UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS

Diseño de una estructura para un vehículo de pasajeros de tracción humana (Bicitaxis)

Leidy Meliza Diaz Cristancho

Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas
Facultad, Tecnológica Bogotá,
Colombia
2018

Diseño de una estructura para un vehículo de pasajeros de tracción humana (Bicitaxis)

Leidy Meliza Diaz Cristancho

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Tecnóloga Mecánica

Director:

Victor Elberto Ruiz Rosas

Línea de Investigación:

Diseño

Grupo de Investigación:

Dising

Universidad Francisco Jose de Caldas

Facultad, tecnológica

Bogotá, Colombia

2018

Nota de aceptación

Docente director

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a mi familia, a mi madre Natividad Cristancho Quintero y Padre Luis Arnulfo Diaz Diaz por tantos años de esfuerzo, enseñanza, dedicación convirtiéndose en un ejemplo en mi vida y el pilar para seguir logrando metas y objetivos en mi carrera , a mi hermana Carol Natalia Diaz Cristancho por su paciencia y apoyo, a quienes me apoyaron , corrigieron y me animaron en los momentos más difíciles especialmente a Santiago Daza Salinas y Saul Alba .

Leidy Meliza Diaz Cristancho

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por darme vida y salud además de las herramientas necesarias para poder culminar uno de mis propósitos de estudio profesional.

mis padres Natividad Cristancho Quintero y Luis Arnulfo Díaz Díaz desde que nací han buscado la manera de ofrecerme lo mejor llenándome de valores y principios, no ha sido fácil el camino hasta ahora pero siempre me han brindando su apoyo, su amor, esfuerzo, ejemplo y enseñanza en cada una de las etapas de mi vida, tengo ahora las bases para construir, si Dios me lo permite, una larga carrera profesional.

A mi hermana Carol Natalia Diaz Cristancho por su paciencia, amor y motivación en cualquier momento.

Por su apoyo y consejos agradezco a Saul Alba Acuña quien me ayudo a realizar las bases del proyecto planteado también por su ayudar a mi familia en los momentos complicados, y a Santiago Daza Salinas que durante la carrera me ha enseñado, corregido, aconsejado, apoyado en cada en cada etapa ayudándome a levantar en los momentos más difíciles y felicitándome cuando es necesario.

agradezco a la Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, por darme la oportunidad de estar en el plantel educativo y poder estudiar mi carrera tecnológica haciéndome crecer profesionalmente y como persona, también a cada uno de los docentes que a lo largo me han brindado sus conocimiento, experiencias y sabiduría en los diferentes campos de la mecánica.

Finalmente agradezco a mi director de proyecto el Ing. Víctor Elberto Ruiz Rosas por darme la oportunidad de compartir sus capacidades y conocimientos en este campo, el tener la paciencia que me tuvo en el desarrollo de cada uno de las etapas del proyecto.

Resumen

Desde sus inicios, la humanidad ha tenido la necesidad de desplazarse de un lugar a otro a través de diferentes medios de transporte, estos vehículos poseen diferentes tipos de infraestructura, los cuales se observan en diferentes partes del mundo. En la actualidad existen estructuras que permiten trasladarse en un reducido trayecto llamadas vehículos de tracción humana (VTH), estos cumplen con funciones en el ámbito turístico en lugares como Europa y Estados Unidos; en Colombia este tipo de transporte es utilizado como complemento del transporte público a los espacios donde no les es posible ingresar al mismo, puntualmente en la ciudad de Bogotá se evidencia el incumplimiento de normas tanto de transito como de diseño estructural del vehículo de tracción humana nombrado como Bicitaxi.

En el presente proyecto se plantea un modelo estructural que cumpla las diferentes normativas acerca del diseño de este medio de transporte, para esto se realizaran indagaciones acerca de la normativa, documentación, guías que influyan en el desarrollo de la estructura, ahora bien se implementan métodos de investigación como encuestas para con estos tipos de valoraciones establecer las necesidades estructurales de un bicitaxi, después se realizan diferentes modelos que ejecuten los lineamientos descritos anteriormente, se elige uno de ellos y con esto se procede a simular computacionalmente la estructura seleccionada en donde se efectúa un análisis de resultados; lo anterior para realizar conclusiones en su aplicación.

