

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
VICERRECTORADO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA, SISTEMAS MECÁNICOS Y
OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL AUTO SOLAR ALT KATARI MRC5”**

**PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
RESOLUCIÓN H.C.C.I.E. N°071/2021**

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Ing. Americo Guachalla Machaca
Univ. Cristian Larico Silva

EL ALTO – BOLIVIA
2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Efraín Chambi Vargas Ph.D.
VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Roger Omar Llanque Villavicencio
DECANO DE ÁREA DE INGENIERÍA “DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO”

Ing. German Bravo Choque
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Ing. Moisés Montecinos Pomier
COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

REGISTRO SENAPI: Resolución Administrativa NRO. 1-3248/2021

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Diciembre. 2021
El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

La Universidad Pública de El Alto a través de sus Institutos de Investigación, son las encargadas de la producción y divulgación de conocimientos en nuestro país, donde Sus ejes fundamentales son:

1. Realizar actividades de investigación
2. Formar recursos humanos especializados
3. Transferir conocimiento para promover la innovación, modernización y mejora de sectores productivos, públicos y sociales
4. Compartir con la sociedad la información técnica y científica derivada de las investigaciones.

Después de un proceso donde los investigadores pusieron sus conocimientos e ingenio, el Instituto de Investigación de la Carrera de Ingeniería Eléctrica presenta a toda la comunidad el proyecto:

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA, SISTEMAS MECÁNICOS Y OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL AUTO SOLAR ALT KATARI MRC5

Esperando que este proyecto sirva como base para desarrollar muchos otros proyectos.

Ing. Moisés Montecinos Pomier
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

Durante el desarrollo de la etapa de investigación, de nuestro proyecto en la construcción de la estructura, sistemas mecánicos y optimización del auto solar “Alt-Katari MRC5”, se obtuvo la colaboración de nuestra respectivas autoridades, colegas y estudiantes de nuestra Carrera Ingeniería Eléctrica y en general la Universidad Pública de El Alto, la que nos dio la posibilidad de ejercer nuestra profesión en el campo de la investigación.

De la misma forma, agradecerles por toda esa predisposición mostrada en las distintas etapas del proyecto.

Ing. Americo Guachalla Machaca
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
Capítulo I: Introducción	1
1.1. El problema.....	2
1.1.1. Formulación del problema	2
1.2. Objetivo de la investigación.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. Justificación	3
Capítulo II: Marco teórico	4
2.1. Mencione otros estudios relativos al tema	4
2.2. Mención de los puntos de vista de otros investigadores.....	15
2.3. Corriente o enfoque elegido por el investigador	16
2.4. Identificación de las fuentes.....	17
2.4.1. Información primaria.....	17
2.4.2. Obras de referencia.....	17
2.5. Marco conceptual	17
2.5.1. Estructura.....	17
2.5.2. Chasis.....	18
2.5.3. Carrocería.....	18
2.5.5. Perfil aerodinámico	19
2.5.6. Túnel aerodinámico	20
2.5.7. Funcionamiento del diferencial.....	20
2.5.8. Partes del Diferencial.....	20
2.5.9. Amortiguadores	22
2.5.10. Uniones soldadas	22
Capítulo III: Marco Metodológico.....	24
3.1. Tipo de investigación	24
3.2. Diseño de la investigación	24
3.3. Variables de la investigación.....	25
3.3.1. Variable independiente.....	25

3.3.2.	Variable dependiente	25
3.3.3.	Operacionalización de variables	25
3.4.	Ambiente de la investigación	26
3.5.	Técnicas e instrumentos	26
3.5.1.	Técnicas	26
3.5.2.	Instrumentos	26
3.6.	Procedimiento de la investigación	27
Capítulo IV: Resultados		28
4.1.	Resultados de la investigación	28
4.2.	Optimizar el diseño del chasis para obtener las condiciones deseadas	28
4.3.	Optimizar el diseño de la carrocería del auto solar Alk Katari MRC5	30
4.4.	Selección de materiales y componentes para el Auto solar Alt Katari MRC5	33
4.4.1.	Identificación de la composición química del acero ASTM A-36	34
4.4.2.	Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36	34
4.4.3.	Propiedades físicas del acero ASTM A-36	35
4.4.4.	Selección del diferencial	36
4.4.5.	Selección de los amortiguadores	37
4.5.	Construcción de la estructura y sistemas mecánicos	37
4.5.1.	Verificación de los planos de construcción	38
4.5.2.	Corte del material por disco	43
4.5.3.	Soldadura por arco eléctrico	46
4.5.4.	Ensamblado del sistema de suspensión	50
4.5.5.	Ensamblado del chasis y la carrocería	52
4.5.6.	Ensamblaje de la dirección	54
Capítulo V Conclusiones		57
Capítulo VI Recomendaciones		58
Bibliografía		59

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mecanismo del diferencial	21
Figura 2	Diseño original del chasis con cargas aplicadas MRC5	28
Figura 3	Diseño original del chasis con la máxima deformación MRC5	29
Figura 4	Diseño optimizado del chasis con las cargas aplicadas MRC5	29
Figura 5	Diseño optimizado del chasis con la máxima deformación MRC5	30
Figura 6	Aplicación de análisis dinámico al diseño original MRC5	31
Figura 7	Aplicación de análisis dinámico por rozamiento de temperatura al diseño original MRC5	31
Figura 8	Aplicación de análisis dinámico al diseño optimizado MRC5	32
Figura 9	Aplicación de análisis dinámico por rozamiento de temperatura al diseño optimizado MRC5	32
Figura 10	Transmisión por diferencial mecánico	36
Figura 11	Amortiguador de acuerdo al diseño	37
Figura 12	Plano de construcción de la carrocería	38
Figura 13	Plano de construcción del chasis	39
Figura 14	Plano de construcción de la carrocería	40
Figura 15	Plano de construcción de la carrocería	41
Figura 16	Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar	42
Figura 17	Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar	43
Figura 18	Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar	44
Figura 19	Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar	44
Figura 20	Curvado del perfil estructural por medio de una roladora	45
Figura 21	Curvado del perfil estructural por medio de cortes en ángulos	46
Figura 22	Soldadura con arco eléctrico y utilizando como material de aporte el electrodo E 7018	47
Figura 23	Amolado de la soldadura para darle una segunda pasada de reforzamiento en el chasis	48
Figura 24	Laterales de la carrocería soldada con electrodos A.S.M.E. E 6013	49
Figura 25	Carrocería completamente ensamblada, soldada con electrodos A.S.M.E. E 6013	50
Figura 26	Ensamblado de los amortiguadores al chasis por medio de pernos con grado G-9	51

Figura 27	Ensamblado de los amortiguadores al diferencial	52
Figura 28	Ensamblaje de la carrocería con el chasis y el sistema de suspensión.....	53
Figura 29	Ensamblaje de la carrocería con el chasis y el sistema de suspensión.....	53
Figura 30	Interior del ensamblaje de la carrocería y el chasis	54
Figura 31	Ensamblaje de la dirección.....	54
Figura 32	Ensamblaje de la dirección.....	55
Figura 33	Auto solar Alt Katari MRC5	55
Figura 34	Vista lateral del Auto solar Alt Katari MRC5	56
Figura 35	Vista posterior del Auto solar Alt Katari MRC5	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2	Composición química (% , ≤) para formas.....	34
Tabla 3	Propiedades Mecánicas.....	35
Tabla 4	Propiedades físicas del acero ASTM A-36.....	35

RESUMEN

Los autos basados en energías limpias, con cero de emisión en contaminación son las alternativas que se plantean para el transporte, lo cual justifica el objetivo del diseño y la construcción del auto solar Alt Katari MRC5, por tener sus propias condiciones técnicas, tecnológicas de diseño y servicio según el contexto donde será utilizado, estos automóviles requieren de características propias ya que se requiere optimizar sus componentes.

La optimización de la estructura de la carrocería y el chasis, implementando el sistema de suspensión, se lo realiza por medio de software aplicativos tanto para las estructuras por medio de simulaciones mecánicas como el Autodesk Inventor en el cual se pueden aplicar cargas de resistencia de materiales y otras propiedades mecánicas, con los que se desea obtener los resultados deseados, los requerimientos iniciales de diseño utilizando márgenes de seguridad.

Para la carrocería se utilizó un software aplicativo como es el CFD de Autodesk Inventor el cual es compatible con el otro software, con el que se realizó las pruebas aerodinámicas utilizando condiciones extremas para conseguir mejores resultados, estas pruebas de simulación nos dan una mejor visión de cómo se puede llegar a optimizar el perfil del auto solar que se construye.

En esta investigación se utilizó la metodología cuantitativa y con un estudio pre experimental ya que se requiere la comparación de datos, utilizando softwares aplicativos en las simulaciones con las que se obtuvieron los respectivos datos para su construcción, de la misma forma realizar pruebas de campo en la construcción al verificar los tipos de uniones que se tendrá en el auto solar Alt Katari MRC5, construido en las dependencias de la Universidad Pública de EL Alto

En este sentido la construcción se lo realizó con los parámetros de inicio, optimizando sus estructuras dotándoles de mayor factibilidad en los diseños, de la carrocería y el chasis, la construcción se lo realizó utilizando dos tipos de uniones como es por medio de la soldadura que es una unión permanente y por medio de uniones empernadas las cuales se pueden desmontar según el requerimiento, en la implementación del sistema de suspensión se puede verificar la carga para la cual fue diseñada.

Palabras claves: energías limpias, auto solar, construcción, optimización.

ABSTRACT

Cars based on clean energies, with zero emission in pollution are the alternatives that are proposed for transportation, which justifies the objective of the design and construction of the Alt Katari MRC5 solar car, as they have their own technical and technological design conditions. and service according to the context where it will be used, these cars require their own characteristics since it is necessary to optimize their components.

The optimization of the structure of the body and the chassis, implementing the suspension system, is carried out by means of application software both for the structures through mechanical simulations such as Autodesk Inventor in which resistance loads of materials can be applied and other mechanical properties, with which it is desired to obtain the desired results, the initial design requirements using safety margins.

For the bodywork, an application software such as Autodesk Inventor CFD was used, which is compatible with the other software, with which the aerodynamic tests were carried out using extreme conditions to achieve better results, these simulation tests give us a better vision of how the profile of the solar car being built can be optimized.

In this research, the quantitative methodology was used and with a pre-experimental study since data comparison is required, using application software in the simulations with which the respective data were obtained for its construction, in the same way, field tests in the construction by verifying the types of unions that will be had in the Alt Katari MRC5 solar car, built on the premises of the Public University of El Alto

In this sense, the construction was carried out with the starting parameters, optimizing their structures, providing them with greater feasibility in the designs, the bodywork and the chassis, the construction was carried out using two types of joints such as by means of welding that It is a permanent joint and by means of bolted joints which can be disassembled according to the requirement, in the implementation of the suspension system the load for which it was designed can be verified.

Keywords: clean energy, solar car, construction, optimization.

Capítulo I: Introducción

En el marco de la investigación planteada podemos observar que existe una gran variedad de construcciones denominados, prototipos los cuales son utilizados para validar las nuevas tecnologías implementadas, o hacer el uso de las energías alternativas para cambiar la matriz energética de los automóviles y reducir la contaminación ambiental, hoy en día está en boga los vehículos impulsados por energía eléctrica y los de energías alternativas como es el caso de la energía solar las cuales son renovables, en Bolivia se van construyendo o adaptando en las universidades e instituciones de educación superior bajo sus propios requerimientos.

Bolivia, en el tercer milenio; cuando la ciencia y la tecnología se encuentra en niveles altos de capacidad que el hombre ha podido desarrollar, es que nos damos cuenta que nos encontramos en el punto de partida de un universo de posibilidades que estamos desarrollando. En esta circunstancia se hace justo y pertinente buscar con los máximos esfuerzos los mayores y mejores posibilidades los conocimientos más avanzados y la capacidad de desarrollar, de desarrollar nuevos conocimientos constituyéndonos en actores y servidores de la sociedad, la economía, la nación y la comunidad, recuperado del sitio web Mecánica industrial: 2012 - PAGINA PRINCIPAL (es.tl)

Bolivia es uno de los países que mayor radiación solar recibida en el mundo, dos terceras partes de Bolivia cuentan con uno de los mayores niveles de intensidad solar del planeta, la mayor radiación solar diaria media anual se presenta en el altiplano, seguido por los valles y, con menor potencial, en el trópico recuperado del sitio web Fundación Solón: <https://fundacionsolon.org/2017/06/26/situacion-de-la-energia-solar-en-bolivia/>

Con este nuevo enfoque que se tiene para el futuro del transporte, se han venido desarrollando y mejorando nuevas tecnologías desde hace algunos años para cumplir este cometido, tal es el caso del Vehículo Eléctrico VE y el Vehículo Eléctrico Híbrido VEH, que son propulsados por motores eléctricos y de combustión interna, según sea el caso (Medardo, 2018, p.17).

El motor eléctrico que se emplea en esta nueva tecnología del vehículo eléctrico llega a ser una carga móvil, el cual hace uso de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica. Estos sistemas pueden estar constituidos por celdas de combustible, módulos de baterías, súper capacitores o sistemas híbridos.

Los vehículos implementados en las distintas casas superiores de educación situadas en nuestra región, tanto universidades como en los tecnológicos, se los realiza teniendo como objetivo reducir la contaminación ambiental, de la misma forma cambiar la matriz energética de fósiles en energías renovables, como se lo está realizando a nivel mundial con la implementación de estas nuevas tecnologías.

1.1. El problema

En Bolivia, con el avance de la tecnología, se va implementando nuevos tipos de automóviles impulsados por distintos tipos de energía renovable, como se da el caso de los vehículos eléctricos, los vehículos solares que se van implementando en nuestro contexto, se va realizando con la construcción o adaptación de estos automóviles, buscando reducir la contaminación ambiental e innovar la tecnología automovilística.

Este tipo de vehículos en su gran mayoría son adaptaciones, como es el caso de los autos eléctricos que se adaptan de los vehículos de combustión interna, utilizando su chasis y sus diferentes sistemas mecánicos e incorporando un motor eléctrico y un pack de baterías, los cuales son los que darán movimiento y autonomía energética.

En el caso de los vehículos solares, estos son construidos en su mayor parte, optimizando su diseño para poder conseguir un vehículo más compacto y ligero, no perdiendo sus principales propiedades mecánicas, también adaptándose algunos sistemas mecánicos como el diferencial, el cual le da su respectivo movimiento, impulsado por un motor eléctrico, el cual va conectado a un pack de baterías, donde su fuente energética es tomada de los paneles solares por medio de un controlador.

Por ello el problema de investigación radica en la construcción de la estructura, los sistemas mecánicos optimizando el diseño del auto solar ALT KATARI MRC5, con los conocimientos obtenidos en los estudios de ingeniería en su construcción

1.1.1. Formulación del problema

¿Es factible la construcción y optimización de la estructura y sistemas mecánicos del auto solara Alt Katari MRC5 bajo las especificaciones del diseño original?

1.2. Objetivo de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Construir la estructura y los sistemas mecánicos optimizando el diseño del auto solar ALT KATARI MRC5, en las dependencias de la Universidad Pública de El Alto.

1.2.2. Objetivos específicos

- Optimizar el diseño del chasis y la carrocería para obtener las condiciones deseadas.
- Seleccionar los materiales para la construcción de la estructura y el chasis
- Construir el chasis y la estructura del auto solar ALT KATARI MRC5.
- Implementar los sistemas mecánicos del auto solar ALT KATARI MRC5.

