

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



**DISEÑO DE UN AUTO SOLAR DE TURISMO PARA LA COMUNIDAD DE
JIRIRA DE LA REGIÓN DEL SALAR DE UYUNI.
PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS
Resolución HCC IE N° 121/2019**

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

Ing. Sandro Efraín Centellas Lima Ph. D.
Univ. Rubén Carlos Quispe Apaza

EL ALTO – BOLIVIA
2020

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

M.Sc. Lic. Freddy Medrano Alanoca
RECTOR

Dr. Carlos Condori Titirico
VICERRECTOR

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

Ing. Marco Antonio Bohorquez Llave
DECANO DE ÁREA DE INGENIERÍA “DESARROLLO TECNOLÓGICO PRODUCTIVO”

M.Sc. Ing. Gustavo Quisbert Astilla
DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

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

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO – YACIMIENTOS DE LITIO BOLIVIANOS

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

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

Diciembre. 2020
El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

**DISEÑO DE UN AUTO SOLAR DE TURISMO
PARA LA COMUNIDAD DE JIRIRA DE LA
REGIÓN DEL SALAR DE UYUNI**

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:

**DISEÑO DE UN AUTO SOLAR DE TURISMO PARA LA COMUNIDAD DE JIRIRA DE LA
REGIÓN DEL SALAR DE UYUNI.**

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

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

En mi calidad de investigador y miembro del equipo solar “Alt-Katari”, hacemos llegar nuestro agradecimiento a nuestra querida Carrera de Ingeniería Eléctrica y en general a la Universidad Pública de El Alto por dar continuidad a esta investigación que con el pasar de los años ha ido evolucionando para llegar ahora al diseño comercial de un prototipo de auto solar de turismo.

Como investigadores hemos visto como brillantes investigaciones surgieron en las diferentes carreras de nuestra universidad, pero al pasar el tiempo muchas de ellas se quedaron solo en ideas o en el mejor de los casos en investigaciones desarrolladas solo en sus primeras fases. En el caso de los autos solares “Alt-Katari” ha pasado ya por 5 diferentes etapas, definiendo cada una de ellas en una mejora sustancial y/o cambios conceptuales en el diseño de este tipo de prototipos. Este último prototipo sin duda ha marcado un cambio conceptual muy grande pues ha pasado del diseño de prototipos de competencia a prototipos de uso comercial como es el de su aplicación en el área de turismo.

Aprovechamos este espacio también para agradecer a aquellos estudiantes, docentes y entusiastas que apoyaron en la creación de los prototipos anteriores, quizás ahora ya se encuentran trabajando en otras esferas académicas y/o productivas pero en su momento todos ellos fueron piezas fundamentales del “hacer investigación” en nuestra Carrera.

Ing. Sandro Efraín Centellas Lima Ph.D.
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCION PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.1. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	11
DISEÑO DE UN AUTO SOLAR DE TURISMO PARA LA COMUNIDAD DE JIRIRA DE LA REGIÓN DEL SALAR DE UYUNI	

1.2. JUSTIFICACIÓN	12
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	13
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DEL ESTUDIO.....	13
2.2. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA.....	13
2.3. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES	17
2.4. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR	17
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	19
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
3.5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	20
3.7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.8. VALIDEZ DE CONTENIDO:.....	22
CAPITULO IV: RESULTADOS	25
4.1. RESUMEN DE RESULTADOS	25
4.2.1. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA ZONA Y SU EFECTO EN LA CORROSIÓN DE VEHÍCULOS.	25
ESTUDIO DE MÉTODOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN DE LOS VEHÍCULOS.	26
4.2.2. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA REGIÓN DEL SALAR PARA EL CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL VEHÍCULO.....	30
4.2.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO.	32
4.2.4. ANÁLISIS AERODINÁMICO DEL PROTOTIPO.....	61
4.2.5. ANALISIS DE LAS DEFORMACIONES DEL CHASIS DEL VEHÍCULO.....	73
4.2.6. SISTEMA ELÉCTRICO DEL VEHÍCULO.....	80
4.2.7. PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL AUTO SOLAR.....	81
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1. CONCLUSIONES.	83
5.2. RECOMENDACIONES	83
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1. EL SALAR DE UYUNI	10
FIG. 2. UBICACIÓN DE LA COMUNIDAD DE JIRIRA	12
FIG. 3. LA SIMULACIÓN Y EL MÉTODO CIENTÍFICO	19
FIG. 4. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	21
FIG. 5. INTERIOR DE UNA CARROCERÍA GALVANIZADA	27
FIG. 6. ESQUEMA DE PROTECCIÓN DEL RECUBRIMIENTO DE CINCO	28
FIG. 7. INMERSIÓN DE CARROCERÍA EN LA CUBA DE CATAFORESIS.	29
FIG. 8. CUARTA VERSIÓN DEL ALT - KATARI	32
FIG. 9. AUTO ELÉCTRICO COMERCIAL	32
FIG. 10. DISEÑO DE AUTO SOLAR DE COMPETENCIA	32
FIG. 11. ISOMÉTRICO PRIMERA ALTERNATIVA.	34
FIG. 12. VISTAS DE LA PRIMERA ALTERNATIVA	36
FIG. 13. CABINA DE LA PRIMERA ALTERNATIVA	38
FIG. 14. SEGUNDA ALTERNATIVA	40
FIG. 15. SEGUNDA ALTERNATIVA (CHASIS)	42
FIG. 16. TERCERA ALTERNATIVA	43
FIG. 17. DISEÑO ELEGIDO	45
FIG. 18. ISOMÉTRICO DEL DISEÑO ELEGIDO	46
FIG. 19. PIEZAS QUE COMPONEN EL DISEÑO FINAL	48
FIG. 20. DESPIECE DEL DISEÑO FINAL	49
FIG. 21. CHASIS DEL DISEÑO FINAL	50
FIG. 22. PUERTA DEL DISEÑO FINAL	52
FIG. 23. PANEL SOLAR PARA EL DISEÑO FINAL	54
FIG. 24. PREPARACIÓN DEL VEHÍCULO PARA SU ANÁLISIS	61
FIG. 25. SELECCIÓN DEL TIPO DE MATERIAL PARA EL ANÁLISIS	63
FIG. 26. ANÁLISIS ESTÁTICO DE VIENTOS	65
FIG. 27. TÚNEL DE VIENTO	67
FIG. 28. INTRODUCCIÓN DE UNA RÁFAGA EN EL TÚNEL DE VIENTO	68
FIG. 29. PERFIL AERODINÁMICO CON CARGAS PUNTUALES	70
FIG. 30. ANÁLISIS DEL PERFIL AERODINÁMICO	71
FIG. 31. ANÁLISIS DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO	72
FIG. 32. CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE VON MISES	73
FIG. 33. ANÁLISIS DEL DESPLAZAMIENTO DEL CHASIS	75
FIG. 34. CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD DEL CHASIS	77
FIG. 35. DESPLAZAMIENTO DEL CHASIS (2)	79
FIG. 36. SISTEMA ELÉCTRICO PRINCIPAL DEL AUTO SOLAR	80

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. POTOSÍ: FLUJO DE LLEGADA Y SALIDA DE VISITANTES INTERNACIONALES, SEGÚN MODO DE TRANSPORTE, 2015 – 2016	11
TABLA 2. TABLA DE VARIABLES DE ESTUDIO	20
TABLA 3. PRECIPITACIONES PLUVIALES EN EL SALAR DE UYUNI	30
TABLA 4. TABLA DE VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE PROTOTIPOS	44
TABLA 5. ESTIMACIÓN DEL PESO DEL PROTOTIPO	55
TABLA 6. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE SOLDADURA DEL CHASIS DEL VEHÍCULO	59
TABLA 7. COMPONENTES DEL SISTEMA ELÉCTRICO PRINCIPAL DEL VEHÍCULO	80

RESUMEN

Nuestro país cuenta con muchos atractivos turísticos los cuales atraen una gran cantidad de extranjeros de diferentes países, sin embargo la deficiencia de servicios hace que los visitantes gasten más dinero en otros países que en el nuestro. Uno de los comunarios de la región de Jirira, al observar el auto solar de competencia de una plaza “Alt-Katari MRC4” dijo, que “si estos prototipos estarían en el salar de Uyuni serían de atracción para los turistas”. Con esa visión, la presente investigación, centro su atención en diseñar un prototipo conceptualmente diferente al de las anteriores versiones, en ese sentido se trabajó en el diseño de un auto solar de turismo, el cual debe llevar cómodamente a 2 pasajeros, dar una visión panorámica a los pasajeros. Además el vehículo deberá cumplir con las medidas de seguridad suficientes para los pasajeros. Basándonos en la simulación computarizada como método científico se han desarrollado diferentes versiones, de los cuales se ha elegido la versión que mejor cumple con los requerimientos antes mencionados. El diseño cumplió entre otros con la simulación de esfuerzos y deformaciones para el chasis del vehículo, además de la simulación de fluidos para optimizar el perfil aerodinámico del automóvil.

ABSTRACT

Our country has many tourist attractions which attract a large number of foreigners from different countries; however the lack of services makes visitors spend more money in other countries than in ours. One of the community members of the Jirira region, when observing the “Alt-Katari MRC4” one-seater competition solar car, said that “if these prototypes would be in the Uyuni salt flat they would be an attraction for tourists”. With that goal, the present investigation focused its attention on designing a conceptually different prototype from the previous versions, in that sense we worked on the design of a solar tourism car, which should comfortably carry 2 passengers, in addition to giving a panoramic view to the passengers of this. In addition, the vehicle must comply with sufficient security measures for passengers. Based on computer simulation as a scientific method, different versions have been developed, of which the version that best meets the aforementioned requirements has been chosen. The design complied with stress and strain simulation for the vehicle's chassis, in addition to fluid simulation to optimize the car's aerodynamics.

CAPITULO I: INTRODUCCION PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salar de Uyuni participa en la selección de las Siete Maravillas Naturales del Mundo lanzado por Bernard Weber, pero el número de visitantes es mínimo en comparación con otros atractivos turísticos mundiales. El Salar de Uyuni, con sus 12.000 km² tiene solamente unos 60.000 visitantes al año, mientras que el Gran Cañón de Arizona en Estados Unidos, que tiene una extensión menor, tiene 100 veces más visitantes cada año. Incluso las Cataratas de Iguazú, que cubren pocos kilómetros cuadrados, sostiene un número de turistas mucho mayor cada año (Andersen, 2009).

Fig. 1. El salar de Uyuni



Fuente: Periódico el Potosí 30/01/2016

No solamente hay mucho menos turistas que la región podría sostener, pero cada uno gasta muy poco en comparación con el gasto que turistas similares gastan en lugares similares (Andersen, 2009). Esto porque no hay mucha oferta de los tipos de bienes y servicios que los turistas normalmente demandan (artesanías, una variedad de restaurantes y bares, hoteles confortables, museos, diferentes tipos de actividades, etcétera).

Flujo turístico

Las bellezas naturales de la región están llevando cada año más turistas al salar. El flujo de visitantes extranjeros a la región de Uyuni está repartido en los siguientes tres lugares más

visitados: 1) Reserva Eduardo Avaroa, con 64.196 turistas la gestión 2007; 2) Isla de Incahuasi con 50.320 turistas y; 3) el pueblo de Uyuni con 26.469 turistas visitantes (Andersen, 2009).

Tabla 1. Potosí: flujo de llegada y salida de visitantes internacionales, según modo de transporte, 2015 – 2016

MODO DE TRANSPORTE	2015			2016			VARIACIÓN PORCENTUAL
	Nacionales	Extranjeros	Total	Nacionales	Extranjeros	Total	
TOTAL	109.798	168.273	278.071	146.824	192.375	339.199	22,0
Llegada	31.227	93.599	124.826	56.701	98.217	154.918	24,1
Salida	78.571	74.674	153.245	90.123	94.158	184.281	20,3
Carretero	103.634	162.430	266.064	142.626	187.634	330.260	24,1
Llegada	28.033	89.661	117.694	55.167	95.055	150.222	27,6
Salida	75.601	72.769	148.370	87.459	92.579	180.038	21,3
Ferrovionario	6.164	5.843	12.007	4.198	4.741	8.939	(25,6)
Llegada	3.194	3.938	7.132	1.534	3.162	4.696	(34,2)
Salida	2.970	1.905	4.875	2.664	1.579	4.243	(13,0)

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

Como en otros países es necesario potenciar el atractivo turístico con proyectos de innovación tecnológica que permitan explotar de una mejor manera esta maravilla natural y así generar mayores ingresos para los pobladores de esta región (Wikipedia, s.f.. Atracción turística).

1.1. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Diseñar un vehículo solar exclusivo y de características propias para el traslado de turistas en la región del salar de Uyuni.

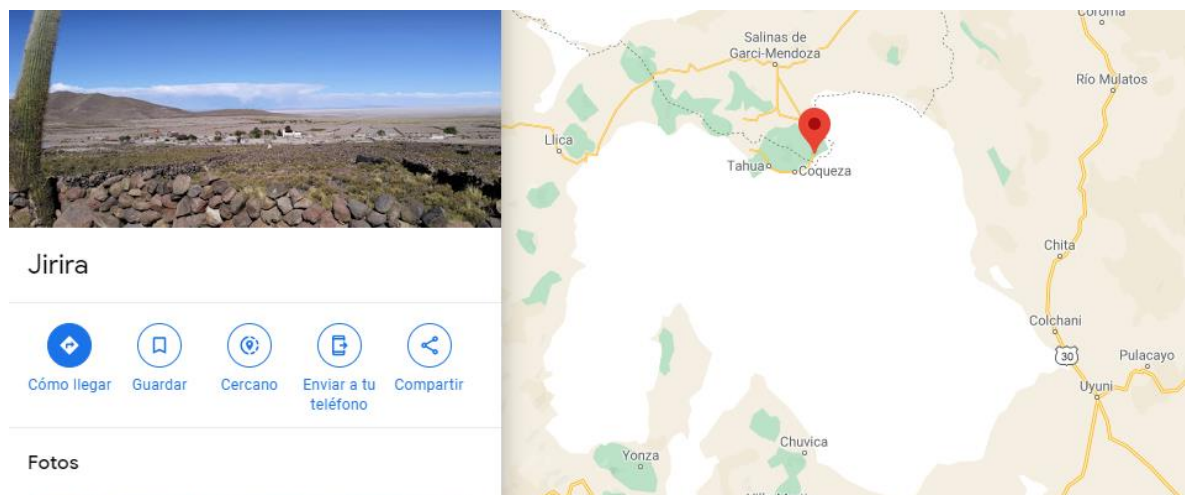
Objetivos Específicos

- Estudiar las características propias de la zona y su efecto en la corrosión de vehículos.
- Estudiar las características geográficas de la región del salar de Uyuni.
- Diseñar de la estructura del vehículo.
- Realizar el análisis de las deformaciones del chasis del vehículo.
- Delinear el sistema eléctrico del vehículo.
- Realizar el análisis aerodinámico del prototipo.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El año 2019 durante la presentación del Auto Solar Alt-Katari MRC4 en la Expoferia del Área de Ingeniería, representantes de la Comunidad de JIRIRA de la Región del Salar de Uyuni mostraron interés en el proyecto pues indicaron que este tipo de vehículos serían de gran atractivo turístico en el salar de Uyuni. Al momento se viene trabajando para firmar un convenio con Yacimientos de Litio Bolivianos no solo para contar con el apoyo para la construcción de los pack de baterías de litio sino también para hacer las pruebas del rendimiento del vehículo en sus instalaciones que están en el salar de Uyuni al igual que la comunidad de Jirira.

Fig. 2. Ubicación de la comunidad de Jirira



Fuente: Google maps

Por otro lado la Carrera de Ingeniería Eléctrica ha desarrollado 4 prototipos de autos solares participando con ellos en diferentes eventos nacionales e internacionales, lo cual demuestra su capacidad en el diseño de este tipo de vehículos. Los anteriores prototipos sin embargo fueron prototipos diseñados para participar en diferentes competencias y tenían un carácter netamente experimental (sus criterios de diseño fueron principalmente la autonomía y la velocidad). Este nuevo vehículo tiene un fin comercial (en el entendido a que debe llevar turistas), por ello el concepto de diseño es diferente a los anteriores modelos, puesto que debe cumplir otros criterios adicionales (por ejemplo ergonomía del vehículo, capacidad de carga, seguridad entre otros).

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DEL ESTUDIO

Un automóvil solar es un verdadero proyecto de investigación y desarrollo de adelantos tecnológicos en aerodinámica, materiales, fotoceldas, electrónica, motores, baterías y llantas.

Un automóvil solar, resalta los términos ? "eficiencia" y "energía solar" de una manera por demás atractiva, lo que ha provocado un efervescente interés por estos términos entre los ingenieros. El automóvil solar, es capaz de recorrer enormes distancias y viajar a una velocidad promedio de 70 km/h con una potencia menor a 1 kw, potencia equiparable a aquella que se podría encontrar en cualquier aparato electrodoméstico. La idea de realizar grandes cantidades de trabajo utilizando muy poca potencia, es exactamente lo que es la eficiencia. Esto se logra, gracias a que el auto solar utiliza en su construcción materiales muy ligeros y resistentes, logrando obtener el menor peso para una estructura con una resistencia que cumple con los requisitos de seguridad, también, se reducen al máximo las pérdidas mecánicas por fricción en rodamientos, y en la transmisión, se tiene una forma aerodinámica de muy bajo coeficiente de arrastre, se reducen las pérdidas en la electrónica usando componentes de calidad y diseñando circuitos que manejen una adecuada relación voltaje-corriente (Rodríguez, 2019).

2.2. MENCIÓN DE OTROS ESTUDIOS RELATIVOS AL TEMA

Se han realizado diferentes trabajos relacionados a nuestro proyecto, citaremos a los más relevantes de desde un punto de vista referencial para nuestra investigación:

El artículo científico denominado “**Diseño e implementación de un prototipo de vehículo solar con almacenamiento de energía**”. En esta investigación se realizó el diseño, la construcción, implementación y las pruebas de un vehículo alimentado por energía solar, que contiene un sistema de almacenamiento de energía para la alimentación de dos motores para producir el movimiento de una estructura por un tiempo determinado teniendo en cuenta la incidencia de la luz solar y la carga y descarga de la batería que será el suministro de energía para la estructura. Inicialmente se hizo el diseño del componente eléctrico del vehículo teniendo como parámetros prioritarios: el voltaje, corriente, tiempo de carga y descarga de la batería, dependiendo de la carga colocada a los motores y muchos otros factores que pueden incidir en el funcionamiento del vehículo, teniendo presente la construcción del componente mecánico, las dimensiones y peso adecuado para el buen funcionamiento del vehículo. Por último, se realizó la implementación y pruebas de este carro, determinando su efectividad y los tiempos de funcionamiento (Arévalo Molina, 2013).

El proyecto de grado denominado **“Diseño del sistema de potencia de un prototipo de vehículo mediante el uso de energía solar para la competencia de vehículos World Solar Challenge”**. El objetivo de la investigación fue 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”. Se establecen los parámetros de dimensionamiento de un auto solar de competición categoría evolución, que tiene la particularidad que la única fuente de energía proviene de la radiación solar. Con el objeto de disponer de datos de irradiancia y de la energía que se puede captar y almacenar, se obtuvieron datos para la región de Atacama en Chile, lugar que presenta la radiación más elevada del planeta. Además se revisó las bases técnicas de la competición, en donde se establecen los parámetros a los cuales tienen que acogerse todos los participantes. El diseño de un vehículo solar que cumpla las disposiciones de la organización amerita tomar en cuenta varios criterios, partiendo de los componentes, desde la captación energética solar mediante una matriz fotovoltaica de silicio, la posterior conversión a energía eléctrica de corriente continua, la que se almacena mediante el empleo de baterías de Ión-Litio o de Plomo-ácido, lo que permite que el vehículo pueda movilizarse en condiciones de irradiación insignificante, seguidamente la energía eléctrica es convertida a corriente alterna empleando un inversor, de ese modo ya se puede suministrar directamente a un motor eléctrico de torque importante, es recomendable que sea entre 1 y 3 hp. En el presente trabajo se establecieron todos los parámetros de diseño, mediante la formulación de alternativas que se pueden considerar para la implementación de este tipo de autos, sobre todo considerando que existe el interés de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de participar en esta carrera en representación del país, para lo cual es imperioso que se acojan todas las disposiciones de la organización del evento y contar con los elementos técnicos necesarios para asegurar una representación digna, dado que los participantes provienen de todo el mundo y el nivel es muy competitivo (Armijos Jaramillo, 2017).

