



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA CARROCERÍA TIPO M1 PARA ENSAMBLAJE

SOBRE UN CHASIS PIXKIT

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: EDUARDO ANDRÉS CALLE PAREDES

MILTON ABRAHAM RENTERIA QUEZADA

TUTOR: ING. WILSON PATRICIO CALLE GUAMANTARIO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Eduardo Andrés Calle Paredes con documento de identificación N° 0704025121 y Milton Abraham Renteria Quezada con documento de identificación N° 0706458338; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 28 de agosto del 2024

Atentamente,



Eduardo Andrés Calle Paredes

0704025121



Milton Abraham Renteria Quezada

0706458338

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Eduardo Andrés Calle Paredes con documento de identificación N° 0704025121 y Milton Abraham Renteria Quezada con documento de identificación N° 0706458338, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis estructural de una carrocería tipo M1 para ensamblaje sobre un chasis Pixkit”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de agosto del 2024

Atentamente,



Eduardo Andrés Calle Paredes

0704025121



Milton Abraham Renteria Quezada

0706458338

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Wilson Patricio Calle Guamantario con documento de identificación N° 0103551057, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA CARROCERÍA TIPO M1 PARA ENSAMBLAJE SOBRE UN CHASIS PIXKIT, realizado por Eduardo Andrés Calle Paredes con documento de identificación N° 0704025121 y por Milton Abraham Renteria Quezada con documento de identificación N° 0706458338, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de agosto del 2024

Atentamente,



Ing. Wilson Patricio Calle Guamantario, Msc.

0103551057

DEDICATORIA

La tesis realizada va dedicada a mis padres (Carlos Calle y María Paredes), a mi abuela (María Chávez) que fue un pilar fundamental en mi proceso educativo, a mi hermano que con su ejemplo me impulsó a esforzarme cada día más y a mis tíos por tener la paciencia, confianza y sobre todos brindarme la oportunidad de vivir con ellos gran parte de mi estancia académica. Agradezco a cada una de las personas antes mencionada ya que sin el apoyo que cada uno me brindó y sin dudar ni un segundo de mis propias capacidades estoy más cerca de conseguir un objetivo más, por ello le dedico este proyecto en forma de agradecimiento por todo lo que hicieron por mí.

Eduardo Andrés Calle Paredes

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia, mis padres (Milton Renteria y Cecibel Quezada), mi querida esposa y a mi amado hijo por haber sido un pilar fundamental en mi desarrollo profesional y personal. Gran parte de mis logros, incluido este, se deben a ustedes. Me educaron con disciplina y ciertas libertades, pero, sobre todo, siempre me alentaron a perseguir mis sueños.

Gracias, padre, madre, mujer e hijo

Milton Abraham Renteria Quezada

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto tiene como agradecimiento especial a mi director de tesis, por impartirme sus conocimientos y sobre todo por la paciencia brindada en el desarrollo del mismo, a mis queridos padres, hermano y todos mis familiares quienes supieron creer en mí y sobre todo supieron apoyarme a lo largo de mi vida, guiándome por el camino adecuado mostrándome de lo que puedo ser capaz, por ultimo agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana que con cada uno de sus docentes y personal supieron ayudarme a convertirme en un gran profesional, siempre con los valores salesianos los cuales llevare siempre en el resto de mi vida profesional.

Eduardo Andrés Calle Paredes

AGRADECIMIENTO

Primero, agradezco a Dios por brindarme una experiencia tan enriquecedora en mi universidad. Agradezco a mi universidad por brindarme las herramientas necesarias para convertirme en un excelente profesional en el campo que me identifico. También, expreso mi gratitud a cada maestro que formó parte de este proceso integral de formación, cuya culminación se refleja en este grupo de graduados. Como testimonio y evidencia perdurable en la historia, esta tesis permanecerá como fuente de conocimiento y desarrollo para futuras generaciones.

Finalmente, agradezco a quienes lean esta sección y el resto de mi proyecto, por permitir que mis experiencias y conocimientos enriquezcan su repertorio de información mental.

Milton Abraham Renteria Quezada

RESUMEN

Se establecieron diferentes tareas para lograr los objetivos; estas tareas serán desarrolladas en este trabajo, exponiendo el siguiente punto:

Fase 1: En esta etapa, se efectuará una revisión bibliográfica que abordará la definición, los modelos, los componentes, el funcionamiento y la clasificación de la estructura de una carrocería tipo M1 y de un chasis Pixkit.

Fase 2: Se presentará conceptos generales necesarios para el diseño de la carrocería y se determinaran todas aquellas características previas al diagnóstico estructural de la carrocería tipo M1 para ensamblaje sobre un chasis pixkit, teniendo varias definiciones mencionadas en el contenido del capítulo 1

Fase 3: Se realizará un análisis estructural (esfuerzos y deformaciones) sobre la estructura interna de la carrocería tipo M1 ensamblado sobre un chasis pixkit, obteniendo así una garantía de su funcionamiento y presentando recomendaciones acerca de este análisis.

Fase 4: Para concluir, se presentan los conceptos generales asociados al análisis de los costos de la producción de dicho proyecto, tomando como base los diseños elaborados en las fases 2 y 3. Se evalúan tanto los materiales como la mano de obra, estableciendo de esta manera el costo requerido para la carrocería tipo M1.

Palabras Clave: Ensamblaje, Chasis, Diagnostico, Pixkit.

ABSTRACT

Different tasks are determined to achieve the objectives; these tasks will be developed in this work, exposing the following point: Phase 1: In this stage, a bibliographic review will be carried out that will address the definition, models, components, operation and classification of the structure of a M1-type body and a Pixkit chassis.

Phase 2: General concepts necessary for the design of the body will be presented and all those characteristics prior to the structural diagnosis of the M1-type body for assembly on a Pixkit chassis will be determined, having several definitions mentioned in the content of chapter 1. Phase 3: A structural analysis (stresses and deformations) will be carried out on the internal structure of the M1-type body assembled on a Pixkit chassis, thus obtaining a guarantee of its operation and presenting recommendations about this analysis.

Phase 4: To conclude, the general concepts associated with the analysis of the production costs of said project are presented, taking as a basis the designs developed in phases 2 and 3. Both the materials and the labor are evaluated, thus establishing the cost required for the M1-type body.

Keywords: Assembly, Chassis, Diagnosis, Pixkit.

INDICE GENERAL

1	INTRODUCCION	20
2	PROBLEMA	22
2.1	Antecedentes.....	22
2.2	Importancia y Alcance	23
2.3	Delimitación	24
3	OBJETIVOS	25
3.1	Objetivos generales.....	25
3.2	Objetivos específicos.....	25
4	CAPITULO I: FUNDAMENTOS TEORICOS DEL VEHICULO AUTÓNOMO.....	26
4.1	Vehículo autónomo.	26
4.2	Sistemas de Conducción Autónoma	26
4.3	Sensores	26
4.4	Sistemas de Seguridad	28
4.4.1	Seguridad activa:	28
4.4.2	Seguridad pasiva:.....	30
4.5	Concepto de carrocería	31
4.6	Concepto estructural de la carrocería.	32
4.7	Modelos de carrocerías.....	35
4.7.1	Tipos de carrocería según el chasis	35

4.7.2	Clases de carrocería de acuerdo a su volumen	37
4.7.3	Tipos de carrocería según su forma.....	39
4.8	Carrocería tipo M1	45
4.9	Concepto de chasis	46
4.10	Función del chasis	47
4.11	Tipos de chasis.....	48
4.12	Chasis PIXKIT	50
4.13	Diferencia entre chasis y carrocería.....	51
4.14	Elementos PIXKIT	52
5	Capítulo II: DISEÑO DE UNA CARROCERIA CON EL OBJETIVO DE AYUDAR A PERSONAS CON DISCAPACIDAD A TRANSPORTARSE	58
5.1	Medidas antropométricas para Discapacitados.....	58
5.2	Proceso de diseño	62
5.2.1	Creación de conceptos	62
5.2.2	Planos iniciales del vehículo	63
5.2.3	Datos del chasis y carrocería.....	63
5.2.4	Dimensiones interiores de la carrocería	64
5.2.5	Diseño del modelo de carrocería.....	65
5.2.6	Propuestas de diseño de carrocería	65
5.3	Diseño final de la carrocería para un chasis pixkit.	67
5.4	Diseño tubular de la estructura interna de la carrocería tipo m1.	69

6	CAPITULO III : ANALISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA ESTRUCTURA DE LA CARROCERIA PARA UN VEHICULO AUTONOMO	71
6.1	Conceptos básicos.....	71
6.1.1	Cargas vivas.....	71
6.1.2	Cargas muertas	72
6.2	Cargas de Aceleración	72
6.2.1	Resistencia Aerodinámica.....	72
6.2.2	Cargas combinadas	72
6.3	Cálculos de la estructura tubular interna	74
6.4	Dimensiones de la estructura tubular interna de la carrocería	74
6.4.1	Dimensiones del tubo	74
6.4.2	Ancho de la estructura	75
6.4.3	Largo de la estructura	76
6.4.4	Alto de la estructura.....	76
6.4.5	Vista superior de la estructura.....	77
6.4.6	Vista del Chasis y sus puntos de anclaje	78
6.4.7	Vista de la estructura y sus puntos de anclaje	79
6.5	Materiales utilizados para el análisis estructural de la carrocería.....	79
6.6	Datos de las cargas (cargas vivas, cargas muertas).....	81
6.7	Análisis de esfuerzo y deformación de la estructura mediante el software ANSYS	83
6.7.1	Propiedades del material.....	83

6.7.2	Estructura tubular Mallado en ANSYS 2024	84
6.7.3	Análisis de esfuerzos	86
6.7.4	Análisis de deformación.	87
6.7.5	Análisis del factor de seguridad	87
6.7.6	. Cargas de impacto.....	89
6.7.7	Carga de frenado.....	95
6.7.8	Cargas laterales.....	99
6.7.9	Cargas combinadas	101
7	CAPITULO IV: COSTOS Y RECURSOS UTILIZADOS	105
7.1	Costos	105
7.2	Estado de Costos de Fabricación	105
7.2.1	Costos de Producción	105
7.2.2	Materia Prima	107
7.2.3	Mano de Obra	107
7.3	Costos de la materia prima	109
7.4	Mano de obra	109
7.5	Costos de fabricación.....	113
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
8.1	Conclusiones.....	114
8.2	Recomendaciones	115
9	Bibliografía	116

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>localización donde se llevará a cabo el proyecto</i>	25
Figura 2 <i>Sensores y partes del chasis pixkit</i>	28
Figura 3 <i>Seguridad activa y pasiva de un vehículo</i>	31
Figura 4 <i>Carrocería autoportantes o monocascos</i>	32
Figura 5 <i>Chasis con carrocería independiente</i>	35
Figura 6 <i>Plataforma con carrocería autónoma</i>	36
Figura 7 <i>Carrocería monocasco</i>	36
Figura 8 <i>Carrocería autoportante</i>	37
Figura 9 <i>Carrocería monovolumen</i>	38
Figura 10 <i>Carrocería de dos volúmenes</i>	38
Figura 11 <i>Carrocería de tres volúmenes</i>	39
Figura 12 <i>Carrocería SEDAN</i>	40
Figura 13 <i>Carrocería COUPE</i>	40
Figura 14 <i>Carrocería Hatchback</i>	41
Figura 15 <i>Carrocería Descapotable</i>	41
Figura 16 <i>Carrocería Roadster</i>	42
Figura 17 <i>Carrocería Urbano</i>	42
Figura 18 <i>Carrocería Todoterreno</i>	42
Figura 19 <i>Carrocería Monovolumen</i>	43
Figura 20 <i>Carrocería SUV</i>	43
Figura 21 <i>Carrocería Deportivo</i>	44

Figura 22 <i>Carrocería Pickup</i>	44
Figura 23 <i>Chasis en escalera</i>	48
Figura 24 <i>Chasis monocasco</i>	49
Figura 25 <i>Chasis monocasco USLAB</i>	49
Figura 26 <i>Chasis tubular</i>	50
Figura 27 <i>Chasis columna vertebral</i>	50
Figura 28 <i>Diferencia entre carrocería y chasis</i>	52
Figura 29 <i>Chasis pixkit</i>	53
Figura 30 <i>Modo estándar</i>	53
Figura 31 <i>Modo extensible</i>	54
Figura 32 <i>Sensores completos</i>	55
Figura 33 <i>Mando a distancia industrial</i>	56
Figura 34 <i>Mediadas antropométricas para hombres en silla de ruedas</i>	60
Figura 35 <i>Medidas antropométricas para mujeres en silla de ruedas</i>	62
Figura 36 <i>Prototipo 1</i>	65
Figura 37 <i>Prototipo 2</i>	66
Figura 38 <i>Prototipo 3</i>	67
Figura 39 <i>Chasis pixkit diseñado</i>	67
Figura 40 <i>Carrocería destinada a formar el armazón del vehículo</i>	68
Figura 41 <i>Vehículo autónomo final</i>	69
Figura 42 <i>Estructura interna tubular de la carrocería</i>	70
Figura 43 <i>Estructura tubular interna</i>	74
Figura 44 <i>Diámetro del tubo</i>	75
Figura 45 <i>Ancho de la estructura</i>	75

Figura 46 <i>Largo de la estructura</i>	76
Figura 47 <i>Alto de la estructura</i>	77
Figura 48 <i>Vista superior</i>	77
Figura 49 <i>Puntos de anclaje del chasis</i>	78
Figura 50 <i>Estructura y puntos de anclaje</i>	79
Figura 51 <i>Propiedades del acero A36 en ANSYS</i>	83
Figura 52 <i>Mallado de estructura tubular</i>	84
Figura 53 <i>Mallado de sección tubular</i>	85
Figura 54 <i>Calidad de mallado</i>	85
Figura 55 <i>Esfuerzo equivalente o von mises</i>	86
Figura 56 <i>Total deformación de la estructura</i>	87
Figura 57 <i>Factor de seguridad</i>	88
Figura 58 <i>Carga de impacto aplicada a la estructura</i>	92
Figura 59 <i>Aceleración de la carrocería</i>	92
Figura 60 <i>Deformación total de la carrocería a 60km/h</i>	93
Figura 61 <i>Esfuerzo equivalente de la carrocería a 60 km/h</i>	93
Figura 62 <i>Factor de seguridad de la carrocería en un impacto a 60 km/h</i>	94
Figura 63 <i>Centro de gravedad</i>	96
Figura 64 <i>Distancias de ejes al centro de gravedad</i>	96
Figura 65 <i>Deformación total considerando la carga de frenado</i>	98
Figura 66 <i>Esfuerzo equivalente con la carga de frenado</i>	98
Figura 67 <i>Factor de seguridad con la carga de frenado</i>	99
Figura 68 <i>Deformación total con las cargas combinadas</i>	103
Figura 69 <i>Esfuerzo equivalente con cargas combinadas</i>	103

Figura 70 *Factor de seguridad con las cargas combinadas*104

Tabla 1 <i>Automóviles pertenecientes a la categoría M1</i>	45
Tabla 2 <i>Medidas antropométricas</i>	59
Tabla 3 <i>Medidas antropométricas</i>	60
Tabla 4 <i>Medidas antropométricas mujeres</i>	61
Tabla 5 <i>Medidas del chasis pixkit</i>	63
Tabla 6 <i>Dimensiones de carrocería</i>	64
Tabla 7 <i>Propiedades químicas del acero ASTM A36</i>	80
Tabla 8 <i>Propiedades mecánicas del acero ASTM A36</i>	80
Tabla 9 <i>Datos de cargas muertas</i>	82
Tabla 10 <i>Valores de cargas Combinadas</i>	102
Tabla 11 <i>Materia prima utilizada</i>	109
Tabla 12 <i>Perfil profesional</i>	111
Tabla 13 <i>Sueldo mensual según perfiles profesionales</i>	111
Tabla 14 <i>Precio hora de la mano de obra</i>	111
Tabla 15 <i>Total de horas empleadas para el trabajo</i>	112
Tabla 16 <i>Total Mano de Obra</i>	112
Tabla 17 . <i>Costos totales de la Fabricación</i>	113

1 INTRODUCCION

La presente investigación realizada se encuentra encaminada al análisis estructural de una carrocería tipo M1 para ensamblaje sobre un chasis PIXKIT, es decir que el presente trabajo desarrolla las distintas habilidades y destrezas que se deben realizar para el desarrollo efectivo de una carrocería tubular ensamblado sobre un chasis PIXKIT, debido a que el mismo permite el diseño de un vehículo con facilidad de acceso eh incluso para personas con discapacidad.

Actualmente, además de la soldadura tradicional y sus diversas formas, se necesitan métodos mecánicos y químicos, que permitan conectar o ensamblar una o más partes del cuerpo. El método de conexión depende del tipo, función y disponibilidad de los materiales a conectar, que los componentes realizarán en la estructura. Asimismo, se encuentran tres tipos de enganches en los vehículos: los fijos, que no permiten que las piezas se separen una vez unidas; extraíble, que te permite quitar las piezas tantas veces como quieras; y articulado, que permite cierta libertad de movimiento entre las partes.

La industria automotriz sigue siendo una fuente significativa de empleo en el país. En 2023, se estima que 95,000 personas están empleadas en este sector, con una distribución de 80% hombres y 20% mujeres (AEADE). Según la distribución provincial, la ciudad de Guayas tiene el mayor número de empleados (35%), seguida de Pichincha (25%), Azuay (15%), Manabí (10%) y Tungurahua (7%).

No obstante, la OIT (Organización Mundial del Trabajo) (Zyht, 2022), nos dice que 153 trabajadores en todo el mundo sufren lesiones laborales cada 15 segundos. Una gran parte de estos incidentes ocurre en líneas de producción y ensamblaje a gran escala. En las fábricas de automóviles, los registros de accidentes y enfermedades laborales indican que la tasa de incidentes

por trabajador (4,9%) es más alta que en otras industrias, consideradas más peligrosas, como la industria química (2,4%) y la industria minera (3,3%).

Por lo cual, el desarrollo del presente proyecto emplea una metodología práctica al momento de realizar el ensamblaje directo en el chasis, lo que permite tener una forma de practica en el ambiente plenamente para el desarrollo de los nuevos prototipos, de igual manera nuestra estructura deberá proporcionar seguridad para los componentes eléctricos.

2 PROBLEMA

La Universidad Politécnica Salesiana adquirió un automóvil autónomo denominado PIXKIT 2.0, compuesto solo por el chasis y los componentes esenciales para su funcionamiento. El cual este proyecto tiene como propósito desarrollar una solución de movilidad inclusiva para personas con paraplejia, ofreciendo un medio que permita el transporte autónomo accesible y sobre todo adaptado a sus necesidades.

Es fundamental llevar a cabo un detallado estudio de un análisis estructural para asegurar que la estructura garantice seguridad y cumplimiento a las normas de seguridad vehicular tanto como en nuestro país o cualquier parte del mundo. Este análisis garantiza que el diseño sea estéticamente agradable, funcional y sobre todo que cuide la integridad física de todos los ocupantes antes diferentes sucesos ya sean accidentes o algún tipo de colisión.

2.1 Antecedentes

Uno de los estudios vinculados al proyecto denominado **Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar**” el cual es escrito por (Carreño, Aguillon, Elsy del Pilar; Vacca, Melo, Edwin Alfonso; Lugo, Ariza, Ingrid, 2012), este documento se divide en dos áreas principales de trabajo; uno para diseño y otro para construcción. Estos se dividen nuevamente en tres grupos de aplicaciones del conocimiento, a saber: ensamblaje mecánico, ensamblaje eléctrico y ensamblaje de celdas solares. Estos componentes también se agrupan en grupos o sistemas, los cuales a su vez se subdividen hasta llegar a las especificidades de cada una de sus partes constituyentes y deben ser diseñados o seleccionados de acuerdo con ciertas prácticas de ingeniería y criterios de desempeño.

Así también, el trabajo de investigación realizada por (Pesántez Palomeque & Pachar Jiménez, 2016) en su trabajo titulado “**Diseño del Prototipo de un Vehículo Monoplaza Para Personas con Paraplejía**” aunque explican lo necesario que es el uso de un vehículo autónomo para ayudar a los parapléjicos a desplazarse, esta necesidad sigue sin satisfacerse. Esta investigación implica el desarrollo paso a paso de varias etapas del diseño de automóviles, centrándose en resolver problemas específicos y atender a grupos específicos de personas.

El diseño automotriz comprende varias fases, etapas y procesos que deben ser integralmente desarrollados, sabiendo muy bien las características del usuario objetivo. Utilizando un software especializado de diseño, se formulan conceptos tangibles basados en la dinámica del vehículo y los criterios de validación dictados por las normativas correspondientes. Además, se busca lograr con éxito la creación de un prototipo de diseño vehicular que sea eficiente, seguro, de construcción sencilla, de bajo presupuesto, que sea autónomo y ergonómico, favoreciendo también la movilidad de una persona con cierta discapacidad física, en este caso una persona con paraplejía.

2.2 Importancia y Alcance

La investigación propuesta se basa en las necesidades que se han observado en la sociedad, cada una de las necesidades y sobre todo de aquellas que se pueden controlar y mejorar de manera correcta son de importancia investigativa. Como se observa en el planteamiento del problema se mencionan 2 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), el primero de ellos fue electo por la relación que mantiene con el título investigativo al diseñar un modelo automovilístico no común para el país valiéndose de la innovación de la rama mecánica, y aplicando una energía limpia y asequible como lo es el uso de transportes de vehículos eléctricos y autónomos.

El segundo objetivo de desarrollo sostenible fue seleccionado por la relación ética y moral que mantiene con el proyecto en curso, al velar por la disminución de las desigualdades en el país

se basa a que las personas discapacitadas se sientan menos discriminadas por parte de la sociedad al divisar las limitaciones con las que viven día a día.

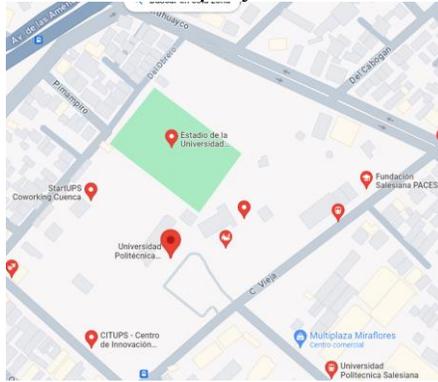
Dicho proyecto se basa en proponer un diseño de una carrocería para un chasis autónomo que permita a las personas con grados de discapacidad física y que utilizan una silla de ruedas para su movilización con ayuda de sus familiares puedan cambiar está realidad y hacerlo por su propia cuenta, reflejando que aun teniendo una discapacidad física pueden ser independientes y trasladarse a donde deseen de manera autónoma.