1.3. Justificación

Entre las diferentes tecnologías que se van implementando en el mundo para reducir el consumo de combustibles fósiles, está el auto solar y eléctrico, esta tecnología puede satisfacer la necesidad de transporte urbano sin emisiones, además estos vehículos van acompañados con políticas adecuadas de incentivos, mejoraría la curva de demanda de energía eléctrica alrededor del mundo (Medardo, 2018, p.18)

La carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Pública de El Alto va implementando en sus temas de investigación, las energías renovables, las cuales buscan reducir la contaminación ambiental en las distintas áreas de aplicación de este tipo de sistemas fotovoltaicos.

El diseño del auto solar Alt-Katari MRC 5 es un vehículo que funcionara con energía solar el cual será recolectado por medio de paneles solares, esta energía se almacenara en las baterías, las que darán la energía al motor eléctrico que va conectado al diferencial, el cual transformara la energía eléctrica en energía mecánica para su respectivo funcionamiento en las condiciones de su diseño.

Capítulo II: Marco teórico

2.1. Mencione otros estudios relativos al tema

En la actualidad existen bastantes instituciones que se dedican a este tipo de investigaciones basados en energías alternativas, estos comprenden desde las adaptaciones incorporando motores eléctricos, para el caso de vehículos híbridos o eléctricos, también hay trabajos de construcción de los vehículos, para el caso de los autos solares entre los principales estudios tenemos las siguientes investigaciones.

Primer Documento

Nombre del documento: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA TIPO FORMULA SAE”

Autores: JUAN FERNANDO PAUTA SOLANO, MIGUEL LEONARDO SÁNCHEZ RAMÍREZ

Institución: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ, SEDE CUENCA

Problema:

La concepción fundamental para la creación de la carrocería de un vehículo de competencia tipo formula SAE es su funcionalidad y estética ya sea en su aspecto externo como interno, ya que de su acierto depende el éxito en pista, así como la aceptación visual en el concurso de participación.

Es en esta parte donde se realiza los primeros bosquejos a partir de trazos a mano con la utilización de elementos clásicos como el lápiz, plantillas de reglas curvas, la propia hoja para el dibujo, La labor concluye con la mejor propuesta de diseño en dicho modelo, que en este caso es la funcionalidad para superar las críticas de jueces, técnicos y más aún la viabilidad y facilidad para la construcción.

En el diseño de la carrocería se especifican las dimensiones del vehículo con mayor atención en el interior del mismo, para ello se divide al vehículo en tres zonas que se diferencian: la zona del motor, zona del cockpit o habitáculo del piloto y la zona de los pontones laterales de refrigeración.

A continuación de ello se modela las dimensiones necesarias para la disposición del habitáculo del piloto de manera ergonómica y establecida en el reglamento de competencia

de Formula SAE, así como también las medidas de referencia del chasis del vehículo para el modelado del diseño de la carrocería.

Formulación del problema

Para realizar el estudio del diseño, construcción y análisis aerodinámico para la carrocería de un vehículo FORMULA SAE se requiere de conceptos técnicos básicos para su fundamentación que permiten una mejor concepción y comprensión del problema a desarrollar

Objetivo de Investigación

- Las exigencias aerodinámicas.
- Concepción del cockpit (habitáculo del piloto) y espacio del puesto de conducción.
- La altura libre de la carrocería sobre el suelo.
- La posición y el tamaño del depósito de combustible.
- Las necesidades de espacio entre el chasis y las ruedas.
- La ubicación de los elementos mecánicos: suspensión, motor, radiador, transmisión.

Hipótesis, Idea Científica a Defender

- Validar de forma experimental los modelos analizados.
- Comparar los modelos de acuerdo a los resultados obtenidos

Resultados

El valor de la velocidad para el paso del fluido se realiza a velocidad constante. El valor de rozamiento es nulo para efectos del cálculo a lo largo de todo el tramo. Las presiones generadas en la parte posterior del difusor son de sentido negativo, lo que provoca la depresión en la zona, pero con magnitud de fuerza positiva

El valor de las presiones de entrada del fondo plano, tanto el valor de la simulación de 232.3 (Pa) como el valor obtenido en los cálculos de 237.66 (Pa), son próximos entre sí con un desfase de menor 2.25 % que se puede deber a la fricción y otras causas más.

De la misma manera las presiones en la zona posterior del fondo plano para la simulación son de 166.5 (Pa), mientras que el valor que se obtiene en los cálculos es de 169.93 (Pa) lo que genera una diferencia de 2.06 % que existen entre estos dos procesos pero que verifican su funcionamiento y proximidad entre sí.

Es importante que la distribución de las presiones en el centro del fondo plano es lo más

homogénea posible, ya que a su vez este se encuentra ubicado en el centro del vehículo lo que permite una interacción directa entre el comportamiento dinámico del vehículo y su centro de gravedad.

Conclusiones

Una vez finalizado nuestro trabajo de tesis se concluye lo siguiente:

- Que las ecuaciones de gobierno que rigen el comportamiento de un flujo alrededor de un sólido para la simulación y análisis de las diferentes geometrías, se basan en el modelo matemático de turbulencia K-épsilon, el mismo que se resuelve mediante el método de volúmenes finitos en un dominio definido, constituyendo un medio para el análisis de la geometría. También es un medio para aplicar las condiciones de frontera que definen la dirección del sentido de flujo, visualizar las presiones y velocidades que actúan sobre la carrocería, y determinar así el coeficiente de resistencia al viento (C_x) más bajo, por lo que la carrocería de pontones tipo trapecio con un valor de 0.4453 es la más eficiente.
- Para determinar la geometría más adecuada de carrocería con el mayor rendimiento aerodinámico, los valores iniciales de las curvas de comportamiento de las presiones frontales deben poseer el más bajo valor y disminuir rápidamente hasta la presión final en la parte posterior de la manera más rápida posible, así como también permitir la mayor velocidad del paso de flujo de aire a través de su geometría en el menor tiempo posible; por lo tanto, la carrocería con pontones laterales tipo trapecio es la más efectiva con valores de presión y máxima de 206 (Pa) y aceleración 21,7 (m/s) respectivamente y presión mínima de 185 (Pa).
- Las formas del chasis y los elementos que posee el vehículo de competencia Formula SAE, condicionan la efectividad de funcionamiento del fondo plano; para el que, considerando estas limitaciones en el análisis realizado para diferentes geometrías con velocidad promedio de competencia de 17 (m/s), se determina que la geometría más apropiada para reducir la presión en la zona inferior en el menor tiempo, es el fondo plano con difusores rectos con 167 (Pa) de presión con un pico de velocidad de 17,84 (m/s).
- Que el material más idóneo para la construcción de la carrocería y fondo plano del vehículo de competencia tipo Formula SAE, es la fibra de vidrio, pues posee una alta maniobrabilidad para su modelado, así como también la resistencia mecánica

necesaria además del bajo peso total del conjunto considerando sus grandes dimensiones y la comparación con otros materiales existentes para el mismo fin, destacando su bajo costo y fácil accesibilidad en el mercado local.

- Aplicar el método de análisis de costo de producción para determinar el valor de construcción de la carrocería fondo plano, permite cuantificar y ordenar el procesamiento de elaboración de la materia prima en un producto final elaborado, en el cual se estima que el costo total de construcción es de \$ 2390,95 dólares.

Análisis

- Para una validación de datos más exacta de diferentes geometrías de vehículos, se puede realizar el estudio mediante el uso de túneles de viento estáticos y de tipo dinamométrico a escala, de esta manera se pueden obtener una mayor cantidad de datos y realizar una comparación de resultados que se obtienen con el software y así establecer conclusiones con datos más claros y concisos para mejorar la interpretación de la eficiencia geométrica y aerodinámica de la carrocería.
- Se puede mejorar el análisis y el rendimiento aerodinámico realizando un estudio más extenso y puntual de los coeficientes de resistencia lateral (C_y) y de resistencia vertical (C_z), datos que pueden ayudar a precisar y aprovechar el comportamiento y eficiencia de los flujos aerodinámicos, así como de las presiones generadas en las superficies de cada geometría.
- Para optimizar el diseño de una carrocería de competencia tipo Formula SAE se puede realizar el estudio de cálculos estructurales, de resistencia y de comportamiento de carrocerías en fibra de vidrio, lo que permitirá mejorar la seguridad de todo el vehículo y también optimizar el desempeño de los recursos para su construcción.
- Para futuros proyectos de Formula SAE se debe tomar muy en cuenta el objetivo de los materiales a utilizar en la construcción de la carrocería, ya que de esta manera se puede reducir el costo de materia prima; se sugiere continuar con el uso de fibra de vidrio debido a la facilidad del proceso de fabricación y bajo costo de los materiales en comparación de otros materiales como la fibra de carbono, además de que se puede optimizar mucho más su aplicación para la construcción de carrocerías de vehículos.

Segundo Documento

Nombre del documento: Diseño del sistema de potencia de un prototipo de vehículo

mediante el uso de energía solar para la competencia de vehículos World Solar Challenge

Autores: Armijos Jaramillo, Jhonny Omar

Institución: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.

Problema

El limitante principal en la vida útil de los vehículos solares con paneles fotovoltaicos, reside en el aprovechamiento de la potencia, la vida útil de una celda comercial típica 4 puede llegar hasta los 25 años, que equivale a tener una vida útil en las celdas hasta 5 veces mayor que en la etapa de potencia.

Otro aspecto relacionado es la eficiencia, a partir de la relación entre la potencia disponible (que proviene de la radiación solar captada) y la potencia efectiva o aprovechable para el movimiento del vehículo.

Otros aspectos que condicionan la masificación de los autos solares son los que se enumeran a continuación: El costo de producción y de operación de los autos solares, la disponibilidad de accesorios, repuestos y estaciones de carga, el almacenamiento de la energía captada por los paneles fotovoltaicos, las limitaciones de conocimiento de los técnicos ecuatorianos en materia de vehículos solares, entre otros.

Por esta razón es imperioso hacer un estudio que establezca las bases o parámetros que se tienen que considerar para la implementación de autos solares, cuyo objetivo sea participar en la competencia de vehículos solares de Latinoamérica, para posteriormente ser aplicables también al medio local.

Formulación del problema

Desconocimiento de los parámetros de diseño de un vehículo solar de competencia para la categoría evolución.

Objetivo de Investigación

- Diseñar el sistema de potencia de un prototipo de vehículo mediante el uso de energía solar para la Carrera Solar Atacama.
- Estudiar los sistemas de captación de energía solar mediante la revisión bibliográfica y de los antecedentes investigativos, para determinar los parámetros que intervienen en el aprovechamiento energético.
- Establecer las especificaciones de los paneles solares con base en la eficiencia energética, para definir la potencia requerida en la operación del vehículo solar

de competencia.

- Determinar las características del motor eléctrico, inversor y tipos de baterías a ser implementadas, con la finalidad de proponer el diseño de un vehículo a energía solar-eléctrica que maximice la eficiencia y la potencia en la Carrera Solar Atacama.

Hipótesis, Idea Científica a Defender

- El diseño del sistema de potencia de un prototipo de vehículo eléctrico permitirá maximizar su eficiencia mediante el uso de energía solar para la competencia de vehículos solares de Latinoamérica.

Resultados

En el Explorador Solar de la Dirección Meteorológica de Chile se puede obtener la disponibilidad energética, según el sitio y las condiciones de diseño del sistema de captación. Para su uso se selecciona el lugar en el cual se empleará el sistema fotovoltaico, en este caso se consideró San Pedro de Atacama, luego se personaliza el panel solar fotovoltaico, para lo cual se consideraron ciertos parámetros preliminares tales como:

La capacidad instalada del panel, para cuyo efecto se revisó la información presentada en estudios existentes al respecto, con el fin de conocer estimar un valor que sea satisfactorio. En este sentido, de acuerdo a autores de proyectos y fabricantes de vehículos solares para competición en la categoría evolución, se trabaja con potencias que oscilan los 3 kW. (A. Nader, Ghoneim y S. Alsayed 2015; Equipo Solar Corp. 2015) Otros datos a ingresar en la configuración del sistema fotovoltaico son:

El tipo de arreglo del panel, que es en posición fija horizontal (con azimuth e inclinación de 0°), debido a que la variación no es relevante por el movimiento permanente del vehículo se considera que el panel está perpendicular al radio de la Tierra.

En cuanto a las características del panel fotovoltaico, se consideró un coeficiente de sensibilidad a la temperatura de -0,45 (valor por defecto que considera el Explorador Solar para el lugar de la competición). Un factor de pérdidas del 14% (valor estándar), que se debe a aspectos diversos como, acumulación de suciedad en el panel, sombras que se producen en el entorno, imperfecciones del panel, 42 conexiones y cableado y tiempo de apagado por mantención. La eficiencia del inversor del 96% (valor estándar que constituye un promedio obtenido a partir de varios inversores) y un panel con cubierta de vidrio.

Finalmente, para la estimación del tamaño del sistema fotovoltaico, se consideró un área total disponible para las celdas de 5 m² (la máxima puede ser de 8,1 m² para todo el vehículo), con un factor utilizable del 60%. Por otra parte, un factor de pérdidas en el panel del 15% (que representa una media), debido a que los valores de eficiencia característica de las celdas de silicio monocristalinas (15-18%) y policristalinas (12-14%). (Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, 2016)

Conclusiones

La captación de la energía en los vehículos solares se realiza a través de la utilización de varios componentes tales como: una matriz fotovoltaica conformada por celdas, una o más baterías para almacenamiento energético y un inversor de corriente continua a alterna. A su vez, la energía eléctrica posteriormente es convertida en energía mecánica mediante un motor de corriente alterna o continua, que es el elemento que transfiere el movimiento al auto solar.

Con el propósito de poder diseñar un prototipo de vehículo para la categoría evolución en la Carrera Solar de Atacama, se estudiaron los parámetros de interés como son la radiación solar, la demanda energética, la capacidad de energía disponible, que para el lugar de la competencia fue de 9.07 kW·h /m²/día para el período comprendido entre los años 2004 - 2016, la irradiancia de 1 000 W/m², la eficiencia de los paneles fotovoltaicos que oscila entre 12 y 20%, los materiales de fabricación que difieren para cada componente, el tipo de corriente continua o alterna, las potencias de trabajo que pueden oscilar entre 300 y 1 200 W para las celdas fotovoltaicas, entre otros.

A partir de los resultados, se definió que los tipos de celdas fotovoltaicas más idóneos son las de Silicio monocristalino y policristalino, por el hecho que presentan las más altas eficiencias, cuyos valores oscilan entre el 12% y el 20%, además de que son los tipos más comunes en el mercado.

Las baterías son indispensables para el funcionamiento de los vehículos solares, debido a que la magnitud de la radiación es variable y sobre todo por la gran demanda energética que requiere un auto de competencia, dado que debe vencer varias fuerzas resistivas como las de rodadura, de la oposición de las pendientes y obstáculos.

El inversor de corriente convierte la energía eléctrica de continua en alterna, al encontrarse almacenada en las baterías, de modo que sea utilizable en un motor con potencias establecidas entre 1 y 5 hp.

Análisis

El presente proyecto de investigación tiene como ámbito de interés la Carrera Solar de Atacama, para la cual se diseña el prototipo de vehículo mediante el uso de la energía solar.

Esta competición es un evento internacional que tiene como objetivo principal el impulsar el uso de la energía solar, como un recurso potencialmente aprovechable para el funcionamiento de los vehículos, en sitios donde el potencial de radiación es considerable.