El proyecto de grado denominado **“Diseño y construcción de un carro eléctrico que aproveche la energía solar y facilite el transporte de personas parapléjicas”**. En el presente proyecto se diseñó un vehículo prototipo para conducción de personas con discapacidad en sus extremidades inferiores, implementando un sistema de control electrónico para el accionamiento de los mandos de embrague, aceleración y freno, dotando de un transporte seguro y eficaz a las personas sin función motriz inferior. La construcción del prototipo consta de componentes electrónicos como PLCs, drivers, Encoders y actuadores junto con un mecanismo compuesto por poleas y engranajes que permiten que genere la fuerza de accionamiento de los pedales de

embrague y freno. La aceleración tiene una adaptación directa del actuador hacia el carburador que controla el desplazamiento de la mariposa de aceleración (Guzmán Pájaro, 2019).

El artículo científico denominado **“Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar”**. El término diseño abarca una amplia gama de significados. Tratándose del automóvil la palabra diseño puede estar dada en función de su apariencia externa; pero también los elementos que lo constituyen son diseñados, no por artistas sino por ingenieros, aunque en algunos casos este tenga oportunidad de mostrar algo de capacidad artística. Por tanto, el diseño de un automóvil alimentado por energía solar consiste en definir y calcular movimientos, fuerzas y cambios de energía a fin de determinar el tamaño, las formas y los materiales necesarios para cada uno de los componentes interrelacionados del vehículo y de esta manera plantear procesos tecnológicos de fabricación apropiados que permitan llegar a la construcción de la máquina logrando que cumpla, sin falla, la función pretendida. Este artículo se divide en dos grandes áreas de trabajo; una lo es el diseño y otra lo es la construcción. Estas a su vez se subdividen en tres grupos de aplicación de conocimientos los cuales son: conjunto mecánico, conjunto eléctrico y conjunto fotovoltaico. Estos conjuntos también se dividen en agrupaciones o sistemas y estos en sub agrupaciones hasta llegar a la particularidad de cada una de las piezas que lo conforman y que deben ser diseñadas o seleccionadas bajo ciertos criterios ingenieriles de funcionamiento y operación (Carreño Aguillón, 2012).

La Tesis de Grado denominada **“Diseño y fabricación de un automóvil de energía solar para personas con capacidades diferentes el huasteco”**. Si se entiende un automóvil solar como aquel vehículo que es impulsado únicamente por celdas fotovoltaicas, entonces los automóviles solares no son los que se estarán conduciendo en un futuro, ya que en realidad no son nada prácticos, son excesivamente caros, complicados, frágiles y aún en el caso de que se lograran obtener celdas solares con 100 % de eficiencia, la energía que podría captar un vehículo de tamaño regular sería muy poca para cubrir las necesidades de transporte actuales, además de que la luz solar no siempre está presente. La verdadera importancia de un automóvil solar no radica pues en un futuro transporte comercial, sino en lo siguiente: Un automóvil solar es un verdadero proyecto de investigación y desarrollo de adelantos tecnológicos en aerodinámica, materiales, fotoceldas, electrónica, motores, baterías y llantas, que pueden ser posteriormente aplicados a los vehículos eléctricos para hacerlos competitivos frente a los vehículos de combustión interna y acelerar así, su aceptación en el mercado. Se debe recordar que una gran parte de los avances tecnológicos incorporados hoy en los vehículos de combustión interna, que nos transportan cotidianamente, fueron desarrollados en prototipos para competencias automovilísticas. Un automóvil solar, resalta

los términos "eficiencia" y "energía solar" de una manera por demás atractiva, lo que ha provocado un efervescente interés por estos términos entre los ingenieros. El automóvil solar, es capaz de recorrer enormes distancias y viajar a una velocidad promedio de 70 km/hrs. con una potencia menor a 1 Kw., potencia equiparable a aquella que se podría encontrar en cualquier aparato electrodoméstico, como un secador de pelo. La idea de realizar grandes cantidades de trabajo utilizando muy poca potencia, es exactamente lo que se entiende por eficiencia. Esto se logra, gracias a que el auto solar utiliza en su construcción materiales súper ligeros y resistentes como lo son el Kevlar y la fibra de carbono a manera de sándwich con panel de abeja de fibra de armadía, logrando así obtener el menor peso para una estructura con una resistencia que cumple con los requisitos de seguridad, también, se reducen al máximo las pérdidas mecánicas por fricción en rodamientos, y en la transmisión, se tiene una forma aerodinámica de muy bajo coeficiente de arrastre, se reducen también las pérdidas en la electrónica usando componentes de calidad y diseñando circuitos que manejen una adecuada relación voltaje-corriente y se utilizan llantas especiales para reducir la resistencia al rodamiento. El intentar reducir el peso, las pérdidas aerodinámicas, las mecánicas y las electrónicas es lo que hacen de este interés para la ingeniería como una verdadera opción para los ingenieros ya que es un recurso humano fundamental para el desarrollo industrial y económico de México (Valdez Guzmán, 2008).

La tesis de grado denominada **“Reingeniería aplicada de un vehículo tipo Go kart de 384 W con energía solar fotovoltaica para análisis de los parámetros eléctricos y mecánicos”**. Este proyecto consiste en la repotenciación de un vehículo tipo Go Kart que funciona con energía solar fotovoltaica mediante el uso de dos paneles solares conectados en paralelo con el objetivo de que la corriente se sume, los cuales dan una potencia real entre los dos de 192W. La potencia del motor es de ¼ HP que es lo suficiente para que el vehículo alcance una velocidad media de 45 km/hora. En este vehículo se diseñó y fabricó un chasis resistente, protección antivuelco para el piloto, soporte para los paneles, un asiento para el piloto y brazos que permitan una suspensión independiente, junto a todo esto también se fabricó un eje de tracción que está en la parte trasera. Se le instaló llantas de motocicleta para hacerlo muy ligero con rodamientos de rodillos cónicos en las llantas delanteras y rodamientos de bolas en las llantas traseras. Se realizó la construcción de todo el proyecto teniendo unos buenos resultados, lo que se rediseñó fue la parte de la amortiguación trasera junto con el eje de tracción por motivos de desbalanceo y vibración. Se realizó pruebas sin carga y con carga para determinar fallas las mismas que no existieron y quedando el proyecto funcionando (Granda Sánchez, 2014).

2.3. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

Luego de haber revisado una amplia gama de trabajos publicados que están relacionados a la construcción de vehículos solares, se ha podido percibir que existen 3 corrientes de concepción de este tipo de prototipos.

Por un lado son los **prototipos que tienen un fin académico** como lo son los proyectos: “Reingeniería aplicada de un vehículo tipo Go kart de 384 w con energía solar fotovoltaica para análisis de los parámetros eléctricos y mecánicos”, “Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar”, “Diseño e implementación de un prototipo de vehículo solar con almacenamiento de energía”. Estos proyectos principalmente buscan integrar los conocimientos de los estudiantes para aplicarlos en el diseño y construcción de este tipo de prototipos.

Por otro lado se presentan los **vehículos solares de competencia**, entre los proyecto 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”. El enfoque para desarrollar este tipo de vehículos está orientado 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 nuestro caso los autos solares Alt-Katari MRC1, Alt-Katrai MRC2 y el Alt-Katari MRC4 pertenecen a esta categoría.

Por último tenemos los **autos solares comerciales** como son los proyectos “Diseño y fabricación de un automóvil de energía solar para personas con capacidades diferentes el huasteco”, “Diseño y construcción de un carro eléctrico que aproveche la energía solar y facilite el transporte de personas parapléjicas”. 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 como son en los casos mencionados las personas parapléjicas y personas con capacidades diferentes.

2.4. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

Después de haber realizado el análisis del punto anterior y tomando en cuenta las características del auto solar de turismo se puede apreciar claramente que este tipo de innovaciones pertenece al grupo de **autos solares comerciales**. En este caso el vehículo solar se debe diseñar de tal manera que satisfaga las necesidades de los potenciales usuarios como son los turistas. En ese

entendido a diferencia de los autos solares de competencia y académicos, el prototipo de turismo debe soportar por lo menos 2 pasajeros además de tener un diseño que permita al turista apreciar los atractivos paisajistas del salar de Uyuni. Esos detalles de por sí ya compromete el diseño de la parte eléctrica y mecánica pues el vehículo deberá ser mucho más robusto que los anteriores vehículos. Otro detalle que no es menos significativo, es el diseño aerodinámico y la ergonomía del vehículo pues debe ser atractivo al turista.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

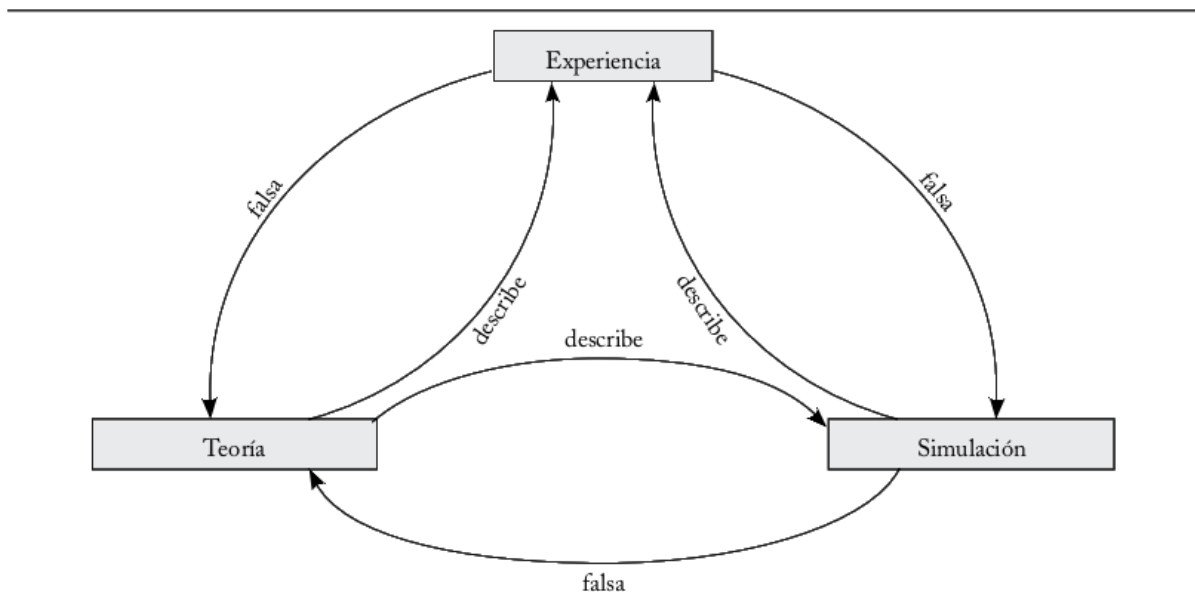
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación aplicada

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta etapa del diseño se basa en la **simulación** como método científico. Este método se explica en diferentes publicaciones científicas una de las cuales es la analizada por Gómez-Cruz, Nelson. (2013) en su artículo “Vida Artificial: Ciencia e Ingeniería de Sistemas Complejos” En esta se sintetiza la aplicación de la simulación como método científico con el siguiente esquema:

Fig. 3. La simulación y el método científico



Fuente: Adaptado de Wagensberg, 2003

Para la etapa de diseño es importante trabajar con softwares de simulación pues finalmente gracias a estos se economiza tiempo y recursos materiales. Además la simulación permite utilizar en forma práctica de métodos matemáticos avanzados para la realización de diferentes cálculos por ejemplo el de elementos finitos. En nuestro caso el software que utilizamos es el Inventor | Mechanical Design & 3D CAD Software | Autodesk

3.3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 2. Tabla de variables de estudio

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
Capacidad de carga	Peso	Kg	Numérica Continua
Adaptación al entorno	Radiación Corrosión	W/m ² uA/cm ²	Numérica Continua
Seguridad	Robustez de la estructura	Porcentual	Numérica Discreta
Perfil aerodinámico	Resistencia al flujo del viento	m/s	Numérica Discreta
Cuidado del medio ambiente	Emisión de CO ₂	Alto Medio Bajo	Categórica Ordinal
VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
Diseño	Nivel de satisfacción	Muy bueno Bueno Malo	Categórica Ordinal

Fuente: Diseño propio

3.5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Laboratorio de la carrera de ingeniería Eléctrica.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Simulación computacional y equipamiento del laboratorio

3.7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

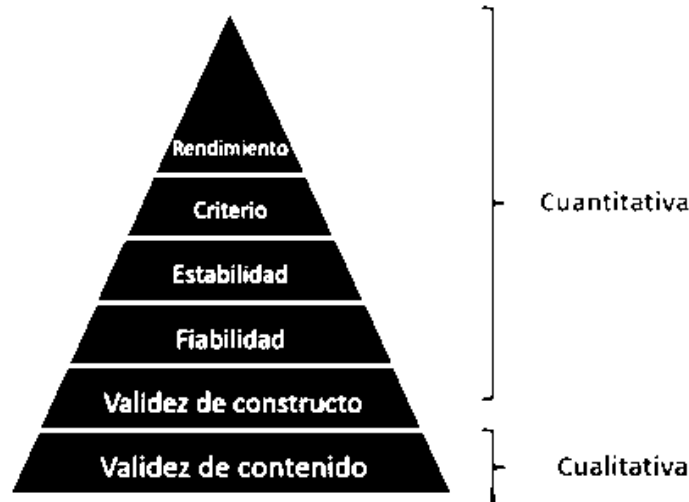
En función a los resultados del diseño y simulación computacional se establecerán las características constructivas del prototipo, pasando posteriormente al ensayo de los diferentes sistemas que la componen. Finalmente ya sea a nivel computacional o con el prototipo construido se realizará el respectivo análisis de confiabilidad.

En este capítulo se presentan los métodos, las técnicas, las estrategias, y los procedimientos que los investigadores emplearon para lograr el cumplimiento de los objetivos formulados en la investigación. (Ballestrini 2002) define el Marco Metodológico como:

(...) el fin esencial del marco metodológico es el situar, en el lenguaje de investigación, los métodos e instrumentos que se emplearán en la investigación planteada, desde la ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de la investigación; su universo o población; su muestra; los instrumentos y las técnicas de recolección de datos. De esta manera se proporcionará al lector una información detallada acerca de cómo se realizará la investigación” (p.186).

Es importante que la metodología se realice con un orden lógico, para cumplir los objetivos formulados de manera exitosa y obtener resultados confiables y certeros. En este sentido, se muestra a continuación la estructura metodológica para el desarrollo de este estudio. En este sentido, se muestra a continuación, una figura según la cual se basa la estructura metodológica para el desarrollo de este estudio.

Fig. 4. Procedimiento para el desarrollo de la investigación



Fuente: Cómo validar un instrumento. Copyright © 2013 Dr. José Supo

La estructura presentada que comúnmente se utiliza en ciencias de la salud y ciencias sociales para validar “instrumentos de medición” de carácter documental (como son por ejemplo las encuestas). También se la utiliza ampliamente en otras ciencias pero para validar “instrumentos de medición física” como son por ejemplo diseños de nuevos tipos de sensores y/o procedimientos tecnológicos.

En las ingenierías esta estructura se adecua perfectamente para el desarrollo científico de prototipos que son muy frecuentes en esta área. Sin embargo para poder aplicarlo correctamente en cada área es necesario realizar las adecuaciones respectivas, de esa manera y para nuestro caso vamos definiendo cada uno de los niveles de este esquema:

- Validez de contenido: En este nivel se especifica conceptualmente el prototipo a desarrollar.
- Validez de constructo: En este nivel prácticamente se desarrolla el diseño del prototipo, el cual debe realizarse en concordancia con la validez de contenido. Dependiendo de diferentes factores este desarrollo podrá realizarse a nivel de modelación y simulaje o a nivel del prototipo físico.
- Validez de fiabilidad: En este nivel se verifica estadísticamente el correcto funcionamiento del prototipo y sus subsistemas o de los modelos realizados en función a los ensayos de simulación se verificará que el modelo o los modelos cumplen con los criterios básicos de funcionamiento del diseño.
- Validez de estabilidad: En este nivel se verifica la sensibilidad del funcionamiento de cada uno de los subsistemas de los modelos o del prototipo. En función a los resultados se analiza la posibilidad de la optimización de los subsistemas.
- Validez de criterio. En este nivel a través de métodos estadísticos se realiza comparación de las características técnicas del prototipo con las características de otros vehículos comerciales y de características técnicas semejantes.
- Validez de rendimiento: En este nivel se trata de determinar el tiempo promedio de funcionamiento efectivo del prototipo. Dependiendo de las características del prototipo se realiza el seguimiento temporal (uno o varios años) y mediante diferentes procedimientos estadísticos se determina el tiempo en el prototipo mantiene intacta su funcionamiento operativo.

El cumplimiento de la realización de todos estos niveles depende de diferentes factores, con respecto al prototipo del auto solar de turismo se tiene planificado llegar al nivel de confiabilidad.

3.8. VALIDEZ DE CONTENIDO:

Concepto de vehículo solar de turismo:

Un vehículo solar es un vehículo propulsado por un motor eléctrico (vehículo eléctrico) alimentado por energía solar fotovoltaica obtenida de paneles solares en la superficie del automóvil, lo que los diferencia de los vehículos de carga solar, en los que se emplea electricidad renovable que fue obtenida fuera del vehículo. Las celdas fotovoltaicas convierten la energía del sol directamente a electricidad, que puede o bien ser almacenada en baterías eléctricas o utilizadas directamente por el motor.

A diferencia de los vehículos de carga solar, los automóviles solares no son actualmente una forma de transporte práctica. Aunque pueden operar por distancias limitadas sin el sol, las celdas son generalmente muy frágiles. Además, los equipos de desarrollo han enfocado sus esfuerzos hacia la optimización de la funcionalidad del vehículo, preocupándose poco por la comodidad del pasajero. La mayoría de automóviles solares sólo tienen espacio para una o dos personas.

Partes de un auto solar:

Estructura y chasis del vehículo.- El diseño de la estructura de los autos solares es muy variado en lo que concierne a los materiales, pudiendo ser estos de fibra de carbono, de tubos metálicos, de aluminio y otros materiales. Los criterios principales para su selección son el costo, el peso, la durabilidad y el mantenimiento.

Cabina del piloto.- La cabina del piloto normalmente contiene un solo asiento, aunque unos pocos automóviles también tienen un segundo asiento. Tienen algunos de los elementos comunes a cualquier automóvil, como frenos, acelerador, intermitentes, espejos traseros (o cámara), ventilación, y a veces control de velocidad. También se cuenta con una radio para comunicarse con el equipo.

Sistema eléctrico.- El sistema eléctrico es el más importante de los sistemas del automóvil, porque controla toda la potencia que entra y sale del conjunto. Las baterías juegan el mismo papel que el depósito de combustible en un automóvil normal como almacenamiento de energía para uso futuro. Los automóviles solares usan diversos tipos de baterías, incluyendo plomo, níquel-cadmio, y litio. Las baterías de plomo son más económicas y más fáciles de operar, pero la relación potencia/peso es mala. Típicamente, los automóviles solares usan voltajes entre 75 y 170 V

La electrónica de potencia regula la electricidad del automóvil. Los componentes de la electrónica de potencia incluyen los seguidores de potencia de pico, el control del motor y el sistema de adquisición de datos. Los seguidores de potencia de pico controlan la potencia que viene del dispositivo solar para maximizarla y suministrarla al motor. También protegen las baterías de sobrecargas. El controlador del motor maneja la electricidad que alimenta al motor de acuerdo a las señales que provienen del acelerador.

Tren de transmisión.- Hay tres tipos básicos de transmisión usados en los automóviles solares:

- Transmisión directa con una sola reducción
- Transmisión por correa de relación variable
- Transmisión directa

Sistemas mecánicos,- os sistemas de dirección son muy variables. Los factores básicos de diseño de los sistemas de dirección son eficiencia, fiabilidad y alineamiento preciso para minimizar el desgaste de neumáticos y pérdida de potencia.

Paneles solares.- Los automóviles pueden usar una variedad de tecnologías de células, frecuentemente de silicio policristalino, silicio monocristalino, o arseniuro de galio. Las células se conectan en cadena que luego se conectan entre sí para formar un panel. Estos paneles tienen normalmente voltajes próximos a los nominales de la batería. El propósito principal es tener muchas células en un espacio limitado como es la carrocería del vehículo. (Vehículo solar, 2020).

VALIDEZ DE CONSTRUCTO.

Este apartado se lo desarrollara en el capítulo de resultados, donde en función a los conceptos vertidos en la validez de contenido se presentará el diseño del prototipo del auto solar con sus características técnicas.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. RESUMEN DE RESULTADOS

Como resultados de esta investigación obtenemos los siguientes productos:

1. Estudiar las características propias de la zona y su efecto en la corrosión de vehículos.
2. Estudiar las características geográficas de la región del salar de Uyuni.
3. Diseñar de la estructura del vehículo.
4. Realizar el diseño aerodinámico del prototipo.
5. Realizar el análisis de las deformaciones del chasis del vehículo.
6. Delinear el sistema eléctrico del vehículo.

4.2. DESARROLLO

4.2.1. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LA ZONA Y SU EFECTO EN LA CORROSIÓN DE VEHÍCULOS.