La factibilidad de este estudio se da en el proceso de colaboración por parte de todos los involucrados, desde el tutor de la tesis y de cada investigador, permitiendo así generalizar su participación para la obtención de resultados benéficos hacia las personas que mantienen una discapacidad física especialmente que se encuentran atados a una silla de ruedas. Con el desarrollo de la investigación y de la propuesta se busca crear un transporte que ayude a una movilización para dichas personas de manera autónoma y segura.

2.3 Delimitación

Este estudio se realizará en la ciudad de Cuenca, la cual se encuentra situada en la provincia de Azuay. Cuenca está localizada en la sierra ecuatoriana con 2500 metros de altitud sobre el nivel del mar, tiene un territorio de 70.59 km² y un aproximado de población de 580,000 personas.

Figura 1 *localización donde se llevará a cabo el proyecto*



Nota. La imagen nos indica la ubicación donde se llevará a cabo el proyecto. Tomado de (GoogleMaps, 2024)

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos generales

Analizar la estructura de una carrocería tipo M1 para ensamblaje sobre un chasis PIXKIT

3.2 Objetivos específicos

- Realizar una investigación bibliográfica de todos los componentes que van ubicados dentro del automóvil autónomo.
- Diseñar una carrocería, de modo que podamos ayudar a las personas con discapacidad a tener un transporte.
- Analizar los esfuerzos y deformaciones de la estructura de la carrocería para un vehículo autónomo.
- Analizar los costos y los recursos necesarios para llevar a cabo dicho proyecto.

4 CAPITULO I: FUNDAMENTOS TEORICOS DEL VEHICULO AUTÓNOMO.

4.1 Vehículo autónomo.

Un vehículo dotado con tecnología de automatización vehicular puede ser conocido por varios términos, como automóvil autónomo, vehículo autónomo (AV), coche sin conductor o coche robótico (robo-car). Este término describe un medio de transporte terrestre que tiene la capacidad de percibir su localización y desplazarse de manera segura con ninguna o poca intervención de un conductor humano. (Sabry, 2022).

4.2 Sistemas de Conducción Autónoma

Los sistemas de conducción autónoma tienen la capacidad de interpretar el entorno de un vehículo mediante diversos sensores y posteriormente ejecutan acciones previamente programadas en función de las percepciones obtenidas. Sensores como los ultrasónicos, de radar, de detección de luz y alcance (LiDAR), entre otros, son instalados en la carrocería del automóvil con el propósito de formar una representación detallada del entorno circundante. Este enfoque permite que el sistema tome decisiones informadas y realice maniobras seguras en respuesta a las condiciones del entorno. (Gonzales, 2023).

4.3 Sensores

Los cinco sensores principales necesarios para el funcionamiento de un vehículo autónomo son: cámaras, LiDAR, radar, sensores IMU y GPS, aunque pueden añadirse otros como el sonar. En teoría, un vehículo podría operar sin alguno de estos cinco tipos de sensores, como el GPS.

Las cámaras son fundamentales para capturar imágenes de vídeo en un vehículo autónomo. Los prototipos actuales incluyen cámaras en distintas ubicaciones, apuntando hacia adelante, hacia atrás, a los lados del vehículo y con diversos ángulos de visión.

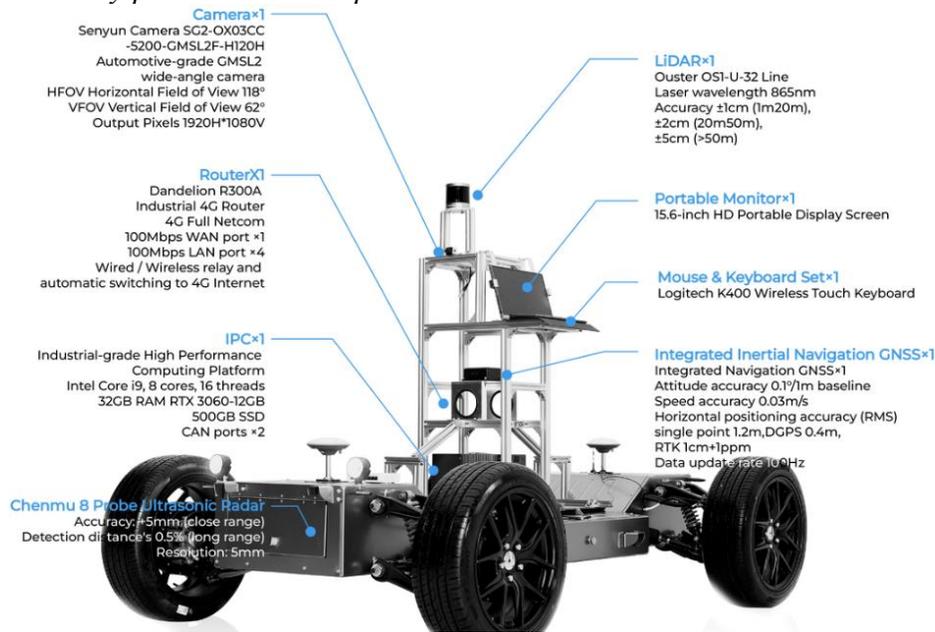
El radar funciona emitiendo ondas de radio y se coloca estratégicamente para cubrir todo el perímetro del vehículo, con un enfoque principal en la parte frontal. Estas ondas rebotan al encontrarse con un objeto y retornan al sensor, que calcula la distancia al objeto cuando la onda regresa.

El LiDAR funciona de manera similar al radar, pero utiliza una señal láser. Esta característica proporciona una respuesta más detallada y compleja. A diferencia del radar, donde la onda de radio simplemente regresa al chocar con un objeto físico, el láser rebota en el entorno antes de regresar a su punto de origen.

Los sensores IMU (unidades de medición inercial), incluyen giroscopios y acelerómetros, Estos detectan los movimientos del vehículo al medir la orientación y la velocidad, ayudando a ubicar el automóvil. Sin embargo, su precisión puede variar debido a la acumulación de pequeños errores de cálculo a medida que el automóvil este en movimiento y cambio de dirección.

Al combinar las IMU con el **GPS**, se logra una mayor precisión en la ubicación del vehículo. Aunque ambas tecnologías de posicionamiento tienen sus propias imprecisiones, al trabajar juntas reducen el margen de error. Además, el GPS es crucial para la navegación del vehículo mediante sistemas de mapas. (Bejerano, 2022).

Figura 2 *Sensores y partes del chasis pixkit*



Nota. En la -imagen se muestra los sensores y partes antes mencionadas del Pixkit. Tomado de página oficial de pixmoving (PIX Moving, 2023)

4.4 Sistemas de Seguridad

Cada automóvil incorpora diversos sistemas de seguridad, y es esencial familiarizarse con ellos, aprender su manejo y valorar su utilidad, ya que la vida de los ocupantes que se encuentran en el vehículo depende de estos tipos de dispositivos de seguridad. La clasificación de dichos sistemas de seguridad habilitados en los vehículos se divide en 2 amplias categorías la cual se aprecia según su función:

4.4.1 Seguridad activa:

Es la cual nos permite estar siempre prevenidos de los accidentes.

Neumáticos: El estado adecuado y la calidad de los neumáticos, incluida la presión, son determinantes para que cumplan eficientemente con todas sus funciones y, en consecuencia, para garantizar un viaje seguro.

Sistema ABS (frenos antibloqueo): los frenos antibloqueo como su palabra lo dice evitan que las ruedas del automóvil se bloqueen al aplicar completamente el freno, reduciendo así la distancia de frenado y permitiendo maniobrar para esquivar obstáculos. Este sistema logra una disminución de aproximadamente un 13% en la distancia de frenado en condiciones secas y un 25% en condiciones húmedas

Control Electrónico de Estabilidad (ESC): Este sistema tiene como objetivo mantener el vehículo en la trayectoria deseada por el conductor, disminuyendo considerablemente los accidentes causados por derrapes. Con este sistema se logra estimar una reducción de hasta un 80% de accidentes relacionados con pérdida de control. Sin embargo, es necesario desactivar el sistema al detenerse en superficies con una mínima adherencia en terrenos pocos convencionales como el hielo o barro, para evitar que el ESC intervenga y las ruedas pierdan tracción, dificultando la salida.

Asistente a la frenada de emergencia o BAS: Dicho sistema es muy particular ya que este aumenta su presión de frenado para lograr reducir la distancia de parada.

Alerta de Desviación Involuntaria con Asistencia de Dirección: Este sistema permite que el vehículo informe al conductor cuando está a punto de desviarse del carril actual sin utilizar el indicador correspondiente. En caso de que el conductor no responda a las advertencias, el vehículo toma la iniciativa y ajusta la dirección de manera autónoma.

Sistema de Luces: Su función es mejorar nuestra visibilidad y asegurar que seamos detectados por otros conductores. Además, estas luces se utilizan para señalar maniobras y situaciones particulares, como el uso de intermitentes, luces de freno, luces de posición, luces altas, luces antiniebla, entre otras.

4.4.2 Seguridad pasiva:

Se refiere a las características diseñadas para disminuir los riesgos a los ocupantes de un automóvil en cuanto se produzca un accidente.

Cinturón de seguridad de tres puntos: Es un sistema que se considera como el más seguro y eficaz en cuanto a la seguridad pasiva hasta la fecha, su uso adecuado disminuye en nueve veces la posibilidad de fatalidades en caso de colisión. A pesar de esto, lamentablemente, hay aún un número significativo de personas que optan por no utilizarlo. En 2019, el 22% de las víctimas fatales y en 2020, el 26%, no llevaban puesto este dispositivo.

Airbags: Estos dispositivos son sacos de aire que se inflan rápidamente en caso de una colisión, evitando que parte de nuestro cuerpo o rostro impacte contra las partes rígidas de un automóvil. Funcionan como sistemas de retención suplementarios (SRS) en conjunto con el cinturón de seguridad, ya que están diseñados para trabajar de manera sincronizada. Es esencial destacar que un airbag carece de eficacia si no se utiliza el cinturón de seguridad. Estos dispositivos se accionan mediante un proceso pirotécnico el cual son inflados mediante gas a presión o reacción química.

Diseño de Deformación Controlada: En la actualidad, la estructura del vehículo está configurada para deformarse de manera controlada en caso de colisión, con el objetivo de captar la máxima cantidad de energía posible, priorizando la protección del habitáculo.

Figura 3 Seguridad activa y pasiva de un vehículo



Nota. Esta figura se muestran componentes sobre la seguridad activa y pasiva de un vehículo.

Tomado de (Pérez Vega, C. , (2021))

4.5 Concepto de carrocería

La carrocería es el armazón fundamental que posibilita la construcción de la cabina de pasajeros, donde se alojarán los pasajeros y la carga. Además, dado que muchos modelos actuales comparten un chasis o plataforma común, esto es lo que permite darle una estética y funcionalidad particular (Plaza, 2020).

Una carrocería autoportante es aquella que no solo le da forma a la carrocería y sostiene a los pasajeros y la carga, sino que también contribuye a la estructura del automóvil. En este caso, la propia carrocería alberga el chasis.

Estas carrocerías autoportantes, también denominadas monocascos, se utilizan en la mayoría de los automóviles modernos. Por el momento, las carrocerías equipadas con chasis independientes son poco comunes y se utilizan casi exclusivamente en vehículos todo terreno, vehículos de transporte pesado o automóviles de construcción convencional (Plaza, 2020).

Figura 4 *Carrocería autoportantes o monocascos*



Nota. En esta figura se muestra como está constituida una carrocería autoportantes o también conocidas como monocascos. Tomado de (David Plaza, 2021).

4.6 Concepto estructural de la carrocería.

Las carrocerías de los vehículos están diseñadas con una estructura suficientemente resistente para evitar deformaciones causadas por diferentes esfuerzos estructurales. Estos incluyen la tracción durante el movimiento del vehículo, especialmente durante la aceleración y el frenado; las curvas debidas al peso total soportado, particularmente cuando se coloca sobre los ejes delantero y trasero, y la torsión que se provoca por el desplazamiento vertical de los ejes en superficies irregulares. (Smith, J., & Johnson, L., 2023)

Determinando que a la hora de diseñar un cuerpo autoportante se deben tener en cuenta una serie de criterios, que no son exclusivamente estéticos, como, por ejemplo:

Rigidez: El habitáculo no permanecerá intacto en una estructura demasiado blanda, pero una estructura demasiado rígida también hará que los ocupantes experimenten aceleraciones peligrosamente altas (Smith, J., & Johnson, L., 2023). El chasis no debe flexionarse o torcerse estructuralmente más allá de una cantidad mínima en respuesta a las fuerzas que actúan sobre él (Smith, J., & Johnson, L., 2023). Para garantizar la estanqueidad durante la conducción, también se deben reducir las deformaciones elásticas que sufren ciertos componentes como las puertas, el capó y la tapa del maletero, lo que redundará en beneficios como:

Menos ruido.

Ruido reducido.

Respetar las tolerancias posicionales y de montaje de las puertas.

La conducción es más sencilla.

Mayor resistencia a los daños provocados por terrenos rocosos.

Una sensación más sólida al conducir el coche.

Vibraciones: El nivel de comodidad puede disminuir debido tanto a las vibraciones internas del cuerpo como a las vibraciones externas causadas por algunos componentes (Smith, J., & Johnson, L., 2023). Para deshacerse o reducir estos impactos:

Los elementos estructurales de la carrocería sensibles a las vibraciones deben contar tanto con una estructura como geometrías adecuadas.

Colocación de componentes absorbentes del sonido en espacios vacíos internos.

Uso de almohadillas de goma y silentblocks para mitigar las vibraciones generadas por el sistema de propulsión y el sistema de suspensión

Durabilidad: Se emplean diferentes métodos para crear una estructura que pueda durar el mayor tiempo posible manteniendo sus cualidades constructivas:

Una fabricación fuerte y duradera que presta atención especial a los puntos que van apoyados los trenes de rodaje, el conjunto de tracción y la dirección .

El empleo de materiales resistentes.

Suficiente protección anticorrosiva.

Facilidad de reparación: Los elementos exteriores de la carrocería deberán tener una buena accesibilidad interior a otros elementos de la carrocería, así como a la zona o componentes de conexiones, y deberán poder ser reparados o sustituidos sin mermar la rigidez estructural del vehículo (Smith, J., & Johnson, L., 2023).

Aerodinámica: Es un elemento crucial que afecta en gran medida cómo se determina el proyecto de un vehículo. La circulación de aire adecuada es crucial para:

Establecer una economía de consumo adecuada.

Limitar la sustentación a altas velocidades para producir un buen comportamiento dinámico.

Procurar que haya una evacuación suficiente del agua que salpica, protegiendo las lunas, faros, espejos retrovisores, etc.

Comportamiento en caso de choque: La estructura necesita flexionarse en respuesta a una colisión de una manera predeterminada o programada, convirtiendo la mayor cantidad de energía cinética en trabajo de deformación. También incorporan el panel trasero, que se encuentra detrás de los asientos traseros, y el panel de incendios, que separa el motor de la zona de pasajeros (Smith,

J., & Johnson, L., 2023). Las protecciones laterales evitan que una colisión lateral dañe la estructura del automóvil. Los travesaños del piso del habitáculo, los pilares y las puertas están reforzados con barras longitudinales o transversales en forma de X.

4.7 Modelos de carrocerías

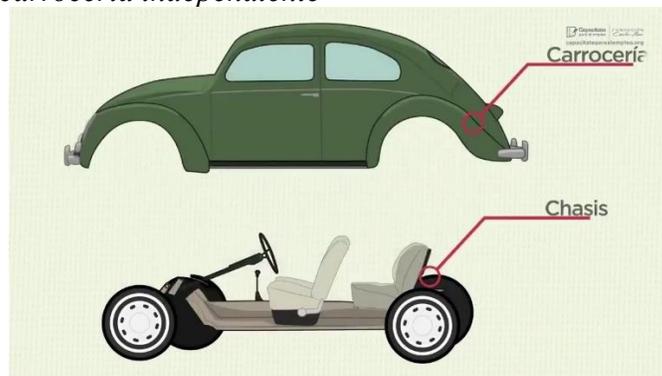
Existen diferentes tipos de carrocerías, y cada uno posee una serie de características y diseño correspondiente a como este se ensambla, dicha clasificación es la siguiente:

4.7.1 Tipos de carrocería según el chasis

Chasis de carrocería independiente: El chasis es capaz de soportar los componentes mecánicos, que permiten que el automóvil ruede sin carrocería.

En este caso, la carrocería constituye una unidad integrada con su propio piso, la cual se fija al chasis mediante tornillos y puede ser retirada para reparaciones. Este tipo de carrocería se utiliza en vehículos especializados como todoterrenos, furgonetas, camiones, autobuses y grúas. (Ruta 401, 2020).

Figura 5 Chasis con carrocería independiente



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería con chasis independiente. Tomado de (Fundación Carlos Slim, 2020)

Plataforma con carrocería autónoma: La plataforma es un chasis compuesto por partes soldadas que sostiene tanto los componentes mecánicos del vehículo como el suelo. En este diseño, la carrocería se une a la plataforma con tornillos. Este tipo de carrocería es utilizado en vehículos como el Citroën Mehari o el 2CV. (Ruta 401, 2020).

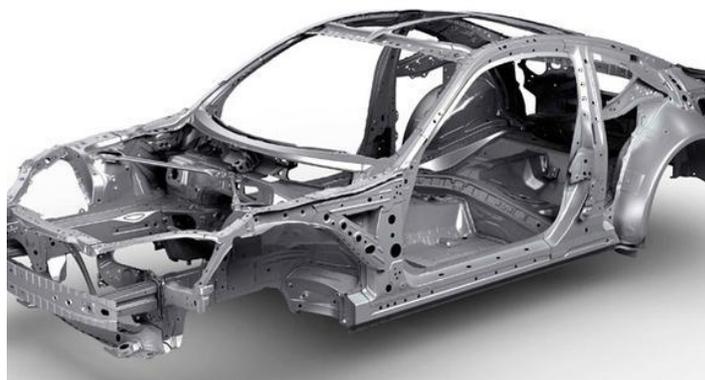
Figura 6 *Plataforma con carrocería autónoma*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería autónoma. Tomado de (Majdalani, 2022).

Carrocería Monocasco: Un casco compuesto por una pieza. Estas carrocerías monocasco cuentan con elementos que se puede desmontar como capó, puertas o paragolpes. El primer coche con este tipo de carrocería fue el Lancia Lambda en 1923 (Ruta 401, 2020).

Figura 7 *Carrocería monocasco*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería monocasco. Tomado de (Redacción EC, 2014)

Carrocería autoportante: Este tipo de carrocería se que equipan en la mayoría de los vehículos actuales. Es un grupo de componentes unidos entre sí por soldadura para formar la estructura completa del vehículo. Cuerpo autoportante con elementos desmontables en el exterior, como puertas o capotas. Esto hace que las reparaciones sean relativamente fáciles, ya que generalmente solo es necesario reemplazar la parte afectada (Ruta 401, 2020).

Figura 8 *Carrocería autoportante*

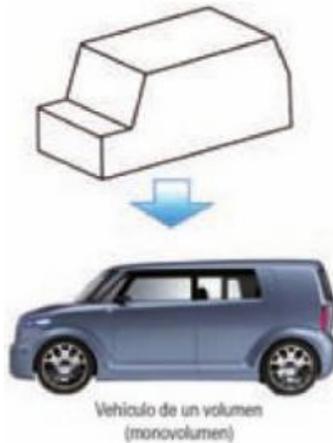


Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería autóportante. Tomado de (Disprodat, 2018)

4.7.2 Clases de carrocería de acuerdo a su volumen

Monovolumen: el espacio del motor, el habitáculo y el portamaletas se encuentran integrados.

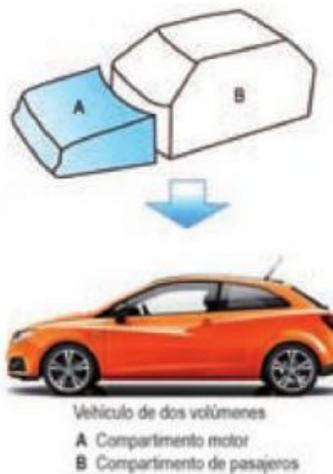
Figura 9 Carrocería monovolumen



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería monovolumen. Tomado de (Disprodat, 2018)

Dos volúmenes: es un tipo de carrocería que posee una división muy clara en la parte de habitáculo y el maletero.

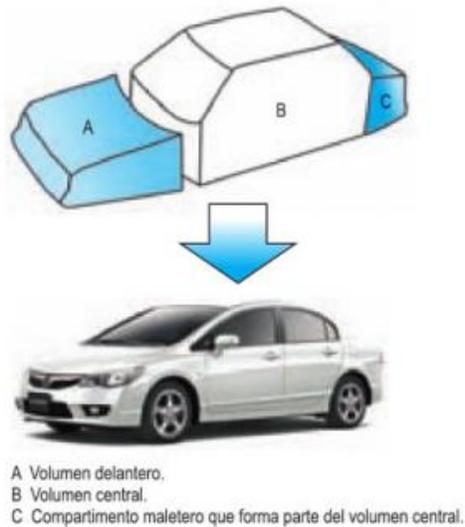
Figura 10 Carrocería de dos volúmenes



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería de dos volúmenes. Tomado de: (Disprodat, 2018)

Tres volúmenes: es un tipo de carrocería en el que se aprecia las tres partes, el habitáculo, la parte frontal donde va ocupado con la zona del motor y el maletero.

Figura 11 Carrocería de tres volúmenes



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería de tres volúmenes. Tomado de (Disprodat, 2018)

4.7.3 Tipos de carrocería según su forma

Según la forma de diseño y estética las carrocerías se pueden dividir en diferentes categorías. Entre las que se encuentran las siguientes:

Berlina o sedán: La principal diferencia entre el sedán y la berlina es que la ventana trasera en el sedán es fija e independiente del portón trasero, mientras que en la berlina la ventana trasera está incrustada en el portón trasero.