A través de esta competición se promociona el desarrollo de vehículos que tengan autonomía de movimiento y que no requieran del uso de combustibles fósiles.

Por otro lado, el hecho de ser una carrera hace que los fabricantes se vean en la obligación de mejorar las características de los autos solares, en cuanto a niveles de eficiencia, materiales, costos de fabricación, entre otros aspectos que han representado un problema para la masificación de este tipo de vehículos.

Por esa razón se puede manifestar que el mencionado evento es pionero y de gran importancia y es una necesidad de que el Ecuador esté presente y pueda ser parte del desarrollo de la industria de los autos solares.

Tercer Documento

Nombre del documento: “SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO, CONTROLADOR Y BATERÍA PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”

Autores: Alberto Xavier Cabrera Paredes, Christian Reinaldo Calle Pérez

Institución: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA

Facultad de Ingeniería Carrera De Ingeniería Mecánica Automotriz

Problema:

Con la introducción del proyecto Formula SAE por parte del grupo de investigación GIIT de la Universidad Politécnica Salesiana, se crea la necesidad de seguir en la línea de investigación para futuros prototipos en especial para la categoría de monoplazas eléctricos.

Al tratarse de un vehículo de competencia debe mantener un buen rendimiento en pista, el que se ve influenciado por varios parámetros como: geometría general del vehículo, distribución de peso, tipo de batería a ser utilizada, el sistema de suspensión empleado, características de los resortes, amortiguadores y neumáticos, además de la influencia de cargas estáticas y dinámicas generadas durante el movimiento del vehículo.

El equipo UPS Racing Team tiene la necesidad de seleccionar el motor eléctrico, controlador y batería para el vehículo FSAE con proyección a próximas competencias en la categoría "Formula SAE Electric".

Se necesita un motor eléctrico, controlador y batería que cumpla con parámetros específicos que están establecidos en el reglamento de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE).

Formulación del problema

El equipo UPS Racing Team tiene la necesidad de seleccionar el motor eléctrico, controlador y batería para el vehículo FSAE con proyección a próximas competencias en la categoría "Formula SAE Electric".

Se necesita un motor eléctrico, controlador y batería que cumpla con parámetros específicos que están establecidos en el reglamento de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE).

Objetivo de Investigación

- Seleccionar un motor eléctrico, controlador y batería para el vehículo Formula SAE de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Realizar un estudio de fundamentación teórica de los motores eléctricos, controladores y baterías usados en la Formula SAE.
- Seleccionar el motor eléctrico y controlador adecuado para el vehículo formula SAE.
- Seleccionar el sistema de almacenamiento de energía para el vehículo Formula SAE.

Hipótesis, Idea Científica a Defender

- Validar de forma experimental los elementos seleccionados.

Resultados

El motor

Con las características preliminares de diseño del vehículo formula SAE se analizó el motor eléctrico y controlador que permita el óptimo rendimiento del vehículo en las pruebas que tendrá que superar en una futura competencia.

El motor seleccionado luego de realizar el análisis técnico y comparativo para el proyecto de la formula SAE eléctrico es el EMRAX 228 de la empresa ENSTROJ. Una de las herramientas utilizadas para seleccionar el motor indicado fue la matriz de selección en la que se compararon dos motores eléctricos de altas prestaciones.

Lo que se puede destacar del motor EMRAX 228 es su alta potencia y su eficiencia de hasta 98%.

Posteriormente se prosiguió a realizar la simulación en el software Optimum Lap con el objetivo de apreciar el comportamiento del vehículo Formula SAE en la prueba de skid-pad y resistencia.

La prueba de resistencia y confiabilidad (endurance event) se evalúa sobre un circuito de 1 km de longitud en el que se realizan 22 vueltas. Ésta es la prueba más exigente, ya que el carro no puede desprender ninguna pieza ni derramar ningún fluido. La pista seleccionada para esta prueba es la de Michigan.

El controlador

Luego de realizar el análisis de los datos técnicos de dos controladores utilizados en Formula SAE y que tienen un buen emparejamiento con el motor EMRAX 228, se seleccionó el controlador BAMOCAR D3 de la empresa Unitek.

Este controlador es de una construcción un tanto robusta con una distribución de montaje según las normas DIN, VDE y CE. Además, dispone de una protección internacional IP65 para condiciones ambientales duras y soporta una alta dinámica de sobrecargas.

Entre las características se pueden destacar están: interfaces digitales RS-232 y CAN BUS, libre de mantenimiento, sistema de refrigeración por líquido y un peso de 8.5 kg.

Batería

Para llegar a la selección de la batería óptima para el vehículo Formula SAE se analizaron las celdas de Ion – Li / Polímero, además se investigaron las propiedades y las ventajas de esta tecnología.

De la misma manera se estudiaron los paquetes de baterías que se pueden encontrar en el mercado. Como resultado de la investigación se llegó a seleccionar un paquete de baterías de la empresa eBaracus, el Módulo LIFEPO4 de 20Ah con celdas A123; estos paquetes se pueden conectar en serie para obtener un voltaje nominal de 356V, además contienen un sistema BMS basado en comunicación CAN.

Este tipo de paquetes de 356V se pueden suministrar con una unidad de protección de alto voltaje integrada que comprueba el aislamiento y también controla la pre-carga y contactores para garantizar los más altos niveles de seguridad y fiabilidad del sistema.

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos de cada uno de los análisis técnicos de los componentes en estudio, las características de diseño fueron cumplidas satisfactoriamente.

El motor EMRAX dispone de un torque máximo de 125 Nm con un rango de hasta 400 rpm, una potencia de 55 KW que promete brindar un gran desempeño del vehículo Formula SAE. Una de sus características principales es su peso de 12.3 kg.

El controlador Unitek BAMOCAR D3 con un voltaje de conexión de 12 V o 24 V que facilitara su instalación, además de operar hasta con 400 V y una corriente continua de 300 A es el ideal para las exigencias del motor y el vehículo.

El paquete de baterías de eBaracus “Módulo LIFEP04 de 20Ah con celdas A123” nos brinda 178.2 V y una energía nominal de 3.51 KW, para cubrir con las exigencias se instalarán dos de éstos paquetes dispuestos en serie que nos brindaran un voltaje nominal de 356.4 V y una energía de 7.02 KW, por lo que abastecerá todos los sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo permitiendo el mejor rendimiento del mismo en cada una de las pruebas de pista.

Conclusiones

- Los objetivos de seleccionar un motor eléctrico, controlador y un sistema de almacenamiento de energía para el vehículo Formula SAE de la Universidad Politécnica Salesiana fueron cumplidos satisfactoriamente.
- Se propuso una metodología de diseño para seleccionar los componentes estudiados con el objetivo de satisfacer ciertas necesidades predeterminadas por el equipo UPS Racing Team.
- Se seleccionó un motor eléctrico síncrono de altas prestaciones de la empresa Enstroj, el EMRAX 228 con un sistema de enfriamiento combinado (líquido y aire) y una protección interna IP21. El motor EMRAX 228 tiene una potencia continua de 55 KW y puede soportar un voltaje de hasta 450 V.
- Con el software Optimum Lap, se realizaron las simulaciones con los datos preliminares del vehículo y los datos técnicos del motor EMRAX 228 obteniendo una velocidad máxima de 101.84 km/h y alcanzando una velocidad de 0 a 100 km/h en 4.4 segundos.
- En la simulación de resistencia y confiabilidad se determinó que la energía consumida fue de 900.10 KJ, lo que equivale a un consumo aproximado de 0.25 KWh por vuelta en pista. Obteniendo un consumo total de 5.50 KWh para completar las 22 vueltas necesarias.

- Se determinó que el controlador ideal y que se complementa de una manera eficiente con el motor seleccionado EMRAX 228 es el Unitek BAMOCAR D3. El controlador Unitek BAMOCAR D3 dispone de interfaces digitales RS-232 y CAN BUS; con un voltaje máximo de operación de 400V y una corriente continua máxima de 200 A.
- Se seleccionó el Módulo LIFEP04 de 20Ah con celdas A123 que es el más adecuado y que solventa las necesidades del vehículo formula SAE con un voltaje nominal de 178.2 V y una capacidad de 3.51 KWh por cada paquete. Se instalan dos paquetes dispuestos en serie.

Análisis

Para seguir con el desarrollo de trenes de potencia eléctricos, se propone en un vehículo de formula SAE emplear dos motores eléctricos EMRAX 228, uno en cada rueda posterior; consiguiendo de esta manera transmitir el movimiento directamente en el eje de propulsión. El vehículo obtendrá un mayor rendimiento en curvas por el sistema de diferencial electrónico que se instalaría en cada rueda posterior.

La carcasa del controlador Unitek BAMOCAR D3 tiene una fabricación robusta la cual aumenta su peso y necesita más espacio para la instalación en el vehículo por su tamaño. Se propone realizar un rediseño de la carcasa para disminuir el peso total del vehículo y utilizar más eficientemente el espacio disponible.

En la investigación se pudo observar la carencia de un único paquete de baterías para el vehículo que cumpla con las exigencias y reglamentos ya establecidos; se propone el análisis y diseño del paquete de baterías con el objetivo de realizar la manufactura del mismo en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana.

2.2. Mención de los puntos de vista de otros investigadores

Luego de haber revisado los trabajos publicados por otros investigadores y publicados por otras universidades, que están relacionados a la construcción de vehículos solares, se ha podido percibir que se pueden clasificar en dos grupos los tipos de prototipos que manejan este tipo de energías renovables.

Por un lado, son los prototipos que tienen un fin académico como los proyectos de “Reingeniería aplicada en vehículos con energía solar fotovoltaica para análisis de los parámetros eléctricos y mecánicos”, Estos proyectos principalmente buscan integrar los conocimientos de los estudiantes para aplicarlos en el diseño y construcción de este tipo de prototipos, se presentan los vehículos solares de competencia, entre los proyectos citados

tenemos a el “Diseño del sistema de potencia de un prototipo de vehículo mediante el uso de energía solar para la competencia de vehículos World Solar Challenge”.

Para el desarrollar de este tipo de vehículos se orienta principalmente a la participación de diferentes competencias que se realizan en el mundo, como son la de Norteamérica, Australia y en nuestro continente la Carrera Solar de Atacama (Chile).

Existen proyectos muy avanzados como son los autos solares de la Universidad de Tokai (Japón), Grupo Antakari de la universidad La Serena (Chile), el auto solar Eolian de la Universidad de Chile, el auto solar DASUdeC de la universidad de Concepción (Chile), el auto Pampa Solar (Argentina) y muchos otros por todo el mundo.

En el caso de nuestra universidad podemos destacar los autos solares Alt-Katari MRC1, que fue presentado en abril del 2015, el Alt-Katari MRC2 el cual se presentó un año después para la carrera que se realizaba en Atacama-Chile, mejorando el diseño y peso del primero, el Alt-Katari MRC4 de la misma forma pertenecen a esta categoría.

En segundo grupo que va evolucionando con mayor apoyo en investigación, tenemos los autos solares comerciales como son los proyectos “Diseño y fabricación de un automóvil de energía solar”, “Diseño y construcción de un carro eléctrico que aproveche la energía solar y facilite el transporte de personas parapléjicas”, en el caso de nuestra casa superior la construcción del Alt Katari MRC5 en esencia estos prototipos buscan satisfacer la necesidad de sectores específicos de la población, de esa forma se modifica la estructura y diseño de estos vehículos para poder adaptarse a las necesidades específicas del usuario.

2.3. Corriente o enfoque elegido por el investigador

Una vez realizado el análisis del punto anterior y tomando en cuenta las características del auto solar Alt Katari MRC5 se puede verificar claramente que el tipo de vehículo innovador pertenece al segundo grupo de autos solares comerciales, para este caso el vehículo solar se debe construir con características propias al servicio que dará, de tal manera que satisfaga las necesidades específicas de los potenciales usuarios.

En ese entendido a diferencia de los autos solares de competencias y académicos, el prototipo comercial debe soportar por lo menos dos pasajeros, además de tener un diseño que permita incrementar su carga. En este sentido se debe cumplir con los datos iniciales de servicio como las características propias del diseño en la parte eléctrica, el diseño aerodinámico y la parte mecánica, según el uso que se le dará al auto solar.

La corriente o enfoque de investigación que se asumió en el trabajo, se enmarcó en la investigación cuantitativa.

Para Valderrama S. (2014) el enfoque cuantitativo, se caracteriza porque usa la recolección y el análisis de los datos para contestar a la formulación del problema de investigación; utiliza, además, los métodos o técnicas estadísticas para contrastar la verdad o falsedad de la hipótesis. (p. 106).

El tipo de investigación que se utilizará en el presente proyecto será investigación aplicada, ya que “la investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto” (Lozada, p.47).

2.4. Identificación de las fuentes

Entre las fuentes que tenemos de referencia utilizados en esta investigación son las de información primaria y de obras de referencia:

2.4.1. Información primaria

Entre las fuentes seleccionadas tenemos los trabajos de titulación, monografías, trabajos de investigación, libros electrónicos, catálogos de distintas empresas y revistas científicas las cuales están referidas al tema de investigación que se está realizando dentro del instituto de investigaciones de la carrera Ingeniería eléctrica.

2.4.2. Obras de referencia

Para las obras de referencia tenemos diccionarios técnicos, reportes estadísticos, artículos, directorios, repositorios y software aplicativos al tema de estudio de investigación en el diseño de los componentes.

2.5. Marco conceptual

2.5.1. Estructura

La palabra *estructura* se refiere a la disposición y distribución de las partes de un todo, cuyo orden y relación entre sí permiten el funcionamiento de un determinado sistema. Proviene del latín *structus*, que quiere decir 'construido', y la partícula *ura*, que quiere decir 'resultado' o 'actividad'.

En una estructura, cada elemento tiene una función específica y una correlación con los demás elementos que componen la estructura. Eso hace posible que el sistema sea eficaz en su propósito. Por lo tanto, una estructura está diseñada para cumplir una función, recuperado del sitio web: <https://www.significados.com/estructura/>

2.5.2. Chasis

El chasis, que no se debe confundir con la carrocería, consiste en una estructura interna que sostiene y aporta rigidez y forma a un vehículo u objeto en su construcción y uso. Es análogo al esqueleto de un animal. Para el caso de un vehículo, consta de un armazón que integra entre sí y sujeta tanto los componentes mecánicos, como el grupo motopropulsor y la suspensión de las ruedas, motor incluyendo la carrocería. No tienen nada en absoluto que ver con la carrocería ni plataforma. recuperado del sitio web: <https://www.tutorica.com/material-complementario/seguridad-pasiva/chasis-y-carroceria>

En cuanto al comportamiento mecánico hay que decir que el chasis es más rígido que la carrocería. Sin embargo, es importante en el momento de un choque, que la carrocería se deforme todo lo que se pueda para no transmitir la energía de la colisión al piloto y por otra parte interesa que el chasis se deforme poco para no alterar las características geométricas de los elementos que se acoplan en él. (ALONSO P., José Manuel, p-48)

2.5.3. Carrocería

Entendemos la carrocería como la capa exterior de un vehículo, lo que permite dar forma y utilidad a un chasis o plataforma. La carrocería es la estructura básica que permite crear el habitáculo en el que se situarán los pasajeros y la carga. Además, es la que permite dotar de una estética y funcionalidad concretas al mismo, pues en la actualidad muchos modelos diferentes parten del mismo chasis o plataforma. recuperado del sitio web: <https://www.motor.es/que-es/carroceria>

Existen distintos tipos de carrocerías varían, según su forma constructiva, el material utilizado y el tipo de montaje que tendrá con respecto al chasis, ya que algunos vienen contruidos directamente con el chasis los cuáles son autoportantes y otros por medio de uniones empennadas denominadas independientes, como la carrocería que se construyó sin afectar la

parte estética y sus componentes.