Estudio conceptual de la corrosión en los vehículos.

La corrosión de los materiales ha resultado ser uno de los problemas más relevantes en el contexto mundial, no es un fenómeno exclusivo de los metales sino también de plásticos, fibra de vidrio, concreto, etc. Lo anterior ha cambiado el enfoque con que hoy se abordan las distintas problemáticas. En este sentido, el conocimiento del origen del proceso en sus aspectos fundamentales y la selección de materiales han pasado a ser aspectos relevantes al momento de diseñar y fabricar nuevos accesorios y partes de los automóviles. Abordando ésta problemática, durante el avance de este trabajo trataremos las consecuencias nocivas que se presentan en el campo automotriz; las causas y cómo la corrosión se manifiesta y repercute en las partes expuestas de los vehículos a tal fenómeno.

La corrosión supone una amenaza permanente para la mayoría de los materiales y por lo tanto para los vehículos automóviles. Pero la corrosión no es la causa del deterioro del material, sino el efecto de la oxidación del mismo, y la oxidación no deja de ser una reacción química, de modo que la corrosión que sufra el material dependerá de la velocidad con que se produzca esa reacción y de la duración de la misma.

En el caso que nos ocupa, la oxidación en la carrocería del automóvil se produce al entrar en contacto el acero con el oxígeno del aire, con el agua o con diferentes sustancias debidas a la contaminación ambiental, como pueden ser el dióxido de azufre o de carbono procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Es interesante el pensar que un metal puede permanecer estable por un período indefinido, si es que se le mantiene en el vacío, es decir, en donde el metal no entre en contacto con ningún medio o sustancia, incluyendo al aire por supuesto. La gran mayoría de metales adquieren esa estabilidad sólo cuando se les aísla del ambiente, si esto no ocurre los metales pueden reaccionar y formar compuestos. Estos compuestos permanecen sobre la superficie del metal y son por lo general frágiles, de mal aspecto y fácilmente desprendibles, por ejemplo los óxidos del hierro. Existen diversas formas por las cuales un metal o aleación deja de ser útil a consecuencia de su inestabilidad frente al medio, el metal bien puede disolverse lentamente y llegar a transformarse totalmente en otra especie.

Asimismo, los metales bajo ciertas condiciones, pueden formar grietas y romperse súbitamente al estar sujetos simultáneamente a un medio agresivo y a un esfuerzo mecánico moderado. También pueden ser atacados muy puntualmente en forma de pequeños agujeros profundos llegando a perforar gruesas secciones de estructuras metálicas, haciendo a éstas deficientes en sus propiedades mecánicas e inutilizándolas por completo. Los metales también pueden sufrir de fatiga con la consecuente pérdida de resistencia cuando son sometidos a esfuerzos periódicos o fragilizarse y ser inoperativos, es así, que en la realización de este proyecto, luego del estudio de los diferentes métodos y preparaciones de protección Metálicos y No Metálicos contra la corrosión, se incursionara en la aplicación de protección anticorrosiva a distintos materiales utilizados en la industria automotriz expuestos a diversos ambientes (Castillo, 2011).

ESTUDIO DE MÉTODOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN DE LOS VEHÍCULOS.

Una de las medidas de lucha contra la corrosión es la selección de los materiales. El acero se oxida relativamente rápido, el aluminio al oxidarse forma una película protectora que retrasa el proceso de corrosión, y el oro se oxida tan lentamente que no es apreciable. Evidentemente, el acero es el preferido, tanto por costes como por su facilidad de transformación. Condicionados por el uso del acero, se deben buscar soluciones contra la corrosión. Un modo de prevenirla es evitar el contacto del metal con el oxígeno o con los elementos agresivos. Al impedirse la reacción química se evita la oxidación. La forma más sencilla de conseguir esto es la aplicación de un recubrimiento como

puede ser la pintura. Pero la pintura posee porosidades que permiten el contacto del metal con el agente oxidante. Además, en las aristas de la superficie, la tensión superficial de la pintura las dejará descubiertas, y ¿qué pasa si se produce un arañazo u otro tipo de daño? ¿Y con aquellas zonas de difícil acceso para el pintado? En todos estos casos el metal queda descubierto, y la corrosión, una vez iniciada, progresará bajo la pintura dando lugar a la aparición de ampollas.

Fig. 5. Interior de una carrocería galvanizada



Fuente: (Castillo, 2011).

Como se ha indicado anteriormente, la oxidación es una reacción química que se produce a una velocidad determinada, reduciendo esta velocidad se reduce la velocidad de oxidación. La velocidad de reacción se reduce pasivando la superficie del metal, esto es, haciendo reaccionar el metal con otra sustancia de modo que se formen sobre la superficie especies menos activas. El pasivado se realiza mediante la fosfatación, proceso consistente en la inmersión o el pulverizado del acero con disoluciones con un alto contenido en sales fosfáticas.

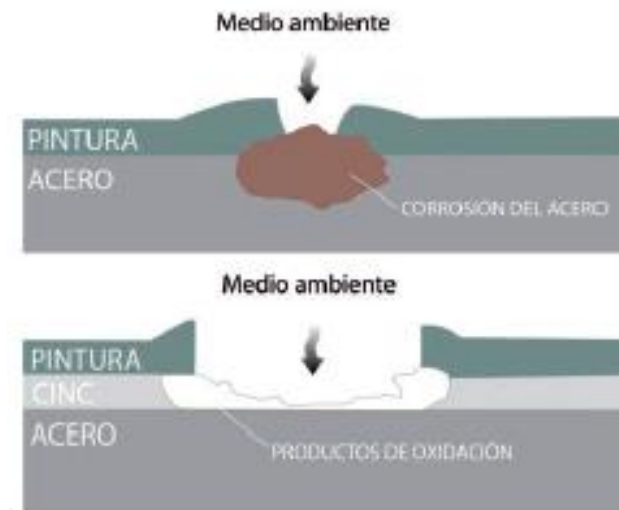
Una mejora en los recubrimientos protectores son los recubrimientos cataforéticos, que se aplican por electrodeposición en una cuba donde se sumerge la carrocería. La inmersión garantiza que el recubrimiento llegue a todas las partes, y la electrodeposición garantiza un espesor homogéneo. El proceso finaliza con el curado del recubrimiento a temperaturas elevadas, próximas a los 180 °C, de modo que adquiere una dureza y una adherencia excepcional.

A pesar de que la cataforesis se aplica por inmersión, quedan zonas a las que no llega. Estas zonas son las uniones entre dos piezas, que generalmente se hacen mediante soldadura por puntos. Entre

punto y punto de soldadura, las caras internas de las piezas unidas quedan tan próximas que la cataforesis, relativamente densa, no llega a penetrar y proteger el acero.

El verdadero avance en la lucha contra la corrosión ha venido con el empleo del acero galvanizado o precincado. Se trata del mismo acero utilizado habitualmente en la fabricación de la carrocería, al que se le ha añadido una fina capa de cinc por cada una de las caras o en ocasiones por una sola. También hay vehículos en los que el galvanizado se realiza una vez construida la carrocería, por inmersión en una gran cuba con cinc fundido. Este último procedimiento aumenta considerablemente la rigidez de la carrocería, aunque no garantiza el cincado de todas las superficies.

Fig. 6. Esquema de protección del recubrimiento de cinc



Fuente: (Castillo, 2011).

La diferencia que presenta el cinc en el modo de protección respecto a los otros sistemas enunciados, estriba en que el cinc verdaderamente protege y no previene. El cinc se caracteriza por ser más activo frente a la oxidación que el hierro, y por formar una película de óxido fuertemente adherida que retrasa la oxidación. En el caso de que fallen los sistemas de pintado y cataforesis, o los sistemas de sellado, comenzará de forma inevitable la oxidación del cinc, pero llegará un momento en que se detendrá. Al ser el galvanizado un recubrimiento que se aplica a la chapa antes de soldar las diferentes piezas de la carrocería, queda asegurado que el recubrimiento de cinc se encuentra en todos los intersticios de la misma.

En el caso de recubrimientos protectores basados en pinturas o **cataforesis** se comprueba con que velocidad avanza la corrosión bajo el recubrimiento, y en el caso de piezas con recubrimiento de cinc se comprueba durante cuánto tiempo protege el galvanizado, momento que igualmente se detecta por la aparición de óxido de color rojo.

Fig. 7. Inmersión de carrocería en la cuba de cataforesis.



Fuente: (Castillo, 2011).

Básicamente los métodos de protección anticorrosiva, son intentos para interferir con el mecanismo de corrosión. Dado que para que exista un proceso de corrosión debe formarse una pila o celda de corrosión, la eliminación de alguno de sus componentes esenciales, podría llegar a detener el proceso. En la práctica, existen tres maneras básicas de lograr lo anterior y por tanto de luchar contra la corrosión:

- Aislamiento eléctrico del material, que puede lograrse mediante el empleo de pinturas o resinas, depósitos metálicos de espesor suficiente o por aplicación de recubrimientos diversos. De esta forma, se puede lograr aislar el metal del contacto directo con el medio agresivo.
- Cambiando el sentido de la corriente en la pila de corrosión, conectando eléctricamente, por ejemplo, el acero con un metal más activo (cinc o magnesio) podemos llegar a suprimir la

corrosión del acero, ya que dejará de actuar como ánodo y pasará a comportarse como cátodo, dejando el papel de ánodo al metal más activo.

- Polarización del mecanismo electroquímico, esto se puede lograr bien eliminando el oxígeno disuelto, bien mediante la adición en el medio agresivo de ciertas sustancias llamadas inhibidores, las cuales pueden llegar a polarizar uno de los electrodos de la pila de corrosión y por lo tanto, llegar a detener o cuanto menos disminuir sus efectos (Castillo, 2011).

4.2.2. ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA REGIÓN DEL SALAR PARA EL CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL VEHÍCULO.

El Salar de Uyuni o Salar de Tunupa, como lo denominan los pobladores locales, está situado en la provincia de Potosí, en la región occidental de Bolivia. La salina más grande del mundo cubre un total de 10.583 kilómetros cuadrados de sal muy compactada. En realidad la superficie está formada por dos capas de sal comprimida, una superior y una inferior. Entre ellas hay una capa de lodo. No presenta peligro conducir sobre la sal, pero fuera de las rutas establecidas se pueden presentar problemas debido a que en algunos lugares la superficie es más blanda y los vehículos (dependiendo de su peso) puede quedar atascados en la sal. Las carreteras que rodean la salina están en mal estado y las distancias son considerables. El salar de Uyuni limita con Oruro al norte, Cochabamba al noreste y el país vecino Chile al oeste.

El clima en el salar de Uyuni es árido, debido a esto la corta época de lluvias se inicia a mediados del mes de diciembre y prosigue hasta el mes de marzo. Ver en la tabla 1. La acumulación de agua, es favorecida por la superficie casi plana del salar y escasa permeabilidad de la costra salina que hace las veces de una bandeja natural, llenándose gradualmente con agua proveniente de las lluvias y alcanzando una altura promedio de 5 a 12 cm, e inundando la extensa costra salina de 10000 km² para formar un lago de alrededor 12000 km². Haciendo casi inaccesible el ingreso al salar y salida en esta época.

Tabla 3. Precipitaciones pluviales en el Salar de Uyuni

MES	PRECIPITACIONES PLUVIALES (mm)
Octubre	2
Noviembre	1
Diciembre	18
Enero	47
Febrero	39
Marzo	17
Abril a Septiembre	0
Total época de lluvias	124

Fuente: (Carlo Lázaro, 2018, 28-30)

La acumulación de agua sobre la superficie, aprovecha la impermeabilidad de ésta, imposibilitando la absorción y adsorción hídrica, que disuelve parte de la costra salina produciendo una solución saturada de cloruro de sodio NaCl, en perfecto equilibrio químico y dinámico, con la fase sólida, representada por la siguiente ecuación:



Efectuando el análisis químico cualitativo, se ha verificado que los iones predominantes en esta salmuera lacustre son el sodio Na¹⁺ y cloruro Cl¹⁻. Es posible, que en algunos sectores se tenga la presencia de los iones magnesio Mg²⁺ sulfato SO₄²⁻ y Ca²⁺; debido a que éstos se acumulan superficialmente en elevada concentración. La densidad promedio de la salmuera saturada alcanza 1,2 g.ml., en consecuencia, llenando una piscina con esta salmuera saturada se puede flotar sin hacer ningún esfuerzo. El pH de la salmuera se mantiene prácticamente neutro con una ligera alcalinidad en las orillas donde se tiene mayor acumulación de agua. Este fenómeno de neutralidad se justifica porque los iones sodio Na⁺ y los iones Cl⁻, no se hidrolizan⁴. Además por ser una salmuera saturada, fácilmente cristaliza el NaCl, en la superficie de las cosas u objetos que humedece (Carlo Lázaro, 2018, 28-30).

En el caso del auto solar y debido a los altos costos de procesamiento químicos para evitar la corrosión, se recomienda en su etapa de fabricación realizar 3 capas de pintura anticorrosiva.

Como la sal acelera la corrosión de los vehículos, es necesario realizar trabajos de mantenimiento en forma periódica y continua. Los pobladores que manejan vehículos recomiendan lavar el automóvil cada 2 viajes luego rociar con aceite y en las uniones colocar grasa para protegerlos. Estas mismas recomendaciones se deberán realizar para el correcto uso del auto solar en ese medio.

4.2.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO.

Para realizar el diseño del prototipo se tomó como referencia vehículos solares tanto de naturaleza comercial como académica, estos vehículos son los siguientes son los siguientes:

Fig. 8. Cuarta versión del Alt - Katari



Fuente: elaboración propia

Fig. 9. Auto eléctrico comercial



Fuente: ELF Motors.

Fig. 10. Diseño de auto solar de competencia



Fuente: Cambridge University

En función a los prototipos presentados se han desarrollado los siguientes diseños para las estructuras y/o chasis de los mismos:

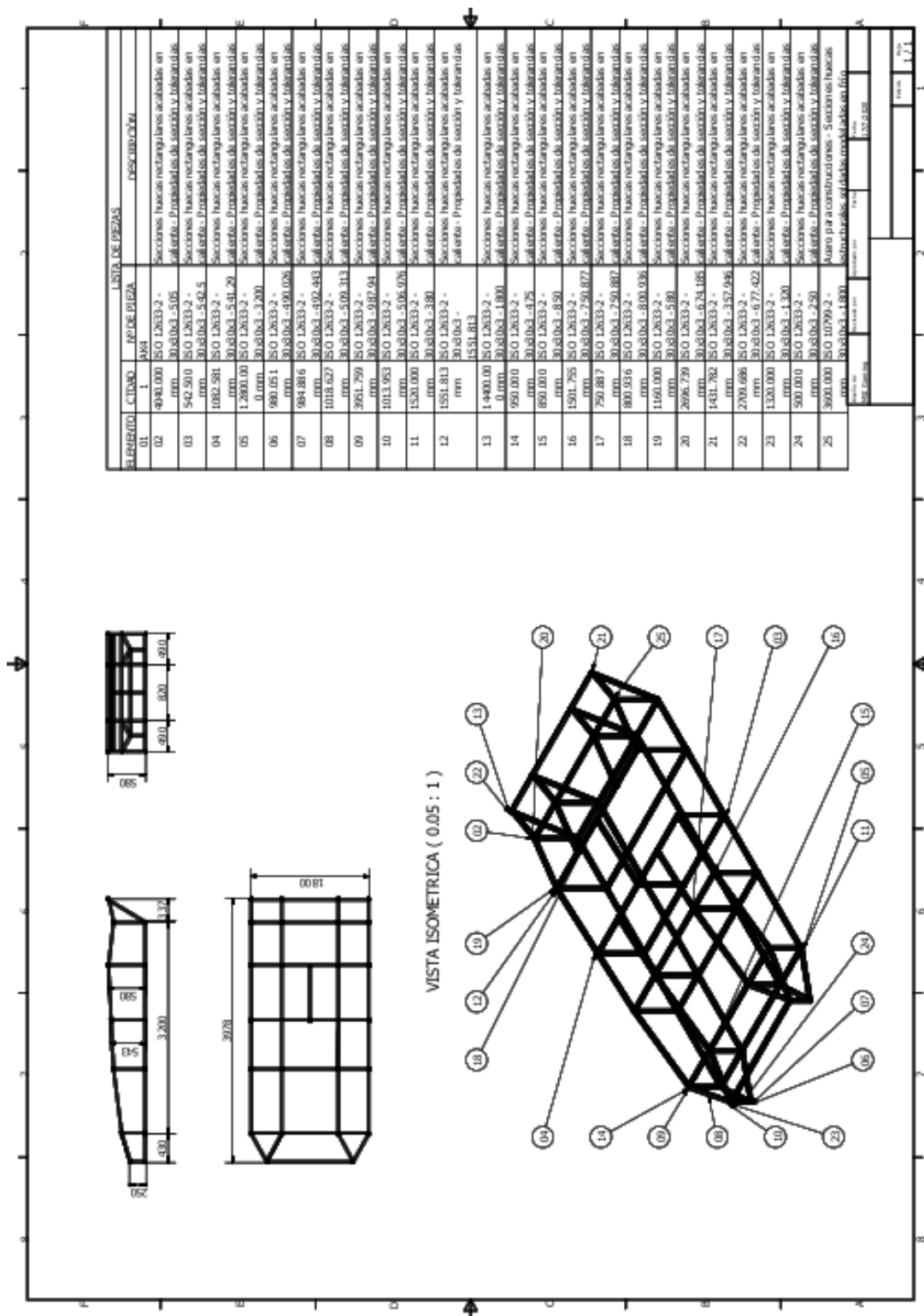


Fig. 11. Isométrico primera alternativa.