Palabras clave:

Carga estructural, Centro de gravedad, Resistencia aerodinámica, Normativa

Abstract

Since its inception, humanity has had the need to move from one place through different means of transport, these have been the different types of infrastructure, which have been observed in different parts of the world. At present there are structures that adapt to a small number of people who behave in a human way (VTH), they fulfill functions in the tourist field in countries such as Europe and the United States; In Colombia, this type of transport is a complement to public transport in spaces where it is not possible for them to enter, punctually in the city of Bogotá there is evidence of non-compliance with the rules both in transit and in the structural design of the vehicle of the human traction As a biker.

In the present project a structural model is presented that complies with the different normative norms on the design of this means of transport, for this information is made about the regulations, the documentation, the guides that influence the development of the structure, now methods are well implemented. The investigation is based on the answers. The answers are based on the results. an analysis of results; The above to make conclusions in its application.

Keywords:

Structural load, Center of gravity, Aerodynamic drag, Normative

Contenido

Pág.

Resumen ..... **VIII**

Lista de figuras ..... **XII**

Lista de tablas ..... **xii**

Introducción ..... **xiii**

1 Problemática **3**
1.1 Objetivos 3
1.1.1 Objetivo General 3
1.1.2 Objetivos específicos..... 3
1.2 Planteamiento del problema. 4

2 marco teórico y referencial. **5**
2.1 Estado del arte 5
2.1.1 Diseños mundiales. 6
2.1.2 Normatividad 9
2.2 Marco teórico 10
2.2.1 Descripción funcional de la estructura de una bicicleta. 10
2.2.2 Descripción funcional de la estructura de un triciclo. 11
2.2.3 Análisis con elementos finitos. 13
2.2.3.1 Pasos para realizar el cálculo en MEF 14
2.2.3.1 Ansys workbench 14

3 Desarrollo del problema **11**
3.1 Diagnóstico del transporte usando Bicitaxi 11
3.1.1 Desarrollo del diagnostico 11
3.1.2 Formularios de aplicación del diagnostico 12
3.1.1 Análisis diagnostico en Usuarios 15
3.1.2 Análisis diagnostico en Conductores 18
3.1.3 Análisis diagnostico en Fabricantes 21
3.2 Dimensiones 23
3.3 Definición de cargas 23
3.3.1 Fuerzas 23
3.3.2 Soportes 24

3.4 Ubicación de carga y conductor 25
3.4.1 Ubicación Usuarios 27
3.5 Material y secciones 27
3.6 Descripción de las propuestas 29
3.6.1 Geometría Base y del vehículo. 29
3.7 Desarrollo de simulaciones 34
3.7 Análisis Resultados 46
3.7.1 Comparación de propuestas vs Bicitaxi 66
4 Conclusiones y recomendaciones 69
4.1 Conclusiones 69
4.2 Recomendaciones 71
5 Bibliografía 73

Lista de figuras 10

Figura 1:Habitáculo de transporte de pasajeros 6
Figura 2: vehículo de tracción humana México 7
Figura 3:modelo de transporte en EEUU 7
Figura 4:sistema de transporte amigable (trixi) Barcelona 8
Figura 5: campo visual según velocidad del vehículo 9
Figura 6: boceto que muestran diversas etapas en el desarrollo de la bicicleta 11
Figura 7: transporte de productos utilizando un Kronjot 12
Figura 8: modelo de bici-trailer 13
Figura 9: modelo de transporte de carga pesada 13
Figura 10: nodos y elementos en la MEF 14
Figura 11: diagrama circular estrato socioeconómico 15
Figura 12:diagrama circular propósito del viaje 16
Figura 13:diagrama circular frecuencia de utilización del bicitaxi 16
Figura 14:diagrama circular en la seguridad en el vehículo 17
Figura 15:diagrama circular cantidad de pasajeros en el día 18
Figura 16:diagrama circular cuantas personas se transportan 18
Figura 17:diagrama circular aproximación de trayectoria 19
Figura 18:diagrama circular las ciclorrutas son apropiadas 20
Figura 19: adaptaciones en el marco de conducción en el Bicitaxi 21
Figura 20: sección cuadrada en el marco de conducción en el Bicitaxi 21
Figura 21:apoyos en el Bicitaxi 24
Figura 22:carga delantera de bebidas 25
Figura 23:carga voluminosa de algodón 25
Figura 24:carga posterior de un triciclo 26
Figura 25:ubicación de bicitaxi 26
Figura 26:simulación fallida vs Bicitaxi 28
Figura 27: similitud entre el fuselaje y formas aerodinámicas 29
Figura 28: aerodinámica en el bicitaxi actual 29
Figura 29:simulacion aerodinámicas 30
Figura 30:figuras aerodinámicas 30
Figura 31:geometría propuesta 1 31
Figura 32:geometría propuesta 2 32
Figura 33:geometría propuesta 3 32
Figura 34:espacio de las personas que usan el bicitaxi 33
Figura 35:análisis estático estructural 33
Figura 36:carga modelado a la estructura 34
Figura 37:generación de mallado estructural 34
Figura 38: malla en la estructura del bicitaxi 35
Figura 39:fuerza de usuarios en el bicitaxi 35
Figura 40:tabla de generación de fuerza de usuarios en el bicitaxi 35
Figura 41: fuerza de conductor en el bicitaxi 36
Figura 42: tabla de generación de fuerza del conductor en el bicitaxi 36
Figura 43:tabla de generación de fuerza del peso de la estructura de bicitaxi 37