2.5.4. Aerodinámica

La aerodinámica es el área de la mecánica de fluidos que se dedica a analizar el movimiento de los gases –sobre todo del aire– y las interacciones que estos entablan con los cuerpos que se desplazan en ellos.

En este marco, la aerodinámica estudia las fuerzas que inciden sobre los elementos que se mueven en los gases. Es importante tener en cuenta que, cuando hay un cuerpo en el fluido, se registra un cambio en las velocidades y las presiones de las partículas del gas, lo que da lugar a fuerzas de resistencia y de sustentación. recuperado del sitio web: <https://definicion.de/aerodinamica/>

Para el diseño aerodinámico de vehículos se debe tomar muchos factores, climatológicos los cuales se deben de tomar datos de SENAMI, según la región donde se llevará a cabo el estudio, o como medida estándar los factores más desfavorables de Bolivia para su correcta aplicación dentro de nuestro territorio.

2.5.5. Perfil aerodinámico

Cabe destacar que el perfil aerodinámico de un cuerpo se define según su forma, cuando esta le permite sacar provecho de las fuerzas que se originan por los cambios de presiones y de velocidades del aire. Un avión, por ejemplo, debe contar con un perfil aerodinámico adecuado para volar. De acuerdo con el objetivo que tengan los diseñadores, el perfil puede variar en su grosor, en su curvatura, en su grado de simetría y también puede tener diferentes valores desde el principio hasta el final del ala. Es necesario resaltar que no sólo las aeronaves tienen un perfil aerodinámico, sino que este concepto se puede aplicar a muchos cuerpos que tengan una forma capaz de:

- Oponer un cierto grado de resistencia mientras se encuentra en movimiento avanzando por un fluido. Este punto repercute directamente en la dificultad que tenga para moverse por dicho medio;
- Producir fuerzas dinámicas de intensidad variable **sobre sí mismo** que se combinen con su propio avance por el fluido en el que se halla. recuperado del sitio web: <https://definicion.de/aerodinamica/>

2.5.6. Túnel aerodinámico

Un túnel aerodinámico, por otra parte, es aquel que se utiliza para someter un cuerpo a la influencia de corrientes de aire controladas. Por lo general se emplean modelos a escala con el objetivo de conocer el comportamiento aerodinámico del objeto. Así como el concepto anterior, éste también se conoce por otro nombre: túnel de viento. Se trata de un recurso de investigación que resulta muy útil para estudiar cómo afecta el aire los objetos alrededor de los cuales se mueve. Esto se lleva a cabo en el contexto de experimentos de simulación, de manera que se puedan realizar todos los ajustes necesarios antes de pasar a la práctica en el mundo real. recuperado del sitio web: <https://definicion.de/aerodinamica/>

2.5.7. Funcionamiento del diferencial

El diferencial es un elemento mecánico encargado de trasladar la rotación producida por el motor hacia las ruedas encargadas de la tracción, es decir, permite que las llantas de la derecha y de la izquierda giren a velocidades distintas, según la curva que esté tomando el coche, esto significa que cuando un coche toma una curva hacia la derecha, la rueda de este lado gira un recorrido más corto con respecto a la rueda izquierda, y lo mismo sucede en el caso contrario.

Es bueno que recordemos un poco los tiempos pasados porque antiguamente las ruedas de los coches estaban montadas de manera fija sobre el eje, lo cual causaba que una de las dos ruedas se forzara más de lo debido generando desestabilización en el coche, de tal manera que el diferencial hace el trabajo que conlleva su nombre, hace la diferencia mejorando la conducción del vehículo. recuperado del sitio web: <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/el-diferencial-sus-partes-tipos-y-su-funcionamiento/>

2.5.8. Partes del Diferencial

De entrada, vamos a comenzar con el Carter o Carcasa, este se alinea a todo el mecanismo compuesto por una parte central en donde se encuentra ubicada la corona.

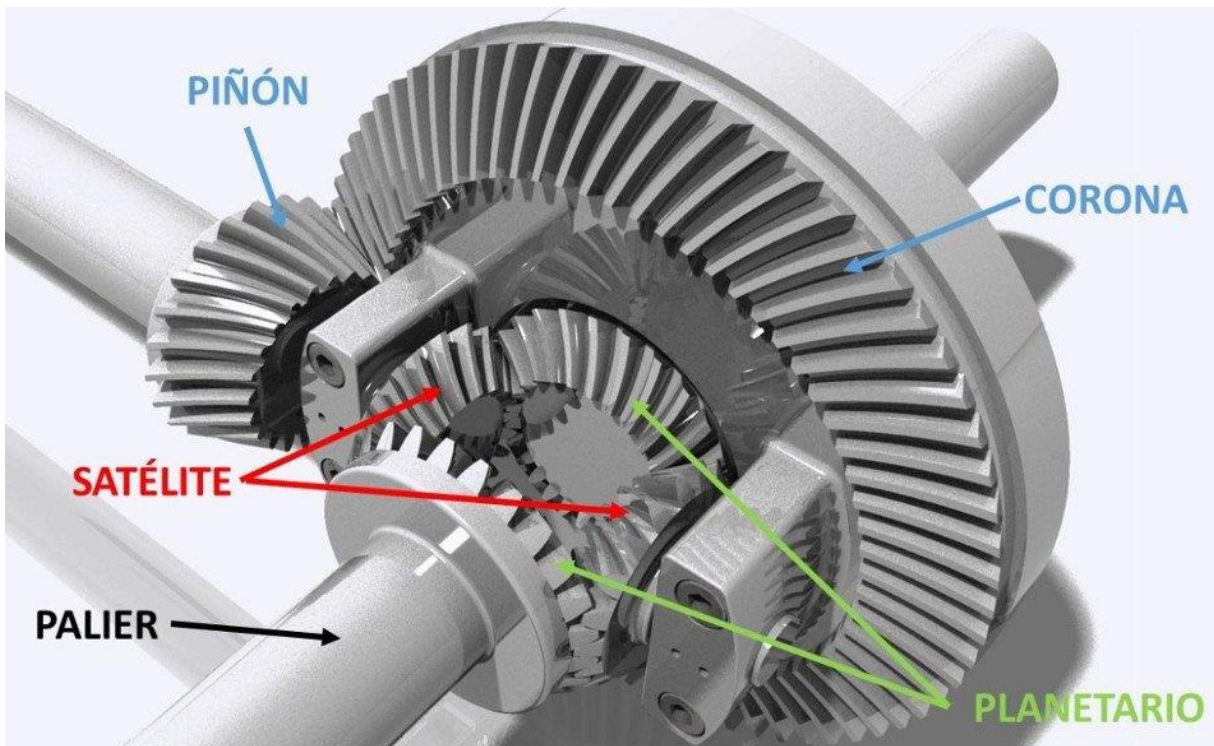
- El Piñón de Ataque el cual toma el giro del eje de salida de la caja llevándolo a la corona.
- La Corona, esta toma el giro del piñón de ataque llevándolo en una dirección correcta

para así rotar las ruedas motrices.

- Caja de satélites, esta caja está unida a la corona y en ella hay unos engranajes.
- Núcleo, aquí están cuatro satélites o piñones los cuales están engranados a dos ruedas cónicas que se le denominan planetarios.
- Palieres, estos unen el giro del diferencial a través de los piñones en conjunto con la rueda.
- Bloque del diferencial, es un sistema que soluciona los problemas causados por la pérdida de tracción en condiciones difíciles.
- Cubo, estos son muy frecuentes en los coches ligeros, y son necesarios para desacoplar y acoplar los palieres con diferencial delantero. Los cubos son muy importantes debido a que conecta o desconecta la doble tracción partiendo del comando interior del automóvil. recuperado del sitio web:

<https://www.motoryracing.com/coches/noticias/el-diferencial-sus-partes-tipos-y-su-funcionamiento/>

Figura 1 *Mecanismo del diferencial*



Fuente: <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/el-diferencial-sus-partes-tipos-y-su-funcionamiento/>

2.5.9. Amortiguadores

Tienen como misión absorber el exceso de fuerza del rebote del vehículo, es decir, eliminando los efectos oscilatorios de los muelles. Pueden ser de fricción o hidráulicos y estos últimos se dividen en giratorios, de pistón y telescópicos, éstos son los más usados. (J. M. Alonso, p.462).

Los amortiguadores son elementos mecánicos que se encargan de eliminar las vibraciones o las imperfecciones del terreno por medio de resortes o líquidos neumáticos, los cuales eliminan por medio de su coeficiente de elasticidad en caso del resorte y el coeficiente cinético en el caso de amortiguadores neumáticos.

2.5.10. Uniones soldadas

La soldadura es un proceso de unión de materiales, en el cual se funden las superficies de contacto de dos o más partes mediante la aplicación de calor o presión. La integración de las partes que se unen mediante soldadura se llama ensamble soldado. Muchos procesos de soldadura se obtienen solamente por el calor sin aplicar presión. Otros, únicamente por presión sin aportar calor externo, y otros se obtienen mediante una combinación de calor y presión. En algunos casos se agrega un material de aporte o relleno para facilitar la fusión. La soldadura se asocia con partes metálicas, pero el proceso también se usa para unir plásticos.

La soldadura es un proceso importante en la industria por diferentes motivos:

- Proporciona una unión permanente y las partes soldadas se vuelven una sola unidad.
- La unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales si se usa un material de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a la de los metales originales y se aplican las técnicas correctas de soldar.
- La soldadura es la forma más económica de unir componentes. Los métodos alternativos requieren las alteraciones más complejas de las formas (Ej. Taladrado de orificios y adición de sujetadores: remaches y tuercas). El ensamble mecánico es más pesado que la soldadura.
- La soldadura no se limita al ambiente de fábrica, se puede realizar en el campo.

Además de las ventajas indicadas, tiene también desventajas:

- La mayoría de las operaciones de soldadura se hacen manualmente, lo cual implica alto costo de mano de obra. Hay soldaduras especiales y la realizan personas muy calificadas.
- La soldadura implica el uso de energía y es peligroso.
- Por ser una unión permanente, no permite un desensamble adecuado. En los casos cuando es necesario mantenimiento en un producto no debe utilizarse la soldadura como método de ensamble.
- La unión soldada puede tener defectos de calidad que son difíciles de detectar. Estos defectos reducen la resistencia de la unión. recuperado del sitio web:
<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6731.pdf>

Capítulo III: Marco Metodológico

El diseño metodológico se refiere al plan o estrategia que se desarrollara para obtener la información requerida en la investigación, en ese sentido para iniciar la investigación que se diseñó, para lo cual se utilizó procedimientos y actividades para encontrar la respuesta al problema planteado.

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es “descriptivo”, Al respecto Tamayo afirma que “la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre una persona, grupo o cosa, se conduce o funciona en el presente. La investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho y su característica fundamental es la de presentar una interpretación correcta” (Tamayo, 2003, p. 46).

Para la investigación y obtención de los objetivos que corresponden al proyecto, la cual sustenta una propuesta de solución a un problema relacionado con las áreas de formación de la carrera ingeniería eléctrica, para el diseño, construcción de la estructura, sistemas mecánicos del Auto Solar Alt Katari MRC5 mediante el uso de energía solar, será descriptiva por que se investigará el tema de manera general, centrándose únicamente en los datos obtenidos por el estudio.

3.2. Diseño de la investigación

Según el autor (Santa palella y feliberto Martins (2010)), define: El diseño experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y porque causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que una vez confirmados, se convierten en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos pedagógicos y el mejoramiento de la acción educativa. (pag.86).

Se utiliza una metodología cuantitativa, con un estudio pre-experimental definido por Cook y Campbell citados por Bono-Cabré, (2012) como una alternativa a los experimentos de asignación aleatoria, en aquellas situaciones sociales donde se carece de pleno control experimental. Además, se realiza un diseño antes-después cuyo propósito es el estudio del cambio de un mismo grupo de sujetos entre dos ocasiones de observación, (p.2 -47), además

presenta un enfoque empírico analítico, del que Roa, Estrada & Tobo (2012) afirman que “se basa en la percepción directa del objeto de investigación y del problema”. (p.3)

La investigación tendrá un diseño transaccional, bibliográfico documental y longitudinal ya que se recabarán información en diferentes puntos, a través del tiempo, para realizar inferencias acerca del cambio, sus causas y sus efectos Investigación Tecnológica, recuperado del sitio web: <https://siaguanta.com/c-tecnologia/investigacion-tecnologica/>

3.3. Variables de la investigación

Para la presente investigación tenemos dos variables:

3.3.1. Variable independiente

- Construcción de la estructura

3.3.2. Variable dependiente

- Optimización de los sistemas mecánicos

3.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

➤ <u>Variable independiente: Construcción de la estructura</u>				
<u>Variable</u>	<u>Dimensión</u>	<u>Indicador</u>	<u>Técnica</u>	<u>Instrumento</u>
Construcción de la estructura	Innovadora	➤ Sugiere cambios. ➤ Propuesta para un bien común. ➤ Adopción de estrategias.	Observación asistida técnicamente	Equipos e instrumentos de laboratorio
	Sistémico	➤ Percepción de los proyectos que los rodea. ➤ Integrador.	Síntesis de resultados	Software aplicados

➤ <u>Variable Dependiente:</u> ➤ <u>Optimización de los sistemas mecánicos</u>				
<u>Variable</u>	<u>Dimensión</u>	<u>Indicador</u>	<u>Técnica</u>	<u>Instrumento</u>
Optimización de los sistemas mecánicos	Competencias	➤ Planeación ➤ Metodología ➤ Adaptación a la actualidad. ➤ Adquirir pensamientos críticos.	Observación asistidas técnicamente	Equipos e instrumentos de laboratorio
	Evaluación	➤ Eficacia. ➤ Calidad	Síntesis de resultados	Software aplicados
	Conocimiento	➤ Entusiasmo. ➤ Desarrollo de Capacidades		

Fuente: Elaboración propia

3.4. Ambiente de la investigación

La investigación se lo realiza en los predios de la carrera de ingeniería eléctrica perteneciente a la Universidad Pública de El Alto.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Técnicas

Según Muñoz Giraldo et. al. (2001), la investigación cuantitativa utiliza generalmente los siguientes instrumentos y técnicas para la recolección, para la presente investigación científica y la recolección de información utilizaremos: Resumen y Síntesis, Observación y Observación asistida técnicamente.

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados en la presente investigación científica son: equipos e instrumentos de taller y de laboratorio, diseño por medio de software aplicativos con su respectiva simulación de funcionamiento.

3.6. Procedimiento de la investigación

El procedimiento se lo realiza en dos etapas:

- En la primera etapa se utilizarán los instrumentos de medición para verificar las características técnicas por medio de simulaciones utilizando softwares aplicativos según los resultados que se desea adquirir.
- En la segunda etapa se construirá, la estructura y los sistemas mecánicos por medio de instrumentos equipos y máquinas de manufactura.