Fuente: Diseño propio

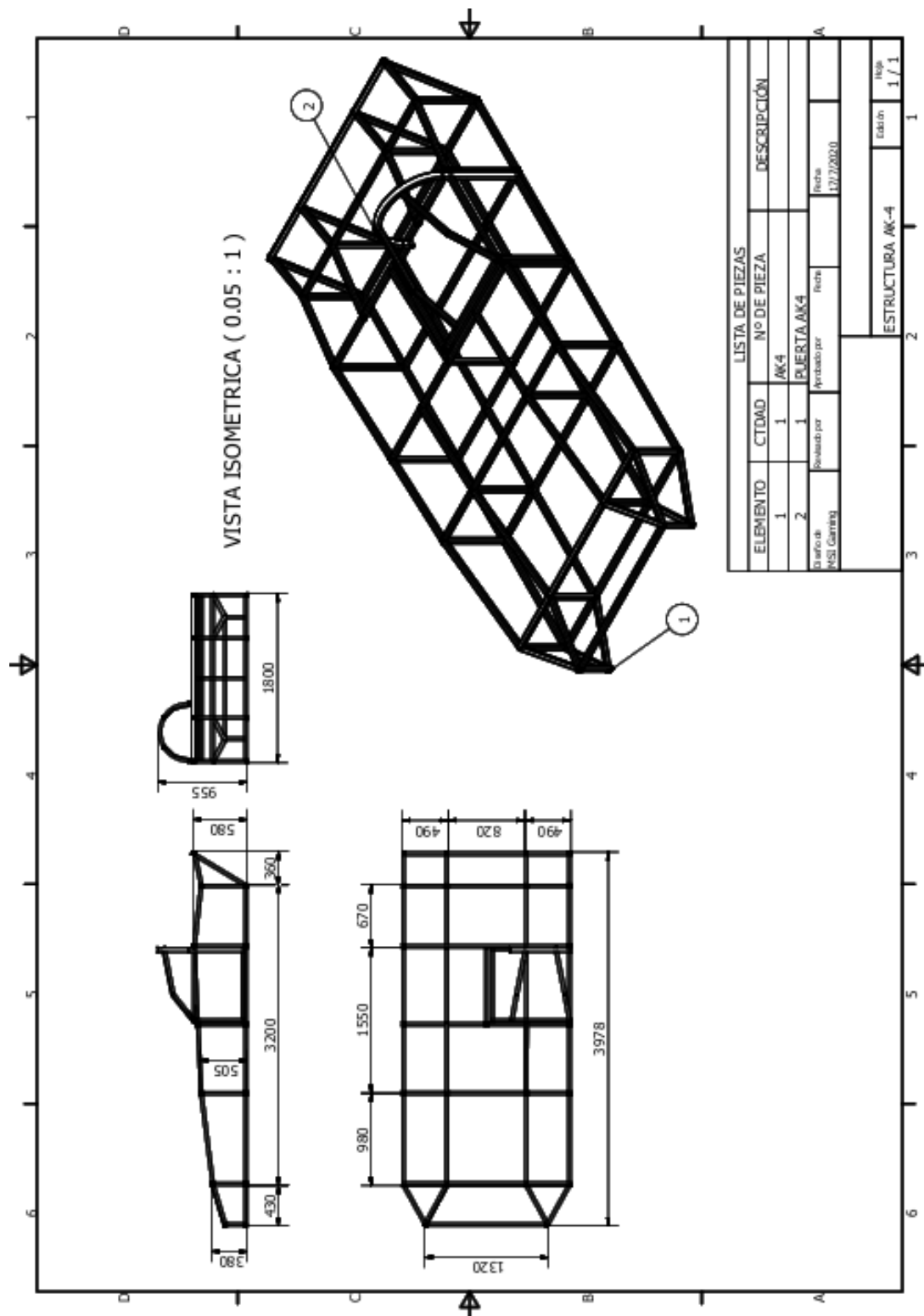


Fig. 12. Vistas de la primera alternativa

Fuente: Diseño propio

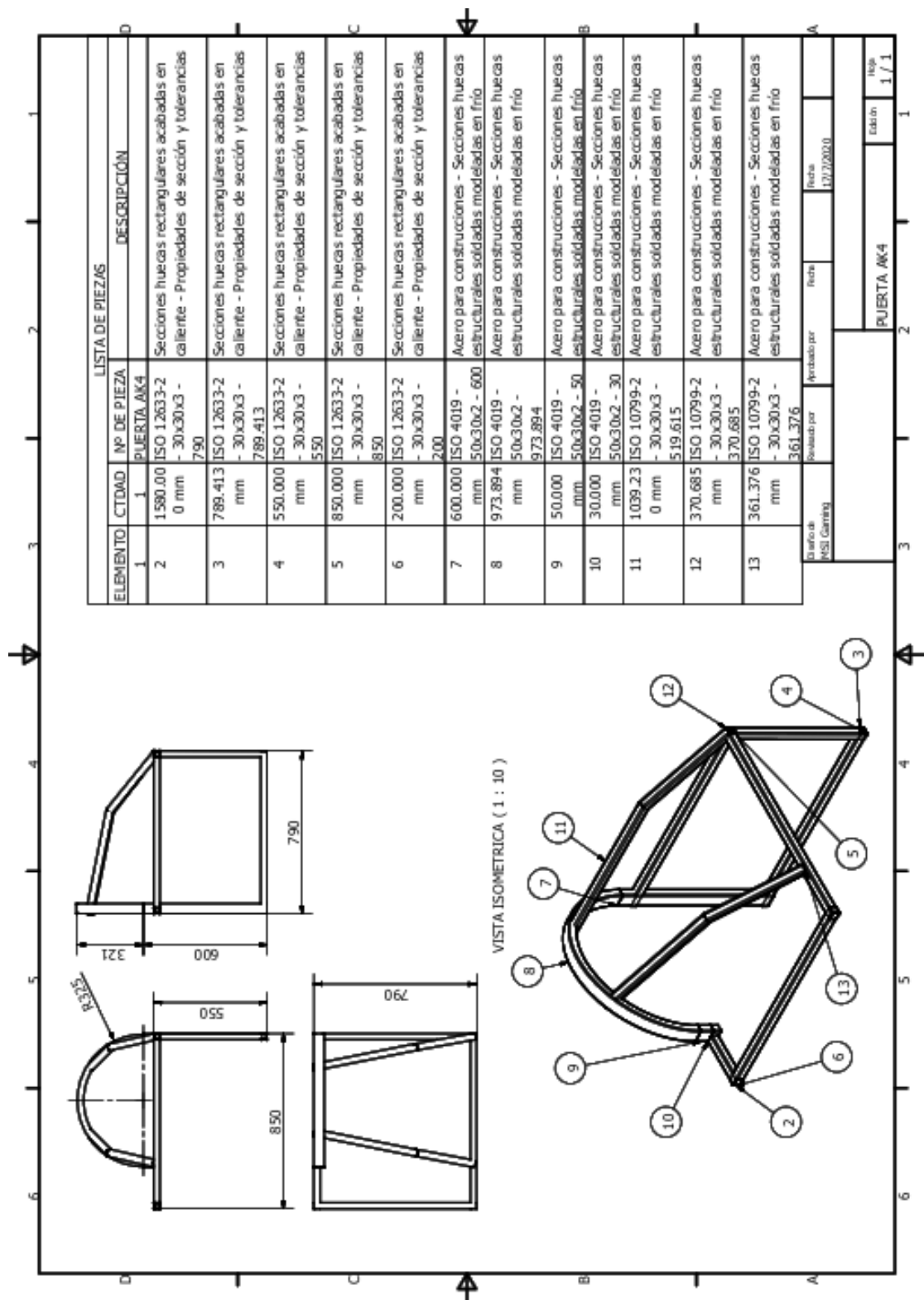


Fig. 13. Cabina de la primera alternativa

Fuente: Diseño Propio

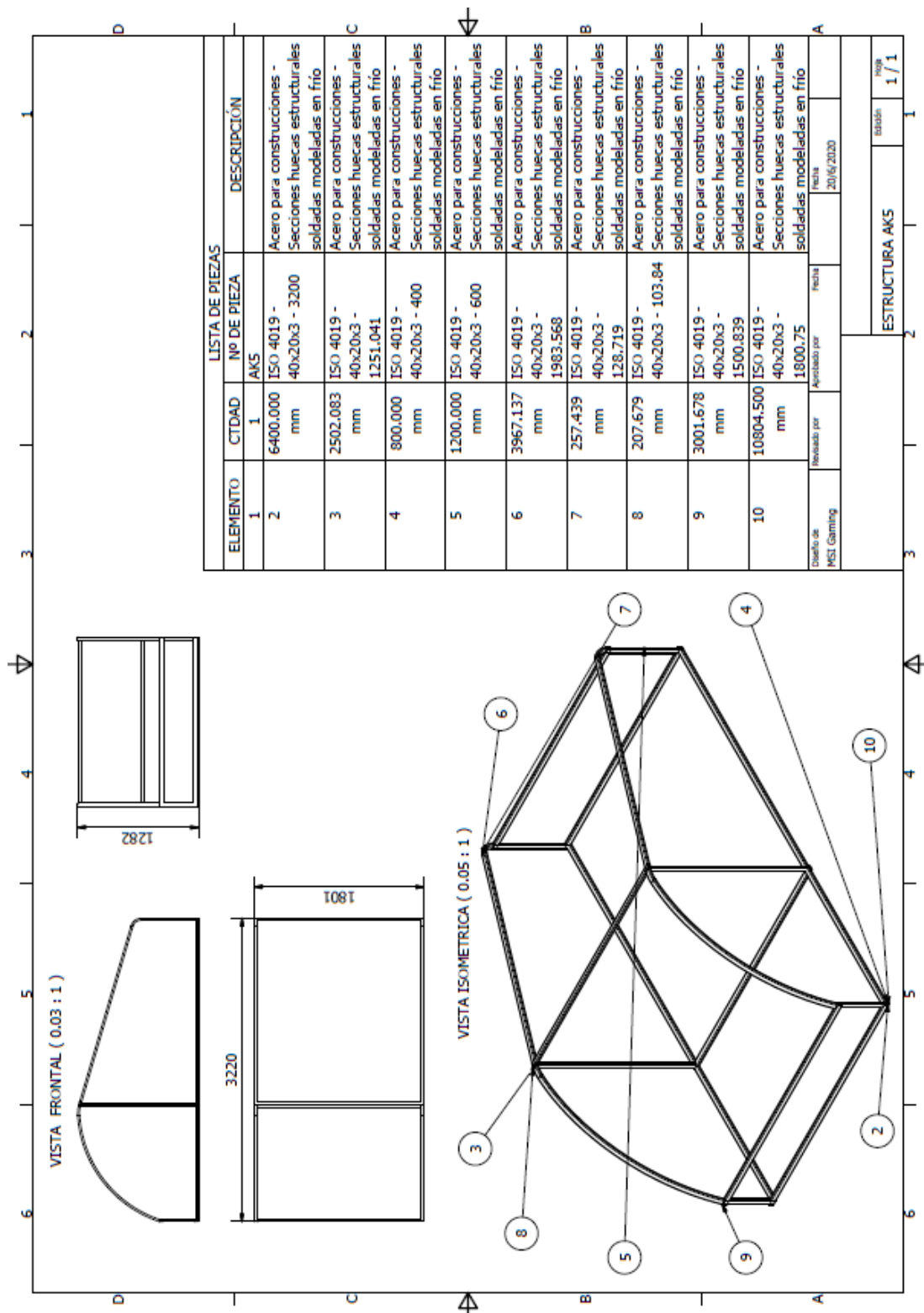


Fig. 14. Segunda alternativa

Fuente: Diseño Propio

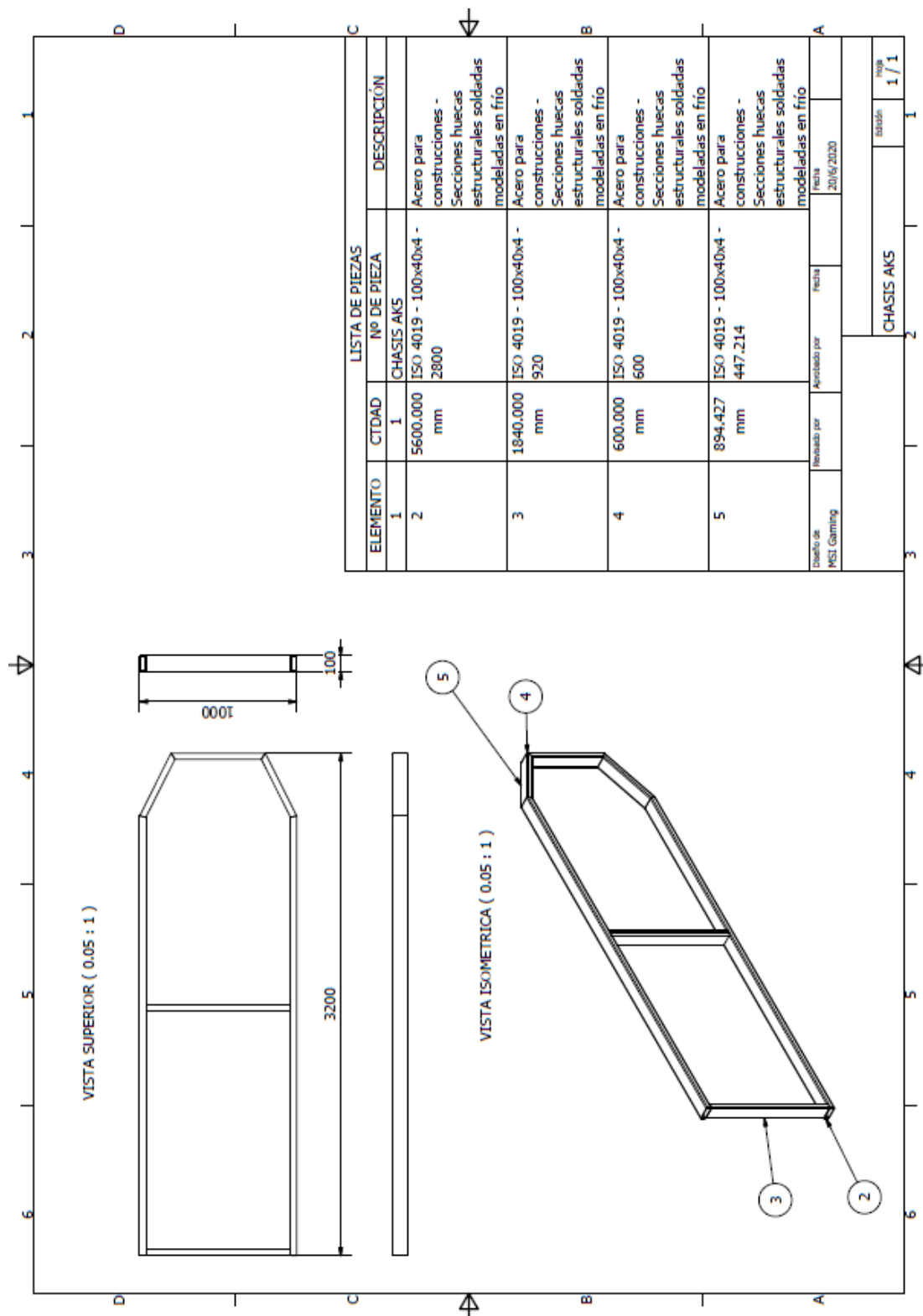


Fig. 15. Segunda alternativa (chasis)

Fuente: Diseño Propio

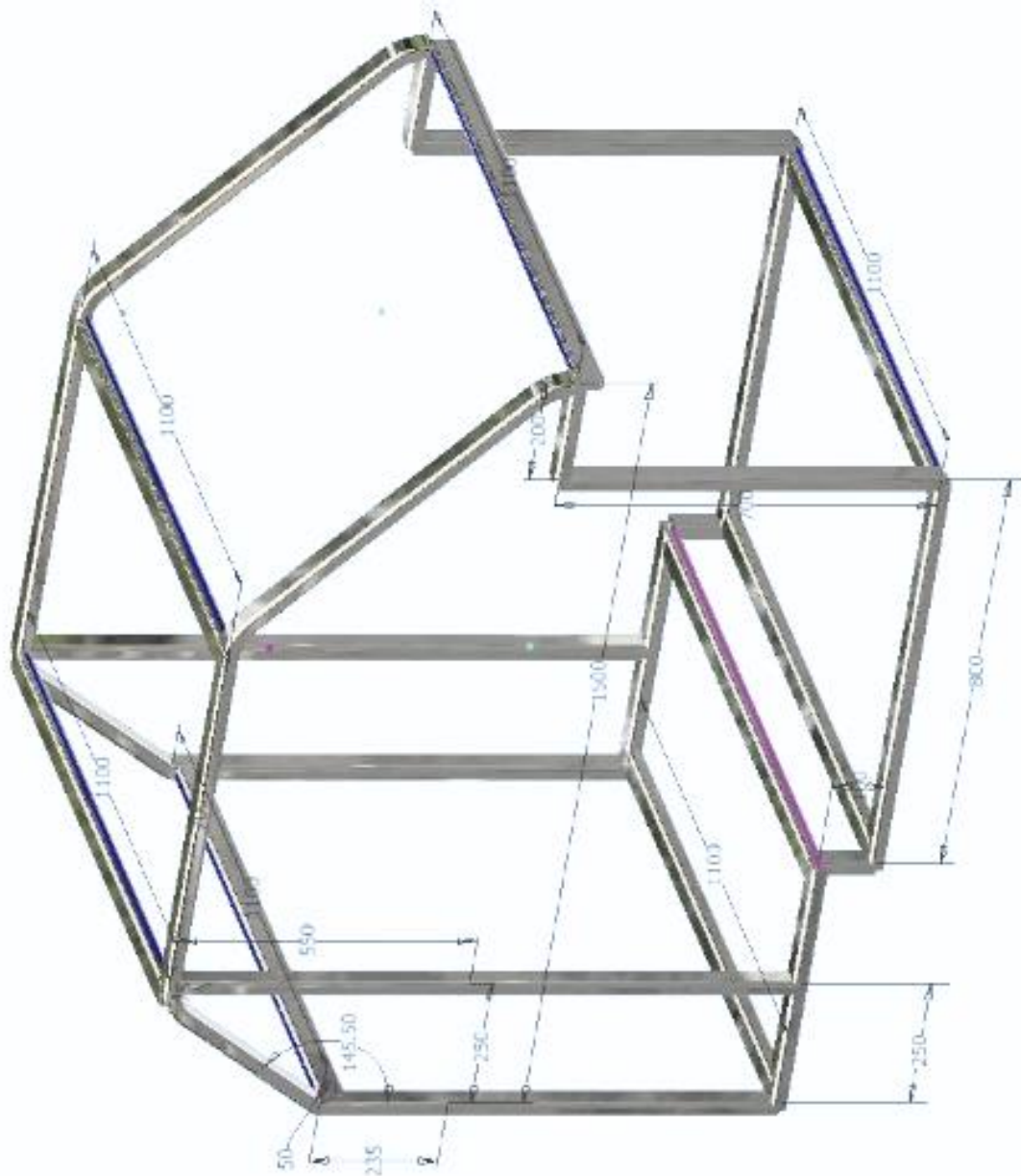


Fig. 16. Tercera alternativa

Fuente: Diseño Propio

Finalmente luego de considerar los diseños presentados se ha podido abstraer las ventajas de cada propuesta y se realizó la versión final de la estructura del prototipo:

Tabla 4. Tabla de valoración de las alternativas de prototipos

Criterios de valoración	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa3
Cantidad de pasajeros	1	2	1
Uso de placas solares	Si	No	Si
Potencia del motor	~ 10kW	~5kW	~5kW
Aerodinámica	75%	60%	95%
Peso [kg]	~120	~150	~180
Complejidad de la estructura y el chasis	90%	60%	70%
Conclusiones: De cada alternativa se elige las características más apropiadas para nuestro prototipo.	La potencia del motor (10kW) es adecuado para llevar a 2 personas.	La cantidad de pasajeros es adecuada para el objetivo del proyecto.	La forma del vehículo permite llevar cómodamente los paneles solares a un ángulo adecuado, además de llevar a los pasajeros comodamente.

Fuente: Diseño propio

En función a las referencias obtenidas de los prototipos estudiados se diseñó el prototipo del auto solar de turismo, los esquemáticos son los siguientes:

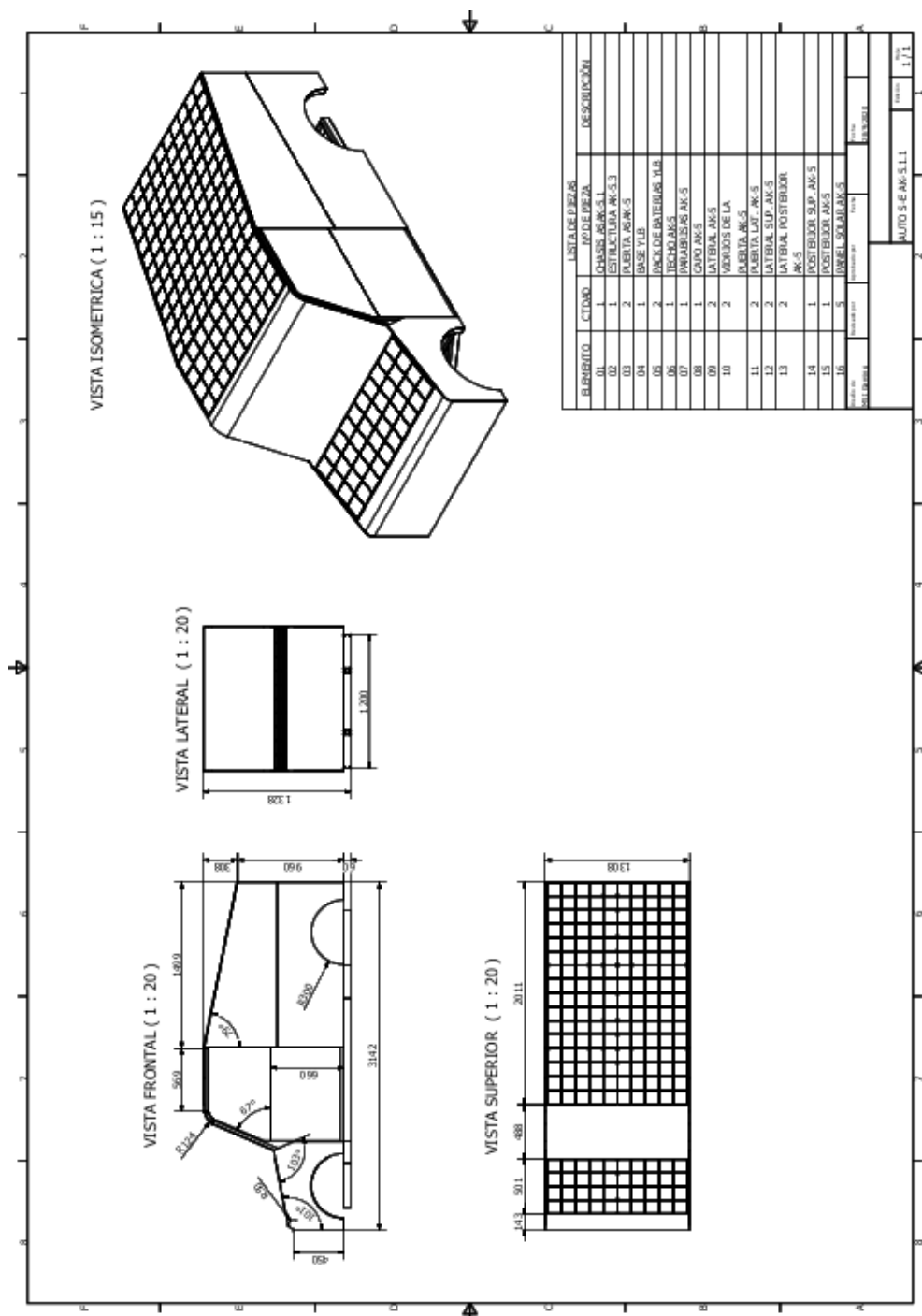


Fig. 17. Diseño elegido

Fuente: Diseño propio

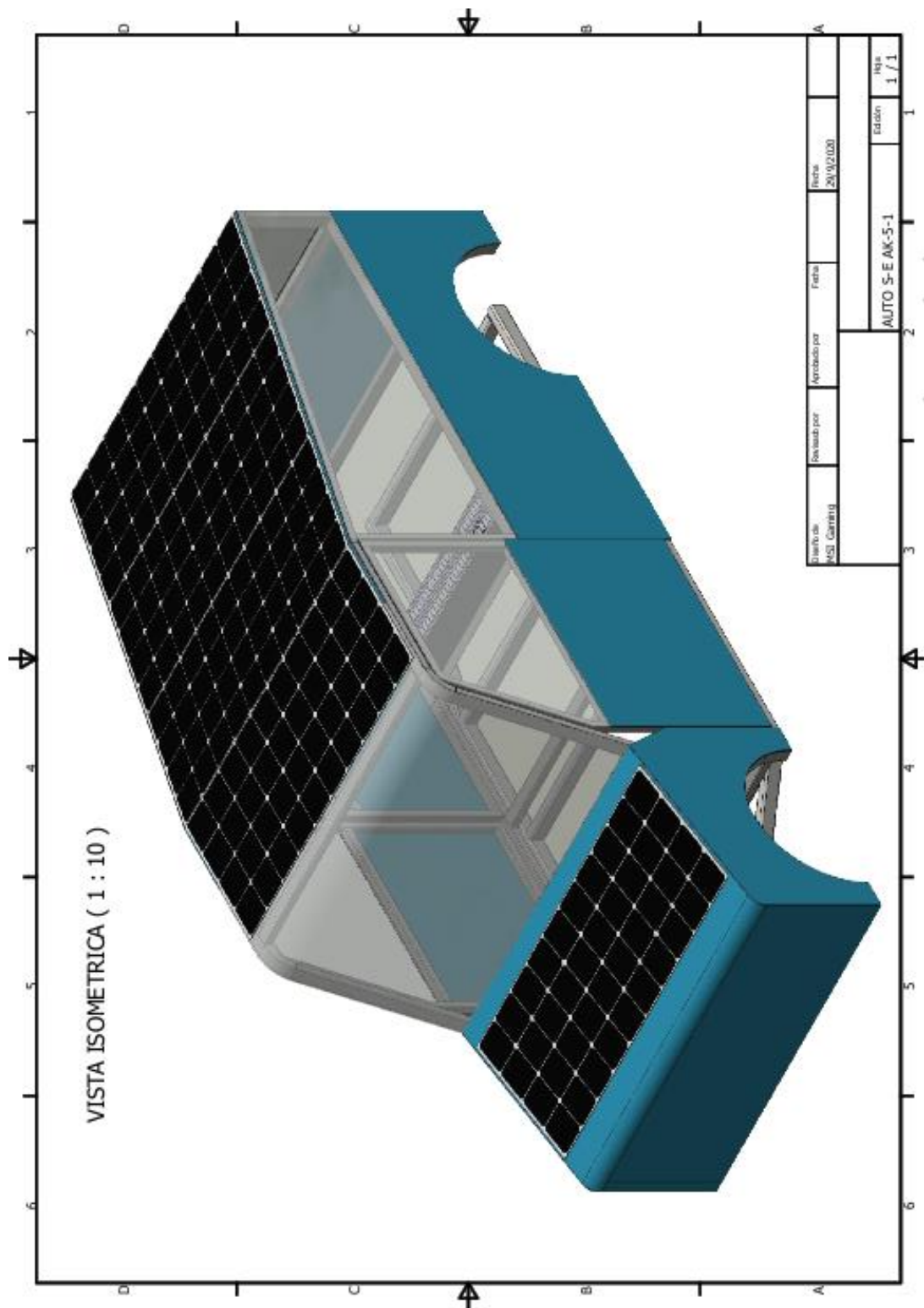


Fig. 18. Isométrico del diseño elegido

Fuente: Diseño propio

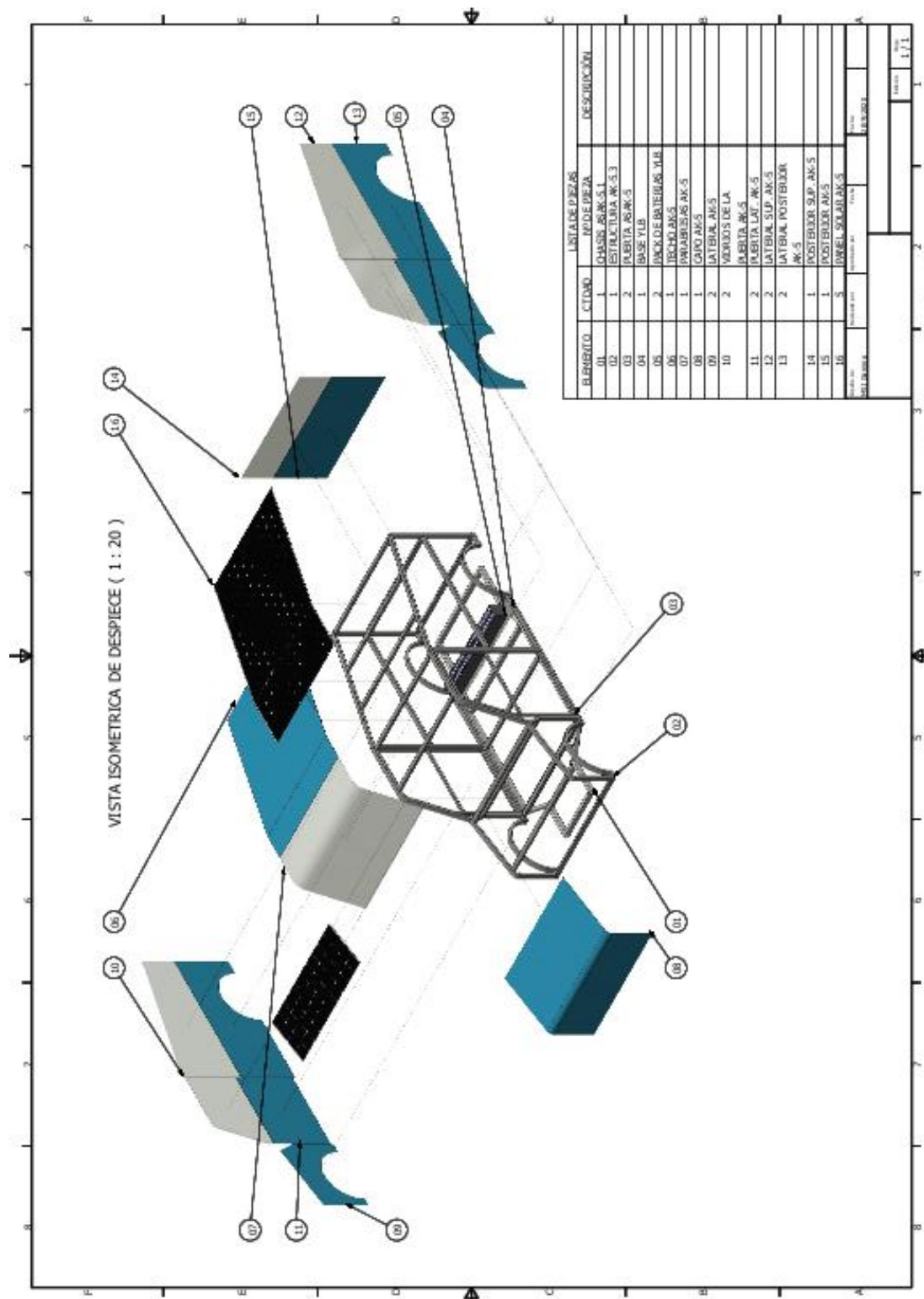


Fig. 19. Piezas que componen el diseño final

Fuente: Diseño propio

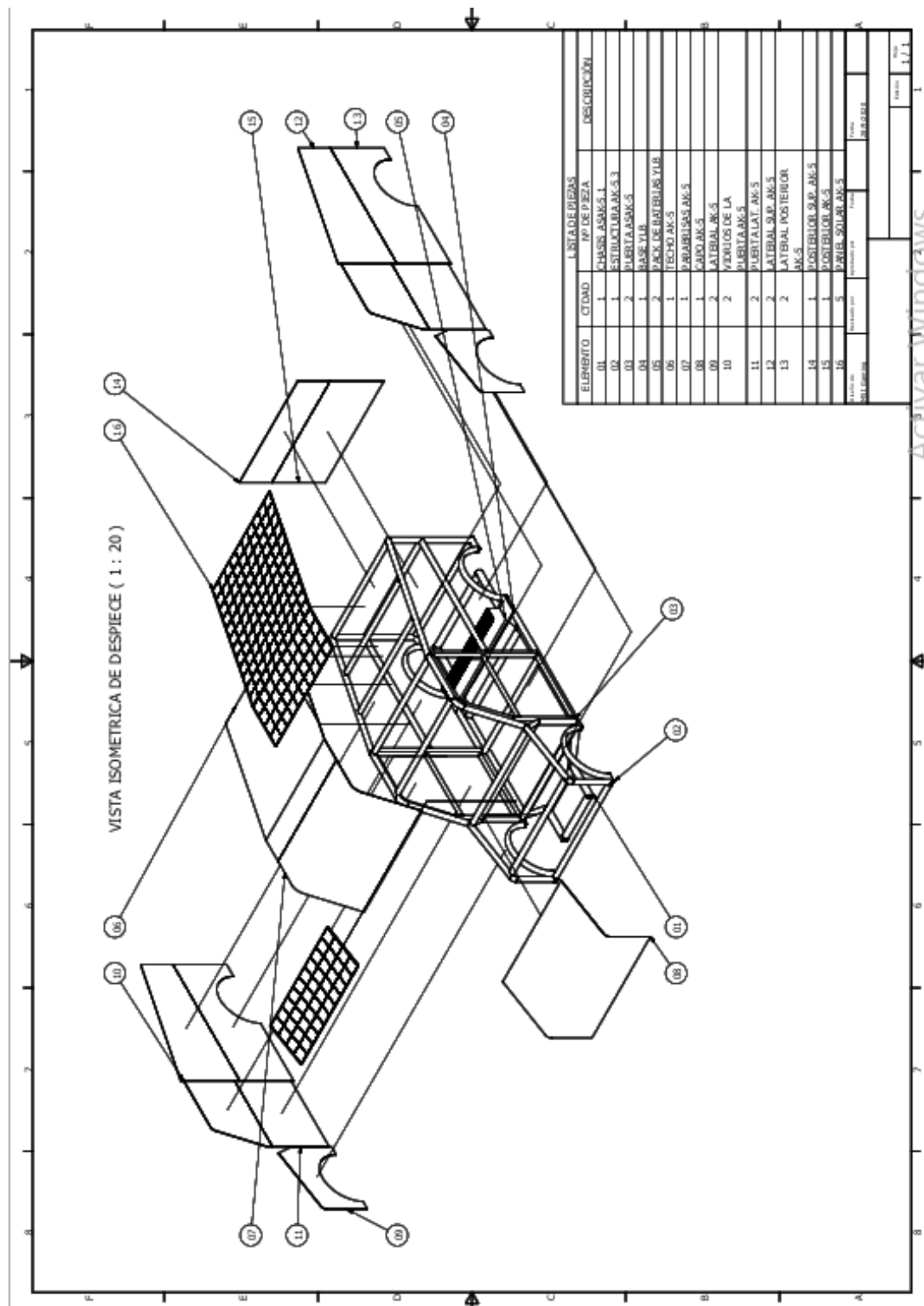


Fig. 20. Despiece del diseño final

Fuente: Diseño propio

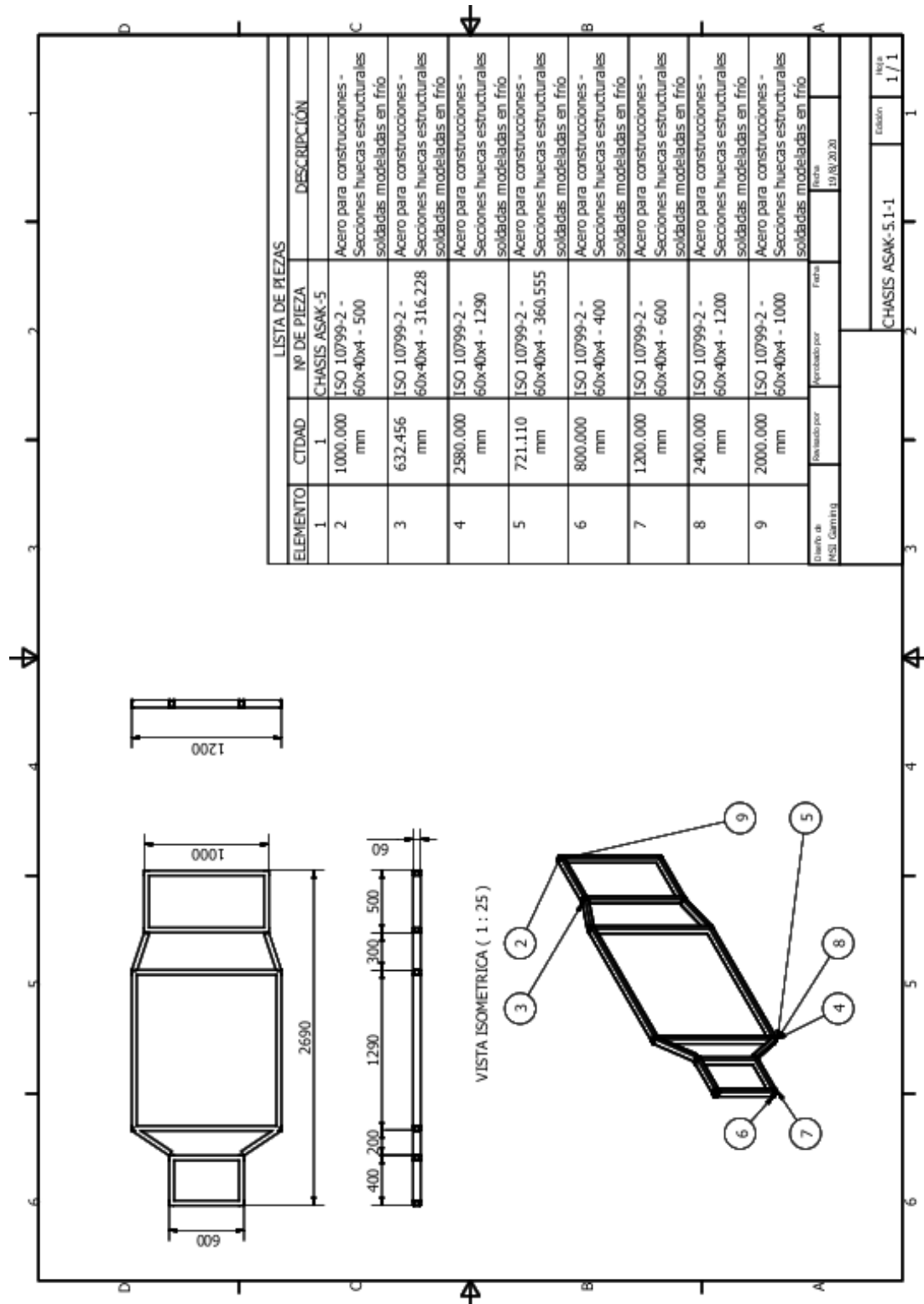


Fig. 21. Chasis del diseño final

Fuente: Diseño propio

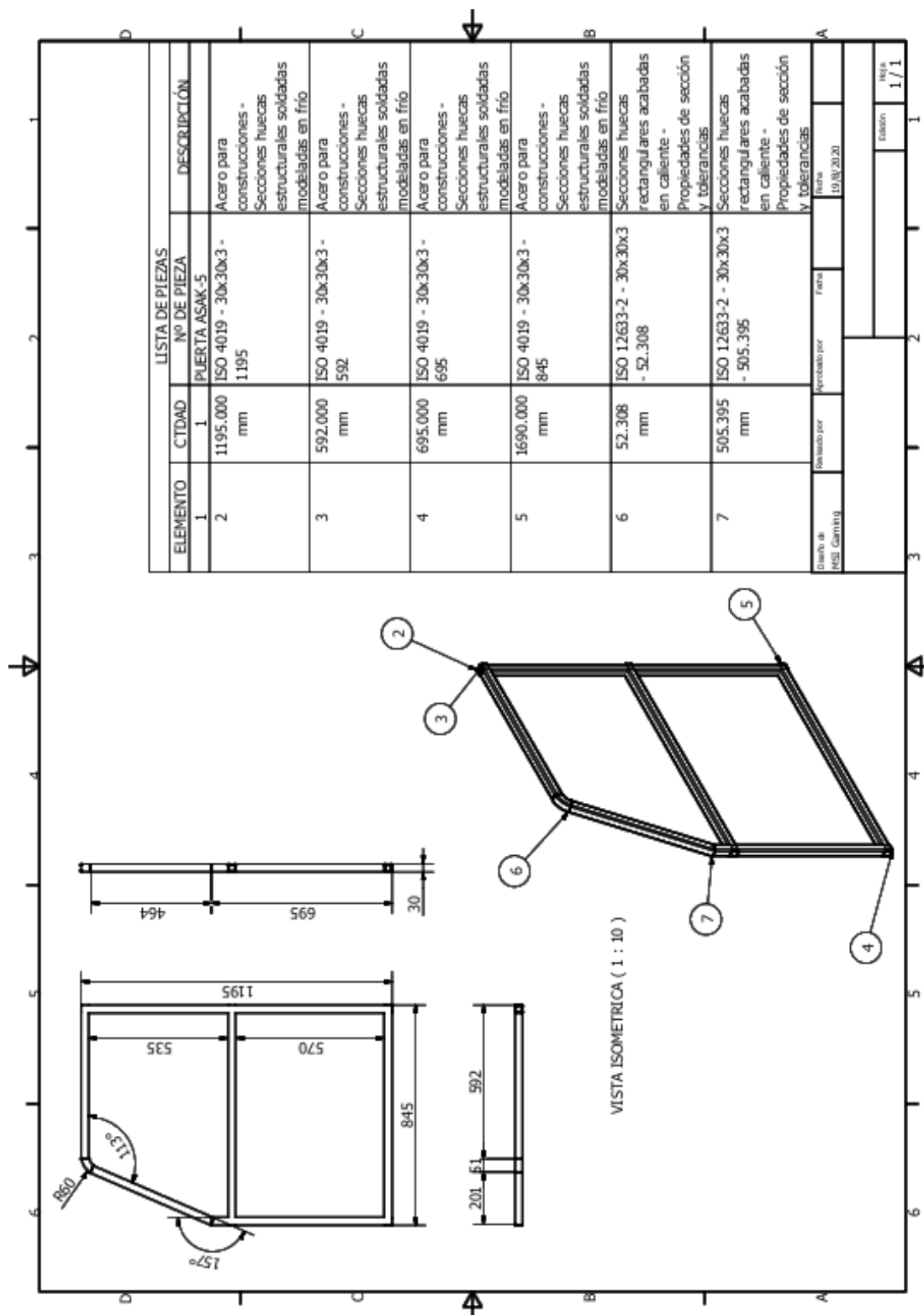


Fig. 22. Puerta del diseño final

Fuente: Diseño propio

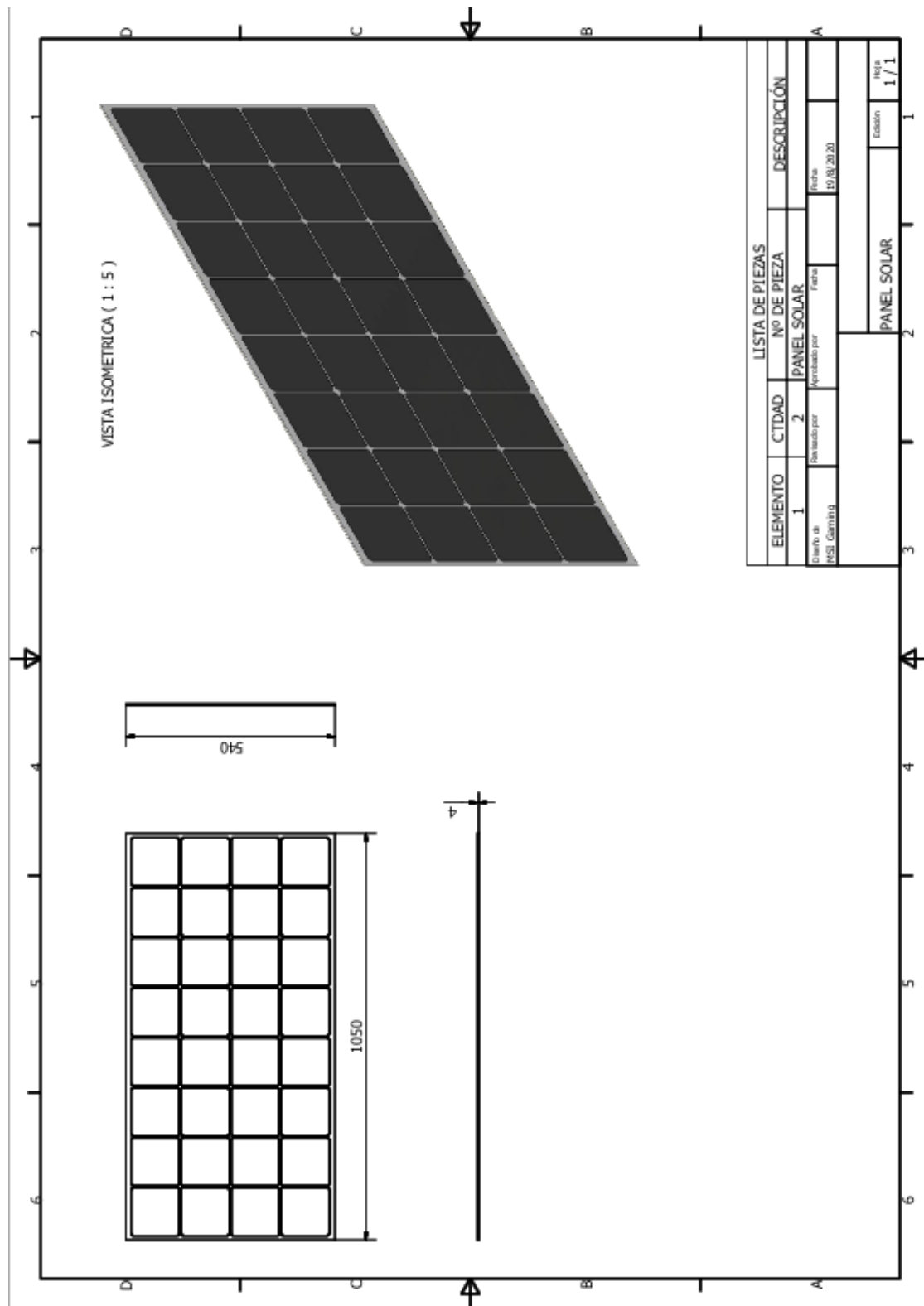


Fig. 23. Panel solar para el diseño final

Fuente: Diseño propio

De acuerdo al diseño presentado se pudo realizar los siguientes cálculos:

a) Estimación del peso del prototipo, el cual se detalla en el siguiente cuadro:

Peso del auto solar Alt Katari K-5

Tabla 5. Estimación del peso del prototipo

Ítem	Descripción	Peso [Kg]
1	Pack de baterías YLB	90
2	Paneles solares	9
3	Estructura auto solar AK-5	108
4	Para dos personas	160
5	Asientos de carrera OKLEAD	64
6	Chasis	62
7	Cubierta fibra de vidrio	11
7	Accesorios	46
Peso total		550

Fuente: Diseño propio.

b) Identificación de la composición química del acero A36 (con el cual se construirá el prototipo).

Acero estructural ASTM A-36

Ficha tecnica 1, composicion quimica del acero A36.

Composición química (% , ≤) para formas

Acero	C	Si	Mn	P	S	Cu
ASTM A36	0.26	0.40	no requirement	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)

c) Identificación de las propiedades mecánicas del acero A36.

Acero ASTM A36 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 elástico, la dureza Brinell, etc.

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (psi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
	250 (36)	Espesor $\leq$ 200mm (8 pulg.)
Límite elástico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), $\geq$	220 (32)	Espesor de placas de acero $>$ 200mm (8 pulg.)
	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
Elongación, %, $\geq$	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)	—

d) Identificación de las propiedades físicas del acero A36

Propiedades Físicas

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

Acero A36 Equivalencias

US	Unión Europea	Alemania	Gran Bretaña (Reino Unido)	Francia	ISO	Japón
	China	India				
Norma	Grado	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (Número de acero)	
	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	Grado (Número de acero)	Norma	
	Grados	Norma	Grados	Norma	Grados	
ASTM A36	A36	EN 10025-2;				
EN 10025: 1993S235JR (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			

e) Identificación de los puntos de soldadura del chasis del vehículo.

Documento	ID	Tipo	Longitud	Unidad de medida	Masa	Unidad de medida	Área	Unidad de medida	Volumen	Unidad de medida
E:\DIBUJO MEC\CHASIS AK-5.iam	Soldadura de empalme 1	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 2	Empalme	42 mm		0.001 kg		407.885	mm ²	179.301	mm ³
	Soldadura de empalme 3	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 4	Empalme	42 mm		7.50E-04 kg		498.179	mm ²	104.838	mm ³
	Soldadura de empalme 5	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 6	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 7	Empalme	42 mm		7.50E-04 kg		498.179	mm ²	104.838	mm ³
	Soldadura de empalme 8	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 9	Empalme	42 mm		0.001 kg		407.885	mm ²	179.301	mm ³
	Soldadura de empalme 10	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 11	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 12	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 13	Empalme	42 mm		0.001 kg		464.971	mm ²	179.301	mm ³
	Soldadura de empalme 14	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 15	Empalme	42 mm		7.50E-04 kg		330.018	mm ²	104.838	mm ³
	Soldadura de empalme 16	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 17	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura de empalme 18	Empalme	42 mm		7.50E-04 kg		330.018	mm ²	104.838	mm ³
	Soldadura de empalme 19	Empalme	42 mm		0.001 kg		464.971	mm ²	179.301	mm ³
	Soldadura de empalme 20	Empalme	42 mm		0.001 kg		439.191	mm ²	189	mm ³
	Soldadura para ranuras 1	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 2	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 3	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 4	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 5	Acanalado	N/D		4.66E-04 kg		240.501	mm ²	65.195	mm ³
	Soldadura para ranuras 6	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 7	Acanalado	N/D		4.66E-04 kg		240.501	mm ²	65.195	mm ³
	Soldadura para ranuras 8	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 9	Acanalado	N/D		5.88E-04 kg		300.266	mm ²	82.286	mm ³
	Soldadura para ranuras 10	Acanalado	N/D		4.66E-04 kg		240.501	mm ²	65.195	mm ³

Tabla 6. Identificación de los puntos de soldadura del chasis del vehículo

Fuente: Diseño propio.

4.2.4. ANÁLISIS AERODINÁMICO DEL PROTOTIPO

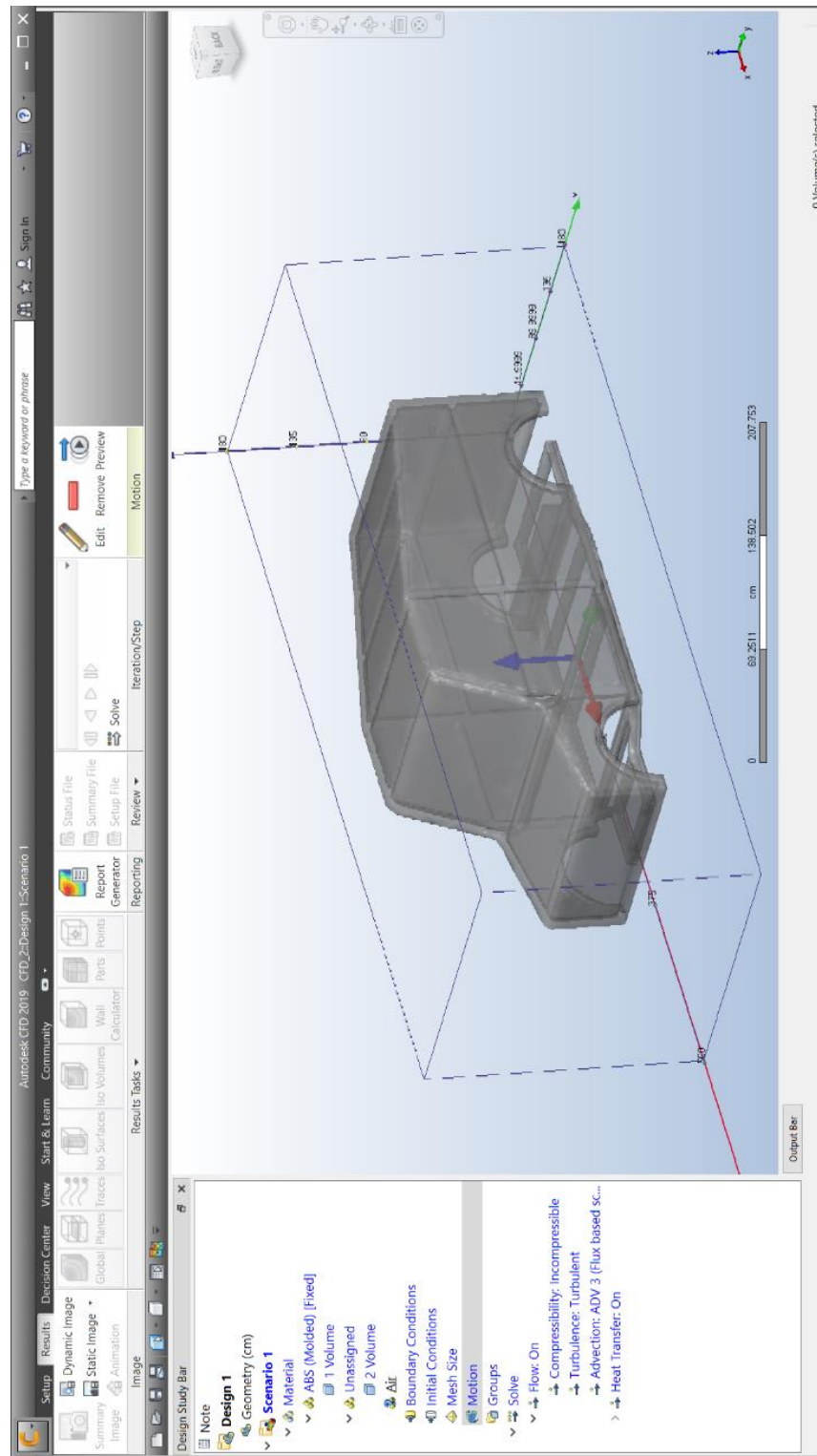


Fig. 24. Preparación del vehículo para su análisis

Fuente: Diseño Propio

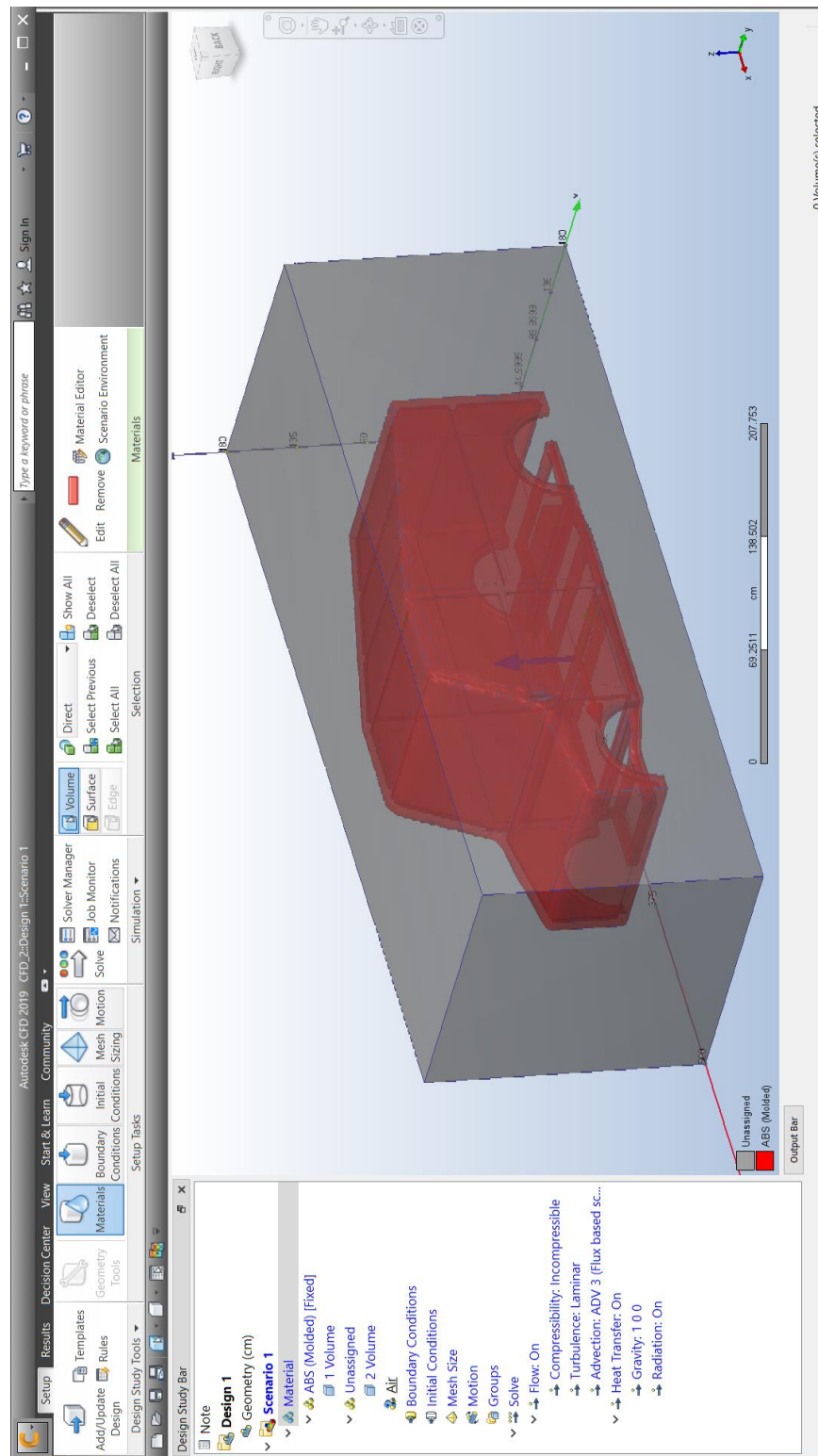


Fig. 25. Selección del tipo de material para el análisis

Fuente: Diseño Propio

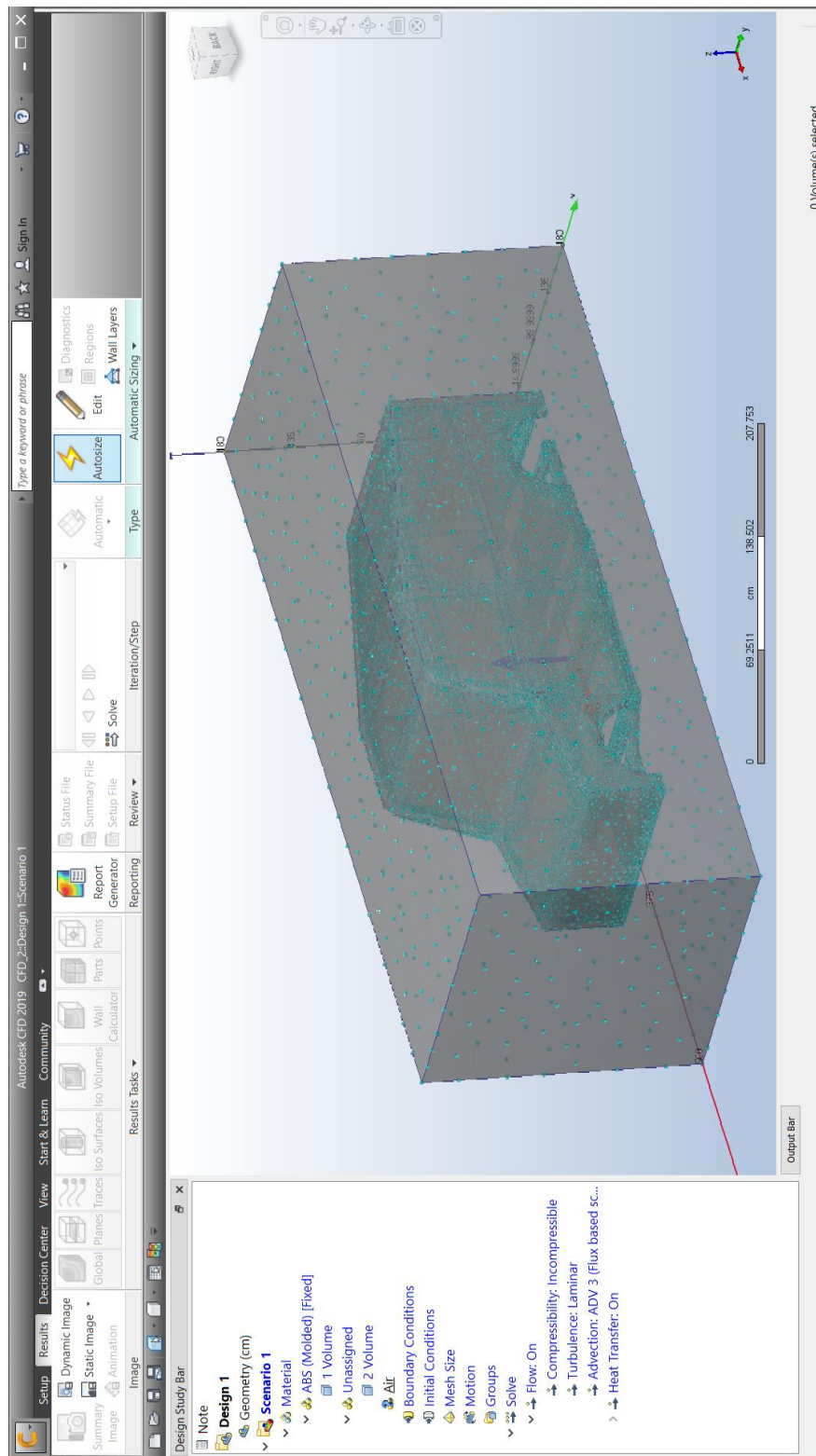


Fig. 26. Análisis estático de vientos

Fuente: Diseño Propio

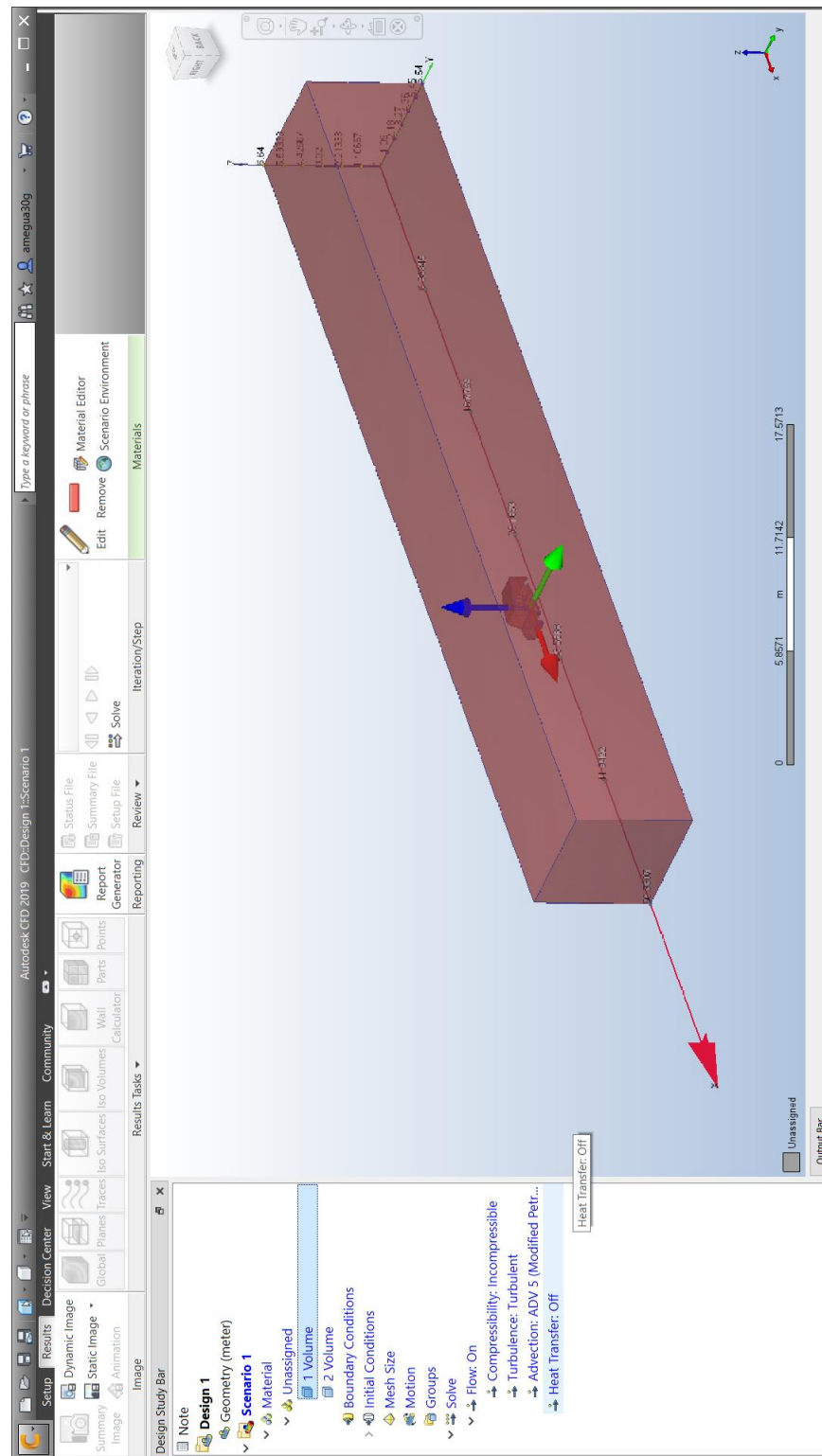


Fig. 27. Túnel de viento

Fuente: Diseño Propio

Desarrollo de la simulación para realizar el análisis dinámico del viento y/o perfil aerodinámico:

1. Introducción en el túnel de una ráfaga de viento a unos 2400 m/s.:

Podemos apreciar como el vehículo ofrece cierta resistencia al paso del viento (tomar en cuenta que por el código de colores se aprecia que el automóvil se encuentra inmóvil), pero por la forma aerodinámica del vehículo el viento solo halla frontal resistencia a su paso en el sector de los neumáticos.