Figura 44: tabla de generación de fuerza del peso de bicitaxi 37
Figura 45: apoyo en el eje delantero del bicitaxi.....39
Figura 46: apoyo en el eje trasero del bicitaxi 39
Figura 47: generación de variables de simulación a analizar.....40
Figura 48: mallado estructural de las propuestas 40
Figura 49: fuerza de usuarios de la propuesta 41
Figura 50:tabla de generación de fuerza de usuarios de la propuesta.....41
Figura 51: fuerza del conductor en la propuesta.....41
Figura 52: tabla de generación de fuerza del conductor en la propuesta.....42
Figura 53: fuerza de peso de la estructura en la propuesta.....42
Figura 54: tabla de generación de fuerza del peso de la propuesta.....42
Figura 55: apoyo de eje delantero de la propuesta.....44
Figura 56: apoyo del eje trasero de la propuesta.....45
Figura 57: deformación unitaria general en el bicitaxi.....46
Figura 58: deformación unitaria máxima del bicitaxi 46
Figura 59: deformación unitaria media del bicitaxi.....47
Figura 60: deformación unitaria mínima del bicitaxi.....47
Figura 61: equivalencia de Von Mises general del bicitaxi.....48
Figura 62: equivalencia de Von Mises máxima del bicitaxi 48
Figura 63: equivalencia de Von Mises media del bicitaxi.....49
Figura 64: equivalencia de Von Mises mínima del bicitaxi.....49
Figura 65: factor de seguridad general en el bicitaxi 50
Figura 66: factor de seguridad mínimo y máximo en el bicitaxi.....50
Figura 67: deformación unitaria general de la propuesta 1.....51
Figura 68: deformación unitaria máxima de la propuesta 1 51
Figura 69: deformación unitaria media de la propuesta 1 52
Figura 70: deformación unitaria mínima de la propuesta 1 52
Figura 71: equivalencia de Von Mises general de la propuesta 1.....53
Figura 72: equivalencia de Von Mises máxima de la propuesta 1 53
Figura 73: equivalencia de Von Mises media de la propuesta 1 54
Figura 74: equivalencia de Von Mises mínimo de la propuesta 1 54
Figura 75: factor de seguridad general de la propuesta 1.....55
Figura 76: factor de seguridad máximo de la propuesta 1 55
Figura 77: factor de seguridad mínima de la propuesta 1.....56
Figura 78: deformación unitaria general de la propuesta 2.....56
Figura 79: deformación unitaria máxima de la propuesta 2 57
Figura 80: deformación unitaria media de la propuesta 2 57
Figura 81: deformación unitaria mínima de la propuesta 2 58
Figura 82: equivalencia de Von Mises general de la propuesta 2.....58
Figura 83: equivalencia de Von Mises máxima de la propuesta 2 58
Figura 84: equivalencia de Von Mises mínima de la propuesta 2 59
Figura 85: factor de seguridad máximo de la propuesta 2 59
Figura 86: deformación unitaria general de la propuesta 3.....60
Figura 87: deformación unitaria maxima de la propuesta 3 60
Figura 88: deformación unitaria mínima de la propuesta 3 61