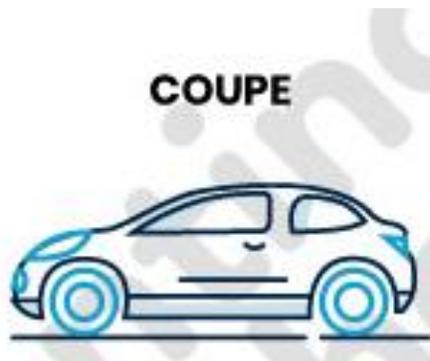
Figura 12 Carrocería *SEDAN*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo sedan. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Cupé: Dependiendo del ángulo que forme la luneta trasera con el maletero o el capó, el vehículo puede clasificarse como un capó trasero (dos volúmenes) o un notchback (tres volúmenes). A menudo, la distinción entre un cupé y un sedán de dos puertas o un hatchback de tres puertas es sutil, ya que las marcas a veces denominan a los modelos con líneas más deportivas como cupés. Una variante de este tipo es el cupé 2x2, donde los asientos traseros suelen ser pequeños y se utilizan principalmente para transportar objetos o niños pequeños.

Figura 13 Carrocería *COUPE*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo coupe. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Hatchback: Vehículo de dos series con maletero integrado al habitáculo y dotado de puerta propia, incluida la luneta trasera. A diferencia de los coches familiares, la luneta trasera suele estar más inclinada.

Figura 14 *Carrocería Hatchback*

HATCHBACK



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo hatchback. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Cabriolet: vehículo sin techo o con techo que podemos plegar o quitar. El techo se lo conoce como capota y generalmente está hecho de plástico, vinilo o tela. Un tipo es un cupé-cabrio con un techo rígido que se pliega y se retrae en la parte trasera.

Figura 15 *Carrocería Descapotable*

DESCAPOTABLE



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo descapotable. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Roadster: Es un vehículo deportivo utilitario biplaza de carrocería ligera.

Figura 16 *Carrocería Roadster*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo roadster. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Familiar o Urbano: Viajar con el capó levantado hasta el portón trasero y el volumen del maletero aumentado la capacidad o para incorporar una tercera fila de asientos.

Figura 17 *Carrocería Urbano*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo Urbano. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Todoterreno: Vehículos diseñados para circular por terrenos irregulares y/o abruptos (suelo, pedregales, caminos empinados), con tracción de dos o más ejes.

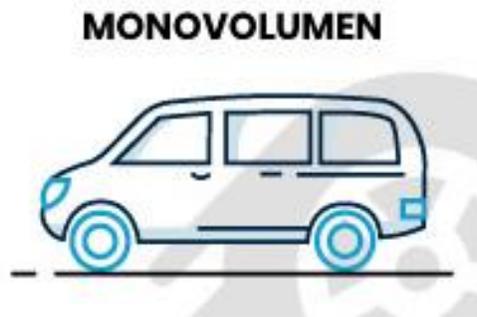
Figura 18 *Carrocería Todoterreno*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería Todoterreno. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Crossover: Los automóviles de pasajeros se modifican para que tengan una similitud a los SUV, generalmente incluyen características específicas de los SUV, como barras antivuelco delanteras o suspensión más alta. Suelen ser de menor tamaño que los SUV.

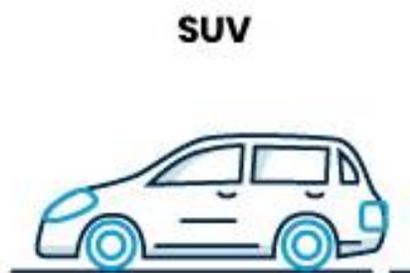
Figura 19 *Carrocería Monovolumen*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería Monovolumen. Tomado de (Rodríguez, 2015)

SUV (Sports Vehicle) o SUV: su concepto se deriva de los SUV, muy similares a ellos (estética, altura del vehículo, recorrido de amortiguación, etc.). Su estructura es monolítica o autoportante y son aptos para circular por asfalto (son más ligeros que los todoterrenos y tienen mayor capacidad de curvatura y torsión). Su capacidad todoterreno es más limitada que la de un SUV.

Figura 20 *Carrocería SUV*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo Suv. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Deportivo: Diseñado para conducción a alta velocidad, tienden a tener mayor potencia en sus motores, velocidades más altas, con una mayor tracción y aceleración. Comúnmente poseen dos asientos adicionales traseros y techos descapotables.

Figura 21 *Carrocería Deportivo*



Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo Deportivo. Tomado de (Rodríguez, 2015)

Camión o pick-up: Tiene una parte trasera que forma un piso abierto para mercancías, y es útil para el transporte de objetos voluminosos. La paleta se puede cubrir con tela, fibra de vidrio o construcción de fibra de vidrio.

Figura 22 *Carrocería Pickup*

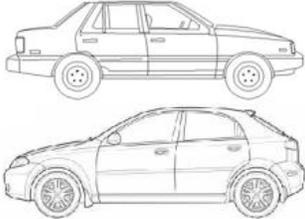
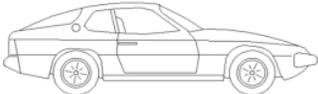


Nota: En la siguiente imagen se muestra una carrocería tipo pickup. Tomado de (Rodríguez, 2015)

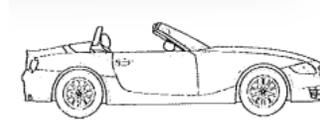
4.8 Carrocería tipo M1

En Ecuador, la definición y regulación de la carrocería tipo M1 se encuentra bajo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656. Vehículo cuya función es el transporte de pasajeros con no más de 8 ocupantes, además del espacio establecido del conductor y que su carga máxima ocupada no exceda los tres mil quinientos kilogramos.

Tabla 1 Automóviles pertenecientes a la categoría M1

Vehículos Automotores			
Categoría	Denominación	Aspectos Generales	Configuración habitual del Vehículo
M1	Sedán	La carrocería es cerrada, con un techo fijo y rígido, que puede incluir una sección de apertura. Ofrece espacio para el conductor, un acompañante y dos o tres pasajeros en la parte trasera. Puede tener dos o cuatro puertas laterales y un baúl o portón trasero	
M1	Familiar Rural	La carrocería cerrada con techo fijo y rígido ofrece espacio adicional tras el eje trasero para carga o pasajeros. Capacidad para conductor, acompañante y dos o tres pasajeros en la segunda fila, más una tercera fila opcional. Tiene de dos a cuatro puertas laterales y un portón trasero	
M1	Coupé	Carrocería cerrada con menor espacio en las plazas traseras en comparación con un sedán. Techo fijo y rígido, con una sección que puede abrirse. Capacidad para conductor y acompañante, con dos	

		pasajeros ocasionales en los asientos traseros. Tiene de dos a cuatro puertas laterales y un baúl o portón trasero.
M1	Convertible	Carrocería abierta con techo removible, flexible o rígido. Capacidad para conductor y acompañante al frente, con dos pasajeros ocasionales en la parte trasera. Puede tener de dos a cuatro puertas laterales y un baúl



Nota: En la siguiente tabla se muestra las categorías de automóviles tipo M1. Tomado de (Benítez, 2019)

4.9 Concepto de chasis

La estructura de un automóvil, también conocida como chasis o marco, sirve como soporte para los diversos componentes que componen el vehículo, incluido el motor, la carrocería, la suspensión, la transmisión, el sistema de frenado entre otros. Este marco permite concretamente el funcionamiento y la relación entre todos los componentes- (Platas, M, 2019).

El chasis debe ser capaz de soportar sobrecargas además de soportar el peso de todos los componentes que componen un coche, que puede incluir tanto el peso de los pasajeros como cualquier carga que se transporte ocasionalmente. Para evitar que se deforme, debe estar construido con un material rígido y resistente.

El chasis es un elemento complejo al que algunos ingenieros y técnicos se refieren como el componente que se conecta el vehículo a la superficie de la carretera porque debe soportar todo el peso de un automóvil (Platas, M, 2019).

Los distintos sistemas de chasis han evolucionado con el tiempo, y si bien su peso ha disminuido, aumenta su resistencia, especialmente ahora que los automóviles son más veloces y requieren una mayor estabilidad para adaptarse a los distintos tipos de carreteras tanto dentro como fuera de la ciudad (Platas, M, 2019).

El chasis de un vehículo también se ha modificado de acuerdo con la función para la que fue diseñado, a diferencia de un automóvil pequeño destinado a uso personal o un vehículo todoterreno más adecuado para uso urbano. Como resultado de la necesidad, el chasis se construyó con algunos materiales inusuales y para el uso previsto.

4.10 Función del chasis

Supervisa la conexión del sistema de dirección a las cuatro ruedas. asume todo el peso y el esfuerzo del automóvil, llena la masa del vehículo y coloca cada componente de manera beneficiosa (Roshfrans, 2021).

En el automóvil su deber principal es proteger la seguridad de todos los ocupantes del vehículo. Además de estar hecho para sostener y conectar partes mecánicas, debe ser capaz de absorber impactos de manera efectiva y evitar deformaciones (Roshfrans, 2021).

Cuanto menos probable sea que el vehículo se deforme en caso de accidente, mejor protegido se encontrarán sus pasajeros cuanto más rígido y resistente sea el chasis.

Al diseñar un chasis, se consideran varios factores, incluidos los siguientes:

- Peso.
- Rigidez de torsión (resistencia para aguantar fuerzas variables).
- Resistencia.

- Resistencia al impacto y resiliencia.
- Sencillez.

4.11 Tipos de chasis

Chasis de escalera: En cuanto a los modelos actuales, como camionetas, SUV, camiones y autobuses, se podría decir que es el más antiguo y aún existe. Su característica distintiva es que la carrocería del vehículo está soportada por el mismo chasis. Además, consta de dos largueros que atraviesa longitudinalmente todo el automóvil y están conectados por varias placas de acero que también sirven para sostener otras partes del vehículo. Debido a esto, tiene una apariencia de escalera. La estructura poco profunda de este cuadro, que se traduce en un centro de gravedad muy bajo, es su mayor inconveniente (Platas, M, 2019).

Figura 23 *Chasis en escalera*



Nota. En la siguiente figura se muestra un chasis tipo escalera. Tomado de (Urquia, 2017)

Chasis monocasco: considerado como el más típico. Los fabricantes de automóviles todavía utilizan este chasis para construir sus vehículos. Se distingue por tener una estructura demasiado rígida, ser muy simple de producir en grandes cantidades y ofrecer al vehículo una excelente estabilidad en caso de accidente. Todo tiene un inconveniente por su peso, y producirlo en pequeñas cantidades no es rentable (Platas, M, 2019).

Figura 24 *Chasis monocasco*



Nota. En la siguiente figura se muestra un chasis tipo escalera. Tomado de (Urquia, 2017)

Chasis monocasco ULSAB: El chasis monocasco en su forma más ligera. Es un diseño que utilizan la alta resistencia del acero y a su vez opta por minimizar el peso del vehículo, pero sin perder seguridad ya que con este modelo se maximiza la seguridad. ULSAB se concentra en la resistencia y durabilidad reduciendo el peso del chasis.

Figura 25 *Chasis monocasco USLAB*



Nota. En la siguiente figura se muestra un chasis tipo Monocasco USLAB. Tomado de (Urquia, 2017)

Chasis especial tubular: Consta de una estructura muy robusta cuyo objetivo principal es salvaguardar el bienestar físico del piloto y evitar deformación de dicha estructura.

Figura 26 *Chasis tubular*



Nota. En la siguiente figura se muestra un chasis Tubular. Tomado de (Urquia, 2017)

Chasis columna vertebral: Este chasis, que une los ejes delantero y trasero a través de un único bastidor con una columna vertebral en forma de celosía, se atribuye a Colin Chapman. Es fundamental tener en cuenta que el peso elevado de este cuadro es un problema importante y la razón por la que no se puede implementar en serie ni coches deportivos (Platas, M, 2019).

Figura 27 *Chasis columna vertebral*



Nota. En la siguiente figura se muestra un chasis columna vertebral. Tomado de (Urquia, 2017)

4.12 Chasis PIXKIT

Para realizar las tareas fundamentales de la conducción autónoma, como la organización de rutas, el seguimiento de rutas, el mapeo de vectores, la evitación de obstáculos, el reconocimiento de semáforos, etc., PIXKIT incluye una plataforma de hardware drive-by-wire con una selección de sensores. LiDAR, una cámara, una computadora, un sistema de navegación, etc. están incluidos en el paquete del sensor.

Los usuarios de las plataformas PIX pueden integrar la capa de control superior para el desarrollo de software adicional y la prueba de algoritmos a través de la rica interfaz CAN abierta de las plataformas. En todo el planeta, incluyendo los Estados Unidos, Reino Unido, Suiza, Australia, Japón, Corea del Sur, Singapur, Alemania, los Países Bajos y Suecia, PIXKIT ha sido utilizado por universos, centros de RD y empresas audiovisuales (PIXKIT, 2019).

Con los controladores ROS, PIXKIT es compatible con programas de conducción autónoma de código abierto como Autoware y Apollo. PIXKIT se compromete a reducir la barrera de entrada para el desarrollo de vehículos autónomos. Capacita a instructores académicos, especialistas en educación, desarrolladores e ingenieros generales para crear e implementar rápidamente vehículos autónomos, construir/probar algoritmos y lanzar demostraciones AV, abriendo más oportunidades.

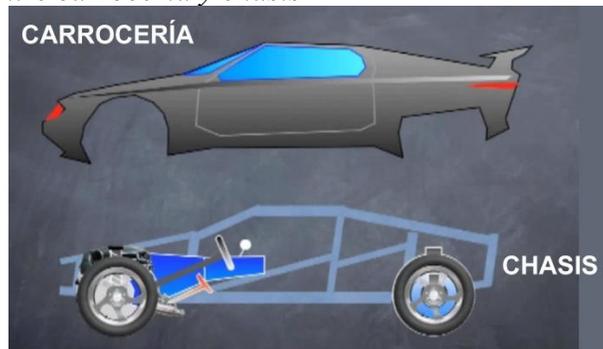
4.13 Diferencia entre chasis y carrocería

Normalmente las personas tienen un criterio erróneo, suelen pensar que carrocería y chasis se trata de lo mismo, pero no lo es. la carrocería es la apreciación a primera vista de lo que es el vehículo, mientras que el chasis se trata de una estructura sobre la cual se encuentra la estructura que soporta la carrocería y sobre todos la que soportan las piezas del vehículo.

El chasis se podría asociar como la parte del esqueleto que soporta toda la estructura interna y aporta con forma, soporte y rigidez del vehículo. Porque las denominadas carrocerías autoportantes, en las que algunos componentes del chasis también son carrocerías, son cada vez más frecuentes, este es el caso.

Puede confirmar que cada vez más personas usan el término "plataformas" para referirse a las áreas donde se desarrolla un vehículo si ha leído noticias automotrices recientemente.

Figura 28 *Diferencia entre carrocería y chasis*



Nota. En la siguiente figura se muestra la diferencia entre chasis y carrocería. Tomado de (Palomino, 2020).

En realidad, la plataforma es un tipo de componente que a veces se agrega a los modelos de automóviles. Como resultado se indica el hecho de que un modelo ha sido desarrollado sobre otro. La parte superior de la carrocería es lo que los diferencia (Mobilize Financial Services, 2021).

Al hacer esto, el automóvil usa la plataforma para montar una suspensión idéntica, la misma dirección o incluso motores y cajas de cambios muy similares. La principal característica visual que distingue a este modelo de coche de la competencia es la carrocería.

4.14 Elementos PIXKIT

Chasis PIXKIT Construido en una plataforma de chasis drive-by-wire dedicada a los desarrolladores de conducción autónoma.

Figura 29 *Chasis pixkit*



Nota. En la siguiente figura se muestra el chasis autónomo pixkit. Tomado de (PIX Moving, 2023)

Soportes de montaje modulares

Modo estándar: Soportes de montaje estandarizados ubicados en el centro del chasis, con amplio espacio disponible en ambos lados del vehículo, permitiendo la instalación de una variedad de equipos funcionales.

Figura 30 *Modo estándar*



Nota. En la siguiente figura se muestra soporte de montaje modulares modo estándar. Tomado de (PIX Moving, 2023)

Modo extensible: Se incluye paquete de perfiles de extrusión de 10 metros. No se necesitan más agujeros. Los perfiles se pueden conectar a cualquier posición del chasis para construir el

marco de montaje del sensor con facilidad, lo que permite personalizar la posición y perspectiva del montaje.

Figura 31 *Modo extensible*



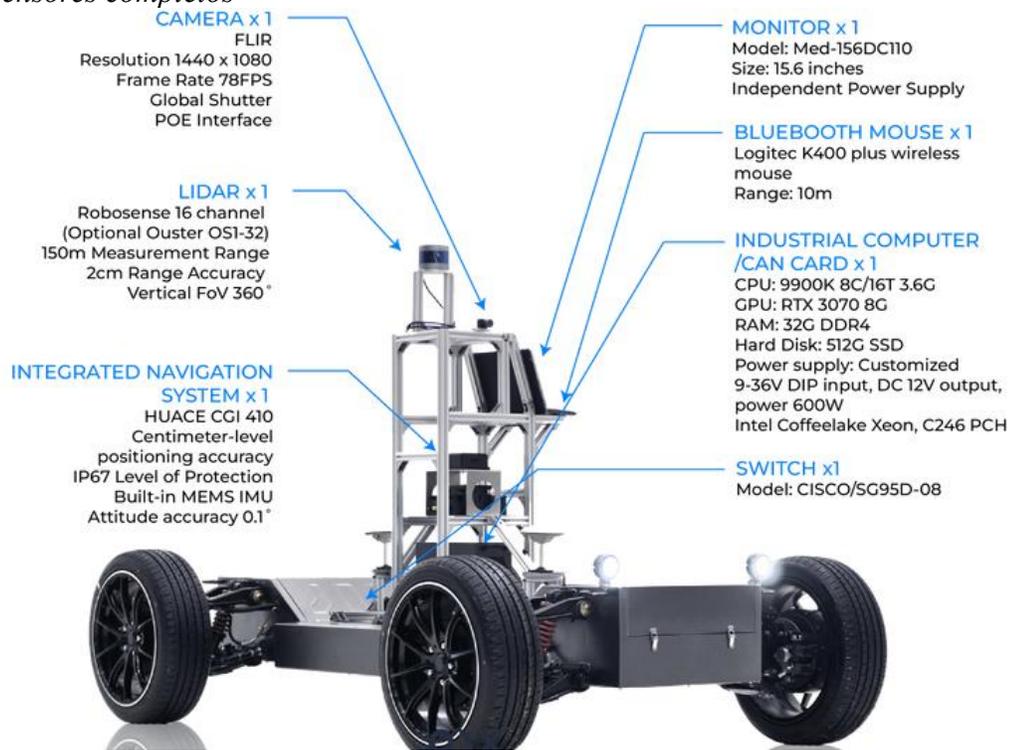
Nota. En la siguiente figura se muestra soporte de montaje modulares modo extensible. Tomado de (PIX Moving, 2023)

Sensores completos

Se admite la conducción autónoma en todos los escenarios

Los sensores y equipos incluyen monitores, computadoras industriales, LiDAR, cámaras, GNSS, IMU, etc. Se admite el despliegue de funciones de conducción autónoma Apollo y Autoware.

Figura 32 *Sensores completos*



Nota. En la siguiente figura se muestra todos los sensores ubicados en el chasis autónomo pixkit.

Tomado de (PIX Moving, 2023)

Mando a distancia industrial

El mando a distancia industrial Pixkit 2.0 es un dispositivo avanzado diseñado para gestionar vehículos autónomos y plataformas de conducción mediante un sistema de comunicación inalámbrica. Este equipo es compatible con el chasis PIXLOOP, un chasis "drive-by-wire" orientado al desarrollo de vehículos inteligentes y aplicaciones de conducción autónoma.

El Pixkit 2.0 facilita el control de funciones básicas del chasis a través de una interfaz remota, ofreciendo características como el control independiente de las cuatro ruedas, modos de dirección (Ackerman y dirección en las cuatro ruedas), control de frenos eléctricos e hidráulicos, y cambios de marcha. Adicionalmente, el mando a distancia opera en la frecuencia de 443 MHz,

cuenta con una pantalla LCD para la visualización de datos y tiene un rango de operación de hasta 150 metros, dependiendo del entorno.

Figura 33 Mando a distancia industrial



Nota. En la siguiente figura se muestra el mando a distancia industrial del Pixkit. Tomado de (PIX Moving, 2023)

Autoware

Autoware es un software de código abierto utilizado para desarrollar vehículos autónomos. Su versión inicial fue creada en la Universidad de Nagoya por su grupo de trabajo e investigación y ha evolucionado hasta convertirse en una plataforma de software universal para la conducción autónoma, siendo adoptada por más de 100 empresas, universidades, institutos de investigación y startups a nivel mundial. Autoware ofrece un marco versátil con funciones que abarcan localización, percepción, predicción, toma de decisiones, planificación de rutas, control y más. Su diseño modular permite agregar, eliminar y optimizar módulos de software según los diferentes escenarios de aplicación.

Apollo

Apollo es una arquitectura flexible y de alto rendimiento la cual fue diseñada para incrementar el proceso, las pruebas y la ejecución de vehículos autónomos. Baidu creó Apollo con el objetivo de ofrecer una plataforma de software que permita a las industrias automotriz y de

conducción autónoma desarrollar rápidamente aplicaciones basadas en sus propios sistemas de hardware.

Manual de instrucciones de desarrollo de ROS

El manual ofrece una introducción básica y directrices para el uso de ROS, incluyendo tutoriales detallados sobre cómo configurar proyectos, lo que permite a los usuarios aplicar los módulos de funciones de ROS de manera progresiva. También proporciona técnicas de programación de ROS específicamente orientadas al desarrollo de la conducción autónoma y la configuración de proyectos, junto con información detallada sobre Autoware, ayudando a los desarrolladores a entender en profundidad los principios y enfoques del desarrollo de la conducción autónoma.

Manual técnico de conducción por cable del vehículo

El manual PIX drive-by-wire proporciona orientación técnica completa, abarcando desde el mecanismo de control drive-by-wire, la dirección, el sistema de frenado y potencia, hasta el cambio de marchas, y cubre los principios básicos de la conducción autónoma y su implementación metodológica. Para los ingenieros que no están familiarizados con los vehículos eléctricos o que carecen de conocimientos sobre este enfoque de control, este manual ofrece un excelente atajo para un desarrollo rápido, permitiéndoles obtener una comprensión objetiva del control del vehículo.

