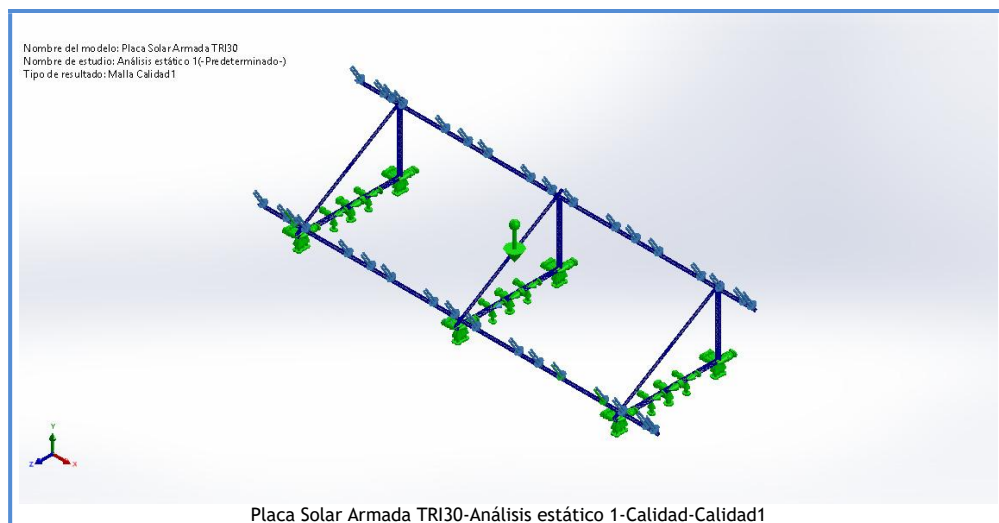
Información de malla - Detalles

Número total de nodos	42725
Número total de elementos	18723
Cociente máximo de aspecto	95,266
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	60,4
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	21,7
Porcentaje de elementos distorsionados	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:05
Nombre de computadora:	

Trazados de calidad de malla

Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Calidad1	Malla	-	-





Detalles del sensor

No hay datos



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	0,139464	713,675	314,693	779,976

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	0

Fuerzas de cuerpo libre

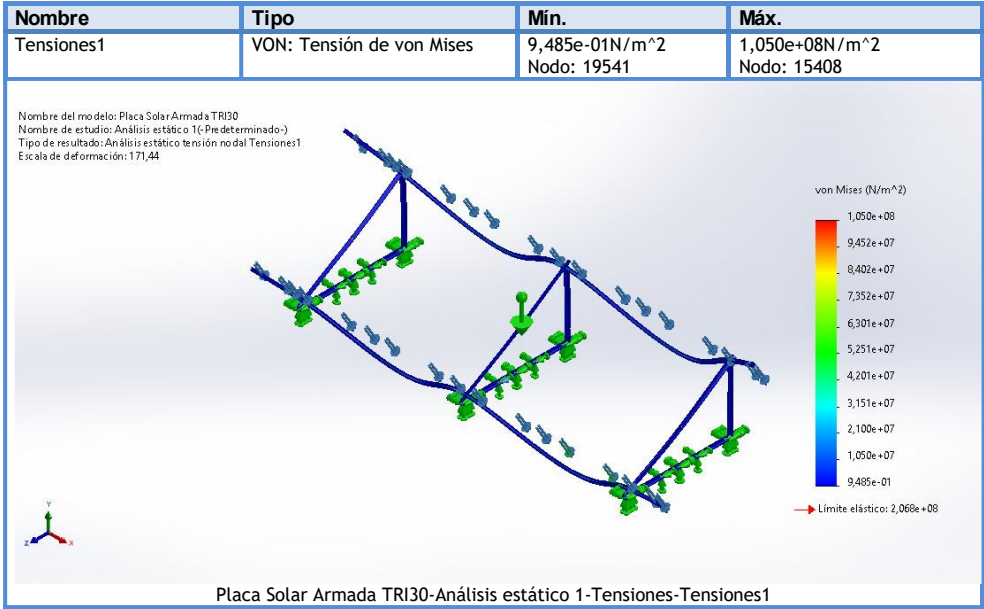
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N	-7,27768	112,956	-2,23375	113,212