Capítulo IV: Resultados

4.1. Resultados de la investigación.

Con la presente investigación realizada en los predios del instituto de investigaciones de la carrera de ingeniería eléctrica se obtuvieron los siguientes resultados:

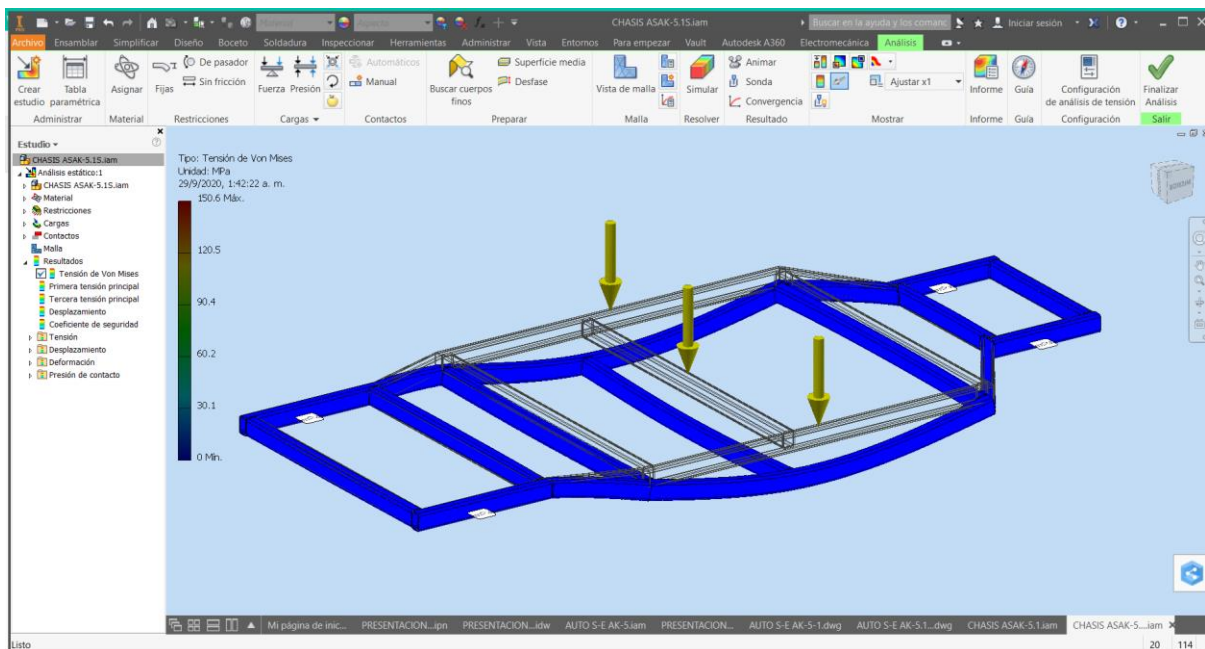
- Optimizar el diseño del chasis para obtener las condiciones deseadas.
- Construir la estructura del auto solar ALT KATARI MRC5.
- Construir el sistema de suspensión del auto solar ALT KATARI MRC5.

4.2. Optimizar el diseño del chasis para obtener las condiciones deseadas

El chasis del auto solar fue diseñado, es construido con una estructura mecánica con perfiles rectangulares de distintas dimensiones con un espesor de 3 mm, el diseño se realizó con el software inventor 3D, con las condiciones de su implementación.

Para conseguir una optimización deseada se aplicó el mismo software para verificar el diseño y las pruebas de mecánicas de tensión como se muestra en las siguientes figuras.

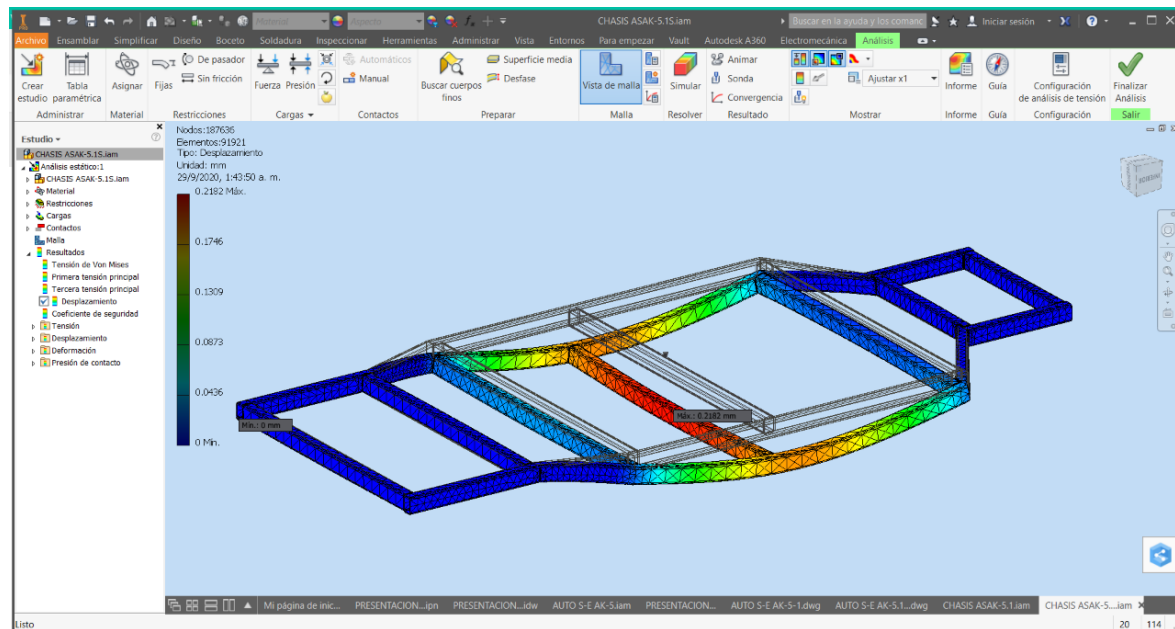
Figura 2 *Diseño original del chasis con cargas aplicadas MRC5*



Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

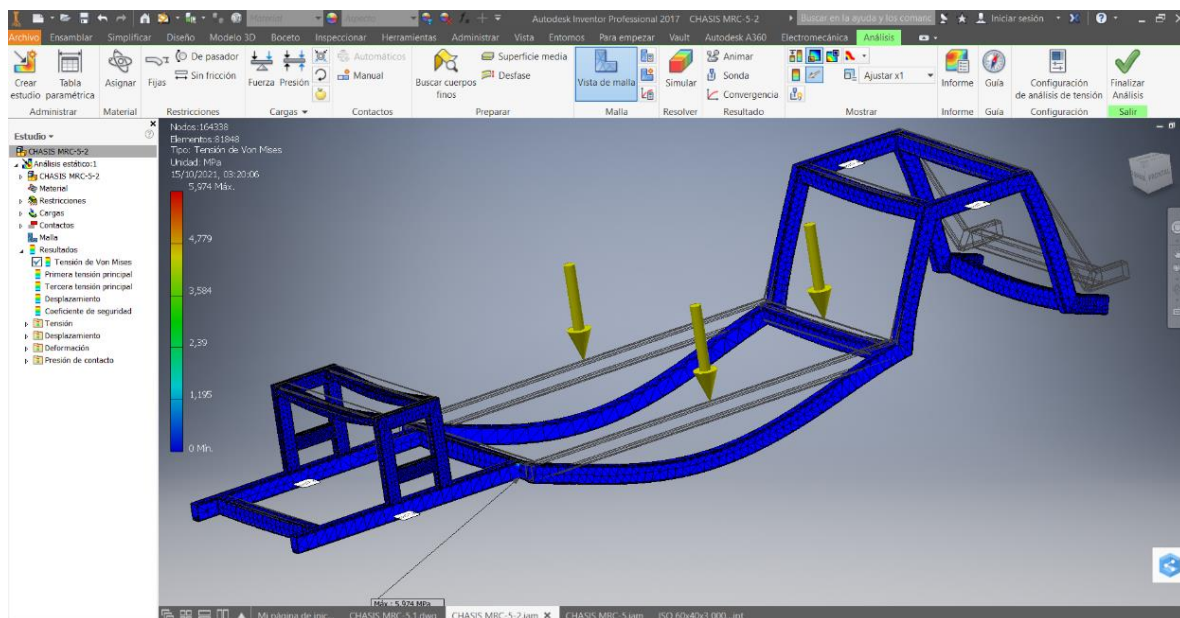
Diseño original del chasis con la máxima deformación

Figura 3 *Diseño original del chasis con la máxima deformación MRC5*



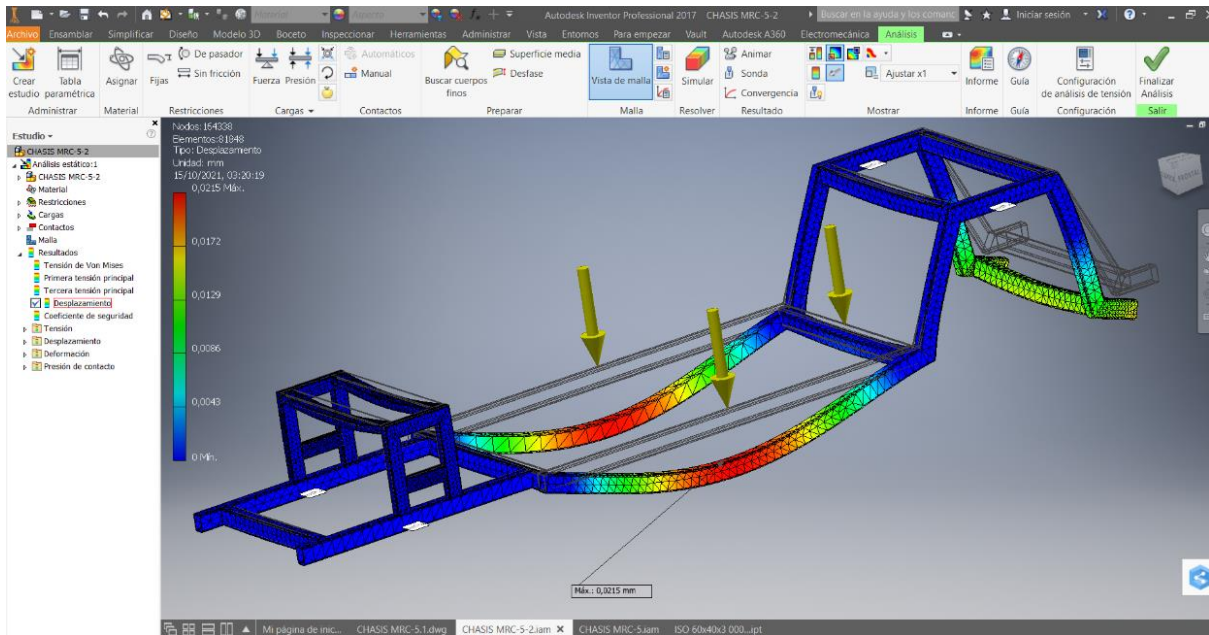
Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

Figura 4 *Diseño optimizado del chasis con las cargas aplicadas MRC5*



Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

Figura 5 *Diseño optimizado del chasis con la máxima deformación MRC5*



Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

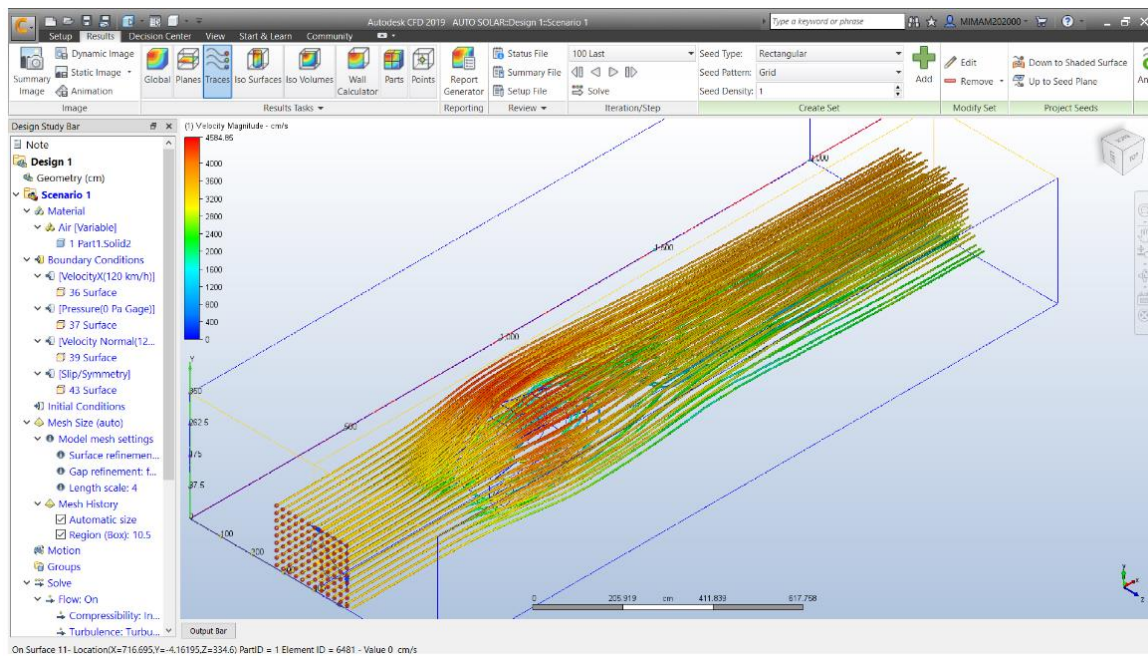
En el diseño original del chasis al iniciar su construcción se notó que existiría algunos impedimentos de funcionalidad con el sistema de suspensión, de la misma forma se puede notar que tienen una mayor deformación la cual es 0.2182 mm

En el diseño optimizado se resolvió la funcionalidad y se pudo reducir la deformación que sufriría al aplicarse las cargas, con las que trabajaría la deformación que sufrirá es de 0.0215 mm es por lo cual el nuevo diseño fue construido.

4.3. Optimizar el diseño de la carrocería del auto solar Alk Katari MRC5

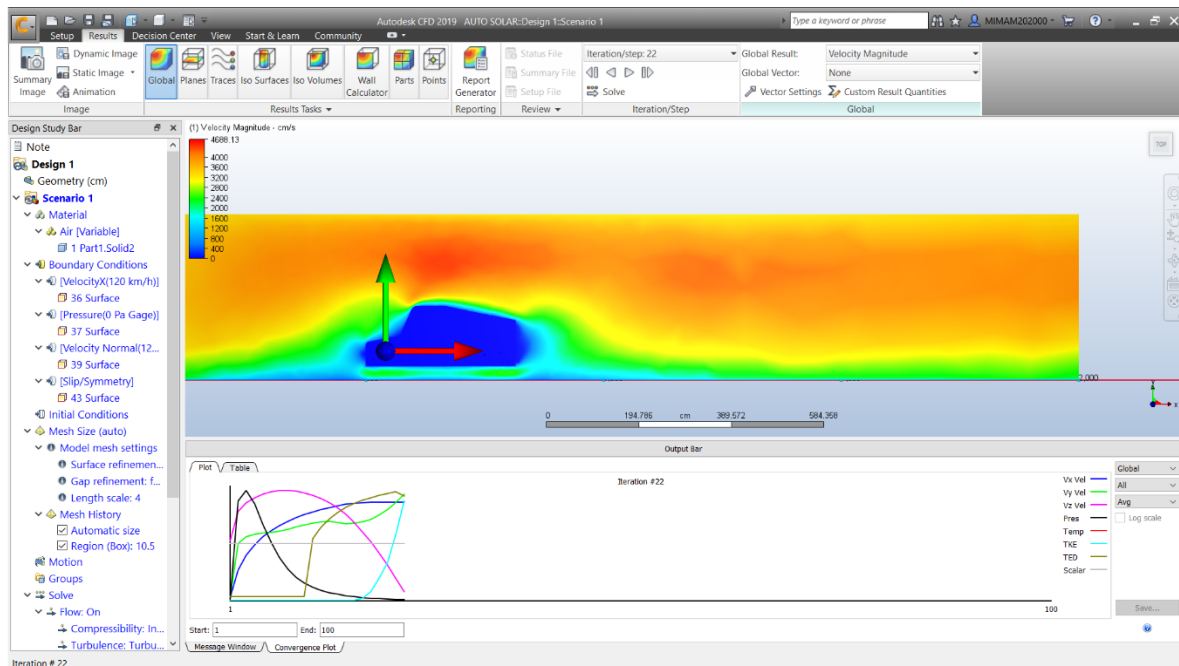
Para realizar la optimización de la carrocería del vehículo se procedió a realizar las pruebas aerodinámicas para sustentar teóricamente y comprobarlo en el software CFD de Autodesk Inventor 3D ya que se requiere que el vehículo alcance mucha más velocidad, autonomía en sus recorridos y que las inclemencias del tiempo como el viento no perjudiquen sus recorridos ya que estos análisis se los realiza en túneles de viento aplicando flujos turbulentos.