5 Capítulo II: DISEÑO DE UNA CARROCERIA CON EL OBJETIVO DE AYUDAR A PERSONAS CON DISCAPACIDAD A TRANSPORTARSE

En este segundo capítulo de dicho proyecto investigativo, se analizará el diseño de la carrocería de un vehículo con el objetivo de ayudar a las personas con discapacidad a transportarse.

Se enfocará en un diseño de manera que sea accesible, ergonómico y sobre todo que brinde seguridad y protección a los ocupantes.

Aporte de vehículos autónomos para personas con capacidades limitadas.

Una de las bondades que los vehículos autónomos prometen es la mejora del transporte para individuos con discapacidad. Aunque aún no están plenamente disponibles, se ha discutido ampliamente sobre los beneficios que traerán consigo. Los automóviles autónomos posibilitarán que los conductores aprovechen su tiempo en el vehículo para actividades como trabajar o disfrutar del ocio. Asimismo, contribuirán a mitigar los problemas de congestión de tráfico y, potencialmente, a reducir el consumo de combustible, especialmente si los automóviles son completamente eléctricos. No obstante, un aspecto social beneficioso que a menudo se pasa por alto es el impacto positivo que estos vehículos pueden tener en las personas con discapacidad. (Foundation., Ruderman Family, 2023).

5.1 Medidas antropométricas para Discapacitados

Debido a la problemática social y la carencia de información precisa en este campo, se ha incrementado el interés en recopilar datos antropométricos de la población ecuatoriana. Diversos

investigadores se propusieron estudiar las necesidades de este grupo de personas con discapacidad, ya que enfrenta retos en términos de accesibilidad y confort al usar automóviles ordinarios. El diseño de espacios interiores conocidos como habitáculos para vehículos autónomos se hace conocer como una solución dentro de la inclusión social, promoviendo la igualdad de participación para todos los seres humanos.

La inclusión de personas con discapacidad es de mucha importancia. Por lo tanto, es esencial contar con medidas antropométricas específicas para diseñar un espacio interior inclusivo. Es primordial que el diseño sea adaptado no solo a las medidas sino también a la parte de accesibilidad física, pero sobre todo garantizando un espacio ergonómica y funcional para mejorar la experiencia y calidad del usuario.

La poca información establecida sobre las medias antropométricas para personas con discapacidad en nuestro medio se ve por la misma situación de todo el continente sudamericano, sin embargo existen estudios avalados por una sociedad de un país latinoamericano nos proporciona ciertos detalles para poder tener una idea estándar sobre las medias tanto para hombres como mujeres en sillas de ruedas.

Tabla 2 *Medidas antropométricas*

<i>Percentil</i>	<i>Alcance hacia arriba(cm)</i>	<i>Del piso a la cabeza (cm)</i>	<i>Altura al ojo(cm)</i>	<i>Altura al hombro(cm)</i>	<i>Alcance abajo (cm)</i>
5	158.55	146.95	117.28	106.83	93.10
50	175.30	164.60	128.95	118.75	103.10
95	188.30	175.75	136.45	126.35	110.43

Nota. La siguiente tabla muestra las medidas antropométricas para hombres en silla de ruedas.

Tomado de (Vega & Soto, 2004)

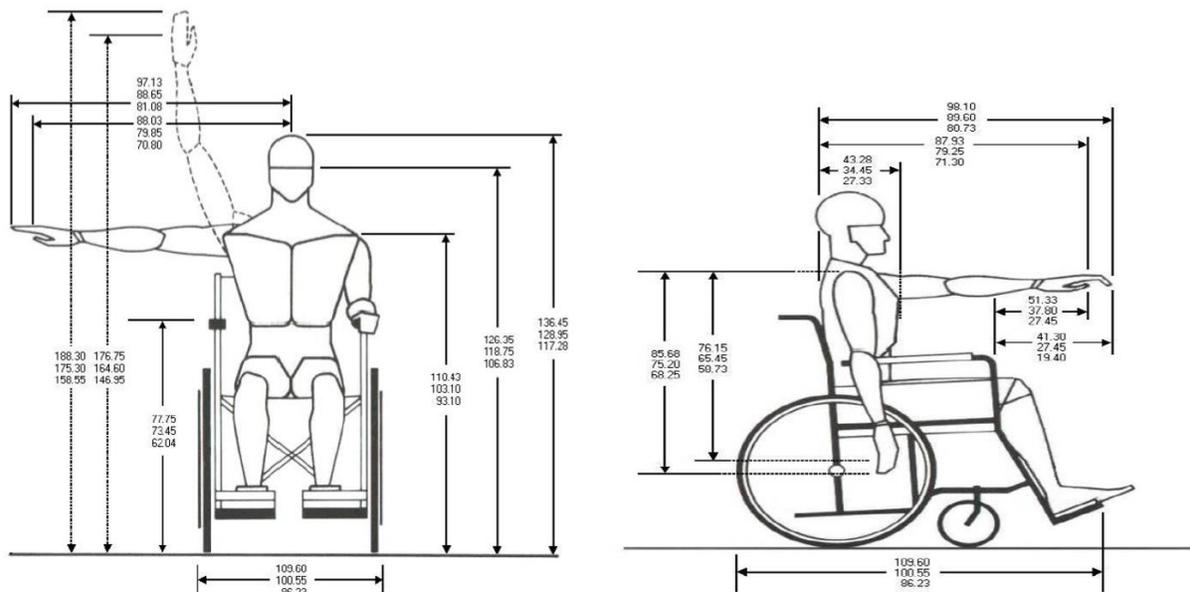
Tabla 3 Medidas antropométricas

Percentil	Alcance al frente (cm)	Longitud antebrazo (cm)	Alcance lateral (cm)	Profundidad del tronco (cm)
5	80.73	27.45	81.08	27.33
50	89.60	37.80	88.65	35.45
95	98.10	51.33	97.13	43.28

Nota. La siguiente tabla muestra las medidas antropométricas para hombres en silla de ruedas.

Tomado de (Vega & Soto, 2004)

Figura 34 Mediadas antropométricas para hombres en silla de ruedas



Nota. La siguiente imagen muestra las medidas antropométricas para hombres en silla de ruedas.
Tomado de (Vega & Soto, 2004).

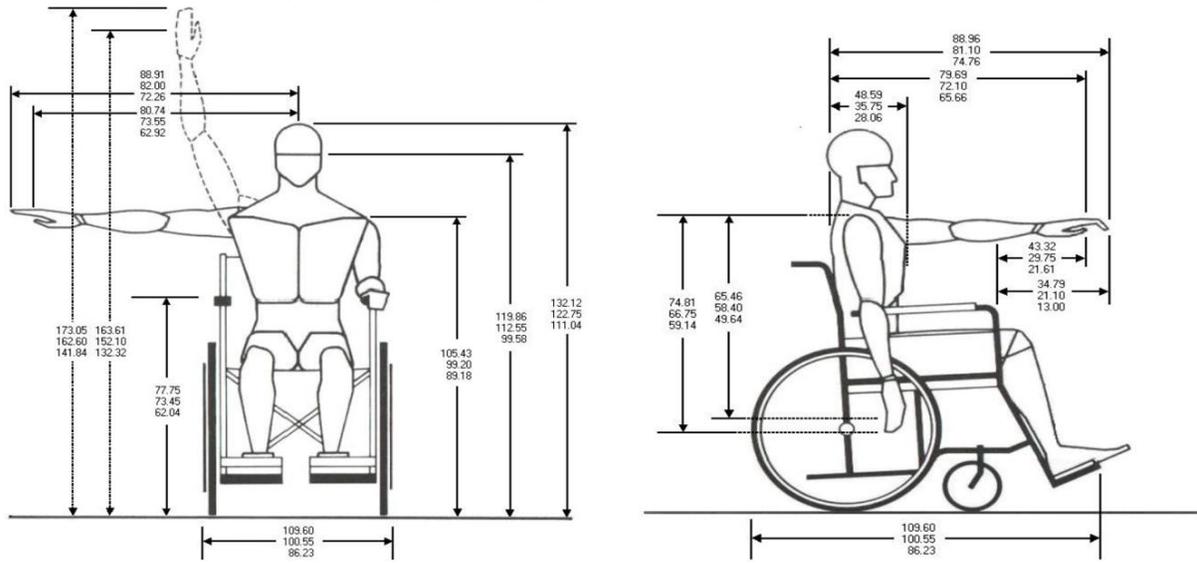
Tabla 4 Medidas antropométricas mujeres

<i>Percentil</i>	<i>Alcance hacia arriba (cm)</i>	<i>Del piso a la cabeza (cm)</i>	<i>Altura al ojo (cm)</i>	<i>Altura al hombro (cm)</i>	<i>Alcance abajo (cm)</i>
5	141.84	132.32	111.04	99.58	89.18
50	162.60	152.10	122.75	112.55	99.20
95	173.05	163.61	132.12	119.86	105.43

<i>Percentil</i>	<i>Alcance al frente (cm)</i>	<i>Longitud antebrazo (cm)</i>	<i>Alcance lateral (cm)</i>	<i>Profundidad del tronco (cm)</i>
5	74.76	21.61	72.26	28.06
50	81.10	29.75	82.00	35.75
95	88.96	43.32	88.91	48.59

Nota. La siguiente tabla muestra las medidas antropométricas de mujeres. Tomado de (Vega & Soto, 2004)

Figura 35 Medidas antropométricas para mujeres en silla de ruedas



Nota. La siguiente imagen muestra las medidas antropométricas para mujeres en silla de ruedas. Tomado de (Vega & Soto, 2004).

5.2 Proceso de diseño

5.2.1 Creación de conceptos

Como primer punto debemos identificar las características del vehículo, su funcionalidad y su tecnología. Este proyecto se llevó a cabo en un chasis eléctrico autónomo el cual se adaptará una carrocería tubular adecuada para el transporte de personas e incluso para personas con discapacidad.

Como principal objetivo es que las personas con discapacidad puedan trasportarse con facilidad, por lo que se tomó en cuenta una capacidad del vehículo con tres plazas: principalmente la persona en silla de ruedas y hasta un máximo de dos acompañantes, siempre buscando la comodidad y seguridad de cada uno de los ocupantes

5.2.2 Planos iniciales del vehículo

Teniendo claro todas las ideas, capacidad y sobre todo el fin de la elaboración de dicha carrocería procedemos a definir modelos y diseños el cual se acople a las necesidades antes requeridas. Se partirá inicialmente de las medidas establecidas por el fabricante del chasis. Luego, se determinará un máximo de referencias posibles tomando en cuenta espacio de cada ocupante, medida estandarizada de cada pasajero, distancia entre cada asiento y sobre todo el espacio establecido para la persona con discapacidad, todo este considerando una buena ergonomía y seguridad a cada uno de los ocupantes.

5.2.3 Datos del chasis y carrocería

Para la obtención de las dimensiones del chasis nos basamos en el proceso de medición del mismo, el cual se encontraba dentro de la institución. Para las dimensiones de la carrocería partimos de las dimensiones exactas del chasis luego realizamos los diseños en el software SolidWorks 2023.

Tabla 5 *Medidas del chasis pixkit*

<i>Detalles</i>	<i>Medidas (m.m.)</i>
<i>Longitud</i>	2500
<i>Espesor</i>	1200
<i>Altura</i>	1000

Nota. La siguiente tabla muestra las medidas del chasis. Obtenido de (Calle & Renteria, 2024)

Tabla 6 Dimensiones de carrocería.

<i>Detalles</i>	<i>Medidas (m.m.)</i>
<i>Longitud</i>	3190
<i>Espesor</i>	1460
<i>Altura</i>	1800

Nota. La siguiente tabla se muestra las medidas de la carrocería. Tomado de (Calle & Renteria, 2024)

5.2.4 Dimensiones interiores de la carrocería

Al planificar el prototipo de diseño interior de la carrocería, es fundamental establecer con una garantía la comodidad del habitáculo interior garantizando la seguridad de todos los ocupantes. Todo esto conlleva evaluar la ergonomía, seguridad y disposición de cada uno de los pasajeros, y así tener un acceso fácil y cómodo. Consideramos espacios interiores como alturas desde la base de la carrocería hasta la parte alta de la misma de acuerdo a las medias antes mencionadas, y a su vez para los otros ocupantes unas disposiciones de diseño del habitáculo para los respectivos asientos.

Asimismo, debemos considerar algunos factores para el diseño del espacio interior, como el espacio respectivo de los ángulos reclinables de los asientos, la retención, y la ubicación del apoyacabeza para obtener un mayor confort y seguridad dentro del vehículo. Es por ello que para los asientos y anclajes se base en la normativa NTE INEN 2708 que asegura el cumplimiento de los requisitos establecidos.

Las normativas NTE INEN 2675 y NTE INEN 2704 establecidas para los cinturones de seguridad garantizarán el confort y el bienestar de cada uno de los ocupantes del vehículo. Estas normativas nos ayudan con especificaciones para cumplir los estándares ergonómicos y a su vez brindar una experiencia cómoda y segura a los ocupantes.

5.2.5 Diseño del modelo de carrocería

Para poder obtener el modelado final realizamos varios diseños los cuales nos basamos en imágenes de vehículos autónomos que se encuentran en el medio automotriz. También, consideramos medidas, sobre todo la ergonomía y seguridad para los ocupantes.

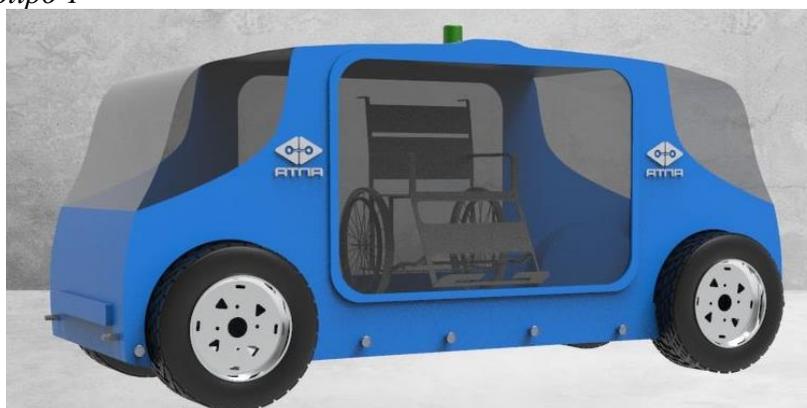
Para ello utilizamos un software de diseño el cual nos ayudó a tener una perspectiva más realista de nuestra carrocería tipo M1 para nuestro chasis pixkit.

5.2.6 Propuestas de diseño de carrocería

Se plantearon tres propuestas de diseño antes de obtener la propuesta final, de las cuales pudimos ir analizando principalmente la ergonomía, seguridad y un diseño acorde a la actualidad.

Prototipo 1: Esta fue la primera propuesta de diseño el cual nos enfocamos en un espacio amplio el cual permita un libre acceso a la persona con silla de ruedas.

Figura 36 *Prototipo 1*



Nota. En la siguiente figura se muestra el primer prototipo diseñado. Tomado de (Calle & Renteria, 2024)

Prototipo 2: En esta segunda propuesta de diseño hicimos un modelo más moderno con asientos de los ocupantes y el espacio para la silla de rueda.

Figura 37 *Prototipo 2*



Nota. En la siguiente figura se muestra el segundo prototipo diseñado. Tomado de (Calle & Renteria, 2024)

Prototipo 3: En este diseño se enfocó un habitáculo con más espacio con un diseño más ergonómicos para los ocupantes.

Figura 38 *Prototipo 3*

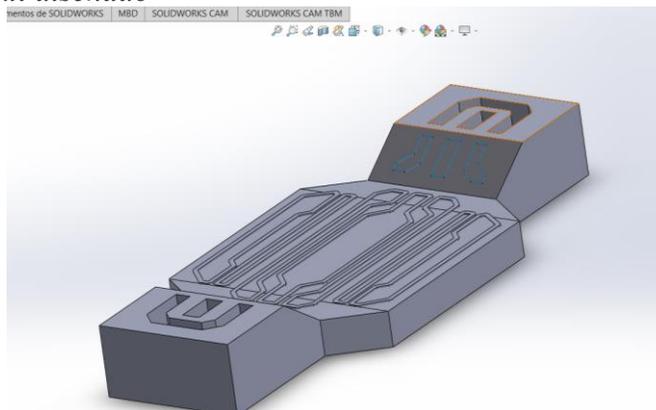


Nota. En la siguiente figura se muestra el tercer prototipo diseñado. Tomado de (Calle & Renteria, 2024).

5.3 **Diseño final de la carrocería para un chasis pixkit.**

Una vez analizadas las necesidades y objetivos del proyecto se obtuvo como diseño final la siguiente propuesta primero se tomó como medida la forma base el vehículo el cual se replicó de tal manera que se obtenga un chasis estable para el uso propuesto, siendo el mismo:

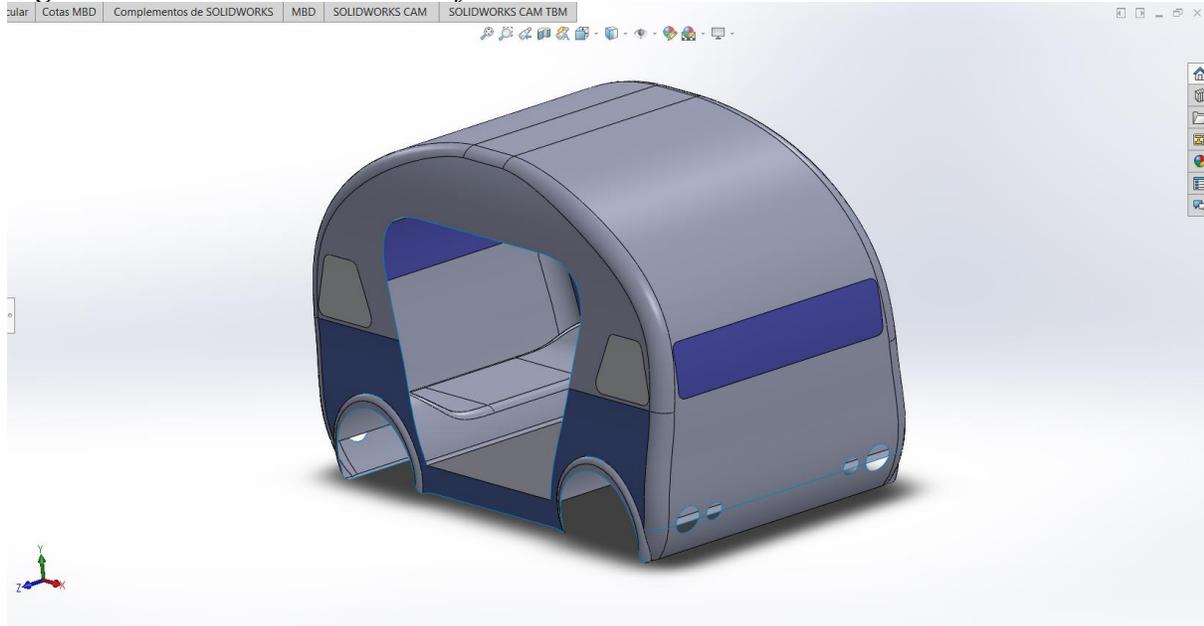
Figura 39 *Chasis pixkit diseñado*



Nota: En la siguiente imagen se muestra el chasis pixkit diseñado en SolidWorks". Realizado por (Calle & Renteria, 2024)

En adición al mismo, se requiere de una carrocería, misma que complementan el habitáculo, el mismo realiza la función general del proteger a los pasajeros, siendo el diseño aprobado el siguiente:

Figura 40 *Carrocería destinada a formar el armazón del vehículo*



Nota: En la siguiente imagen se muestra la carrocería final diseñado en SolidWorks". Realizado por (Calle & Renteria, 2024).

Combinando, queda un vehículo óptimo para la aplicación deseada, misma que facilitará la comodidad de las personas con condiciones especiales, dado a que el plan del mismo es un uso completamente automático, por lo que:

Figura 41 *Vehículo autónomo final.*



Nota: En la siguiente imagen se muestra el ensamble final diseñado en SolidWorks". Realizado por (Calle & Renteria, 2024).

Por consiguiente, se debe realizar una estructura tubular interna a la cual se le realizará un análisis de esfuerzos y deformaciones mediante el uso de softwares especializados y también de manera directa, usando matemática, misma que nos permitirá saber las cargas que puede soportar el vehículo.

5.4 Diseño tubular de la estructura interna de la carrocería tipo m1.

Para este punto debemos saber que es un proceso que requiere una combinación de conocimientos en ingeniería, materiales, diseño industrial y normativas de seguridad.

Como primer paso en el diseño de una estructura tubular interna es identificar las necesidades y objetivos del proyecto. Esto incluye analizar el propósito del vehículo, el tipo de pasajeros que transportará y las condiciones de uso previstas.

Figura 42 *Estructura interna tubular de la carrocería*



Nota. En la siguiente imagen se muestra la estructura tubular interna de la carrocería en SolidWorks". Realizado por (Calle & Renteria, 2024)

6 CAPITULO III : ANALISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA ESTRUCTURA DE LA CARROCERIA PARA UN VEHICULO AUTONOMO

En este capítulo, se llevará a cabo una evaluación de las cargas aplicadas al vehículo para obtener datos que verifiquen y analicen el rendimiento de la estructura propuesta. Para ello, se emplearán simulaciones usando el Método de Elementos Finitos (FEM), una técnica computarizada avanzada que facilita la simulación del comportamiento de una pieza mecánica frente a diferentes factores físicos como vibraciones, temperaturas, flujo de fluidos y otras interacciones.

Se empleará el software SolidWorks con las dimensiones exactas del PIXKIT para desarrollar el modelo de la estructura, asegurando así la precisión de los resultados del ensayo virtual. Los componentes estructurales de la carrocería del modelo están constituidos por perfiles. Este enfoque proporcionará una visión más detallada y exhaustiva de las fuerzas y cargas que la estructura enfrenta durante su funcionamiento normal, además de permitir la evaluación de cómo responde a dichas cargas y si cumple con los estándares de seguridad y rendimiento necesarios.

6.1 Conceptos básicos.

Para hacer un análisis estructural de una carrocería tipo M1, debes calcular y considerar las siguientes cargas:

6.1.1 Cargas vivas

Estas son las cargas que varían con el tiempo y son aplicadas por elementos móviles dentro del vehículo.

Cargas de Ocupantes: Peso de los pasajeros.

- **Carga de Equipaje:** Peso de cualquier equipaje o carga adicional.