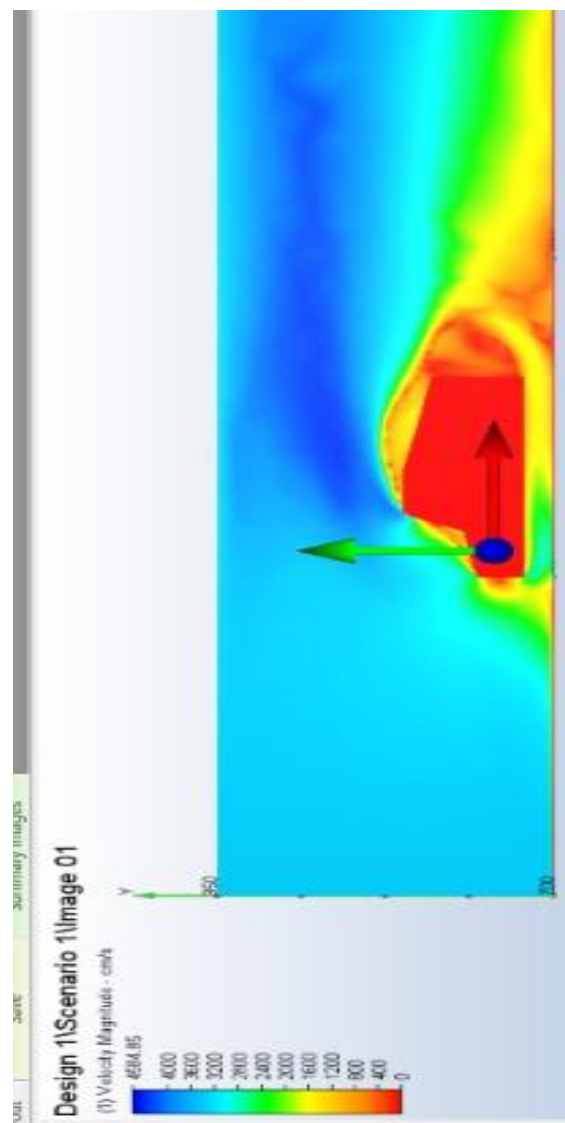


Fig. 28. Introducción de una ráfaga en el túnel de viento

Fuente: Diseño Propio

2. Introducción en el túnel de ráfagas de viento puntuales a unos 4000m/s.:

Como se puede apreciar a mayores velocidades del viento el vehículo ofrece una mínima resistencia a su paso, siendo solo el sector de los neumáticos el más vulnerable.

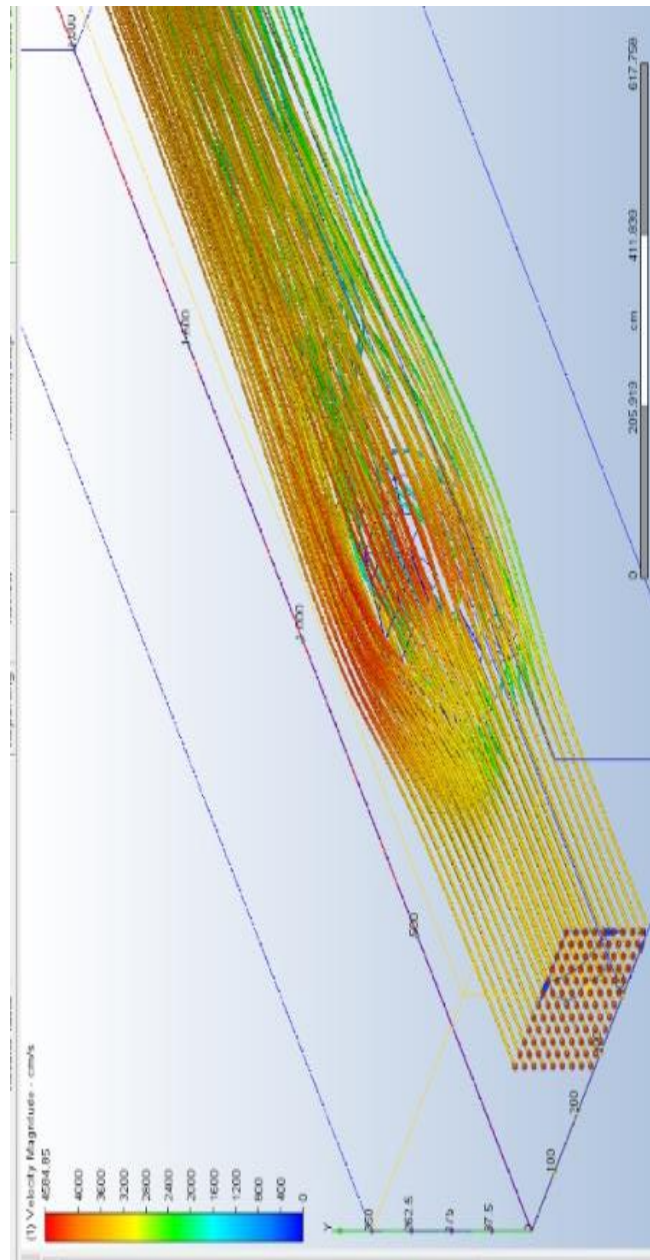


Fig. 29. Perfil aerodinámico con cargas puntuales

Fuente: Diseño Propio

En la siguiente toma se ve más claramente que la resistencia aunque mínima esta también dada al nivel del para choques y el parabrisas.

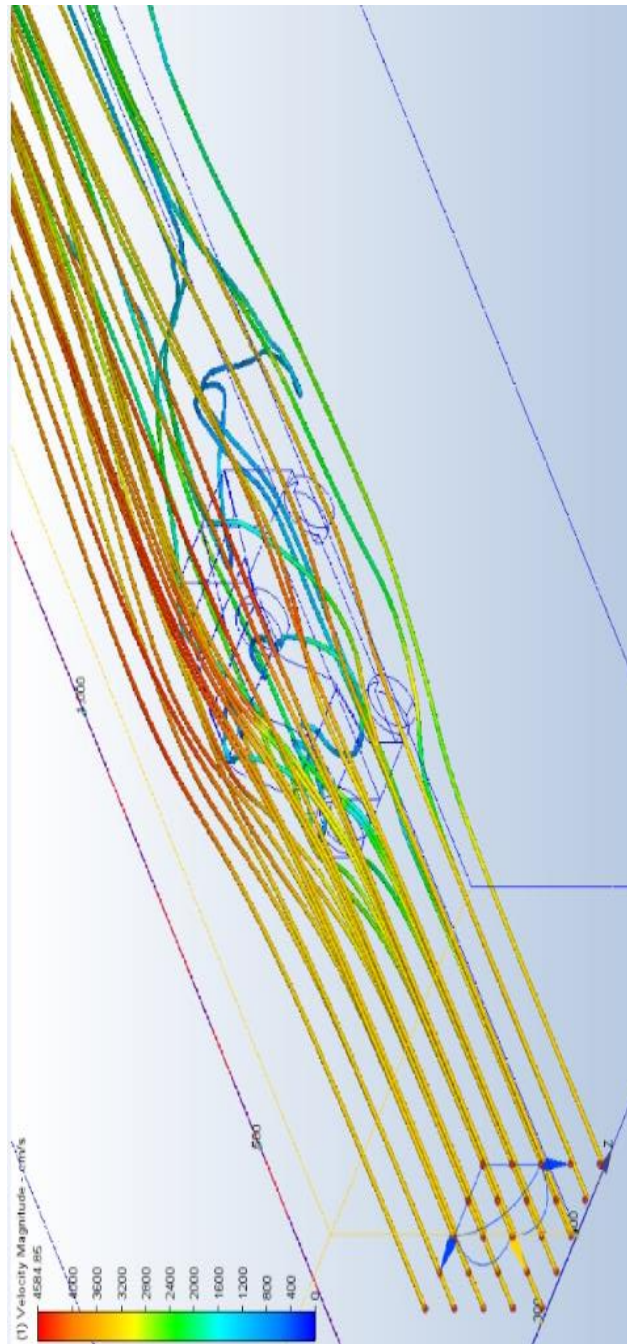


Fig. 30. Análisis del perfil aerodinámico

Fuente: Diseño Propio

3. Análisis de la dirección del viento al chocar con el vehículo:

Como se puede apreciar en la imagen, dada la resistencia al paso del viento se originan remolinos de viento. A lo largo del vehículo este tipo de formaciones es mínimo pero es bastante pronunciada en la parte posterior del automóvil.