Figura 89: equivalencia de Von Mises general de la propuesta 3 61
Figura 90 equivalencia de Von Mises máxima de la propuesta 3 62
Figura 91: equivalencia de Von Mises mínima de la propuesta 3 62
Figura 92: factor de seguridad general de la propuesta 3 63
Figura 93: factor de seguridad máximo de la propuesta 3 63

Pág.

lista de tablas

Pág.

tabla1: caracterización de modelos de bicitaxi. 8
tabla 2: velocidades permitidas según vehículo. 9
tabla 3: Dimensiones parametrizadas de un bicitaxi. 10
tabla 4: Dimensiones de los modelos de Bicitaxi. 23
tabla 5: resumen de medidas antropométricas para sexo masculino. 23
tabla 6:defin ición de cargas en el modelo de bicitaxi. 24
tabla 7: Diámetro nominal y exterior tubería en aguas negras. 28
tabla 8:Diámetro nominal y exterior tubería en aguas negras. 29
tabla 9: cálculo de peso del bicitaxi. 39
tabla 10: cálculo de peso propuesta 1. 44
tabla 11:cálculo de peso propuesta 2. 44
tabla 12: cálculo de peso propuesta 3. 45
tabla 13: condiciones de las simulaciones 46
Tabla 14: comparación de las propuestas vs bicitaxi..... 66

Introducción

El bicitaxi tiene como origen el transporte de menores en la parte trasera de una bicicleta la cual cuenta con adaptaciones como tráiler para el desplazamiento de los niños, evitando que los menores interfieran con el movimiento normal de la rueda, siguiendo el modelo anteriormente descrito se realizan vehículos para el transporte de alimentos y productos en desplazamientos cortos con la ubicación de la carga atrás o adelante del conductor, también es utilizado como transporte de enfermos como se da en Nigeria, el modelo de bicitaxi utilizado es fabricado con las mismas partes de una bicicleta, supliendo la necesidad del transporte de personas, a través de estos bicitaxis conocidos en Asia como “rickshave” en la India como “ becak”, realizan un papel importante en sus países pues adicionalmente que realizan el desplazamiento de usuarios a un bajo costo; En Japón y recibe el nombre de "jinrikisha" es especializado en el ámbito de transporte turístico. en la actualidad siguen en funcionamiento, pero con mejora en su estructura y poseen un motor eléctrico, pero este no sustituye el pedaleo del conductor (pedaleo asistido), el sistema eléctrico ayuda al arranque del vehículo y en lugares con pendientes pronunciadas, este transporte se ha implementado en ciudades como Shanghái y Pekín con diferentes modelos estructurales.

En Colombia, en 1985 los conductores de transporte público se pelean por la cantidad de pasajeros también por las mejores rutas de la ciudad a este fenómeno se conoce como “la guerra del centavo”, consigo personas desempleadas buscan la manera de favorecerse de los buses como lo es vendiendo productos dentro del vehículo o limpia vidrios en los semáforos más concurridos, también los llamados “calibradores” son personas encargadas de medir el tiempo de paso de un bus a otro que tengan la misma ruta haciendo que el sistema colapse; en enero de 2012 se implementa un nuevo modelo de transporte en Bogotá conocido actualmente como SITP (Sistema Integrado de Transporte Público) que supone cubrir todas las rutas del casco urbano que actualmente no se ha cumplido, es así que los vehículos de tracción humana (Bicitaxi) recorren las rutas de la periferia donde no llega el SITP. El bicitaxi es un vehículo el cual es fabricado artesanalmente, tiene una cabina que es fabricada de manera que se transporten como máximo dos personas inicialmente modelo el cual es empleado pero dependiendo de los sectores y la demanda de usuarios en sectores como mazuren se evidencian prototipos con capacidad de pasajeros de hasta cuatro personas además, del conductor hay ciudades específicamente Bogotá, de acuerdo con las agremiaciones de los tricimoviles y bicitaxis del año 2010 se cuenta con 8.700 bicitaxis, localidades como Kennedy, Bosa y Suba son los lugares donde más transitan, cabe resaltar que este medio de transporte es beneficioso para los habitantes de las diferentes localidades, ya que sus más de 150.000 usuarios ahorran tiempo durante sus trayectos.