Momentos de cuerpo libre

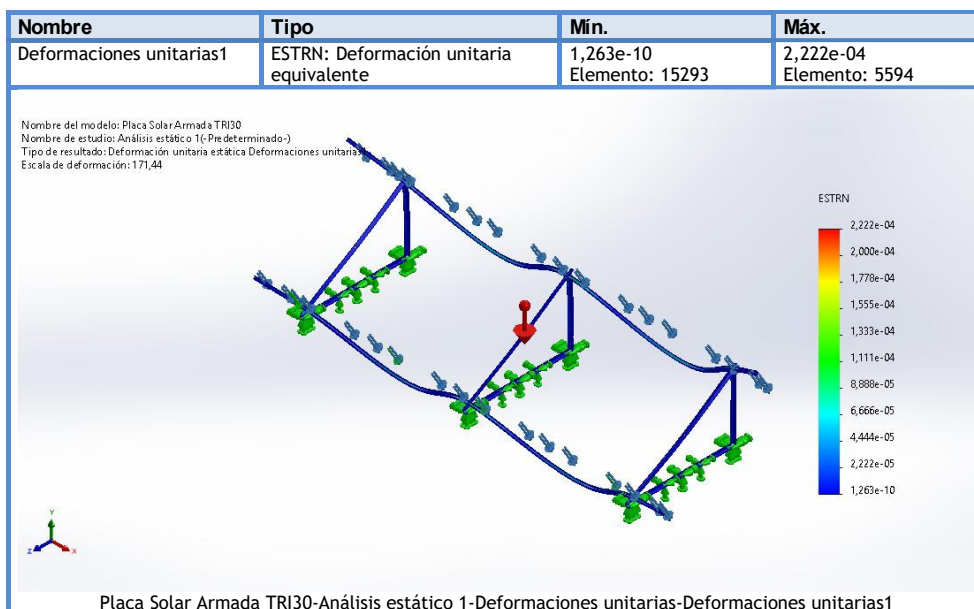
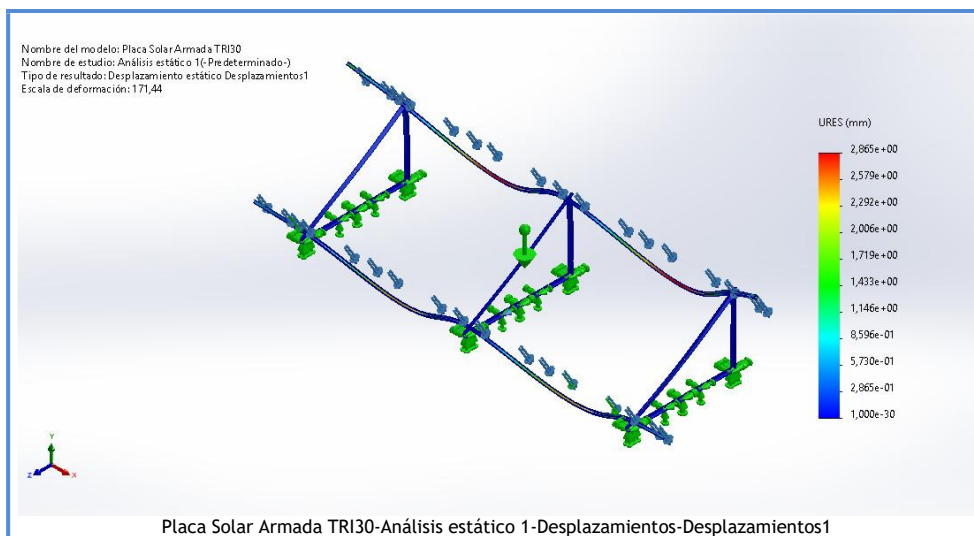
Conjunto de selecciones	Unidades	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultante
Todo el modelo	N.m	0	0	0	1e-33