6.1.2 Cargas muertas

Estas son las cargas permanentes y constantes que actúan sobre la estructura del vehículo.

Peso de la Carrocería: Incluye el chasis y la estructura del vehículo.

Peso de los Asientos: Peso de los asientos instalados.

Peso del Piso del Vehículo: Peso del material del piso.

Peso de los Vidrios: Peso de las ventanas y parabrisas.

Peso de los Elementos de Seguridad: Incluye cinturones de seguridad, anclajes, etc.

6.2 Cargas de Aceleración

Estas cargas son generadas debido a la aceleración y desaceleración del vehículo.

Fuerzas Inerciales: Generadas durante la aceleración y frenado.

6.2.1 Resistencia Aerodinámica.

Estas cargas son debidas a la resistencia del aire mientras el vehículo está en movimiento.

Fuerza de Arrastre: Resistencia opuesta por el aire.

6.2.2 Cargas combinadas

La combinación de todas las cargas mencionadas anteriormente para evaluar el comportamiento estructural del vehículo bajo condiciones reales de operación.

Cargas de Combinación: Integración de cargas vivas, muertas, de aceleración y aerodinámica.

En resumen, para un análisis estructural completo, debes calcular:

Cargas Vivas:

- Peso de los ocupantes (Ej: 3 ocupantes x 85 kg cada uno).
- Peso del equipaje.

Cargas Muertas:

- Peso de la carrocería.
- Peso de los asientos.
- Peso del piso del vehículo.
- Peso de los vidrios.
- Peso de los elementos de seguridad.

Cargas de Aceleración:

- Fuerzas inerciales debido a la aceleración y desaceleración del vehículo.
- Resistencia Aerodinámica:
- Fuerza de arrastre debido a la resistencia del aire.

Cargas Combinadas:

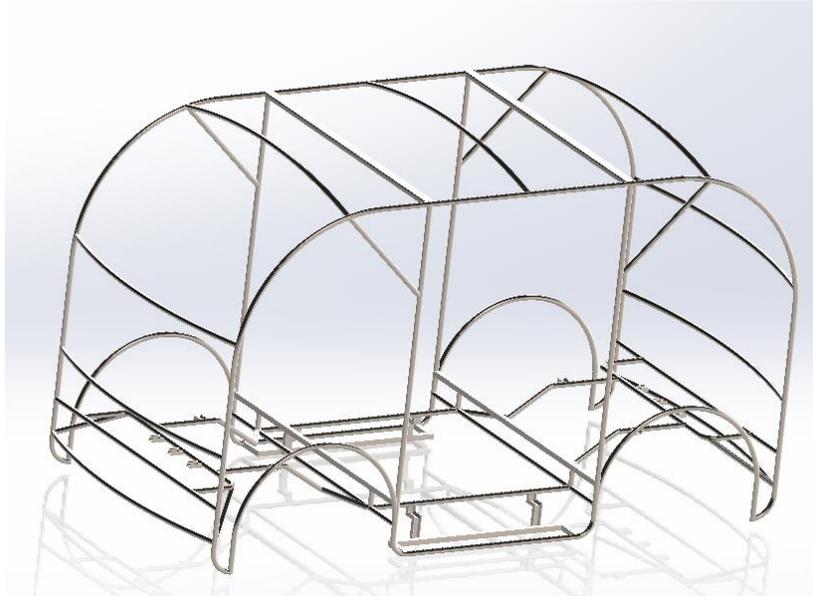
Integración de todas las cargas anteriores para simular condiciones reales de operación.

Estas cargas te permitirán realizar un análisis detallado y preciso de la estructura de la carrocería tipo M1, asegurando el cumplimiento de seguridad y funcionalidad.

6.3 Cálculos de la estructura tubular interna

Esta es la estructura final en la cual se procederá a analizar todos los cálculos de esfuerzos y deformaciones mediante un software de diseño.

Figura 43 *Estructura tubular interna*



Nota. En la siguiente imagen se muestra la estructura interna de la carrocería. Realizado por (Calle & Renteria, 2024)

6.4 Dimensiones de la estructura tubular interna de la carrocería

6.4.1 Dimensiones del tubo

En este punto se detallan las especificaciones del tubo utilizado para la construcción de la estructura interna de la carrocería el cual es un acero tubular A36 con el diámetro establecido en 25,4mm.

Figura 44 *Diámetro del tubo*

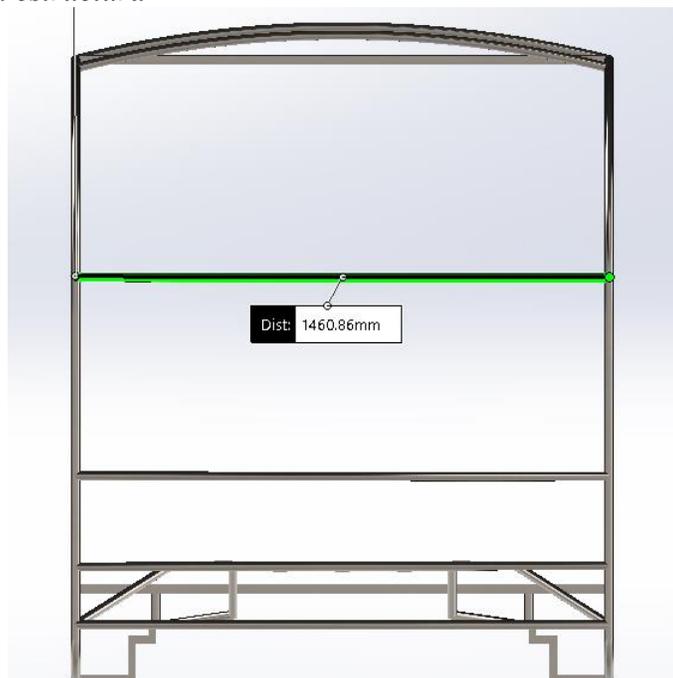


Nota. En la siguiente imagen se muestra el diámetro del tubo. Realizado en SolidWorks por (Calle & Renteria, 2024)

6.4.2 Ancho de la estructura

El ancho de la estructura tubular para el chasis pixkit es de 1460 mm.

Figura 45 *Ancho de la estructura*

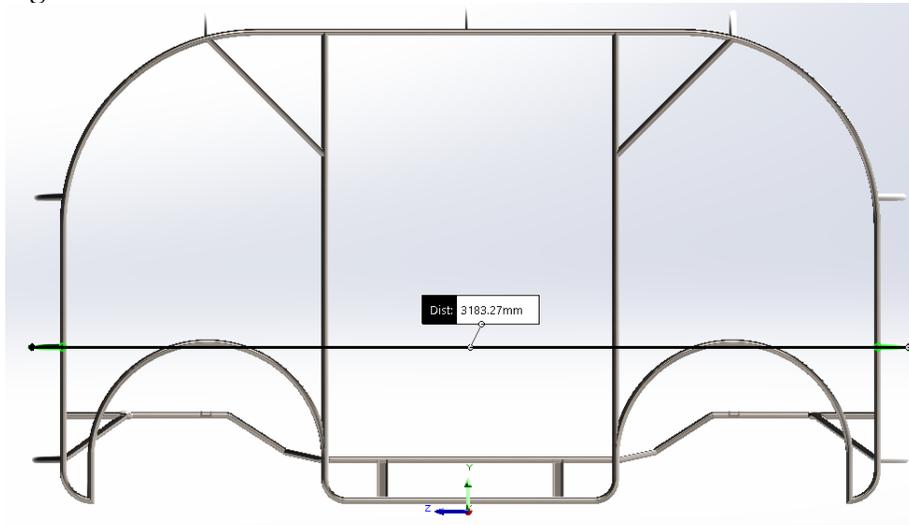


Nota. En la siguiente imagen se muestra el ancho de la estructura en SolidWorks (Calle & Renteria, 2024)

6.4.3 Largo de la estructura

El largo de la estructura del chasis pixkit es de 3190 mm.

Figura 46 *Largo de la estructura*

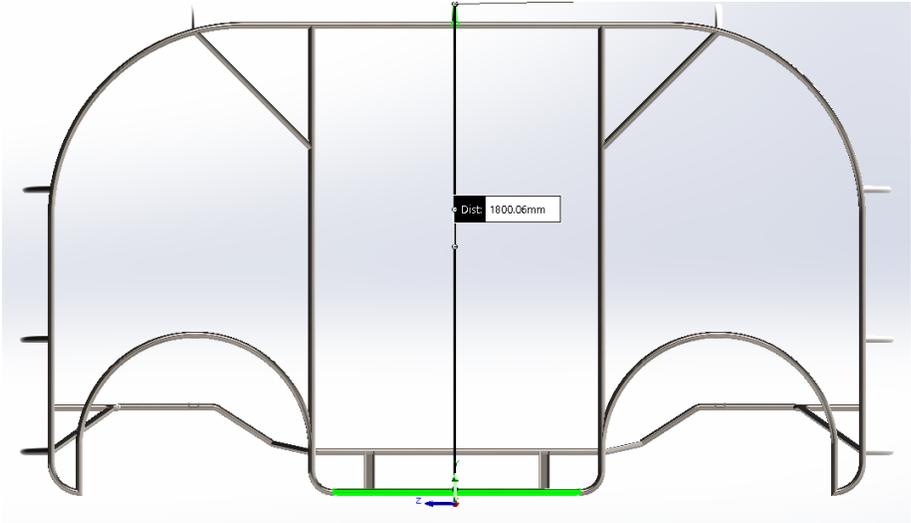


Nota. En la siguiente imagen se muestra el largo de la estructura en SolidWorks (Calle & Renteria, 2024)

6.4.4 Alto de la estructura

El alto de la estructura del chasis pixkit es de 1800 mm.

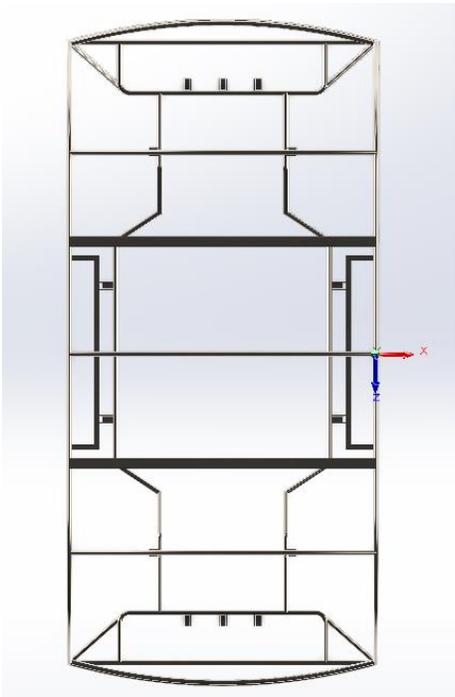
Figura 47 Alto de la estructura



Nota. En la siguiente imagen se muestra el largo de la estructura en SolidWorks (Calle & Renteria, 2024)

6.4.5 Vista superior de la estructura

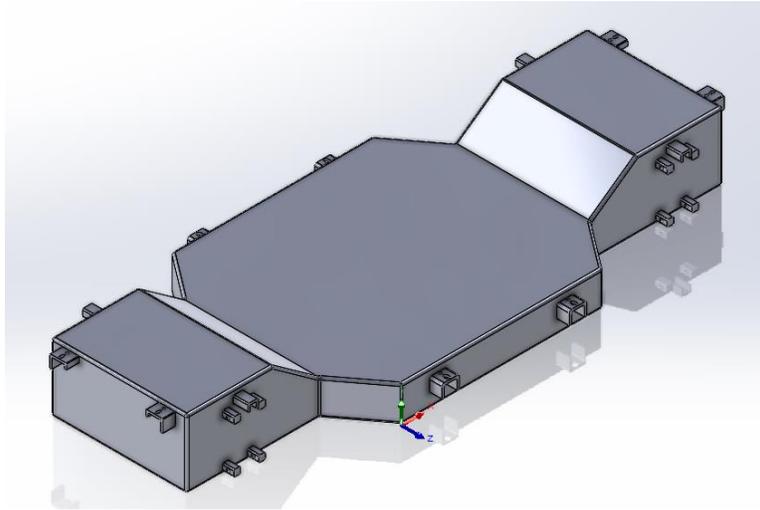
Figura 48 Vista superior



Nota. En la siguiente imagen se muestra la vista superior de la estructura en SolidWorks (Calle & Renteria, 2024)

6.4.6 Vista del Chasis y sus puntos de anclaje

Figura 49 *Puntos de anclaje del chasis*



Nota. En la siguiente imagen se muestra la vista de los puntos de anclaje del chasis en SolidWorks (Calle & Renteria, 2024)

6.4.7 Vista de la estructura y sus puntos de anclaje

Figura 50 Estructura y puntos de anclaje



Nota. En la siguiente imagen se muestra la vista de los puntos de anclaje de la estructura en SolidWorks (Calle & Renteria, 2024)

6.5 Materiales utilizados para el análisis estructural de la carrocería.

Para el análisis y la construcción de la carrocería se utilizó un acero A36 que se encuentra estandarizado bajo la norma ASTM A36 galvanizado, algunas de sus propiedades son:

- Gran resistencia: puede soportar una tensión de 400 hasta 550 MPA
- Durabilidad: es muy duradero y resistente a la corrosión
- Bajo costo: más económicos que otros aceros
- Facilidad de manejo: es fácil de soldar y doblar.
- Buena soldabilidad: puede ser soldado con cualquier método.
- Alta elasticidad: tiene una gran elasticidad, lo que lo hace ideal para estructuras que requieren flexibilidad.

Tabla 7 *Propiedades químicas del acero ASTM A36*

Aleación química	Porcentaje
Carbono	0.26 %
Manganeso	0.80-1.20 %
Fósforo	0.030 %
Azufre	0.030 %
Silicio	0.15-0.40 %
Cobre	0.20 %

Nota. En la siguiente tabla se muestra las propiedades químicas del acero ASTM A36 para un espesor entre 1 ½” y 2 ½” pulgadas tomado de (Leeco Steel LLC, 2024).

Tabla 8 *Propiedades mecánicas del acero ASTM A36*

Propiedades	Valor
Resistencia mínima a la tracción	400-550 MPa (58,000-79,800 psi)
Límite elástico mínimo	250 MPa (36,000 psi)
Dureza	119-159 HB (Brinell Hardness)
Ductilidad	Alargamiento mínimo en 50 mm: 20%-23%
Módulo de Elasticidad	200 GPa (29,000 ksi)
Densidad	7.85 g/cm ³ (7850 kg/m ³)
Punto de Fusión	1,425 - 1,530 °C (2,600 - 2,800 °F)

Nota. En la siguiente tabla se muestra las propiedades mecánicas del acero ASTM A36 tomado de (International., ASTM, 2021)

6.6 Datos de las cargas (cargas vivas, cargas muertas)

Para realizar los cálculos correspondientes tomamos en cuenta las siguientes cargas vivas considerando la distribución y el espacio de la carrocería del chasis pixkit. También tomamos en cuenta para cálculos estructurales de una carrocería en Ecuador, el peso promedio de una persona suele estar en el rango de 70 kg a 75 kg, según la normativa INEM 1323 que establece los requisitos para el diseño de estructuras metálicas. Esta norma se enfoca en los criterios para el diseño y cálculo de estructura hechas de acero, asegurando que cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento. (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1323), s.f.)s.

Datos:

Ocupantes: 3

Masa por personas: 75kg

Gravedad: $9.81 \frac{m}{s^2}$

Formula:

$$P = M * G$$

$$PT = P * N$$

Donde:

$$P = \text{peso de pasajeo (N)}$$

$$PT = \text{peso total de pasajero (N)}$$

$$N = \text{numero de pasejros}$$

$$M = \text{masa de pasajero(Kg)}$$

$$G = \text{gravedad} \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

Calculo:

$$P = 75kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 735.75 N$$

$$PT = 735.75N * 3$$

$$PT = 2207.25 N$$

Datos de cargas muertas:

Tabla 9 *Datos de cargas muertas*

Pesos	Cargas muertas (N)
Carrocería	554.36
Silla de ruedas	151.07
Piso	532.09
Vidrios	343.35
Elementos externos	49.03
Asientos	392.4
Total	2013.57

Nota. Esta tabla muestra el total de las cargas muertas de la estructura tomado de (Calle & Renteria, 2024).

6.7 Análisis de esfuerzo y deformación de la estructura mediante el software ANSYS

Para el análisis correspondiente nos ayudamos de una herramienta de simulación ANSYS utilizado para realizar análisis mediante el Método de Elementos Finitos (MEF). Es comúnmente utilizado en campos de ingeniería para el análisis estructural, de fluidos, térmico y electromagnético. ANSYS nos permite simular y analizar la respuesta de estructuras y componentes bajo diferentes condiciones de carga, incluyendo tensiones, deformaciones y vibraciones.

6.7.1 Propiedades del material

En este punto se muestran las propiedades mecánicas del acero A36 definidas en la herramienta ANSYS que utilizaremos para nuestra estructura.

Figura 51 Propiedades del acero A36 en ANSYS

Outline of Schematic B2: Engineering Data				
	A	B	C	E
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
2	Material			
3	ASTM A36		C:\Users\PC\AppData\Local\Temp	
4	Structural Steel		General_Materials.xml	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
*	Click here to add a new material			

Properties of Outline Row 3: ASTM A36				
	A	B	C	E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m ⁻³	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's Modulus and Po...		
6	Young's Modulus	2E+06	MPa	
7	Poisson's Ratio	0.29		
8	Bulk Modulus	1.5873E+12	Pa	
9	Shear Modulus	7.7519E+11	Pa	
10	Tensile Yield Strength	250	MPa	
11	Compressive Yield Strength	250	MPa	
12	Tensile Ultimate Strength	400	MPa	
13	Compressive Ultimate Strength	400	MPa	

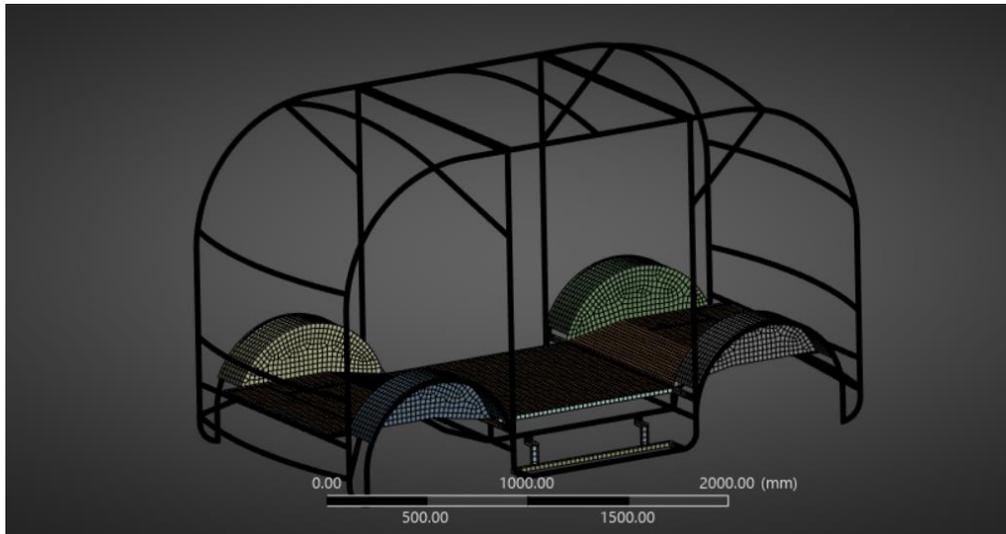
Nota. En la siguiente imagen se muestra las propiedades mecánicas del acero ASTM A36 en ANSYS tomado de (ANSYS, 2024)

6.7.2 Estructura tubular Mallado en ANSYS 2024

El mallado de una estructura en ANSYS es el proceso de dividir una geometría compleja en pequeños elementos finitos para facilitar el análisis numérico. Es un paso crucial en el Método de Elementos Finitos (MEF), ya que el resultado de la simulación depende en gran medida de cómo se realiza el mallado. La calidad de malla de la estructura debe ser superior al 70% para que los resultados obtenidos sean óptimos.

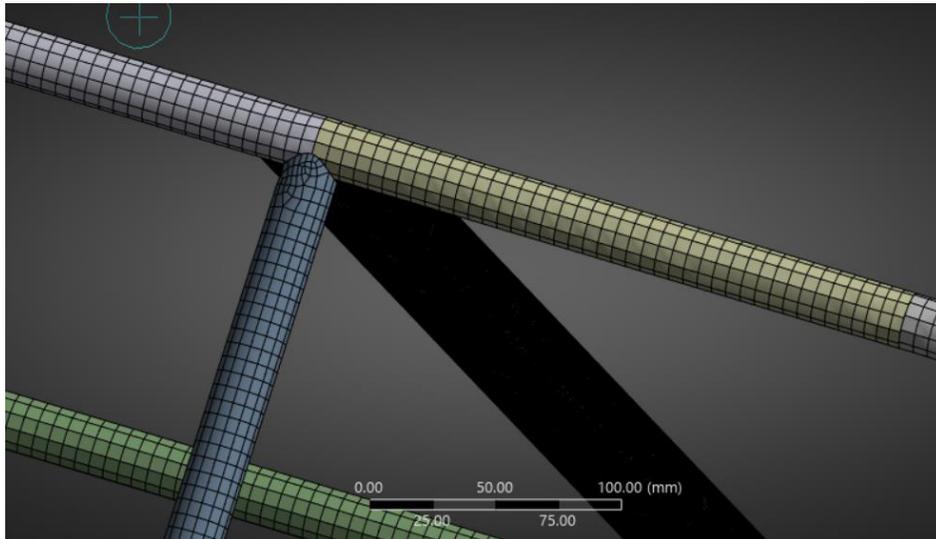
En este caso de nuestro proyecto obtuvimos un mallado de 0.9127 lo cual nos un porcentaje superior al 90%, lo cual se considera un mallado de buena calidad y nos garantiza a obtener resultados mucho más precisos y confiables sobre el comportamiento de la estructura tubular en condiciones de esfuerzos.

Figura 52 *Mallado de estructura tubular*



Nota. En la siguiente imagen se muestra el total de la estructura tubular mallada. Tomado de (ANSYS, 2024).

Figura 53 *Mallado de sección tubular*



Nota. En la siguiente imagen se muestra una pequeña sección de la estructura con su respectivo mallado. Tomado de (ANSYS, 2024).