Asimismo, el vehículo es reconocido en la ciudad de Bogotá como una opción de la movilidad sostenible, pero se observan gran cantidad de falencias en cuanto a el cumplimiento de normas de diseño estructural en vehículos de tracción humana además, se observan fallos en los lineamientos de tránsito y transporte de pasajeros, por lo anteriormente descrito además de las altas velocidades que se manejan este tipo de vehículo, se evidencian volcamientos ha ocurrido gran incremento de accidentalidad. para el presente proyecto se tienen como base este tipo de normas y se desarrolla metodologías de indagación para poder realizar un modelo que ejecute cada uno de los requerimientos estructurales del bicitaxi por parte de los conductores y usuarios.

En el presente proyecto se desarrolla el análisis del actual modelo del bicitaxi a través de una simulación computacional, con esto se tienen bases para saber diferentes variables las cuales muestran parámetros que se deben tener en cuenta para las propuestas de un nuevo modelo , seguido a lo anterior y a la metodología propuesta se tendrían soportes para realizar un modelo adecuado cumpliendo también con los diferentes parámetros establecidos, a continuación de realizan diferentes propuestas de estructuras de bicitaxi se realizan simulaciones computacionales y se realiza un nuevo análisis comparando los resultados con el bicitaxi actual, finalmente se escoge la estructura que cumpla con las diferentes variables.

1 PROBLEMÁTICA

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Diseñar una estructura de bicitaxi para cumplir adecuadamente con las condiciones de carga a la que se someten este tipo de vehículos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar las normas, artículos, guías y requerimientos imprescindibles para la elaboración del diseño de la estructura.
- Identificar el conjunto de cargas a las que se ve sometido un bicitaxi.
- Proponer modelos estructurales que cumplan la normativa y requerimientos para los vehículos de tracción humana (bicitaxis) y Seleccionar una estructura eficiente en un vehículo de transporte de tracción humana.
- Validar la estructura escogida mediante una simulación computacional.

1.2 Planteamiento del problema.

El bicitaxi es considerado como un transporte informal de pasajeros en desplazamientos cortos, según los cálculos realizados por la secretaria de movilidad se prevé que realizan más de 500 mil viajes en el año, operan al menos 852 bicitaxis en la ciudad, este modo de transporte es utilizado a diario aproximadamente por 150 mil Bogotanos, cabe destacar que estos vehículos se maniobran con velocidades que sobrepasan los 50 Km/h, poniendo en riesgo la seguridad tanto del conductor como el usurario, debido a que no cumplen con ninguna estipulación en cuanto a normas o requerimientos establecidos por instituciones como la Guía ciclo infraestructura Colombia.

Los consumidores se benefician del vehículo, para cubrir las zonas donde no es posible encontrar el transporte público de la ciudad, estos siendo fabricados de forma artesanal, razón por la cual, un alto porcentaje de los diseños de los vehículos no cuentan con las normas y especificaciones técnicas requeridas, como por ejemplo: la selección inadecuada de los materiales de la estructura, el déficit en el sistema de seguridad para el usuario y el conductor, existiendo un riesgo desmedido para las personas que se benefician de este tipo de transporte.

El proyecto propone el desarrollo de un modelo estructural de bicitaxi, siguiendo unos parámetros para mejorar la seguridad del usuario y conductor por medio de un diseño estructural, buscando que durante su desplazamiento se obtenga mayor comodidad, mejorando así la prestación del servicio en el vehículo de transporte.

2 MARCO TEÓRICO Y REFERENCIAL.

2.1 Estado del arte

Durante la indagación de la documentación que pueda afianzarse con el proyecto planteado se obtienen indicaciones las cuales funcionan como precedentes para un buen desarrollo de este. Por consiguiente, se tiene el trabajo de grado titulada "conceptualización de un sistema de transporte público alternativo complementario para trayectos cortos en Bogotá" realizado por los estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana, Andrés Camilo Sandoval Medina y Laura Juliana Osorio Aldana; el cual propone un diseño industrial de un tricimóvil que cumple con las diferentes normas técnicas colombianas.

El mencionado proyecto es una propuesta que toma de base los tricimóvil utilizados en Barcelona, buscando que su propuesta no sustituya el bicitaxi actualmente si no que sea un sistema de integración y complementación a el transporte colectivo, realizan una propuesta que cumple con el dimensionamiento y la norma técnica colombiana y muestra la caracterización del diseño del timón, sistema de frenado, sistema de transmisión a partir de la recopilación de normas ya mencionas.