Figura 6 Aplicación de análisis dinámico al diseño original MRC5



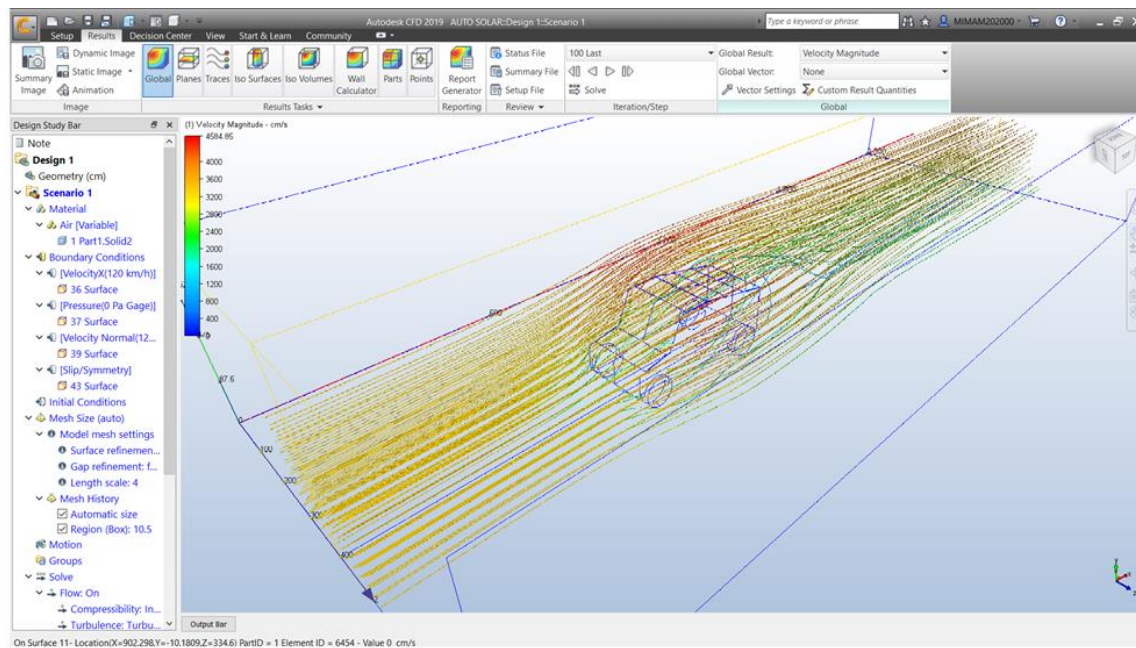
Fuente: Software CFD de Autodesk Inventor 3D

Figura 7 Aplicación de análisis dinámico por rozamiento de temperatura al diseño original MRC5



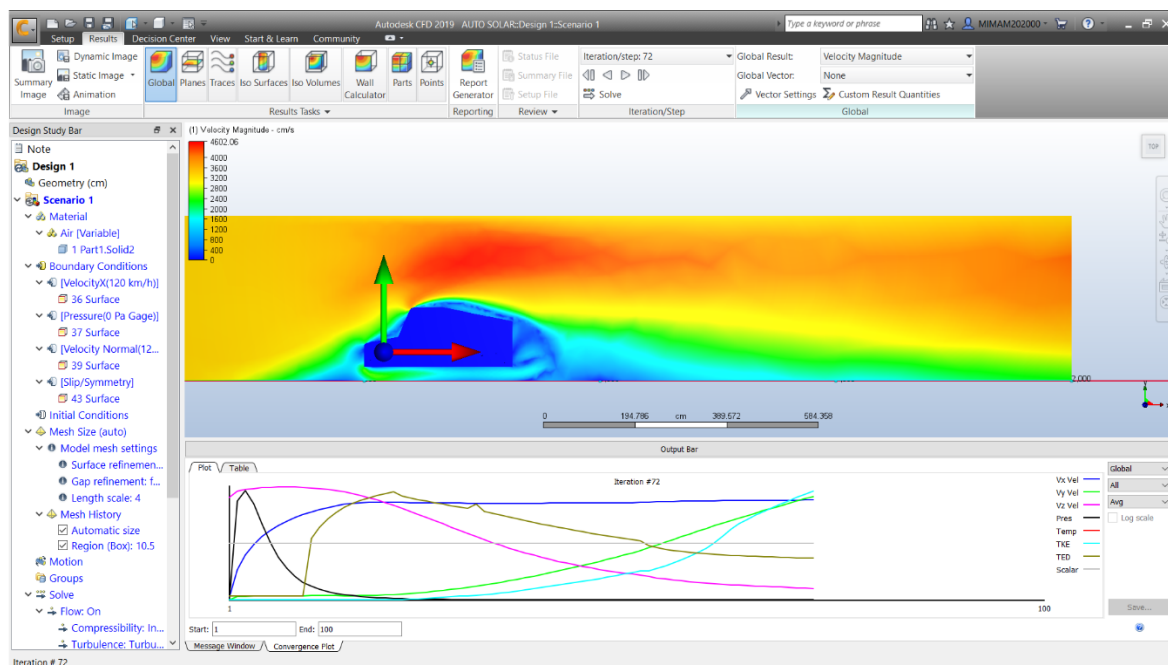
Fuente: Software CFD de Autodesk Inventor 3D

Figura 8 *Aplicación de análisis dinámico al diseño optimizado MRC5*



Fuente: Software CFD de Autodesk Inventor 3D

Figura 9 *Aplicación de análisis dinámico por rozamiento de temperatura al diseño optimizado MRC5*



Fuente: Software CFD de Autodesk Inventor 3D

Analizando las figuras presentadas de ambos diseños se puede observar que en los primeros gráficos de cada diseño, donde se aplicó el túnel de viento donde se aplicaron condiciones extremas, se puede observar que los vectores de viento que se chocan contra la estructura del Auto solar Alt Katari MRC5, que en el diseño original chocan con mayor proporción, provocando mayor estela de viento en la estructura de vehículo ya que este tiene una mayor superficie frontal, esto es provocado por el radio de las curvaturas que no se definieron con las adecuadas dimensiones.

Esta variación ocurre por el coeficiente de rozamiento estático y dinámico el cual es proporcional a la cantidad de superficie en contacto y las curvaturas del diseño, comparando los gráficos de las simulaciones podemos verificar por código de colores que se encuentra en unidades de velocidad que chocan y producen un mayor esfuerzo estos vectores se va reduciendo de 3600 cm/s en el diseño original a 3400 cm/s en el nuevo diseño optimizado, teniendo una diferencia de velocidad de 200 cm/s menos de pérdida por rozamiento.

De la misma forma ocurre si cambiamos los vectores de viento en la energía que pierde el automóvil en forma de calor el cual se puede interpretar por las figuras presentadas y los diagramas que se encuentran en la parte inferior donde son más pronunciadas en el diseño original.

Para solucionar este aspecto de diseño se realizó un ajuste a los planos originales para optimizar y que tenga una menor pérdida de velocidad y potencia del motor con la cual avanza, este ajuste se dio comprobando distintos radios de curvatura las cuales eran más pronunciadas y se eligió la que la daba menos pérdida y que no le quite la forma estética en su respectiva construcción.

4.4. Selección de materiales y componentes para el Auto solar Alt Katari MRC5

Los materiales utilizados fueron seleccionados según requerimientos de diseño, tomándose como criterio de selección los materiales que se puede encontrar en las importadoras y distribuidoras de material de construcción de nuestro medio, ya que la mayoría de los perfiles de acero que se venden no cumplen con las normas requeridas, con las que se trabajó en el diseño del vehículo.

Con estos criterios se asumió los perfiles rectangulares de acero estructural con la norma ASTM A-36 por sus respectivas propiedades como el alto grado de soldabilidad

4.4.1. Identificación de la composición química del acero ASTM A-36

El material utilizado en la construcción del Auto solar Alt Katari MRC 5, es el perfil rectangular de acero estructural ASTM A-36, se seleccionó este material por las distintas propiedades que posee como el alto grado de soldabilidad.

Acero estructural ASTM A-36

Ficha técnica 1, composición química del acero A36.

Tabla 2 Composición química (% , ≤) para formas

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu
ASTM A36	0.26	0.40	no requieren	0.04	0.05	0.20
Composición química (% , ≤), para placas de acero, ancho> 380 mm (15 pulg.)						

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu	Espesor (d), mm (pulg.)
	0.25	0.40	Sin requisitos	0.03	0.03	0.20	d ≤ 20 (0.75)
	0.25	0.40	0.80-1.20	0.03	0.03	0.20	20< d≤ 40 (0.75< d≤ 1.5)
ASTM A36	0.26	0.15-0.40	0.80-1.20	0.03	0.03	0.20	40< d≤ 65 (1.5< d≤ 2.5)
	0.27	0.15-0.40	0.85-1.20	0.03	0.03	0.20	65< d≤ 100 (2.5< d≤ 4)
	0.29	0.15-0.40	0.85-1.20	0.03	0.03	0.20	> 100 (4)
Composición química (% , ≤), para placas y barras de acero, ancho ≤ 380 mm (15 pulg.)							

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu	Espesor (d), mm (pulg.)
	0.26	0.40	Sin requisitos	0.04	0.05	0.20	d ≤ 20 (0.75)
	0.27	0.40	0.60-0.90	0.04	0.05	0.20	20< d≤ 40 (0.75< d≤ 1.5)
ASTM A36	0.28	0.40	0.60-0.91	0.04	0.05	0.20	40< d≤ 100 (1.5< d≤ 4)
	0.29	0.40	0.60-0.92	0.04	0.05	0.20	> 100 (4)

Fuente: <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

4.4.2. Propiedades mecánicas del acero ASTM A-36

Acero ASTM A-36 Propiedades

Las siguientes listas dan acero ASTM A36 propiedades tales como propiedades físicas y mecánicas.

Propiedades Mecánicas del Acero A36

La lista a continuación resume las propiedades mecánicas del acero A36, como el módulo de elasticidad (módulo de Young), el módulo de corte, la resistencia a la tracción máxima, el límite

Tabla 3 Propiedades Mecánicas

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (psi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Límite elástico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), $\geq$	250 (36)	Espesor $\leq$ 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, $\geq$	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	—
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29×10^3)	—
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 (11.5×10^3)	—
Fy del acero A36 (Límite de fluencia), MPa (ksi), $\geq$	250 (36)	—

Fuente: <https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

4.4.3. Propiedades físicas del acero ASTM A-36

- Densidad del acero A36: 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)
- Relación de Poissons: 0.26

Tabla 4 Propiedades físicas del acero ASTM A-36

Acero A-36 Equivalencias									
US	Unión Europea	Alemania	Gran Bretaña (Reino Unido)	Francia	ISO	Japón	China	India	
Norma de acero)	Grado Norma	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (Número de acero)
Norma	Grado	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grados	Norma	Grados	Norma	Grados

ASTM A-36	A36	EN 10025-2;					
EN 10025: 1993	S235JR (1.0038);	S235JRG2	DIN EN 10025-2;				
EN 10025:1993							
DIN 17100	S235JR, S235JRG2 (1.0038);						
RSt 37-2, St 37-2	BS EN 10025-2	S235JR (1.0038)	NF EN 10025-2	S235JR (1.0038)	ISO 630-2	S235B,	
S235C	JIS G3101;						
JIS G3106	SS440;						
SM400A	GB/T 700 Q235A, Q235B (Q235)	IS 2062	E250				

Fuente:<https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

4.4.4. Selección del diferencial

El diferencial es el sistema mecánico de transmisión de movimiento la cual transforma la energía eléctrica en energía mecánica con la cual se da movimiento a Auto solar Alt Katari MRC5, se selecciona por su relación de transmisión que es de 10: 7 R.P.M. y la potencia que puede transmitir es de 10 Kw

Figura 10 *Transmisión por diferencial mecánico*



Fuente: elaboración propia

4.4.5. Selección de los amortiguadores

La selección del amortiguador se lo realizo de acuerdo a la capacidad de carga que tendra el Auto solar Alt Katari MRC5, con capacidad completa ya que estos amortiguadores son parte del sistema de suspensión son los que por medio de su resortes elimina las vibraciones posibles que el vehiculo puede tener por algunos baches o imperfecciones de las vias estos amortiguadore tienen un coeficiente de restitution ya que vuelva a su estado natural, el amortiguador seleccionado tien una capacidad de 300 Kg

Figura 11 *Amortiguador de acuerdo al diseño*



Fuente: elaboración propia

4.5. Construcción de la estructura y sistemas mecánicos

Para la cosntrucion seguiremos el siguiente proceso:

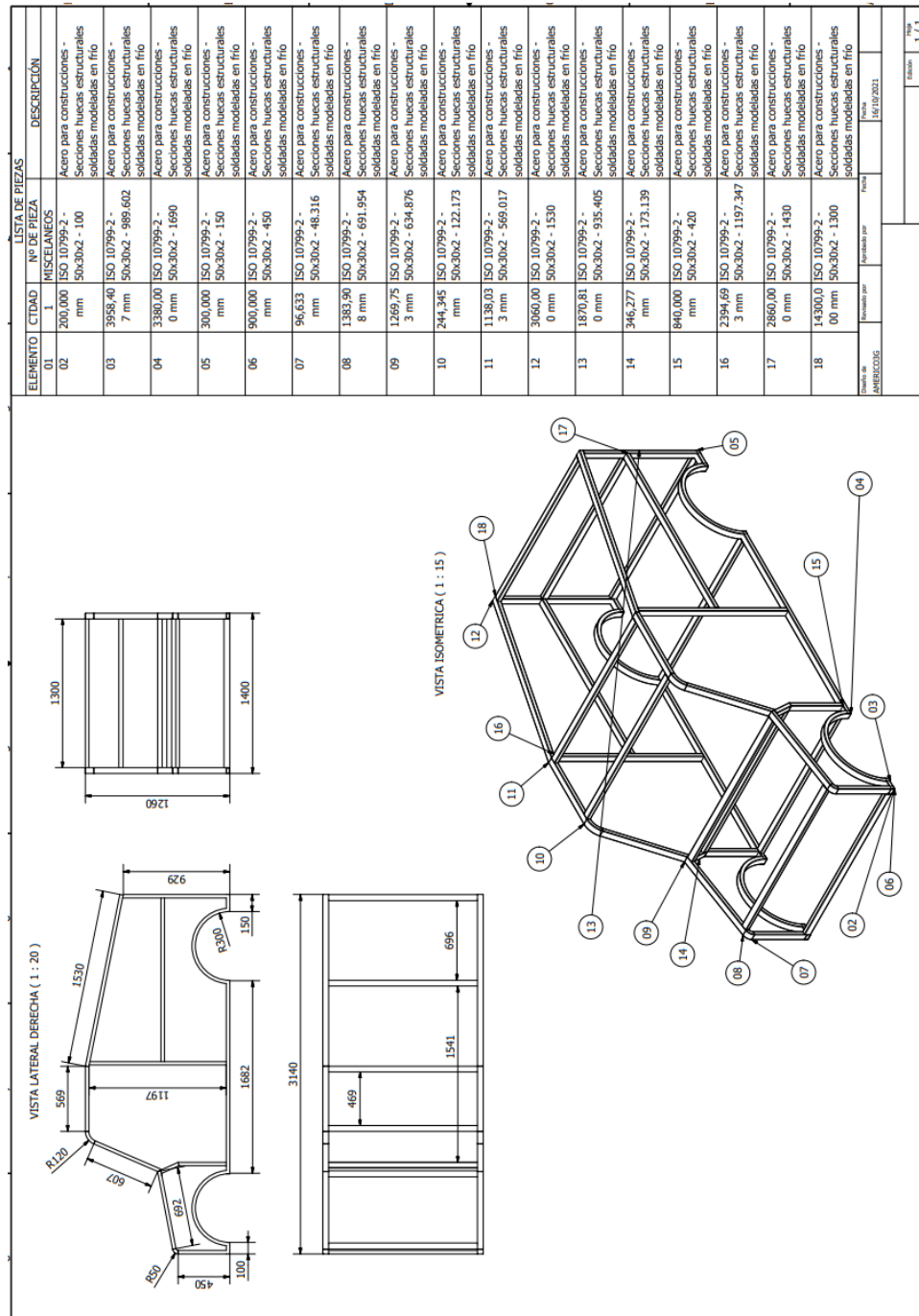
- Verificación de los planos de construcción
- Marcado y selección del perfil rectangular
- Corte del material por disco
- Curvado en frio (por roladora y por corte)
- Soldadura por arco eléctrico
- Ensamblado del sistema de suspensión
- Ensamblado del chasis y la carrocería

Realizaremos este proceso para obtener un optimo resultado en la construccion colocando cada componente de acuerdo a su plano, Verificando las dimensiones de cada componente del chasis, como de la carrocería

4.5.1. Verificación de los planos de construcción

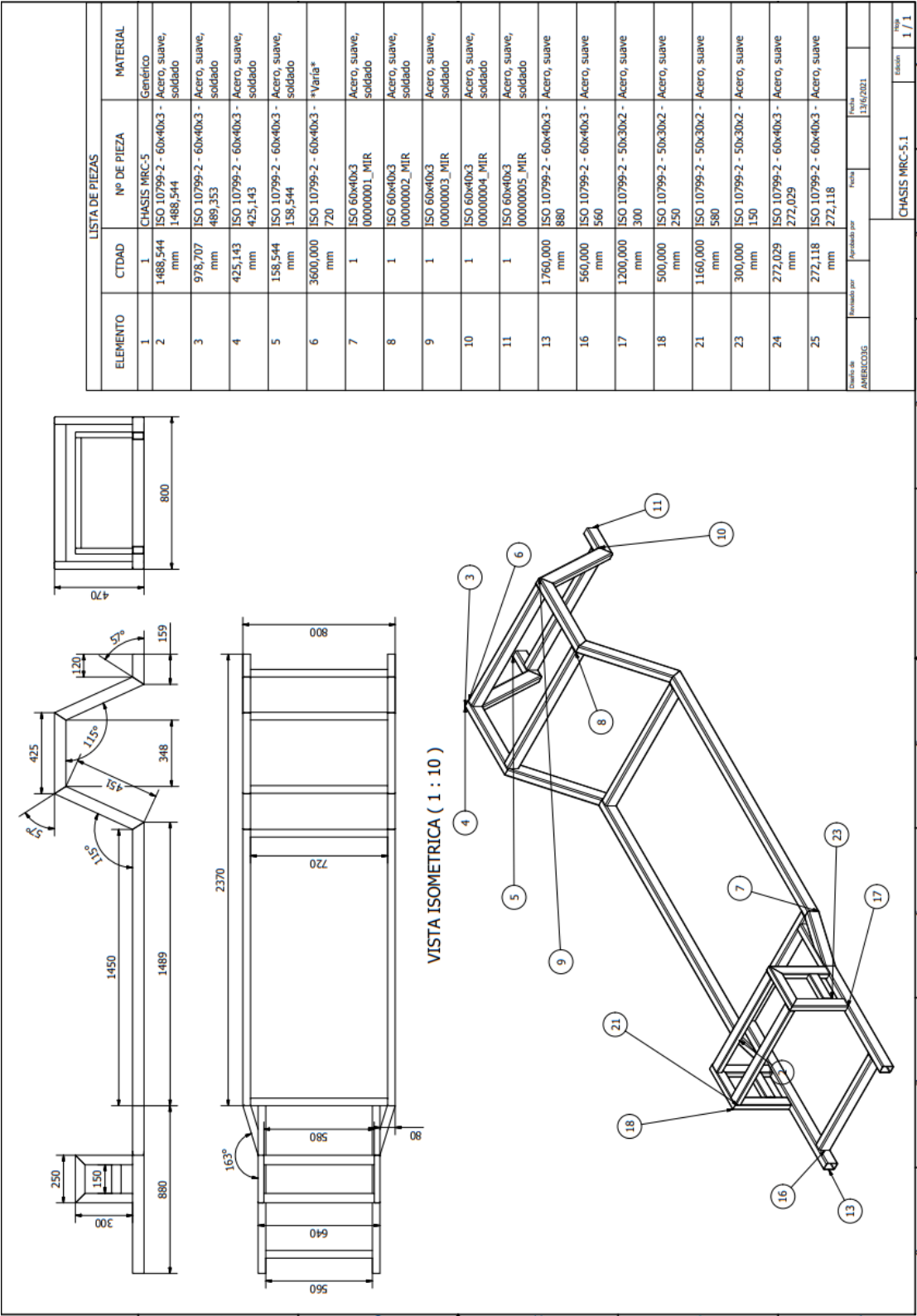
Para la verificación de los planos podremos los planos de diseño y los planos realizados para la construcción y su respectivo marcado

Figura 12 Plano de construcción de la carrocería



Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

Figura 13 Plano de construcción del chasis

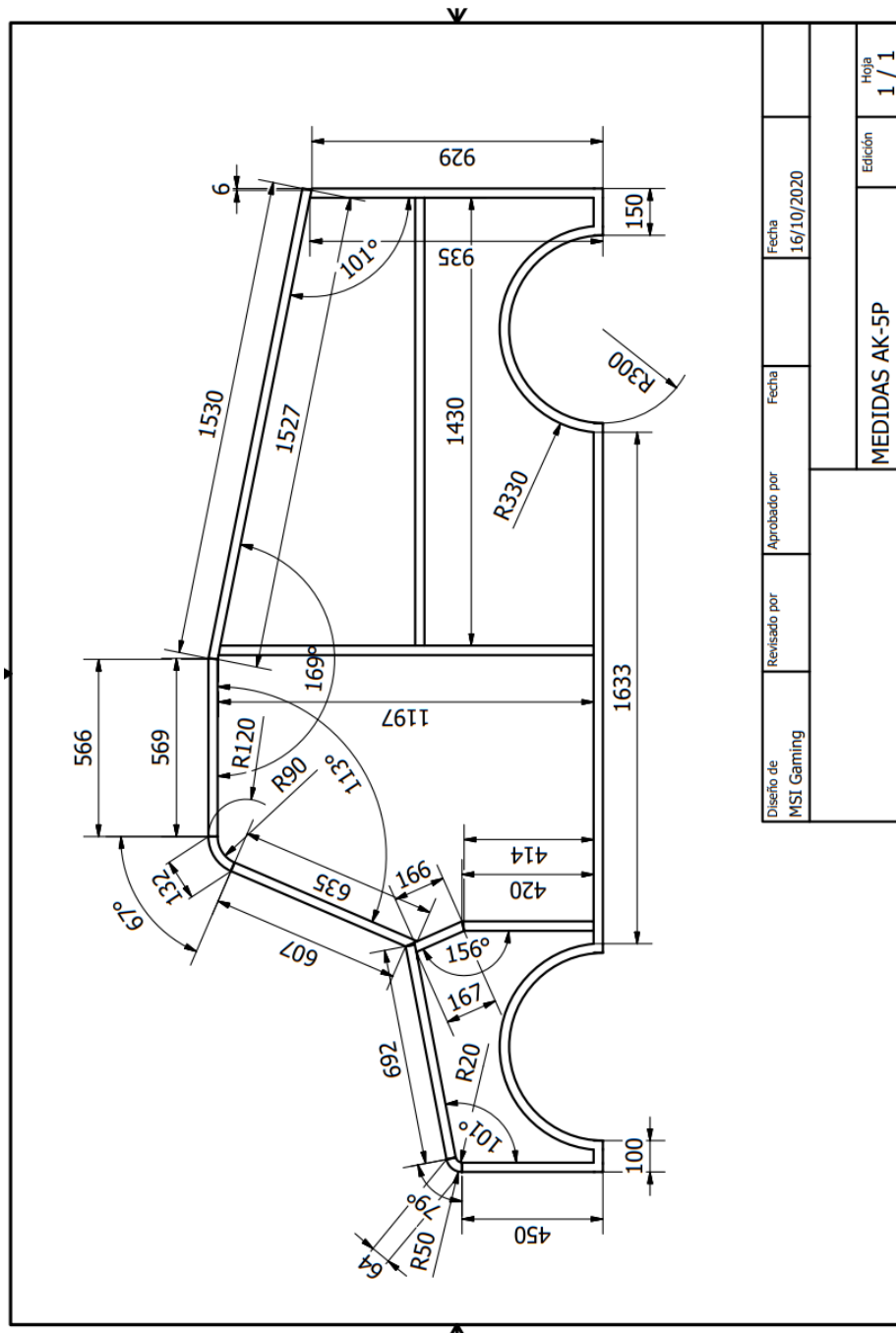


Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

Marcado y selección del perfil rectangular

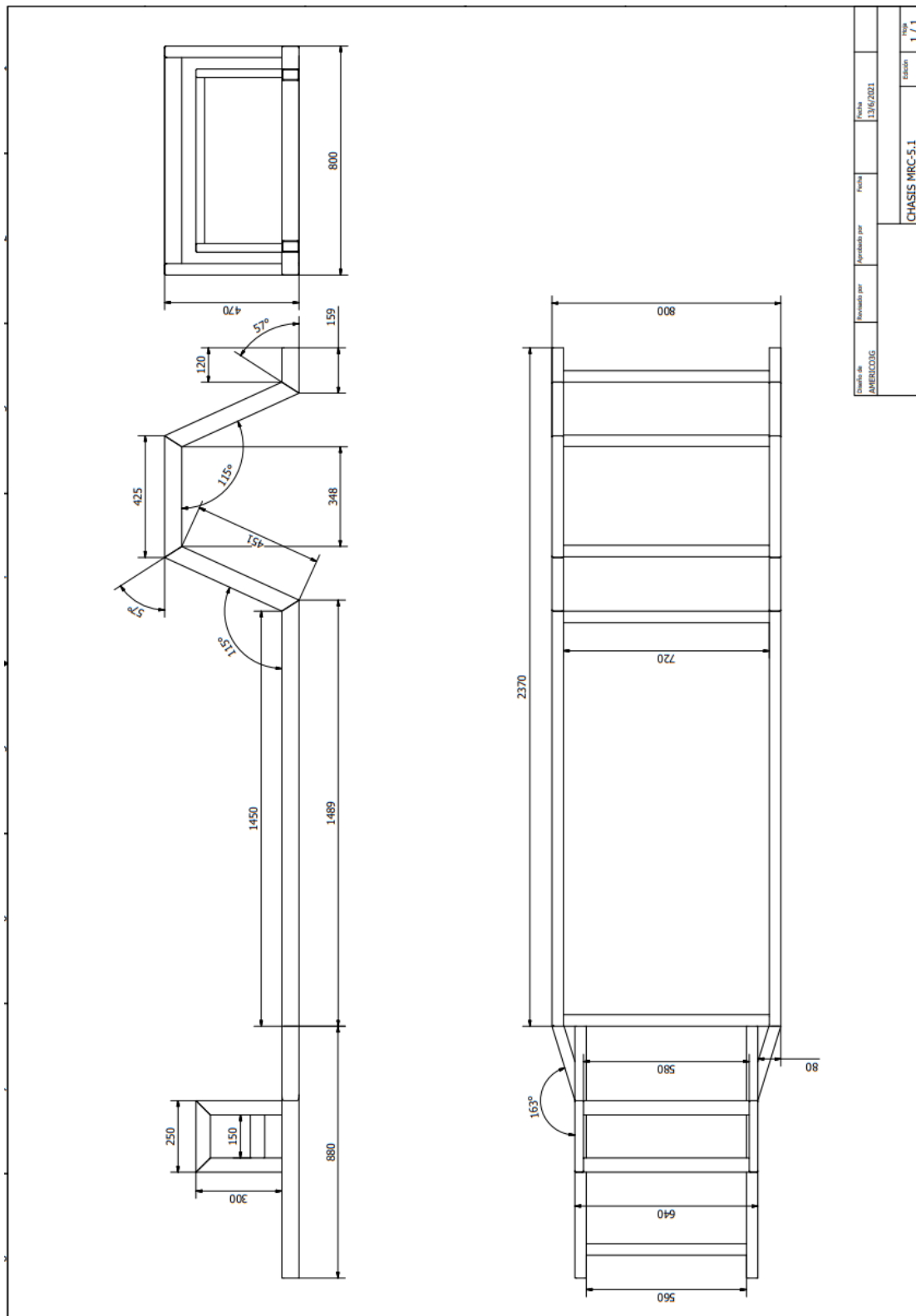
Para la construcción se realizaron planos específicos que cuentan con medidas complementarias para facilitar el marcado de las piezas en el material y realizar un trabajo más eficiente en el momento de preparar las piezas.

Figura 14 Plano de construcción de la carrocería



Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

Figura 15 Plano de construcción de la carrocería



Fuente: Software Autodesk Inventor 3D

Para la selección de los perfiles en cada plano de construcción nos indica que tipo de perfil rectangular se utilizara con sus respectivas dimensiones y su espesor.