Figura 54 *Calidad de mallado*

Quality	
Check Mesh Qua...	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
<input type="checkbox"/> Target Elemen...	Default (5.e-002)
Smoothing	Medium
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	2.9076e-002
<input type="checkbox"/> Max	0.99999
<input type="checkbox"/> Average	0.9127
<input type="checkbox"/> Standard Devi...	0.11223

Nota. En la siguiente imagen se muestra la calidad de mallado con la que estamos trabajando. Tomado de (ANSYS, 2024).

6.7.3 Análisis de esfuerzos

Se realiza un análisis estructural, el cual se ve generado por medio de las cargas, aplicadas al mismo, entre las cuales están:

Peso de una persona

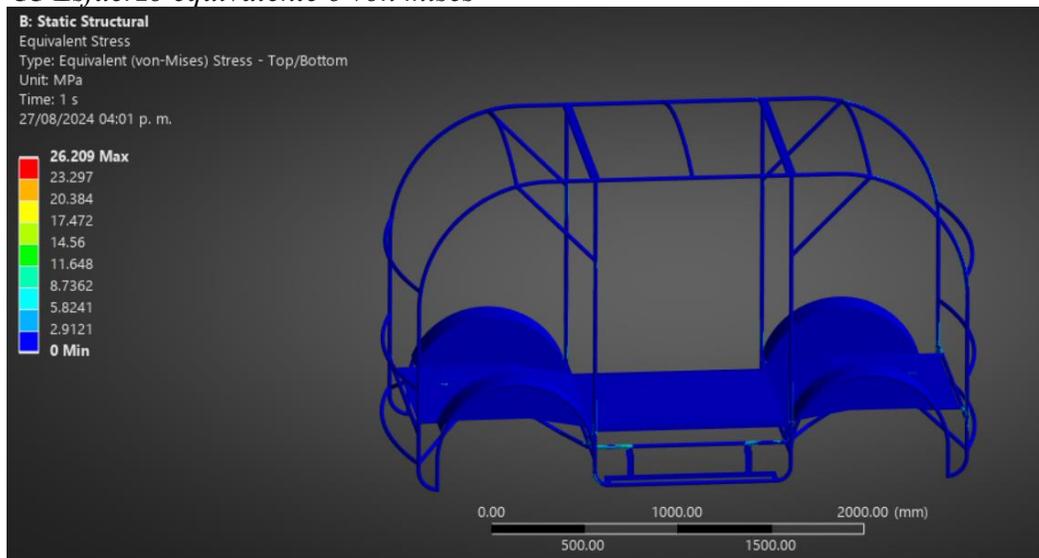
Peso de persona con silla de ruedas

Peso del piso instalado

Peso de los vidrios

Peso de los elementos electrónicos

Figura 55 *Esfuerzo equivalente o von mises*



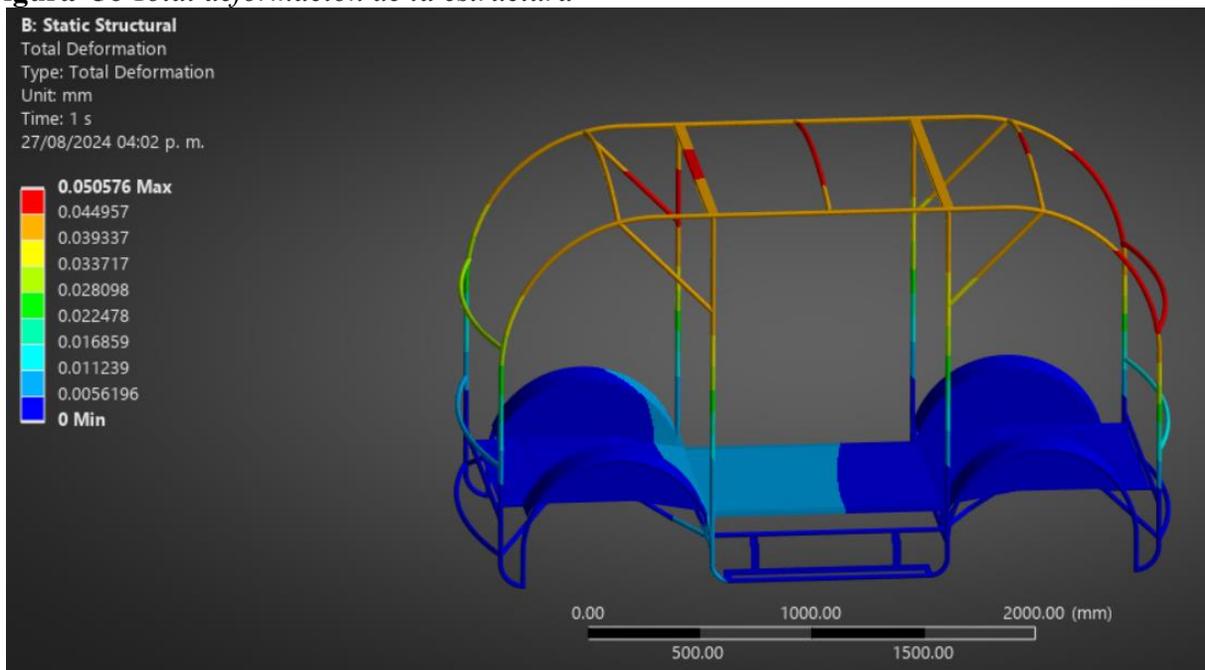
Nota. En la siguiente imagen se muestra el esfuerzo equivalente de la estructura tubular sometida al análisis. Tomado de (ANSYS, 2024).

La simulación de la estructura muestra que el valor está dentro del rango elástico permitido para el acero A36, el material no presenta deformaciones y conserva su recuperación tras las cargas aplicadas

6.7.4 Análisis de deformación.

El análisis de deformaciones es esencial en la ingeniería mecánica y estructural, ya que examina cómo los materiales y estructuras cambian de forma bajo la influencia de cargas. Este tipo de análisis es clave para anticipar el comportamiento de un material o estructura cuando se le aplica una fuerza, lo cual es vital para garantizar que los diseños sean seguros y funcionales

Figura 56 Total deformación de la estructura



Nota. En la siguiente imagen se muestra la deformación total de la estructura tubular sometida al análisis. Tomado de (ANSYS, 2024).

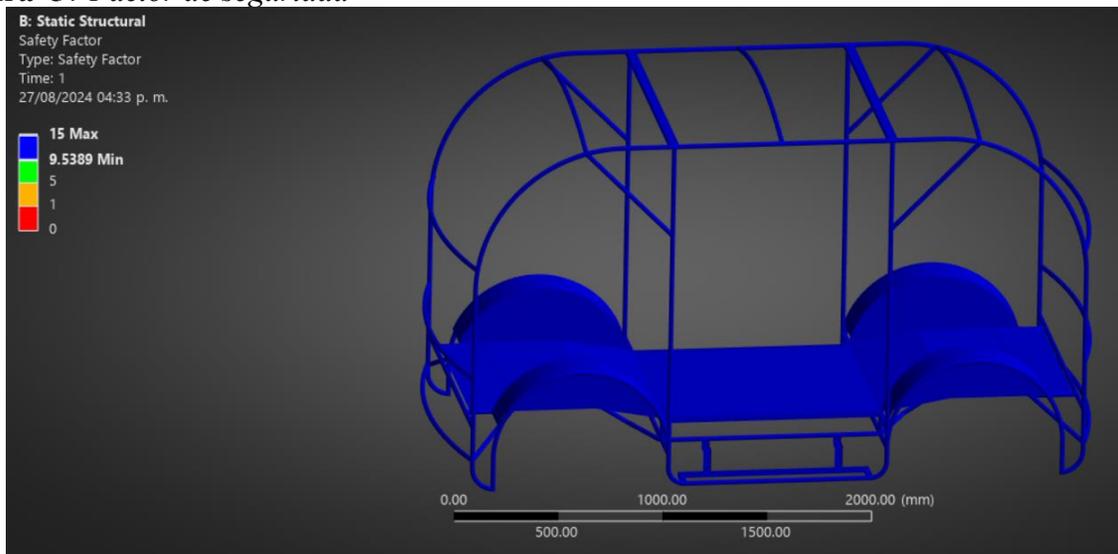
La deformación total máxima obtenida mediante el software ANSYS es de 5.0576×10^{-2} mm lo cual es una deformación pequeña y no genera riesgos para los ocupantes.

6.7.5 Análisis del factor de seguridad

El factor de seguridad (FS) es un elemento fundamental en el diseño de estructuras y componentes mecánicos. Define la proporción entre la capacidad máxima de resistencia de un

material o estructura y la carga efectiva que soporta durante su operación. Este factor es esencial para asegurar que las estructuras y componentes operen de manera segura, incluso cuando enfrentan condiciones imprevistas o fluctuantes.

Figura 57 *Factor de seguridad*



Nota. En la siguiente imagen se muestra el factor de seguridad de la estructura tubular sometida al análisis. Tomado de (ANSYS, 2024).

Los datos obtenidos de la simulación muestran que el factor de seguridad está con un mínimo 9.5389 lo que se refiere que la estructura puede soportar 9.5389 veces las cargas máximas aplicadas, esto demuestra que la estructura está diseñada de una manera segura.

6.7.6 . Cargas de impacto

Para este cálculo consideramos la velocidad máxima que circulara el chasis pixkit dentro de la ciudad el cual es de 60 Km/h. La fuerza de impacto cuando un vehículo colisiona a 60 km/h depende de varios factores, como la masa del vehículo, la duración del impacto y la distancia sobre la cual el vehículo se detiene. El cálculo de la fuerza de impacto no es directo porque involucra el tiempo o la distancia sobre los cuales ocurre la desaceleración.

Para calcular la masa total de un vehículo, se debe considerar el peso de los siguientes componentes:

- Peso de los ocupantes: Incluye el peso promedio de los pasajeros y el conductor.
- Peso de todas las cargas muertas: Incluye el peso de la carrocería y cualquier carga o equipaje transportado en el vehículo.

La fórmula para calcular la masa total es:

$$\text{Masa total} = \text{Peso total de los ocupantes} + \text{Peso de las cargas muertas}$$

$$\text{Peso total de los ocupantes} = 75\text{kg} * 3 \text{ ocupantes}$$

$$\text{Peso total de los ocupantes} = 225 \text{ kg}$$

Para convertir una fuerza medida en Newtons (N) a masa en kilogramos (kg), necesitas usar la relación entre la masa, la fuerza y la aceleración debida a la gravedad.

La relación es:

$$F = m \cdot g$$

donde:

$F =$ es la fuerza total de las cargas muertas en Newtons (N),

$m =$ es la peso de las cargas muertas en kilogramos (kg),

$g =$ es la aceleración debida a la gravedad, que aproximadamente es $\frac{9.81 m}{s^2}$

Para encontrar la masa, reescribimos la fórmula:

$$m = F * g$$

Cálculo

Dado:

$$F = 2013.57N$$

$$g = \frac{9.81 m}{s^2}$$

Entonces:

$$m = 2013.57N * \frac{9.81m}{s^2}$$

$$m = 205.67kg$$

Entonces la masa total será igual a la suma de los dos pesos

$$Masa\ total = 225kg + 205.67\ kg$$

$$Masa\ total = 430.67\ kg$$

Calculo para la fuerza de impacto primeramente convertimos los 60 km/h a m/s

$$\frac{60km}{h} * \frac{0.2778m}{s} = 16.67m/s$$

Formula de fuerza de impacto

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Donde:

Δt es el tiempo de impacto por lo general suele ser muy corto, alrededor de 1s para colisiones severas. Este valor puede variar según la situación específica.

Δp es el cambio en la cantidad de movimiento, que es $m * \Delta v$,

Δv es el cambio en la velocidad, que para un impacto en el que el vehículo se detiene es 16.67m/s.

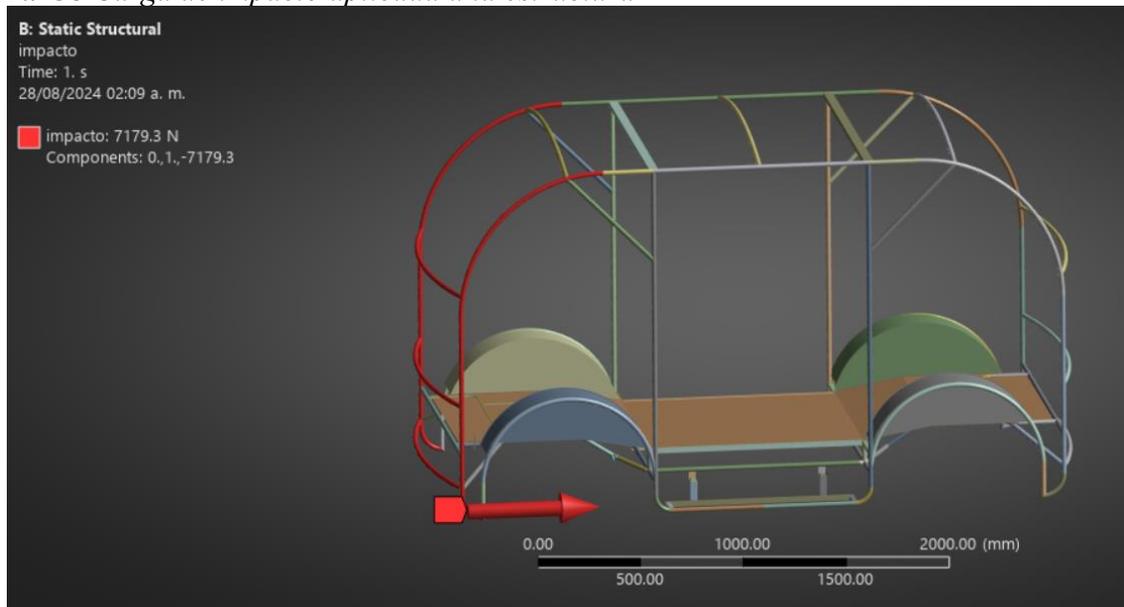
$$F = \frac{m * \Delta v}{\Delta t}$$

$$F = \frac{430.67 \text{ kg} * 16.67 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\text{s}}$$

$$F = 7179.2689 \text{ N}$$

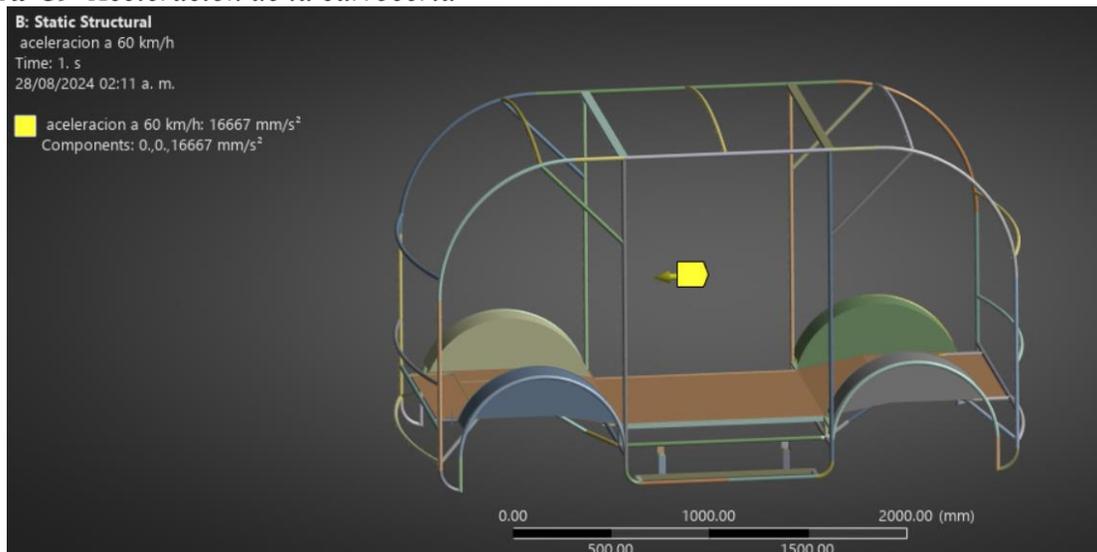
La fuerza de impacto en este caso es de 7179.2689 N, este cálculo se asume que la velocidad del vehículo se reduce a cero casi instantáneamente (en 1segundo)

Figura 58 Carga de impacto aplicada a la estructura



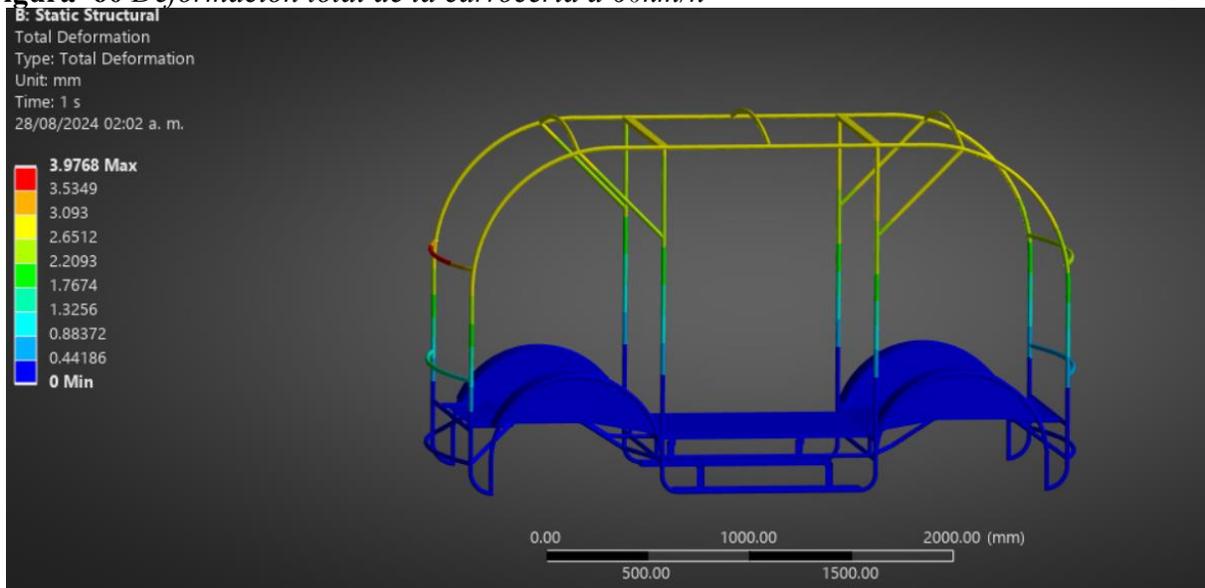
Nota. En la siguiente imagen se muestra la carga de impacto a una velocidad de 60km/h a la que la estructura tubular está sometida para realizar el análisis correspondiente Tomado de (ANSYS, 2024).

Figura 59 Aceleración de la carrocería



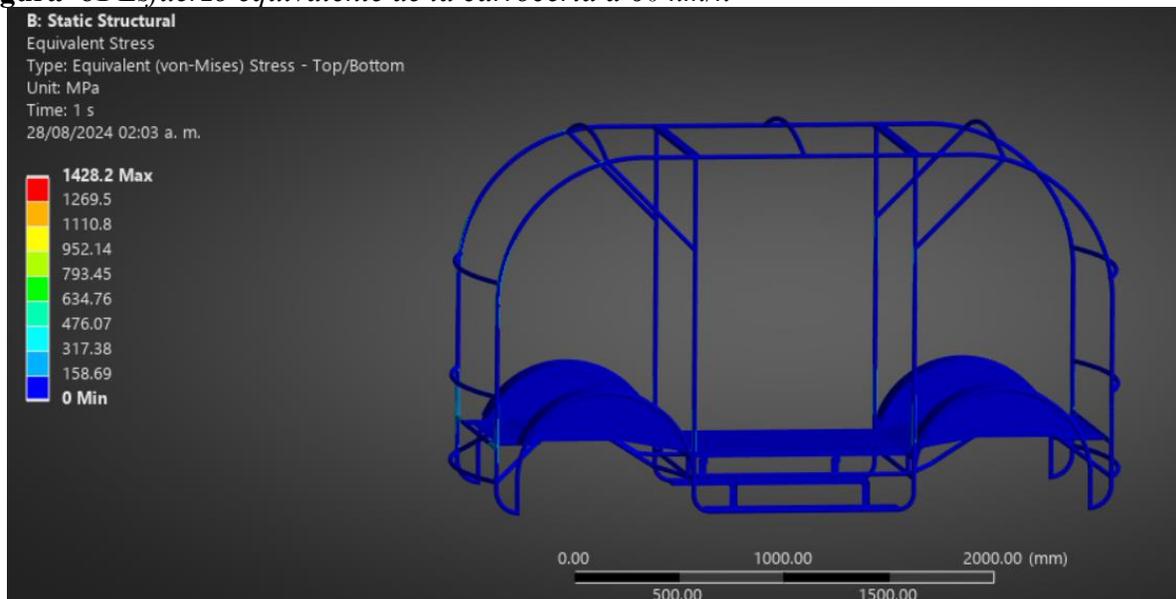
Nota. En la siguiente imagen se muestra la aceleración correspondiente de 60km/h a la que la estructura tubular está sometida para realizar el análisis. Tomado de (ANSYS, 2024)

Figura 60 Deformación total de la carrocería a 60km/h



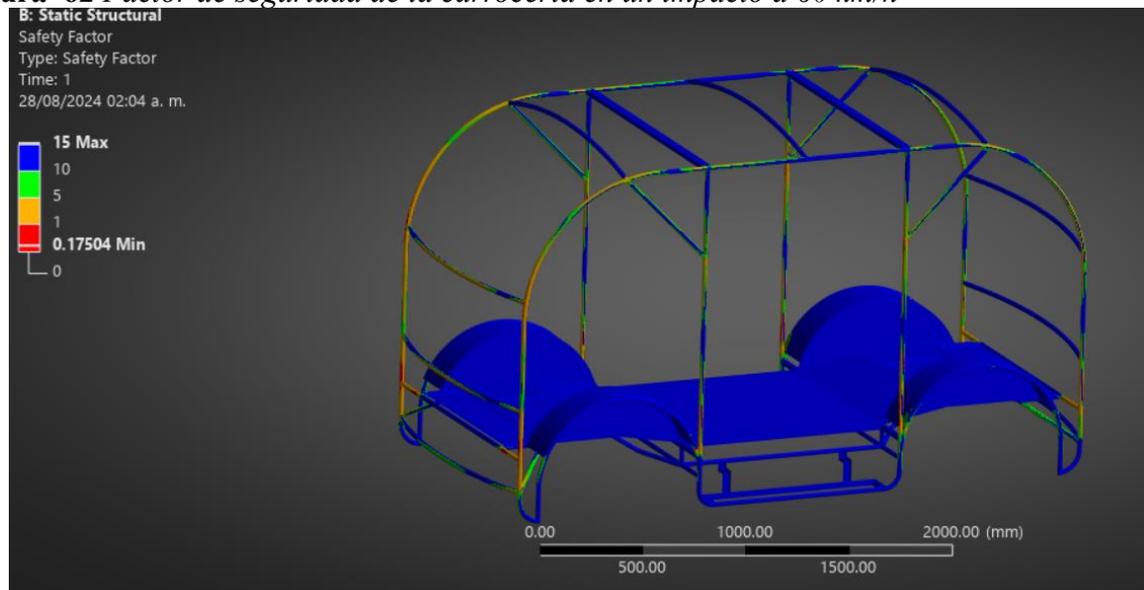
Nota. En la siguiente imagen se muestra el análisis de la deformación total a 60km/h a la que la estructura tubular está sometida. Tomado de (ANSYS, 2024)

Figura 61 Esfuerzo equivalente de la carrocería a 60 km/h



Nota. En la siguiente imagen se muestra esfuerzo equivalente total a 60km/h a la que la estructura tubular está sometida. Tomado de (ANSYS, 2024)

Figura 62 Factor de seguridad de la carrocería en un impacto a 60 km/h



Nota. En la siguiente imagen se muestra el factor de seguridad a 60km/h a la que la estructura tubular está sometida. Tomado de (ANSYS, 2024)

Tras el análisis de la carrocería sometida a una carga de impacto a 60 km/h el esfuerzo equivalente en cierto punto es de 1428.2 MPa esto nos indica que supera con creces el límite de fluencia del acero A36. Esto significa que la estructura no solo ha experimentado una deformación elástica, sino que ha entrado en una fase de deformación plástica significativa, donde el material ha cedido y deformado permanentemente. Aunque la deformación máxima es de 3.98 mm es relativamente pequeña, la combinación de un esfuerzo extremadamente alto y un factor de seguridad tan bajo indica que la estructura está bajo un estado de carga muy peligroso. La pequeña deformación podría estar relacionada con la rigidez de la estructura, una concentración de esfuerzos o una restricción considerable en el movimiento de la estructura. A pesar de la baja deformación, el riesgo de fallo catastrófico sigue siendo alto debido al esfuerzo tan elevado que está experimentando el material.