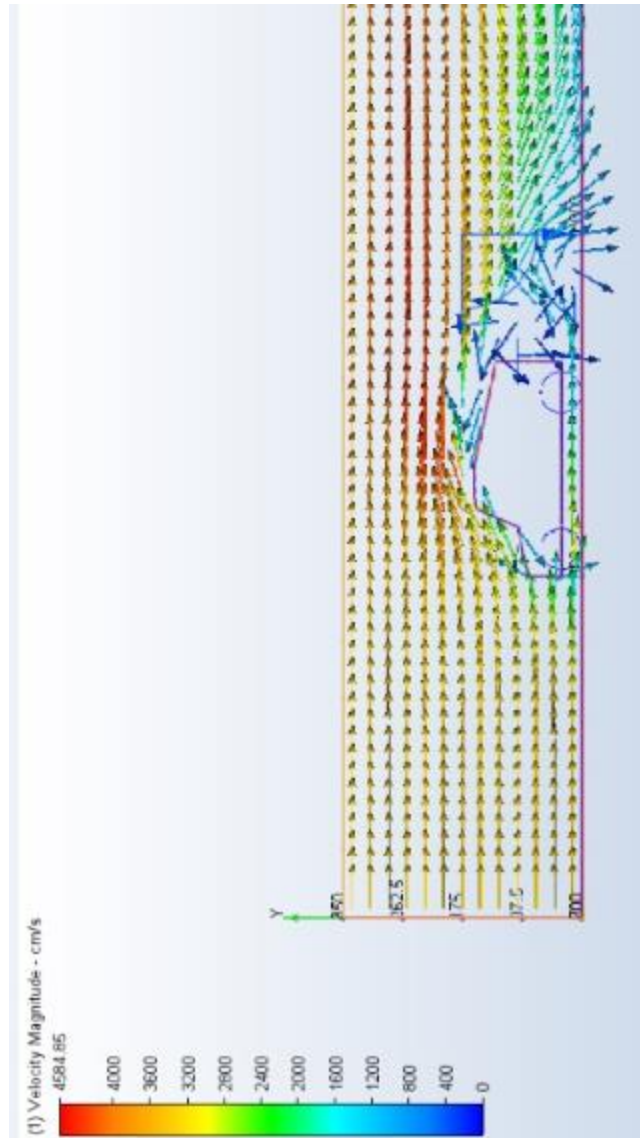


Fig. 31. Análisis de la dirección del viento

Fuente: Diseño Propio

4.2.5. ANALISIS DE LAS DEFORMACIONES DEL CHASIS DEL VEHÍCULO

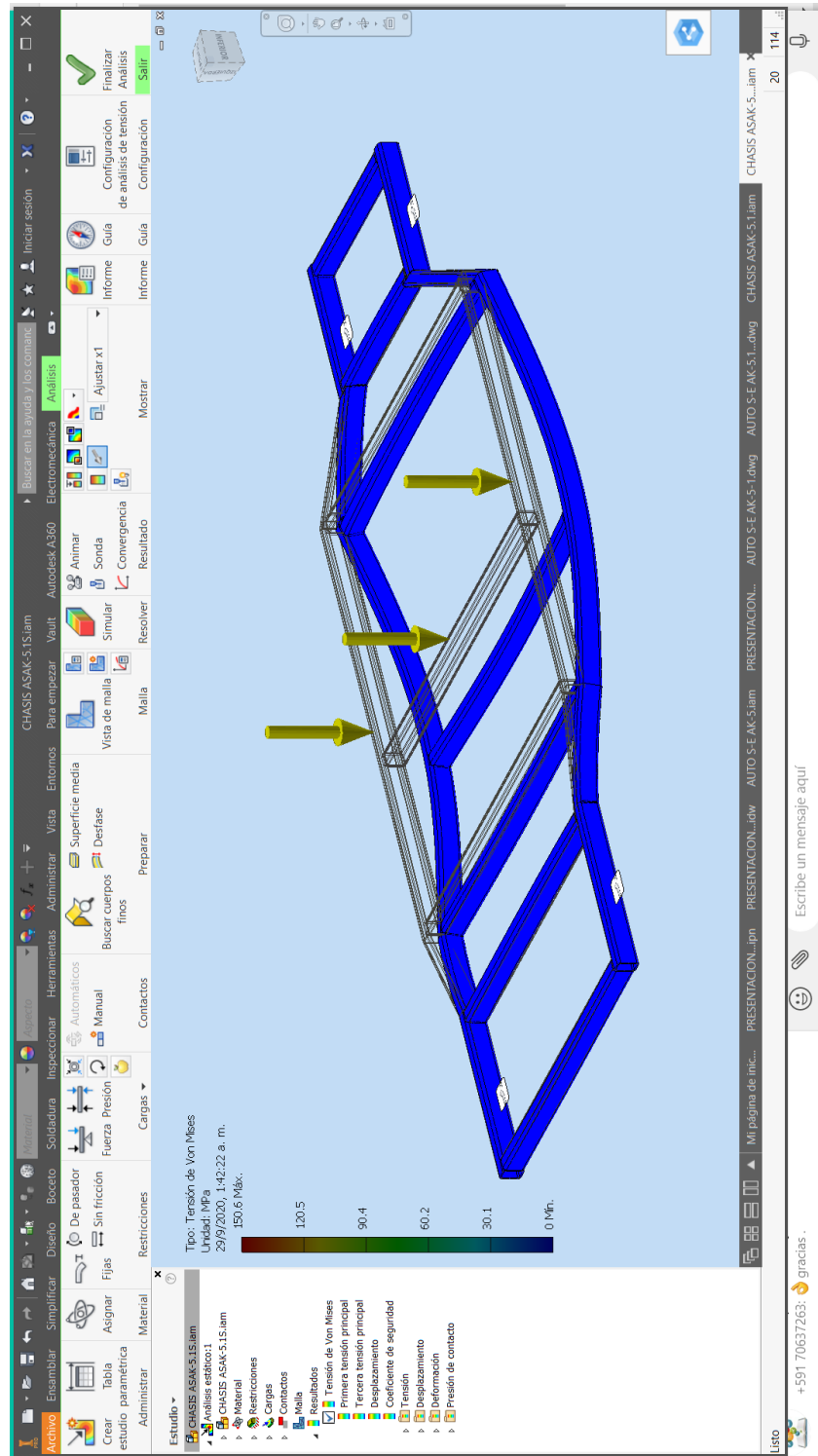


Fig. 32. Cálculo de la tensión de Von Mises

Fuente: Diseño Propio

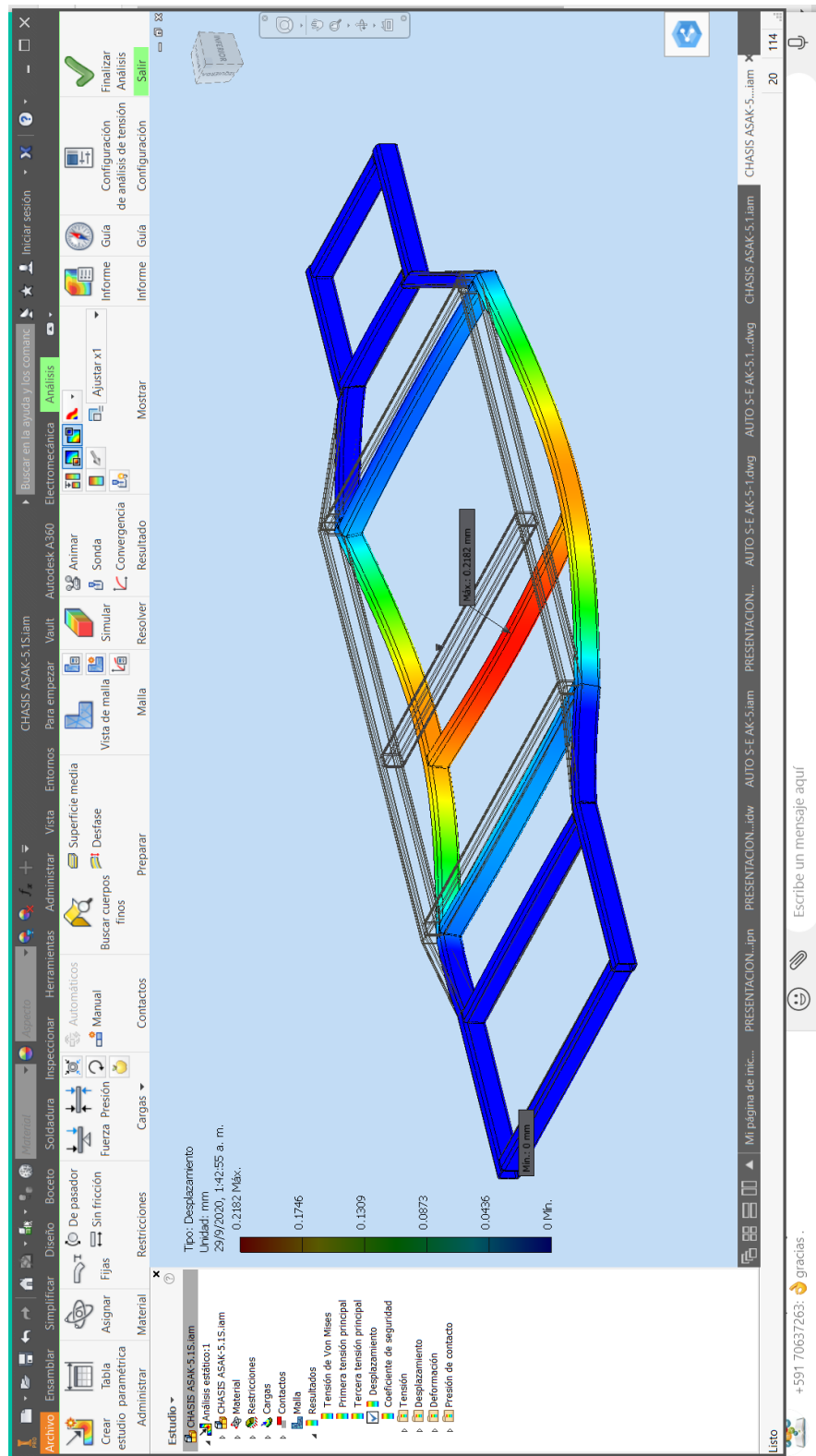


Fig. 33. Análisis del desplazamiento del chasis

Fuente: Diseño Propio

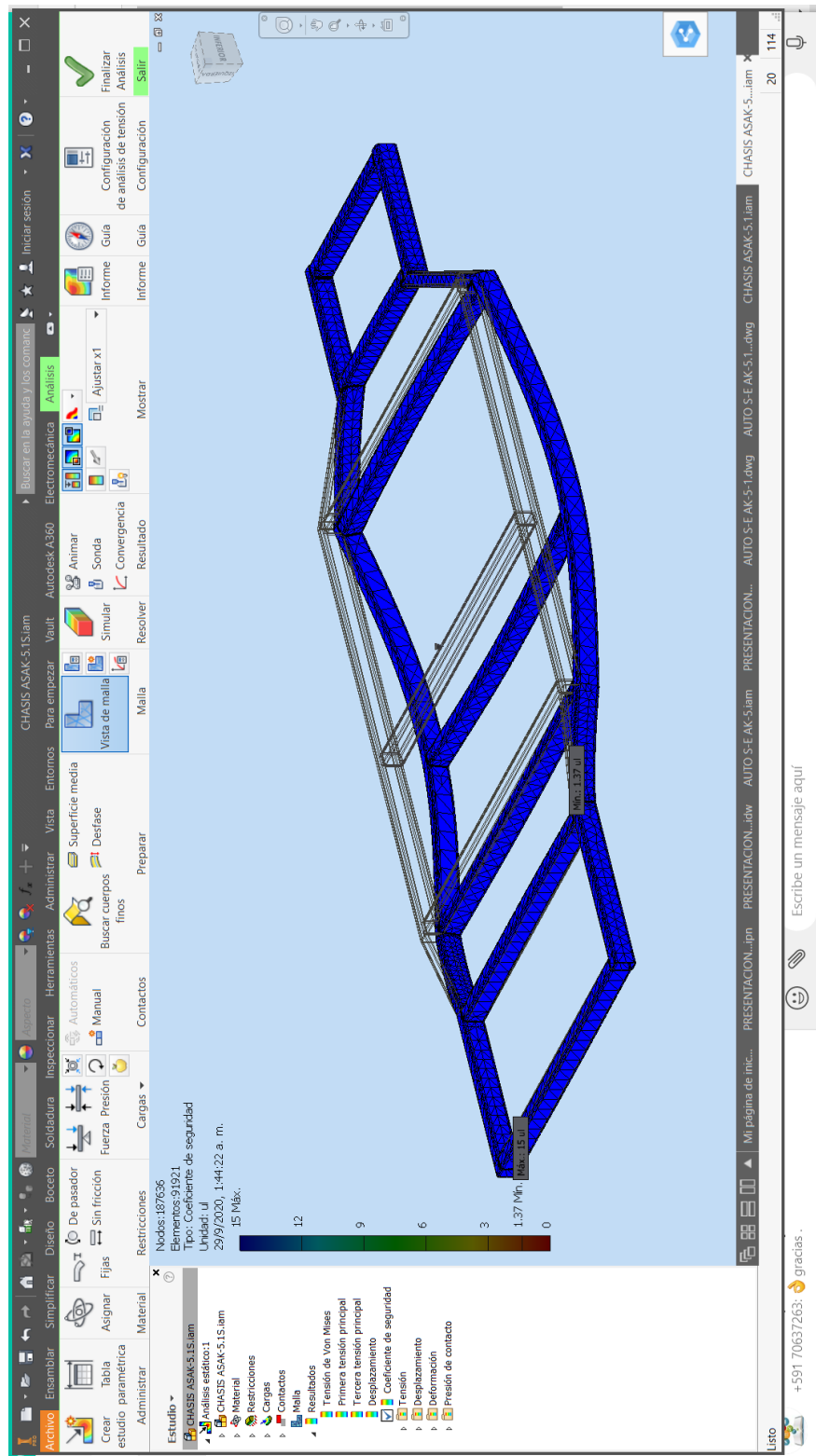


Fig. 34. Cálculo de los coeficientes de seguridad del chasis

Fuente: Diseño Propio

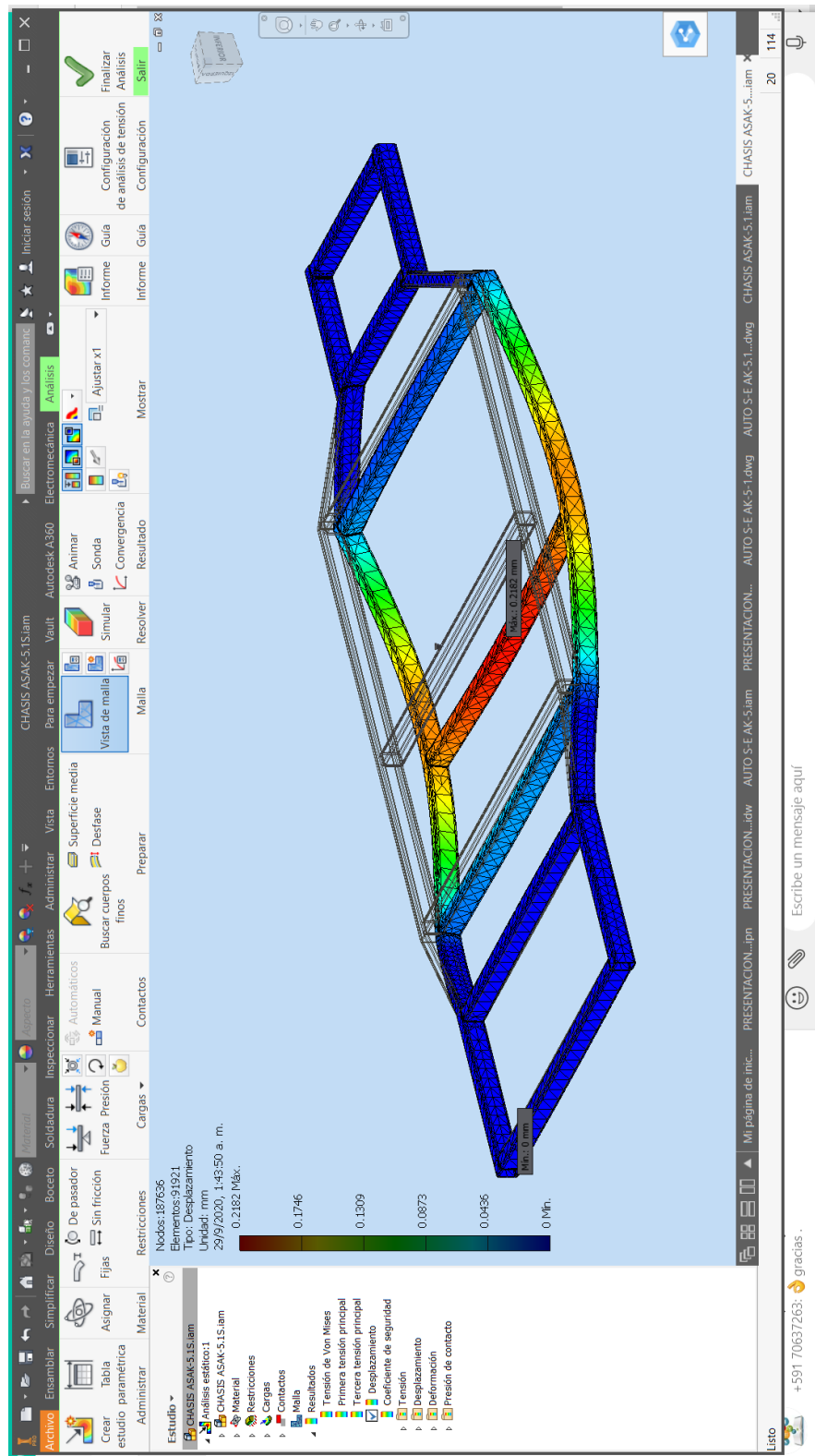


Fig. 35. Desplazamiento del chasis (2)

Fuente: Diseño propio

4.2.6. SISTEMA ELÉCTRICO DEL VEHÍCULO

El diseño eléctrico fue establecido de la siguiente manera:

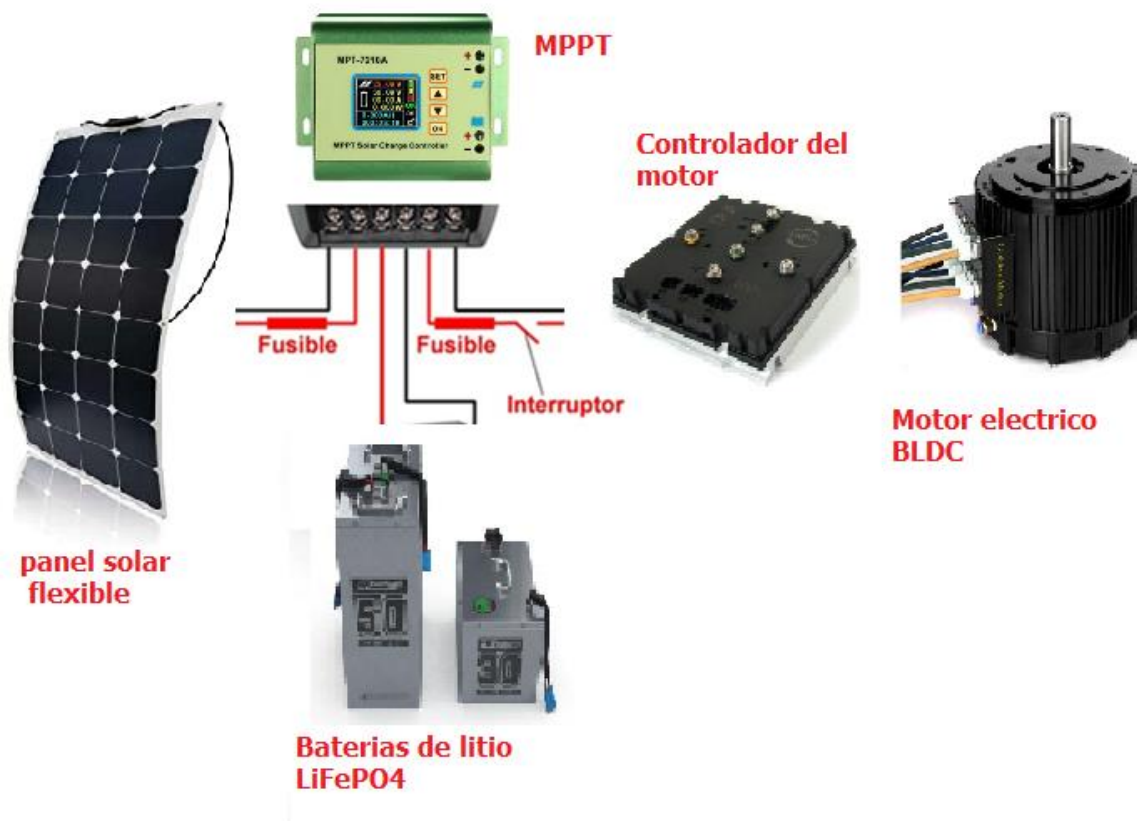


Fig. 36. Sistema eléctrico principal del auto solar

Fuente: Diseño propio

Tabla 7. Componentes del sistema eléctrico principal del vehículo

Nº	Nombre	Características	Cantidad
1	Panel solar flexible	100W, peso aprox. 2.1 Kg, 18V	5 unidades
2	MPPT	72V	1 unidad
3	Baterías de litio	1 batería de 50Ah y otra de 30 Ah, 72V.	2 unidades
4	Controlador del motor	Compatible con el motor BLDC	1 unidad
5	Motor eléctrico tipo BLDC	10 KW, 72 V.	1 unidad

Fuente: Diseño propio

El arreglo de los paneles solares es de 2 grupos. El primer grupo está compuesto por 4 paneles y están ubicados en el techo del auto solar, los mismos están conectados en serie y tiene la función principal de alimentar las baterías a las cual está conectado el motor. El segundo grupo está

compuesto por un solo panel el cual estará conectado a una pequeña batería de 12V el cual tiene el objetivo de alimentar a los sistemas auxiliares (iluminación, bocina, etc) del prototipo.

4.2.7. PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL AUTO SOLAR

Para la construcción del vehículo se necesitan los siguientes materiales con sus respectivos precios referenciales:

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio unitario	P. Total
1	Asientos de carrera OKLEAD	2	4500	9000
2	Llantas y aro	4	600	2400
3	Amortiguadores de moto	4	700	2800
4	Tubo rectangular de 50x40x2 ASTM A-36	4	202	808
5	Tubo rectangular de 50x30x2 ASTM A-36	9	135	1215
6	Tubo rectangular de 30x20x2 ASTM A-36	3	73	219
7	Electrodos 6013	1	200	200
8	Electrodos 6010	1	210	210
9	Accesorios eléctricos		5000	5000
10	Fibra de vidrio		3500	3500
11	Diferencial	1	2600	2600
12	Dirección	1	1500	1500
13	Panel solar flexible	5	1990	9950
14	Motor BLDC 10 KW	1	13912	13912
15	Controlador de motor BLDC 10KW	1	10465	10465
16	Accesorios para sistema de frenos	1	1200	1200
17	Adaptador de eje de motor a diferencial	1	500	500
18	Pintura antioxidante	3	120	360
19	Accesorios varios	1	5000	5000
TOTAL EN BOLIVIANOS				70839

Nota: Los costos no incluyen las baterías de litio y la mano de obra .

Los resultados obtenidos de esta etapa de diseño cubren las expectativas que se tuvieron en un principio. Uno de los momentos más delicados en el diseño es sin duda el peso del vehículo, pero los aproximadamente 600 Kg que se indican están dentro del rango de trabajo del motor seleccionado, pues este puede llevar cargas de hasta 800 Kg.

Por otro lado el diseño mismo del vehículo es el adecuado pues cumple con el objetivo de ser cómodo para los usuarios, en lo que respecta el acceso al interior del vehículo. El vehículo permite transportar a 2 personas cómodamente sentadas en el mismo.

En un principio se quiso diseñar un auto solar semejante al Alt-Katari MRC4 solo incluyendo un asiento más, pero se pudo apreciar que es incómodo de entra y salir del vehículo, al mismo tiempo se hubiera tenido una separación entre el piloto y el segundo pasajero. Lo cual sin duda es incómodo para los turistas pues generalmente ellos necesitan conversar libremente entre ellos.

El segundo prototipo de la empresa ELF, es muy interesante y se pensó que era el ideal pues les da a los pasajeros una amplia visión pues casi todas sus paredes son de vidrio. Lamentablemente el vehículo es tan pequeño que no se tiene la posibilidad de colocar los paneles solares.

El tercer modelo es muy interesante y fue de el que se asimilo la posición de los pasajeros y también de los paneles solares, implementarlo exactamente como esta diseñado, no es recomendable por el alto costo, pues por la forma aerodinámica que este tiene se puede apreciar que está construido de fibra de carbono, lo que haría que su costo de construcción sea muy elevado.

Finalmente como se resume en la tabla 4, se pudo abstraer las mejores características de cada modelo y de esa manera se realizó el diseño del auto solar.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.

1. La sal presente en todo el entorno geográfico de la zona de estudio tendrá un efecto corrosivo muy pronunciado en todos los componentes del auto solar, por lo que se recomienda periódicamente realizar el mantenimiento respectivo con pinturas antioxidantes para superficies metálicas.
2. La superficie generalmente plana del Salar de Uyuni y su alta radiación solar es ideal para el uso de este tipo de prototipos, pero sin duda la salinidad del ambiente y las precipitaciones fluviales pueden afectar en el deterioro del vehículo.
3. Se tomaron como referencia a 3 vehículos solares, lo que permitió abstraer las cualidades más relevantes de estos y considerarlos en el momento de diseñar el auto solar de turismo. El diseño mecánico final cumple con los requerimientos y objetivos del presente proyecto.
4. El análisis de deformaciones del chasis del vehículo permitió establecer el tipo de materiales a utilizarse para su construcción con el fin de que esta estructura soporte satisfactoriamente el peso de todos los componentes del prototipo.
5. El diseño eléctrico estableció los componentes del sistema eléctrico principal, siendo estos 5 paneles solares flexibles de 100W c/u, dos baterías de litio de 72V c/u, un MPPT para proteger y optimizar la carga de las baterías de litio, un controlador compatible con el motor eléctrico, un motor eléctrico tipo BLDC de 72V y 10KW.
6. El análisis aerodinámico estableció que el diseño es correcto pues el fluido recorre uniformemente la superficie del vehículo sin generar remolinos de viento u otros fenómenos semejantes.
7. Mediante el análisis de costos se estimó que el auto solar de turismo tendrá un costo referencial de 70000 Bs. Sin embargo ese cálculo no incluye el costo de las baterías de litio debido a que se espera entrar en convenio con Yacimientos de Litio Bolivianos, los cuales podrían proveer los módulos de litio necesarios, el costo tampoco incluye la mano de obra, debido a que se espera que el prototipo sea construido por docentes y estudiantes de la Carrera.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Para diseñar y realizar vehículos de este tipo se recomienda elegir los materiales que cumplan con los requerimientos de las características técnicas del prototipo.

2. Si se desea aumentar de velocidad se recomienda incluir una caja de velocidades manteniendo el mismo diseño fotovoltaico. Otra forma es adquirir un motor de mayor potencia pero será necesario realizar el diseño del pack de baterías de litio.
3. Una vez construido el prototipo es necesario hacer seguimiento al estado del chasis para ver si la deformación que este puede tener con el tiempo coincide con lo calculado por el software de simulación.
4. Se debe cumplir con el mantenimiento del vehículo para garantizar su vida útil.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Carlo Lázaro, Luís. (2018). LA METAMORFOSIS DEL SALAR DE UYUNI. Rev. Tecnológica [online]. vol.14, n.20 pp. 28-30. Recuperado en 10 de abril de 2020, de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-75322018000100008&lng=es&nrm=iso.

Andrade, Marcos F., & Zaratti, Francesco. (2007). MEDIDAS DE ALBEDO EN EL SALAR DE UYUNI. Revista Boliviana de Física, 13(13), pp.11-17. Recuperado en 13 de abril de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1562-38232007000000002&lng=es&tlng=es.

Rocha Valenzuela, Jaime. (2015). ESTUDIOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE METALES EMPLEADOS EN LA PROTECCION DE ACERO EN BOLIVIA (Al- Zn). Pp. 1-19. Recuperado en 5 de abril de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/278302668_ESTUDIOS_SOBRE_EL_COMPORTAMIENTO_DE_METALES_EMPLEADOS_EN_LA_PROTECCION_DE_ACERO_EN_BOLIVIA_Al-Zn

González Fernández, J. A. (1984). TEORÍA Y PRÁCTICA DE LA LUCHA CONTRA LA CORROSIÓN. España: Ed.: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

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

Castillo, M. A. (2011). PROTECCIÓN ANTICORROSIVA DE LA CARROCERÍA. Rev. Técnica. N° 48, pp. 24-28. Recuperado en 15 de abril de 2020, de

http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R48_A5.pdf

Gómez-Cruz, Nelson. (2013). Vida Artificial: Ciencia e Ingeniería de Sistemas Complejos.

Andersen, Lykke E., Valdez, Laura. (2009). TURISMO EN EL SALAR DE UYUNI: RESTRICCIONES Y POTENCIALIDADES. Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. Serie de Documentos de Trabajo sobre Desarrollo No. 18.

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

Armijos Jaramillo, Jhonny O., (2017). DISEÑO DEL SISTEMA DE POTENCIA DE UN PROTOTIPO DE VEHÍCULO MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR PARA LA COMPETENCIA DE VEHÍCULOS WORLD SOLAR CHALLENGE. Trabajo de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.

Guzmán Pájaro, Fernando. (2019). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CARRO ELÉCTRICO QUE APROVECHE LA ENERGÍA SOLAR Y FACILITE EL TRASPORTE DE PERSONAS PARAPLÉJICAS. Colciencias. Colombia.

Carreño Aguillón, Elsy., Vacca Melo, Edwin A. (2012). DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN VEHÍCULO AUTÓNOMO IMPULSADO POR ENERGÍA SOLAR. Revista científica Tecnura, vol. 16, No- 32 pp. 91 -106. Colombia.

Valdez Guzmán, Celso F. (2008). DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN AUTOMÓVIL DE ENERGÍA SOLAR PARA PERSONAS CON CAPACIDADES DIFERENTES EL HUASTECO. Tesis de Grado. Instituto Politécnico Nacional. México.

Granda Sánchez, Yandry V. (2014). “REINGENIERÍA APLICADA DE UN VEHÍCULO TIPO GO KART DE 384 W CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS”. Tesis de grado. Universidad de las Fuerzas Armadas EPE, Ecuador.

Andersen, L. (diciembre de 2009). TURISMO EN EL SALAR DE UYUNI: RESTRICCIONES Y POTENCIALIDADES. Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo. https://www.academia.edu/22266808/Turismo_en_el_Salar_de_Uyuni_Restricciones_y_Potencialidades

Wikipedia. (s.f). ATRACCIÓN TURÍSTICA.
https://es.wikipedia.org/wiki/Atracci%C3%B3n_tur%C3%ADstica

Rodríguez, Roxana. (2019). PROYECTO “CARRO SOLAR”. Feria de las ciencias, tecnología e innovación — UNAM.
<https://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria17/index?file=119.pdf>.

VEHÍCULO SOLAR, (julio 2020). En Wikipedia
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Veh%C3%ADculo_solar&oldid=127419040