Figura 16 *Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar*



Fuente: Elaboración propia

Figura 17 *Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar*



Fuente: Elaboración propia

Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar para este proceso se utilizaron distintos tipos de instrumentos de medición como ser el flexómetro, el calibrado o pie de rey, según el grado de precisión de la pieza a trabajar también utilizaremos un rayador para el trazado

4.5.2. Corte del material por disco

Para este proceso utilizaremos la amoladora con disco de corte siempre teniendo en cuenta el espesor del disco para realizar un corte con las medidas deseadas

Figura 18 *Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar*



Fuente: Elaboración propia

Figura 19 *Marcado y selección del perfil estructural de forma rectangular a utilizar*



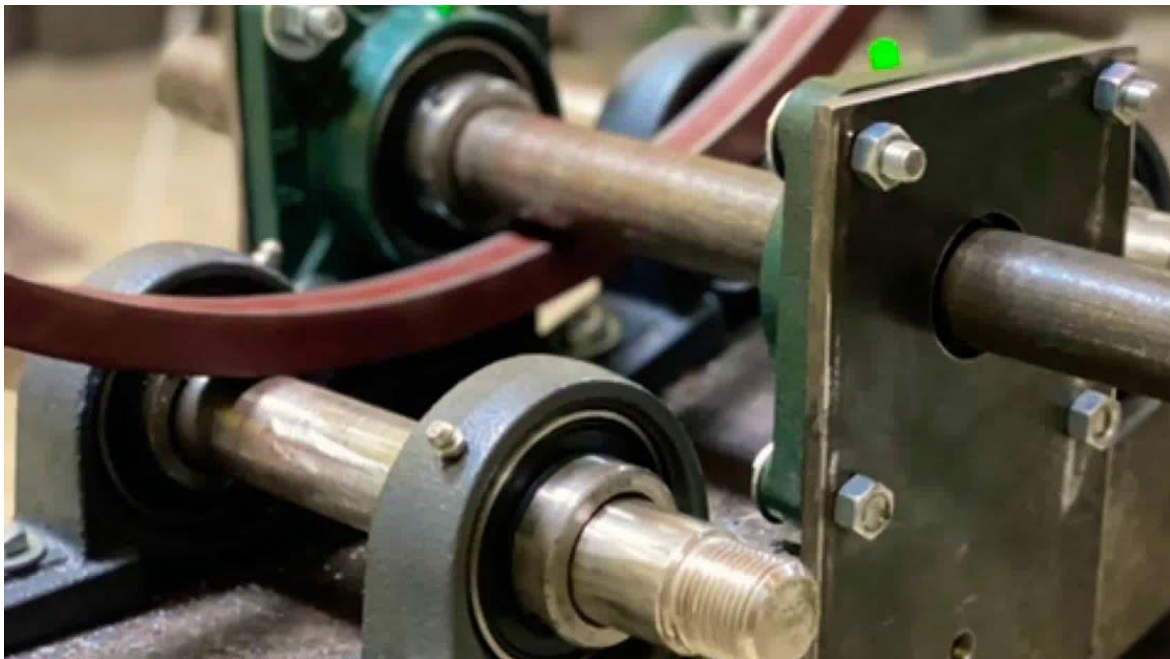
Fuente: Elaboración propia

En este proceso se verificaron que los cortes sean con el ángulo correcto para que tengamos un buen acabado tanto en la carrocería como en el chasis.

Curvado en frío (por roladora y por corte)

Para realizar este proceso se recurrió a dos procesos para la parte inferior donde van ubicadas las llantas se tuvo que realizar el curvado en frío por medio de una maquina la cual se denomina roladora, el cual tiene tres rodillos que jalan la pieza y el central es el que aplica una determinada presión y logra dar la curvatura deseada a la pieza a trabajar, este proceso se realizó fuera de la institución ya que no se contaba con la maquina.

Figura 20 *Curvado del perfil estructural por medio de una roladora*



Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/sY6OiyU0ZiY/maxresdefault.jpg>

Figura 21 *Curvado del perfil estructural por medio de cortes en ángulos*



Fuente: Elaboración propia

En este proceso de curvado se cortaron por partes del perfil estructural pequeños ángulos para conseguir la curvatura deseada, con la amoladora y el disco denominado galleta el cual tiene un espesor de 1 mm y de esta forma lograr un mejor acabado

4.5.3. Soldadura por arco eléctrico

Para este proceso se utilizaron un arco eléctrico y electrodos de distintos para distintos tipos de procesos para el chasis se utilizó el electrodo según la norma A.S.M.E. E 7018 el cual tiene un alto grado de penetración, mayor tracción térmica y fuerza de cohesión, este electrodo se aplica especialmente en grandes estructuras en su primera pasada.

Figura 22 Soldadura con arco eléctrico y utilizando como material de aporte el electrodo E 7018



Fuente: Elaboración propia

Para el caso del chasis se tuvo que realizar una segunda pasada para reforzar las uniones soldadas con el mismo electrodo E 7018 para mantener el grado de seguridad que el chasis de tener por ser el sostén de toda la estructura.

Figura 23 *Amolado de la soldadura para darle una segunda pasada de reforzamiento en el chasis*



Fuente: Elaboración propia

Para la construcción de la carrocería se utilizó el electrodo según la norma A.S.M.E. E 6013 que es de la misma forma un electrodo estructural, pero con un grado menor en la tracción térmica y fuerza de cohesión, garantizando la funcionalidad de la carrocería y la de sus tripulantes.

Figura 24 *Laterales de la carrocería soldada con electrodos A.S.M.E. E 6013*



Fuente: Elaboración propia

Figura 25 *Carrocería completamente ensamblada, soldada con electrodos A.S.M.E. E 6013*



Fuente: Elaboración propia

La carrocería se ensambló de acuerdo a los planos de construcción, utilizando como material de aporte los electrodos A.S.M.E. E 6013, los cuales garantizarán su funcionalidad, del auto solar Alt Katari MRC5.

4.5.4. Ensamblado del sistema de suspensión

El sistema de suspensión fue ensamblado de acuerdo a los requerimientos de diseño, con los parámetros de capacidad de peso y su grado de seguridad que debe llevar el vehículo, seleccionando sus respectivos componentes como los de los amortiguadores, estos

amortiguadores se ensamblaron por medio bujes, de uniones soldadas y uniones empernadas como indica la norma.

Figura 26 *Ensamblado de los amortiguadores al chasis por medio de pernos con grado G-9*



Fuente: Elaboración propia

Figura 27 *Ensamblado de los amortiguadores al diferencial*



Fuente: Elaboración propia

4.5.5. Ensamblado del chasis y la carrocería

Para realizar este proceso se realizó el montaje de la carrocería tipo independiente sobre el chasis según el diseño previsto se utilizaron uniones empernadas ya que cada estructura fue construida de forma autónoma pero compatibles en su ensamblado.

Figura 28 *Ensamblaje de la carrocería con el chasis y el sistema de suspensión*



Fuente: Elaboración propia

Figura 29 *Ensamblaje de la carrocería con el chasis y el sistema de suspensión*



Fuente: Elaboración propia

Figura 30 *Interior del ensamblaje de la carrocería y el chasis*



Fuente: Elaboración propia

4.5.6. Ensamblaje de la dirección

La dirección se ensambla por medio de uniones empernadas las cuales van sujetas al chasis, la cremallera va sujeta a las ruedas delanteras precaviendo la convergencia que tendrá el Auto solar Alt Katari MRC5, en el momento de realizar los giros con el volante.

Figura 31 *Ensamblaje de la dirección*



Fuente: Elaboración propia

Figura 32 *Ensamblaje de la dirección*



Fuente: Elaboración propia

Figura 33 *Auto solar Alt Katari MRC5*



Fuente: Elaboración propia

Figura 34 *Vista lateral del Auto solar Alt Katari MRC5*



Fuente: Elaboración propia

Figura 35 *Vista posterior del Auto solar Alt Katari MRC5*



Fuente: Elaboración propia

Capítulo V Conclusiones

- Se optimizó los diseños iniciales con pruebas aerodinámicas y la realización de nuevos planos con los que se construyó la estructura de la carrocería, el chasis y el sistema mecánico de suspensión del auto solar ALT KATARI MRC5, en las dependencias de la Universidad Pública de El Alto.
- La optimización del chasis se realizó para mejorar la factibilidad para montar el sistema de suspensión, también se redujo la deformación que tendría con las mismas cargas con las que se diseñó, la carrocería se optimizó en los radios de curvaturas de los ángulos de la parte frontal, reduciendo el choque con los vectores del viento.
- Los materiales seleccionados ya se designaron en el diseño para la construcción se buscaron los mismos materiales, con la misma norma que es el acero estructural ASTM A-36
- La construcción se lo realiza bajo los nuevos parámetros, con los planos optimizados se realizaron los ajustes correspondientes y se enmarcó en un proceso de construcción del auto solar ALT KATARI MRC5
- El sistema de suspensión se ensambló bajo los parámetros de diseño en las estructuras optimizadas del auto solar ALT KATARI MRC5.

Capítulo VI Recomendaciones

- Realizar en el diseño las pruebas aerodinámicas antes de su implementación para optimizar la velocidad del vehículo, realizar las pruebas mecánicas en el chasis para conseguir una mejor factibilidad de desempeño utilizando la capacidad de carga como se lo diseñen primera instancia.
- La optimización debe de ser constante en los siguientes prototipos que se vayan a construir utilizando siempre los parámetros con los que se desea obtenerlos resultados más coherentes
- Utilizar los materiales según su diseño para que no existan dificultades en la construcción y deficiencias en el diseño, cuando se inicie un diseño se debe de comprobar que los materiales se venden en las importadoras y distribuidoras de materiales estructurales.
- Se debe de respetar los parámetros iniciales para realizar la construcción de las estructuras.
- Ensamblar los componentes mecánicos por medio de uniones según el diseño y los parámetros respetando las normas de ensamblado de cada componente del auto solar Alt-Katari MRC5.

Bibliografía

JUAN FERNANDO PAUTA SOLANO, MIGUEL LEONARDO SÁNCHEZ RAMÍREZ. (2014). “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO DE COMPETENCIA TIPO FORMULA SAE”. [Trabajo de titulación UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ, SEDE CUENCA]. Cuenca – Ecuador.

Franklin Medardo Pillco Valladolid. (2018). “Análisis y modelado de baterías de Ion Litio para vehículos eléctricos”. [Trabajo de titulación UNIVERSIDAD DE CUENCA Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Eléctrica]. Cuenca – Ecuador.

JHONNY OMAR ARMIJOS JARAMILLO. (2016). “DISEÑO DEL SISTEMA DE POTENCIA DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR PARA LA COMPETENCIA DE VEHÍCULOS WORLD SOLAR CHALLENGE.”, [Tesis, Escuela de Ingeniería Automotriz, Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

ALBERTO XAVIER CABRERA, CHRISTIAN REINALDO CALLE. (2016). “SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO, CONTROLADOR Y BATERÍA PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”. [Trabajo de titulación UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA Facultad de Ingeniería Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz]. Cuenca – Ecuador.

Adrián Mora Martín. (2015). Estudio para la reutilización de baterías de coches eléctricos en segunda vida para nuevas funciones. [Tesis De Maestría, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA]. URI.<http://hdl.handle.net/2117/77961>

González Reolid, Inocencio, Guerrero González, Antonio. (2013). Vehículo solar autónomo para el desarrollo de algoritmos de generación de trayectorias optimizados energicamente, Universidad Politécnica de Cartagena, 2013 VI Jornadas de Introducción a la Investigación de la UPCT, URI: <http://hdl.handle.net/10317/3364>, ISSN: 1888-8356

Silvano Rossi, Marcelo Spina, Fernando Benger, Roberto de la Vega, Roberto Leegstra, Guillermo Santillán. (2014). Pampa Solar: un proyecto multidisciplinario para la construcción de un vehículo solar. Ciencia, Docencia y Tecnología, ISSN-e 1851-1716,

ISSN 0327-5566 Año 25, Nº. 48, 2014, págs. 225-249

Bianca Martínez Cerro. (2011). Instalación solar fotovoltaica aislada. [Tesis De Maestría, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA].
URI:<http://hdl.handle.net/2099.1/11864>.

Aranda Pazmiño, J. C. (2005). MEJORAMIENTO DE LOS MÉTODOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ. Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.

Arévalo Molina, Juan P., Ortiz Jiménez, Rubén D. (2013). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO SOLAR CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA. Revista Científica No. 18. Bogotá.

AGUEDA, Eduardo, Estructuras del Vehículo, 2da edición, Editorial Paraninfo S.A., España, 2010

SCALABRONI, Enrique H. Aerodinámica del automóvil de competición, 2005, p. introducción.

ANDERSON John, Computational Fluid Dynamics, Mc Graw hill, 2da Edition New York, Estados Unidos, 1995

MOTT, Robert Mecánica de Fluidos Aplicada, Pretince Hall Hispanoamérica, 4ta Edición, 1996.

ALONSO P., José Manuel, Técnicas del Automóvil. Chasis, 8va Edición, Editorial Paraninfo, Navarcarnero - Madrid, 2008.

RODRIGEZ, Pedro, Manual de soldadura - 1 da. Edición, Editorial Alsina, Buenos Aires – Argentina, 2001

Fuente:<https://www.materialmundial.com/acero-astrm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

ANEXO





**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-3248/2021
La Paz, 6 de Diciembre del 2021**

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **2 de Diciembre del 2021**, por **MOISÉS RENATO MONTECINOS POMIER**, con C.I. N° **2309790 LP**, con número de trámite **DA 1429/2021**, señala la pretensión de inscripción de la Obra Escrita titulada: **"CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA, SISTEMAS MECÁNICOS Y OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL AUTO SOLAR ALT KATARI MRC5"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*.

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*.

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la*



Oficina Central - La Paz
Av. Argentina, N° 1914,
Edif. Angélica María, entre
Villalobos y Díaz Romero,
zona Miraflores.
Telfs.: 2115700 - 2119276
2119251 Fax: 2115700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, N° 649,
Piso 2, entre Antezana y Lanza
zona Central - Noreste.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagoitia,
zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Calle Ingavi, N° 385
entre Santa Cruz
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie).
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
N° 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie).
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 262,
Primer Piso, Of. 17.

lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

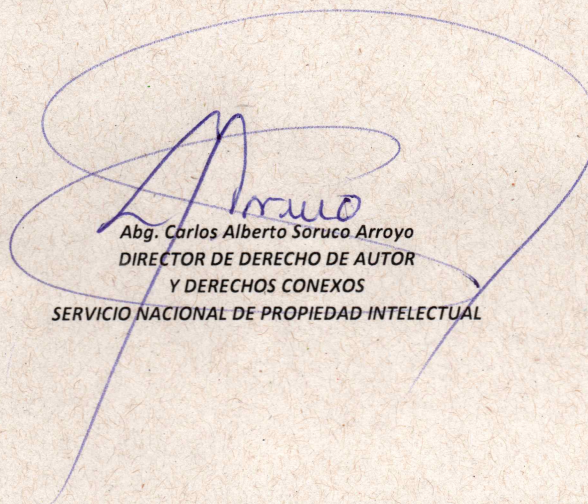
POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos, sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Obras Escritas de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, la Obra Escrita titulada: **"CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA, SISTEMAS MECÁNICOS Y OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL AUTO SOLAR ALT KATARI MRC5"**, a favor de los autores: **AMERICO GUACHALLA MACHACA**, con C.I. N° 4302615 LP, **CRISTIAN LARICO SILVA**, con C.I. N° 13181184 LP y como titular derivado: **INSTITUTO DE INVESTIGACIONES INGENIERÍA ELÉCTRICA, UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO - UPEA**, con NIT N° 122025022, representado legalmente por **CARLOS CONDORI TITIRICO**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



Abg. Carlos Alberto Soruco Arroyo
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
SERVICIO NACIONAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL



CASA/ams
c.c.Arch.

Oficina Central - La Paz
Av. Argentina, N° 1914,
Edif. Angélica María, entre
Villalobos y Díaz Romero,
zona Miraflores.
Telfs.: 2115700 - 2119276
2119251 Fax: 2115700

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Chuquisaca, N° 649,
Piso 2, entre Antezana y Lanza
zona Central - Noreste.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagoitia,
zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Calle Ingavi, N° 385
entre Santa Cruz
y Méndez, zona
La Pampa.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre,
N° 5837, entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14 (Ex Banco Fie).
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.