6.7.7 Carga de frenado

Para determinar las cargas de frenado debemos considerar varios factores, como la masa del vehículo, la distribución del peso, la desaceleración, y como estas fuerzas se distribuyen a través de la estructura. El centro de gravedad afecta la transferencia de carga durante el frenado, lo que a su vez afecta la estabilidad y el desempeño del vehículo.

Para calcular la carga de frenado en función del centro de gravedad debemos seguir la siguiente formula

$$F_{delantero} = u * \left(\frac{m * g * dr}{L} + \frac{m * a * h}{L} \right)$$

$$F_{trasero} = u * \left(\frac{m * g * df}{L} + \frac{m * a * h}{L} \right)$$

Donde:

u es el coeficiente de fricción entre el neumático y la superficie por lo general es 0.8

m masa del vehículo

L distancia entre los ejes

h altura del centro de gravedad respecto al suelo

dr distancia de eje trasero al centro de gravedad

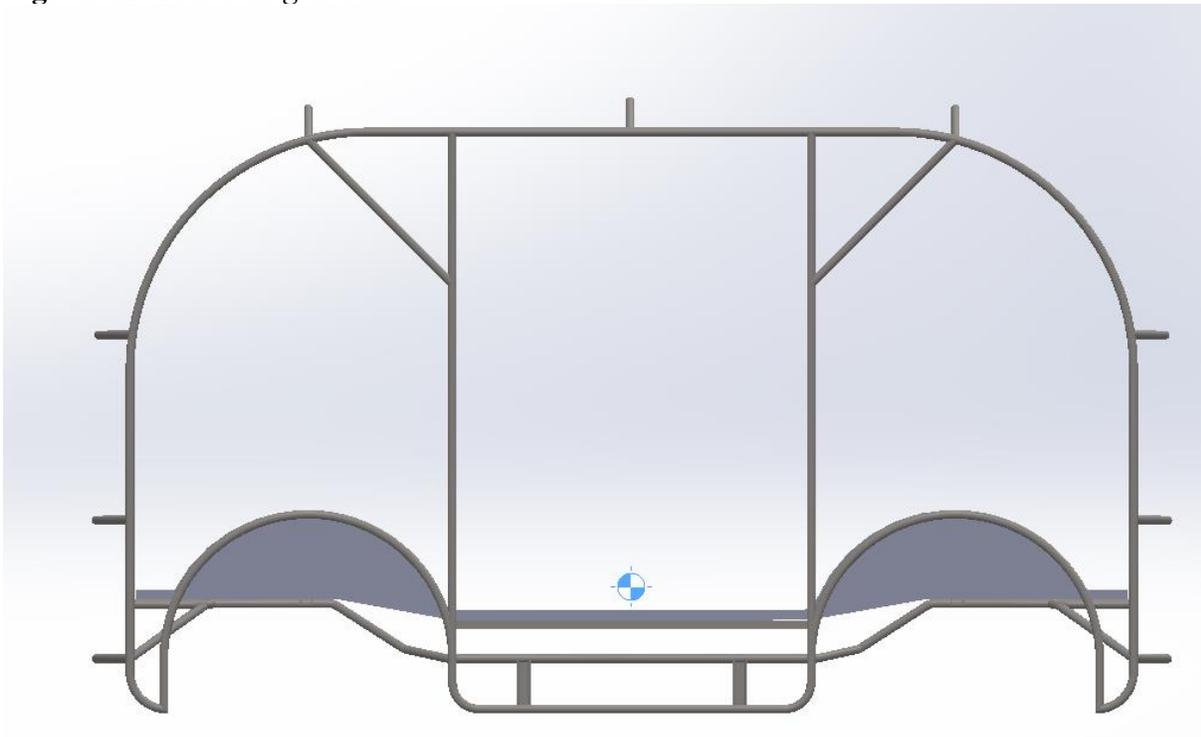
df distancia del eje delantero al centro de gravedad

g aceleración debida a la gravedad 9.81 m/s²

a es la desaceleración aproximadamente 5m/s²

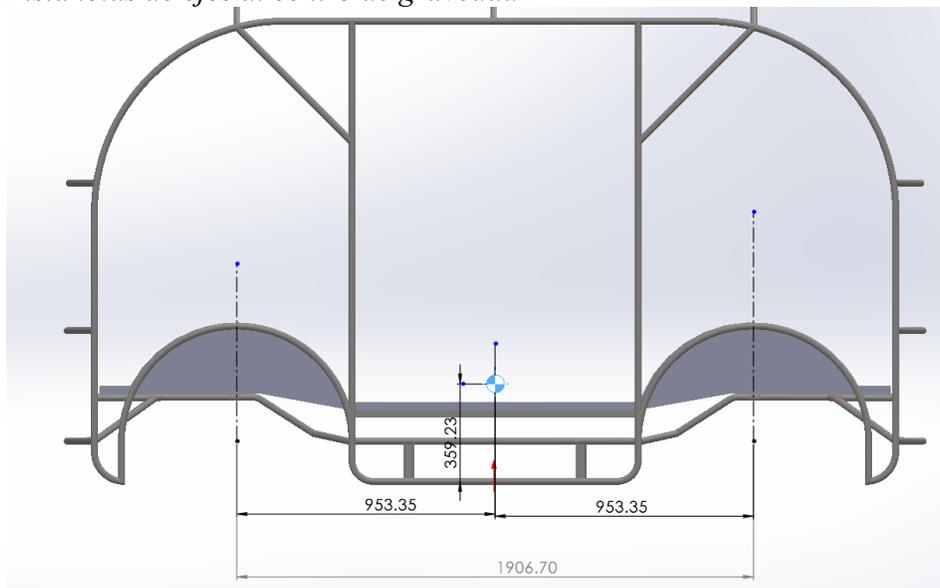
Mediante el software SolidWorks se determinó el centro de gravedad de la estructura

Figura 63 Centro de gravedad



Nota. En la siguiente imagen se muestra e centro de gravedad a la que la estructura tubular está sometida. Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en Solidwork

Figura 64 Distancias de ejes al centro de gravedad



Nota. En la siguiente imagen se muestra la distancia de ejes al centro de gravedad Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en SolidWorks

Calculo

$$m = 430.67 \text{ kg}$$

$$L = 1.9067 \text{ m}$$

$$h = 0.35923 \text{ m}$$

$$df = 0.95335 \text{ m}$$

$$dr = 0.95335 \text{ m}$$

$$u = 0.8$$

$$a = \frac{5\text{m}}{s^2}$$

$$F_{delantero} = 0.8 * \left(\frac{430.67 * 9.81 * 0.95335}{1.9067} + \frac{430.67 * 5 * 0.35923}{1.9067} \right)$$

$$F_{delantero} = 1701.75 \text{ N}$$

Carga eje trasero es el mismo que el eje delantero

$$F_{delantero} = F_{trasero} = 1701.75 \text{ N}$$

$$F_{ftotal} = f_{delantera} + F_{trasera}$$

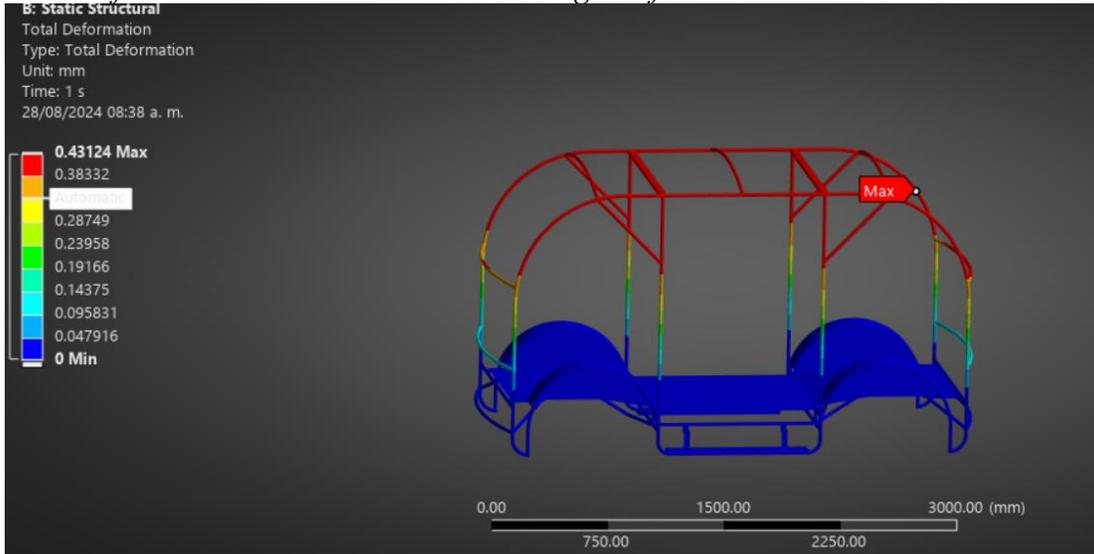
$$F_{ftotal} = 1701.75 \text{ N} + 1701.75 \text{ N} = 3403.5 \text{ N}$$

Distribuido para los 4 neumáticos es

$$Ffd = \frac{1701.75N}{2} = 850.875 N$$

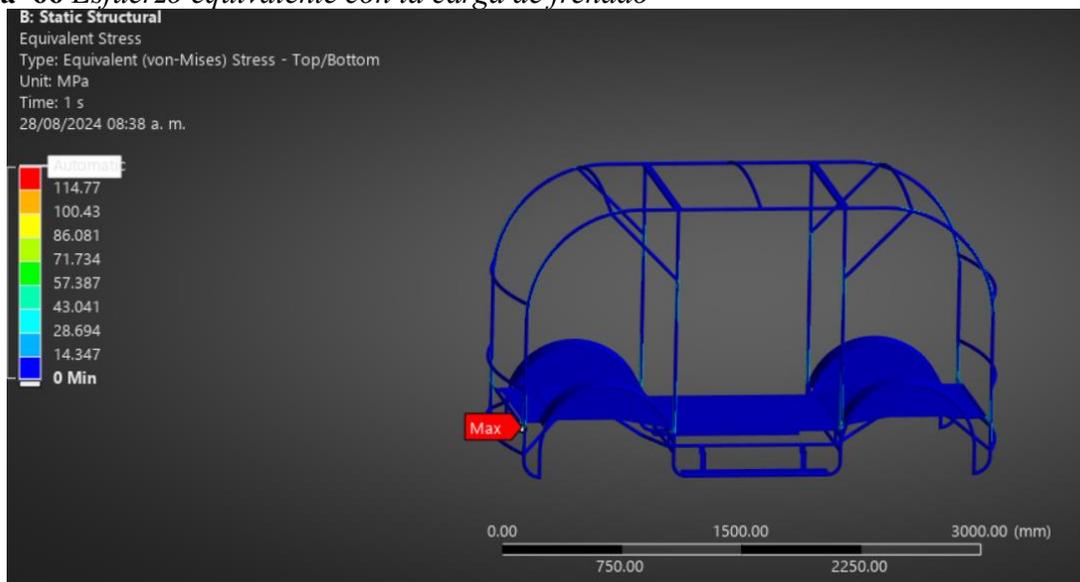
$$Fft = \frac{1701.75N}{2} = 850.875 N$$

Figura 65 Deformación total considerando la carga de frenado



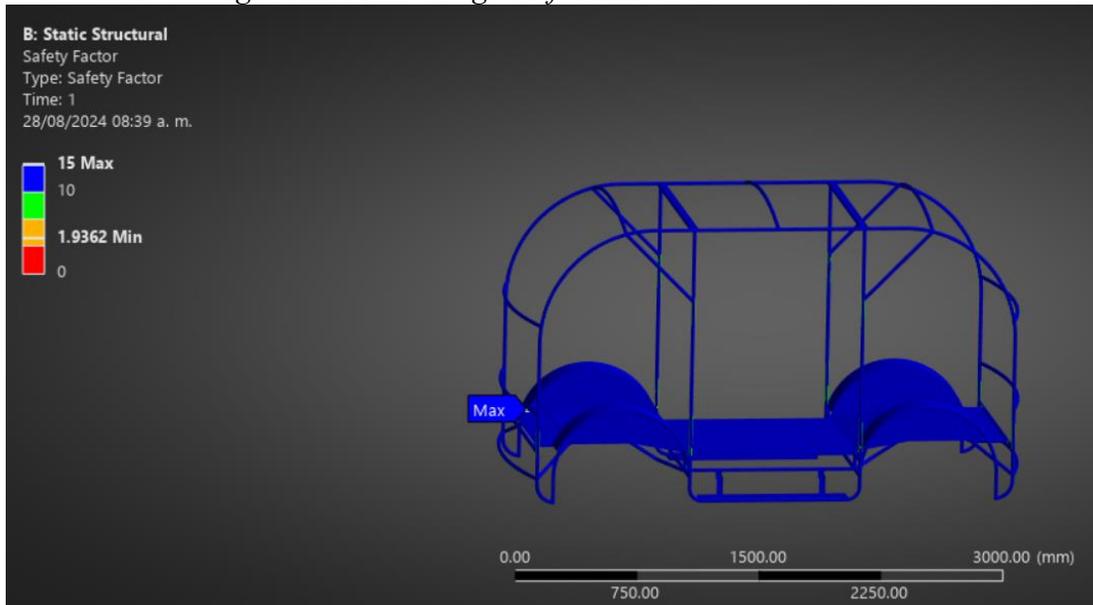
Nota. En la siguiente imagen se muestra la deformación total de la estructura considerando la carga de frenado Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en ANSYS

Figura 66 Esfuerzo equivalente con la carga de frenado



Nota. En la siguiente imagen se muestra el esfuerzo equivalente de la estructura considerando la carga de frenado Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en ANSYS

Figura 67 Factor de seguridad con la carga de frenado



Nota. En la siguiente imagen se muestra el factor de seguridad de la estructura considerando la carga de frenado Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en ANSYS

Los resultados indican que el componente es seguro y eficiente para las condiciones de carga de frenado analizadas, con una baja deformación de 0.43 mm y un esfuerzo equivalente de 129.12 Mpa el cual está dentro de límites seguros. Sin embargo, es importante considerar el contexto operativo para asegurar que el factor de seguridad sea adecuado para todas las posibles condiciones.

6.7.8 Cargas laterales

Durante una curva, la fuerza centrífuga actúa lateralmente sobre el vehículo, afectando la distribución del peso entre las ruedas izquierda y derecha.

La fuerza centrífuga F_c se calcula como:

$$F_c = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

Donde m es la masa total del vehículo, v es la velocidad, y r es el radio de la curva.

Datos

$$m = 430.67 \text{ kg}$$

$$v = \frac{60 \text{ km}}{h} = 16.67 \frac{m}{s}$$

$$r = 30 \text{ m (c)}$$

Calculo.

$$F_c = 430.67 \text{ kg} \times \frac{16.67 \frac{m^2}{s}}{30 \text{ m}} = 239.3089 \text{ N}$$

La distribución de la carga lateral entre ejes se calcula como:

$$F_{\text{delantero}} = \frac{h * F_c * dr}{L}$$

$$F_{\text{delantero}} = \frac{0.3592 * 239.3089 * 0.95335}{1.9067}$$

$$F_{\text{delantero}} = 42.98 \text{ N}$$

Convertimos esto a kilogramos:

$$\Delta W = \frac{42.98 \text{ N}}{9.81 \frac{m}{s}} \approx 4.38 \text{ kg}$$

Fuerza lateral Total:

$$FL_{total} = FL_{delantero} + FL_{trasero}$$

$$FL_{total} = 42.98N + 42.98N$$

$$FL_{total} = 85.96N$$

6.7.9 Cargas combinadas

Las cargas combinadas se refieren a la aplicación simultánea de diferentes tipos de cargas que la estructura puede experimentar durante su uso. Estas cargas incluyen

Cargas Estáticas: Estas son cargas que se aplican lentamente y permanecen constantes o cambian de manera gradual con el tiempo. Ejemplos incluyen el peso propio del vehículo y la carga de pasajeros y carga.

Cargas Dinámicas: Resultan de la aceleración y desaceleración del vehículo, como fuerzas inerciales durante el frenado, la aceleración o en curvas.

Cargas de Impacto: Se producen por choques o colisiones, afectando significativamente a la estructura de la carrocería.

Cargas de Frenado: Se producen por la acción que se genera sobre los ejes traseros y delanteros, esto afectando a la estructura de la carrocería.

Cargas Laterales: Se producen por la acción que se genera al generar un giro con el vehículo en movimiento, esto afectando a la estructura de la carrocería.

El análisis de cargas combinadas en la carrocería de un vehículo generalmente requiere el uso de métodos numéricos como el Método de Elementos Finitos (MEF), que permite evaluar cómo estas cargas interactúan y cómo la estructura responde bajo condiciones reales. Herramientas como ANSYS son comúnmente utilizadas para realizar estos análisis detallados (Doe, 2023).

Tabla 10 *Valores de cargas Combinadas*

CARGAS	VALOR
Cargas muertas	2013.57N
Cargas vivas	2207.25 N
Cargas de impacto	7179.2689 N
Cargas de frenado	3403.5 N
Cargas Laterales	85.96N

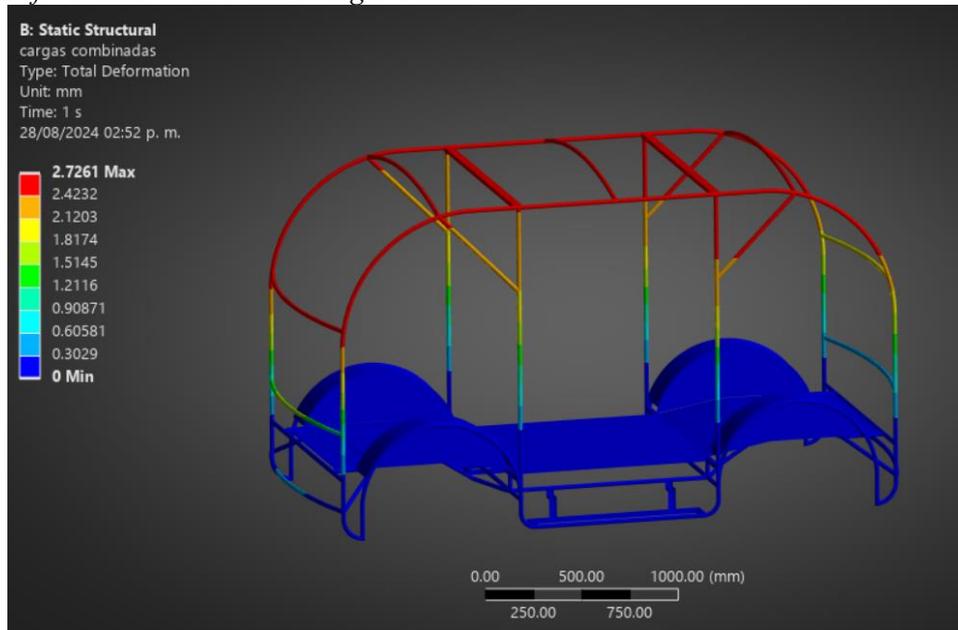
Nota. En la siguiente tabla se muestran los valores obtenidos para utilizarlos en el cálculo de las cargas combinadas. (Calle & Renteria, 2024)

Total de fuerzas combinadas: El valor de las fuerzas combinadas es el total de todas las fuerzas antes mencionadas el cual se muestra a continuación.

$$total\ fuerzas\ combinadas = 14889.54N$$

Por lo tanto, este valor nos muestra el total de las fuerzas combinadas el cuál se distribuirá en la estructura para poder analizar.