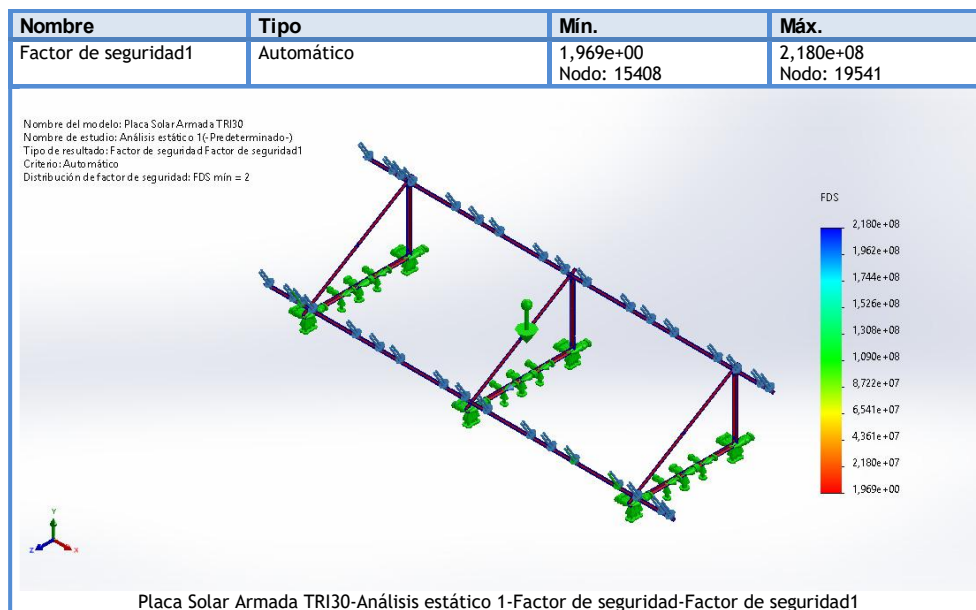


Resultados del estudio



Nombre	Tipo	Min.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0,000e+00mm Nodo: 6366	2,865e+00mm Nodo: 1547





8% Textos sospechosos

24 Similitudes

- 21.4% Similitudes con el contenido de la campaña
- 2.5% Similitudes con otros contenidos mencionados

4% Idiomas no reconocidos (ignorado)

6% Textos potencialmente generados por la IA

Número de palabras: 10.051
Número de caracteres: 65.813

Utilización de las similitudes en el documento:

☰ Fuentes de similitudes

Fuente principal detectada

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Anti plagio Daniel.docx Anti plagio Daniel - m77226 Viene de da mi grupo 1 fuente similar	< 1%		[?] Palabras idénticas: 4 (1%) [10 palabras]

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 dspace.espol.edu.ec/ DSpace en ESPOL: Análisis de la comisión en elecciones m... https://space.espol.edu.ec/handle/123456789/17065 Palabras	< 1%		Q Palabras idénticas < 1% (40 palabras)
2	 Carlos Andrés - Erick Loay.docx Carlos Andrés - Erick Loay - ... Vine de mi grupo	< 1%		Q Palabras idénticas < 1% (71 palabras)
3	 EM-2024-1-13.docx EM-2024-1-13 - ... Vine de mi grupo	< 1%		Q Palabras idénticas < 1% (20 palabras)
4	 dx.doi.org Indicadores socioeconómicos de la Playita del Coaque-Ecuador, en d... http://dx.doi.org/10.31814/sonar.40964	< 1%		Q Palabras idénticas < 1% (14 palabras)
5	 www.jovenesenciencia.ugto.mx/ DISEÑO DE ESTRUCTURA DE SOPORTE MÓV... https://www.jovenesenciencia.ugto.mx/tema/2610	< 1%		Q Palabras idénticas < 1% (14 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido reñadas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	MIGUEL PAUL SRIJALVA.docx MIGUEL PAUL SRIJALVA - 4470691 Vine de de mi grupo	1%		Palabras idénticas: 1% (126 palabras)
2	TRABAJO DE IMPLEMENTACION DEMO 2 R (1).docx TRABAJO DE IMPL... - 451072 Vine de de mi grupo	1%		Palabras idénticas: 1% (113 palabras)
3	repositorio.ulaam.edu.ec https://repositorio.ulaam.edu.ec/bitstream/123456789/75327/1/ULAAM-E-BC-19-016.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (50 palabras)
4	Trabajo Cincel.docx Trabajo Cincel - 451066 Vine de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
5	repositorio.ulaam.edu.ec https://repositorio.ulaam.edu.ec/bitstream/123456789/75327/1/ULAAM-E-BC-19-016.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
6	EM-2024-2-42.pdf EM-2024-2-42 - 4470691 Vine de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
7	repositorio.ulaam.edu.ec https://repositorio.ulaam.edu.ec/bitstream/123456789/75327/1/ULAAM-E-BC-19-016.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
8	repositorio.ulaam.edu.ec	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)