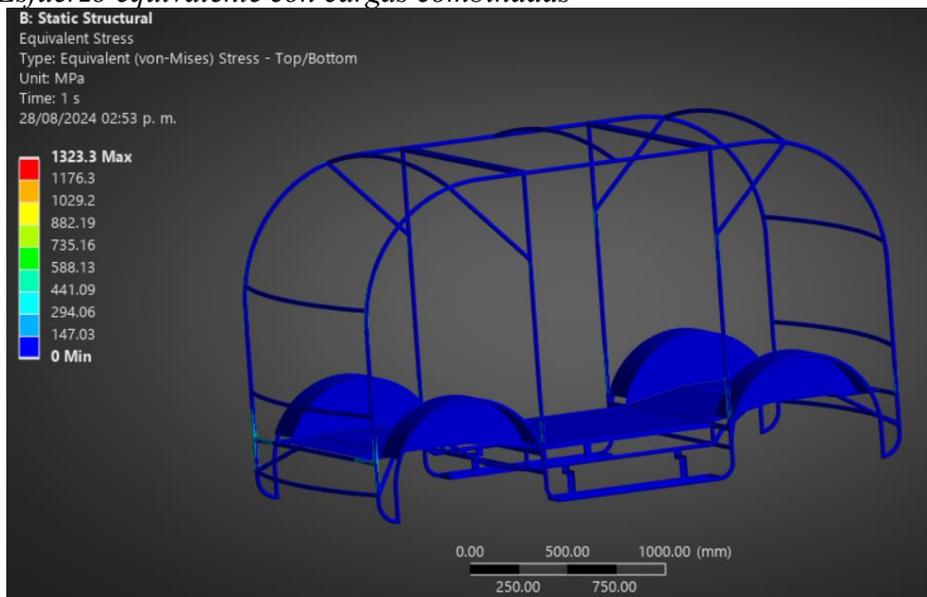
Figura 68 Deformación total con las cargas combinadas



Nota. En la siguiente imagen se muestra la deformación total aplicando las cargas combinadas

Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en ANSYS

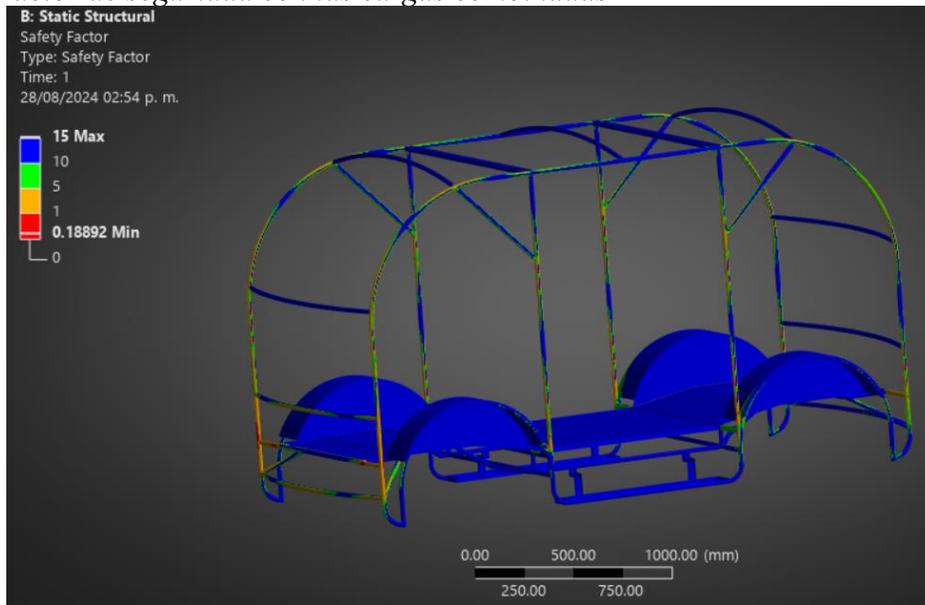
Figura 69 Esfuerzo equivalente con cargas combinadas



Nota. En la siguiente imagen se muestra el esfuerzo equivalente aplicando las cargas combinadas

Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en ANSYS

Figura 70 Factor de seguridad con las cargas combinadas



Nota. En la siguiente imagen se muestra el factor de seguridad aplicando las cargas combinadas Tomado de (Calle & Renteria, 2024) realizado en ANSYS

La deformación total de 2.7261 mm indica cuánto se ha deformado la estructura bajo la combinación de todas las cargas aplicadas. Esto puede ser una medida de la flexibilidad de la estructura. El esfuerzo equivalente de 1323.3 MPa (megapascales) representa la tensión máxima en la estructura. Para acero A35, es crucial comparar este valor con el límite de resistencia del material para evaluar si la estructura está sobrecargada. Un factor de seguridad de 0.1889 es extremadamente bajo, indicando que la estructura está muy cerca de fallar o colapsar. En ingeniería, un factor de seguridad menor a 1 generalmente significa que la estructura no es segura y es probable que falle bajo las condiciones actuales.

Como conclusión podemos decir que la estructura, dada la deformación y el esfuerzo equivalente, parece estar en una condición crítica. El factor de seguridad de 0.1889 sugiere que la estructura no es segura bajo las cargas combinadas actuales. Es necesario reevaluar el diseño,

reducir las cargas aplicadas, o utilizar materiales más resistentes para asegurar la integridad estructural.

7 CAPITULO IV: COSTOS Y RECURSOS UTILIZADOS

7.1 Costos

Se entiende por costo o valor el gasto asociado al uso de todos los recursos empleados en la producción de un bien o en la prestación de un servicio dentro de una actividad económica. Cuando las empresas llevan a cabo proyectos con objetivos económicos, se enfrentan a lo que se conoce como costos. Esta definición puede ampliarse para incluir impactos sobre terceros ajenos al fabricante del producto o al proveedor del servicio. En este contexto, estaríamos hablando de costos sociales, como los ambientales, que son asumidos por la comunidad o la sociedad y no se contemplan al calcular los costos económicos

7.2 Estado de Costos de Fabricación

En teoría, cumple dos funciones principales: refleja el costo de la producción finalizada y, por ende, el costo de los bienes vendidos en un período determinado. Además, proporciona datos adicionales, como la cantidad de materias primas utilizadas en ese período, el costo total de producción y el costo de producción en curso. Este informe comienza con el inventario inicial y detalla los costos incurridos durante la producción de los productos terminados, permitiendo así una visión de las ventas en la industria. Al comparar los costos estimados con los costos reales, podrás tomar decisiones más informadas para alcanzar los resultados deseados.

7.2.1 Costos de Producción

El costo total asociado a la producción de un bien o servicio se denomina costo de producción. Este incluye gastos relacionados con las materias primas, la mano de obra y los costos

indirectos. El costo de producción abarca el precio de los recursos necesarios para fabricar bienes económicos, como la mano de obra, la tierra, el capital y la tecnología, excluyendo otros gastos como los financieros. Generalmente, incluye costos de materias primas y aprovisionamientos, mano de obra directa e indirecta, y otros gastos administrativos como amortizaciones, alquileres y asesorías.

Elementos de los costos de producción

En la estructura de costos de producción se identifican tres elementos fundamentales, que se describen a continuación:

Materia Prima y Aprovisionamientos: Estos son los componentes que se transforman durante el proceso productivo. Por ejemplo, en la elaboración de pan, la harina y la sal son materias primas que sufren una transformación. También se incluyen los elementos que no cambian, pero son necesarios, como las bolsas utilizadas para el intercambio de productos.

Mano de Obra: Se refiere a la fuerza laboral directamente involucrada en la producción, como los trabajadores encargados de fabricar chasis.

Costos Indirectos de Producción: Aunque no están directamente vinculados con el proceso productivo, los costos indirectos, como el personal administrativo, el alquiler, los impuestos y las amortizaciones, son esenciales.

El costo de conversión, que representa el gasto de transformar las materias primas en productos terminados, incluye los costos de mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación.

7.2.2 Materia Prima

Se entiende por materia prima o bien intermedio a cualquier recurso que se transforma durante el proceso de producción antes de ser convertido en un bien de consumo. Por ejemplo, productos tangibles como el petróleo requieren procesamiento antes de que puedan ser utilizados directamente por los consumidores. Al inicio de la cadena productiva, las materias primas experimentan varias transformaciones hasta llegar a ser un producto final apto para el consumo. Los bienes intermedios se distinguen por su menor grado de procesamiento humano, es decir, cuán cercanos permanecen a su estado original previo a la explotación. Los recursos naturales, como minerales, energéticos y forestales, son ejemplos claros de bienes que posee un país.

7.2.3 Mano de Obra

Dado que es necesario pagar a los empleados si queremos incluirlos en el proceso de producción, la mano de obra es un elemento crucial del mercado laboral y, por lo tanto, es un costo de producción. Siendo utilizado para convertir la materia prima en productos terminados, el cual no se puede almacenar.

Tipos de Mano de Obra

Según el tipo de contribución que hace al proceso de producción, la mano de obra se puede categorizar en:

7.2.3.1 Mano de obra directa

Estos empleados son responsables de convertir insumos y materias primas en productos y servicios. Es fundamental entender que, a pesar de que una empresa pueda estar completamente automatizada, la mano de obra directa sigue siendo esencial para completar el proceso de producción.

7.2.3.2 Mano de obra indirecta

Son trabajadores que convierten insumos y materias primas en productos y servicios. Es importante considerar que, incluso en una empresa totalmente automatizada, el proceso de transformación de producción no podría concluirse sin la intervención de la mano de obra directa. La mano de obra se puede categorizar según el grado de formación que posean

7.2.3.3 Mano de obra cualificada

La mano de obra cuenta con competencias técnicas o profesionales específicas que son cruciales para desempeñar sus funciones en el proceso productivo. Debido a que las tareas que realizan estos empleados requieren un alto nivel de especialización, es fundamental que hayan completado un determinado número de años de educación formal y estén plenamente capacitados para ejercer sus funciones actuales.

Aunque estos trabajadores son más demandados y, en consecuencia, reciben una mejor remuneración, sus conocimientos y habilidades les permiten contribuir a innovaciones y mejoras en el proceso de producción, lo que puede otorgar a la empresa una ventaja competitiva.

7.2.3.4 Mano de obra no cualificada

Debido a que son la mano de obra más abundante en el mercado y no requieren habilidades técnicas o profesionales para desempeñar su labor, su salario en el mercado laboral es bajo. Además, estas personas no necesitan poseer dichas habilidades para realizar su trabajo. Aunque no se exige una educación formal para esta fuerza laboral, resulta muy valiosa para las empresas, ya que les permite operar su proceso de producción a un costo reducido.

7.3 Costos de la materia prima

Se estimará el costo necesario para adquirir la materia prima destinada a la fabricación de la estructura tubular del chasis PIXKIT.

Tabla 11 *Materia prima utilizada*

	Cantidad	Valor unitario	Total
Viga rectangular 5x2.5 cm	2	60 \$	120 \$
Tubo Redondo 1x 2pulg	19	38 \$	722 \$
Plancha de acero	1	80 \$	80 \$
Extras	1	100 \$	100 \$
Total			1002 \$

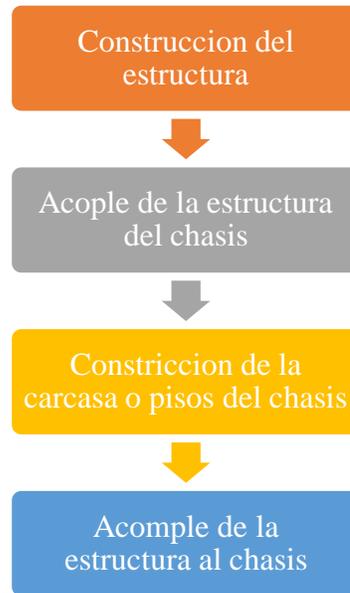
Nota. Se muestra en la siguiente tabla el valor y cantidad a usar de materia prima.

7.4 Mano de obra

Para la construcción del chasis, se requiere personal especializado en su fabricación y ensamblaje. Se elaborará un organigrama que detalle cada una de las actividades a realizar. Según el organigrama que se muestra a continuación, se ha establecido que es necesario contar con un único profesional, quien se encargará de lo siguiente:

Para la construcción, ensamblaje y fabricación del piso

Los perfiles a necesita se muestran en la tabla 11.



La construcción de la estructura y el acople de esta requieren de los siguientes pasos:



Tabla 12 Perfil profesional.

Tarea	Perfil Profesional
Construcción y armado de la estructura	Tecnólogo en mecánica industrial o técnico especializado en mecánica industrial con un mínimo de 2 años de experiencia en la fabricación de chasis y en trabajos de soldadura.

Nota Se muestra a continuación perfil profesional seleccionado para dicho proceso.

Se han investigado los sueldos y salarios mensuales que percibirían los posibles empleados, tomando como referencia los perfiles profesionales presentados.

Tabla 13 Sueldo mensual según perfiles profesionales.

Perfil Profesional	Salario Mensual
Tecnólogo mecánico industrial	\$ 600,00
Total	\$ 600,00

Nota Se muestra a continuación el sueldo mensual aproximado de las personas capacitadas a la elaboración de dicho procesos.

Tabla 14 Precio hora de la mano de obra.

Perfil Profesional	Valor de la hora de trabajo
Tecnólogo mecánico industrial	\$ 3,00
Total	\$ 3,00

Nota Se muestra a continuación el valor aproximado por hora de la mano de obra.

Finalmente, es esencial calcular el costo total de la mano de obra necesaria para la construcción del chasis PIXKIT M1, para lo cual se debe determinar el número de horas que cada trabajador necesitará para completar su tarea. La estimación de las horas requeridas depende de varios factores, como la habilidad, dedicación profesional, nivel de conocimientos, métodos utilizados, experiencia y eficiencia. En caso de no contar con experiencia previa en la fabricación de estos modelos, se han utilizado estimaciones basadas en datos de empresas similares que realizan trabajos equivalentes.

Tabla 15 *Total de horas empleadas para el trabajo.*

Perfil Profesional	Horas empleadas para el trabajo
Tecnólogo mecánico industrial	160
Total	160

Nota Se muestra a continuación la cantidad de horas a trabajar sabiendo que se ocuparan 20 días y las horas de trabajo diarias son 8.

Tabla 16 *Total Mano de Obra.*

Perfil Profesional	Valor Total de la Mano de Obra
Tecnólogo mecánico industrial	\$ 598,00
Total	\$ 598,00

Nota se muestra el valor total de la mano de obra considerando lo antes mencionado.

7.5 Costos de fabricación

Se suman los costos de materia prima y mano de obra, sin incluir los costos indirectos de fabricación, ya que estos tienen un impacto insignificante en el presupuesto.

Tabla 17. *Costos totales de la Fabricación.*

Costos de Fabricación		
Mano de Obra	\$	598,00
Materia Prima	\$	1002,00
Total	\$	1.600,00

Nota se muestra el valor total del costo de fabricación .

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

El uso de vehículos monoplaza como medio de transporte para personas con parálisis en las extremidades inferiores, cuyas principales causas pueden ser una lesión bilateral grave o un accidente que resulte en la pérdida de movilidad autónoma, hace que estas personas dependan totalmente de un transporte adecuado a sus necesidades y expectativas futuras.

El diseño y análisis realizado del vehículo se basa en una carrocería tipo M1, destinada para el transporte de pasajeros, con un máximo de ocho asientos además del asiento del conductor, y un peso total en carga que no exceda los 3.500 kilogramos.

El chasis PIXKIT se gestiona mediante software y hardware especializados en programación, adaptándose a su configuración única. Esto es esencial para el cableado y los sensores de movilidad que permiten a una persona con limitaciones de movimiento controlar el vehículo.

El diseño del chasis PIXKIT presenta una complejidad considerable debido a la necesidad de integrar un sistema funcional. Esto incluye un sistema para la apertura automática de la rampa y la puerta, que es crucial para mantener una apariencia exterior moderna y atractiva, y que cuenta con los espacios interiores adecuados para que la persona, de manera remota, pueda dirigir y movilizarse sin inconvenientes.

El análisis efectuado facilitó el desarrollo del chasis PIXKIT y de la plataforma necesaria basada en el modelo M1. Las estructuras y soldaduras implementadas aseguran que el vehículo responda adecuadamente a las necesidades del conductor, permitiendo una movilidad segura y

absorbiendo impactos sin comprometer el espacio de supervivencia, lo que garantiza la seguridad física del ocupante.

El costo estimado para la producción del chasis PIXKIT y de la carrocería M1 fue de 1.600 dólares estadounidenses. Sin embargo, este valor es relativamente variable, ya que puede fluctuar según varios factores y los cambios de precios en el mercado. Para confirmar estos valores, se realizaron diversas pruebas de funcionamiento.

8.2 Recomendaciones

Se sugiere que el diseño de los chasis y las plataformas, siguiendo una carrocería de tipo M1, se guíe por las directrices de este proyecto, teniendo en cuenta también las particularidades de cada componente dentro de los espacios diseñados de la carrocería. Esto es crucial para prevenir problemas o fallas significativas en el sistema de trabajo a largo plazo. Asimismo, se recomienda que, durante la construcción del chasis en la carrocería designada, se utilicen materiales y procedimientos apropiados, asegurando que el resultado cumpla con las características físicas y del material, según lo determinado en el análisis estructural realizado.

9 Bibliografía

ANSYS. (2024).

Bejerano, P. G. (06 de 03 de 2022). *ThinkBig*. Obtenido de ThinkBig:
<https://blogthinkbig.com/sensores-esencia-coche-autonomo#:~:text=Los%20principales%20sensores%20con%20los,de%20sensores%2C%20como%20el%20GPS.>

Benítez, A. (2019). *ANEXO A. Sobre Definición, Denominación, Clasificación y Modelos*. Obtenido de <http://www.cent.gov.ar/files/escalabilidad/Anexo-01.pdf>

Calle, & Renteria. (2024).

Carreño, Aguillon, Elsy del Pilar; Vacca, Melo, Edwin Alfonso; Lugo, Ariza, Ingrid. (2012). *Diseño y fabricación de un vehículo autónomo impulsado por energía solar*. Recuperado el 10 de Febrero de 2023, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000200009

David Plaza. (2021). *chasis autoportante o monocasco*. Obtenido de <https://www.motor.es/ques-es/chasis-autoportante-monocasco>

Disprodat. (2018). *El Chapista*. Obtenido de http://www.elchapista.com/chasis_carrocerias_vehiculos.html

Doe, J. (15 de Marzo de 2023). *structural analysis and combined loads*. Obtenido de <https://www.structuralengineeringinsights.com/combined-loads>

Foundation., Ruderman Family. (2023). *Self-Driving Cars: The Impact on People with Disabilities*. Obtenido de <https://rudermanfoundation.org>.

Fundación Carlos Slim. (2020). Chasis y carrocería - Mecánico automotriz 42. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=zmd2B8CD43A>

Gonzales, C. (07 de 05 de 2023). *Computer*. Obtenido de Computer: <https://computerhoy.com/tecnologia/son-niveles-conduccion-autonoma-1229224>

GoogleMaps. (2024). *googlemaps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/search/Universidad+Politecnica+Salesiana/@-2.8865721,-78.9947475,16.37z?entry=ttu>

International., ASTM. (2021). *ASTM A36/A36M-21:Standard Specification for Carbon Structural Steel*. Obtenido de <https://www.astm.org/Standards/A36.htm>

Leeco Steel LLC. (2024). *leecosteel*. Obtenido de <https://www.leecosteel.com/es/news/post/astm-a36-vs-astm-a572-grade-comparison/>

Majdalani, J. (31 de Mayo de 2022). *Az adsl Zone*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/e-movilidad/noticias-tecnologia/por-que-coches-electricos-traccion-trasera/>

Mobilize Financial Services. (2021). *Diferencias entre chasis y carrocería de un coche*. Obtenido de <https://mobilize-fs.es/blog/diferencias-entre-chasis-y-carroceria-de-un-coche/>

Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 1323). (s.f.). *Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) Requisitos para el diseño de estructuras metálicas*. Obtenido de <https://www.inen.gob.ec>.

Palomino, D. A. (31 de Julio de 2020). *Diferencia entre chasis y carrocería*. Obtenido de <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/diferencia-entre-chasis-y-carroceria.html>

Pérez Vega, C. . ((2021)). *Glosario motorizado; Seguridad pasiva y activa. Atracción360*. Obtenido de <https://www.atraccion360.com/glosario-motorizado-seguridad-pasiva-y-activa>

Pesántez Palomeque, F. S., & Pachar Jiménez, G. J. (2016). *Diseño del Prototipo de un Vehículo Monoplaza Para Personas con Paraplejía*. Cuenca: Universidad de Azuay. Recuperado el 10 de Febrero de 2023, de <https://dspace.uazuay.edu.ec/>

PIX Moving. (2023). *PIX Moving: Urban Robot. PIX Moving*. Obtenido de <https://www.pixmoving.com/>

PIXKIT. (2019). *PIXKIT*. Obtenido de <https://www.pixmoving.com/pixkit>

Platas, M. (04 de Octubre de 2019). *AUTOSBLOGMEXICO*. Obtenido de <https://autosblogmexico.com/respuestas/estos-son-los-tipos-de-chasis-ta2653>

Platas, M. (Octubre de 2019). *Estos son los tipos de chasis*. Obtenido de <https://autosblogmexico.com/respuestas/estos-son-los-tipos-de-chasis-ta2653>

Plaza, D. (2020). *¿Qué es la carrocería? Tipos y características*. Obtenido de <https://www.motor.es/que-es/carroceria>

Redacción EC. (06 de Mayo de 2014). *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/ruedas-tuercas/servicios/carroceria-monocasco-316913-noticia/>

Rodríguez, H. (2015). *CLASIFICACIÓN DE CATEGORÍAS Y TIPOS DE VEHÍCULOS*. ARATEC.

Roshfrans. (Noviembre de 2021). *¿Qué es el chasis?* Obtenido de <https://www.roshfrans.com/blog/queeselchasis>

Ruta 401. (2020). *Loctite Teroson*. Obtenido de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-de-carrocerias-principales-caracteristicas>

Sabry, F. (2022). Automvil Autonomo. En F. Sabry, *Fouad Sabry* (pág. 5). Cuenca: eBooks.

Smith, J., & Johnson, L. (2023). *Structural stresses in vehicle body design*. Obtenido de Journal of Automotive Engineering, 45(2), 123-134.: <https://doi.org/10.1016/j.jautech.2023.01.015>

Urquia, A. (17 de Diciembre de 2017). *Blog Hubspot*. Obtenido de <http://albertourquia.blogspot.com/2016/12/estructuras-y-carrocerias-de-vehiculos.html>

Vega, L., & Soto. (2004). Antropometria para discapitados. En L. Vega, & Soto.

Zyht. (2022). *Zyht*. Obtenido de <https://zyght.com/blog/es/riesgos-laborales-de-ensamblaje-de-vehiculos-electricos/>