Desde un componente social se encuentra un proyecto de grado de maestría titulado "Viabilidad Técnica y Financiera de la Utilización del Bicitaxi como medio de transporte público en el marco del Sistema Integrado de Transporte Público en Bogotá D.C." realizado por la estudiante de la Universidad Nacional de Colombia, Claudia Janeth Mercado Velandia; sintetiza la documentación en cuanto fundamentación teórica para la implementación de un nuevo sistema de transporte como complemento a la movilidad de personas en el sistema de transporte colectivo, realizando metodologías de recolección de información como entrevistas en las que muestra las preferencia del uso de este medio de transporte y descripción de la operación en la diferentes localidades.

De acuerdo con lo anterior, el proyecto desarrolla la descripción de diferentes modelos de vehículos de tracción humana en diferentes partes del mundo, la descripción del vehículo y la implementación del sistema en la economía del transporte, también realiza una caracterización del sistema actual en Bogotá siguiendo esta línea se elabora un análisis de resultados obtenidos a través de metodología de recolección de información del desarrollo de estudio en la ciudad.

2.1.1 Diseños mundiales.

A continuación, se muestra los diseños en diferentes partes del mundo.

- **España**

Hay una pequeña empresa llamada **C-EVOL,** la cual tiene como logro el mercantilizar la movilidad sostenible en su país, tiene en cuenta las necesidades de su cliente pues busca tener el mejor espacio para transportar tanto a personas y llevar sus productos, es un diseño ideal para entrar a lugares urbanos en la región, espacios donde los vehículos grandes tienen problemas para movilizarse como se evidencia en la figura 1.
(C-Evolo,2008)

Figura 1:Habitáculo de transporte de pasajeros.
Fuente: C-EVOL, (triciclos de transporte para personas,2011)

- **México**

En México este tipo de transporte es llamado bicitaxis, son característicos del país para el transporte de personas, debido a su alto uso ha llegado a estudiarse su regulación en el país; este medio tiene como objetivo el tener un sistema alternativo eficiente y de calidad para sus usuarios cuidando el medio ambiente cubriendo y la necesidad del transporte en su capital, evidenciado en la figura 2. (Abilia,2001)

Figura 2: vehículo de tracción humana México.
Fuente: Alibia,(conciencia sustentable ciudad de mexico,2011)

• Estados Unidos

Siendo un transporte que funciona en el ámbito cultural y turístico es un sistema el cual, presta servicios de publicidad llevando a sus usuarios por las arquitecturas y lugares más reconocidos e históricos de la capital, los conductores para poder movilizar este tipo de vehículo deben contar con una licencia, adicionalmente se cuentan con regulaciones por parte del gobierno para su uso como se evidencia en la figura 3. (PEBL,2010)

Figura 3:modelo de transporte en EEUU.
Fuente: PBEL,(modelo better bike transporte turístico y cultural.2010)

- **Barcelona**

A diferencia de **C-EVOL** este medio de transporte es conocido en la ciudad como trixi, tiene como principal función realizar desplazamientos requeridos por sus usuarios, tiene interés en el ámbito turístico de la ciudad, este cuenta con un motor eléctrico para momentos claves en su movilización como un pedaleo asistido para su funcionamiento**,** como lo podemos evidenciar en la figura 4. **(**Abilia,2000)

Figura 4:sistema de transporte amigable (trixi) Barcelona.
Fuente: PBEL,(trixi world.13 de junio 2013)

A continuación, se realiza la caracterización de los anteriores modelos de vehículo de tracción humana.

tabla1: caracterización de modelos de bicitaxi.

NOMBRE DEL VEHICULO	CUENTA CON MOTOR	ACCESORIOS	PESO soportado
C-EVOL	No	Frenos de disco hidráulico, Luz de posición delantera, Luz de posición trasera.	300 kg
BICITAXI MEXICANO	Motor eléctrico	Forma aerodinámica, Cinturones de seguridad y sistemas de luces	200 kg
BETTER BIKE	No	2 frenos de disco hidráulico, luz delantera y tracera, freno de disco.	300 kg
BICITAXI BARCELONA	Motor eléctrico	Motor eléctrico 250 W, 2 Frenos de disco hidráulico, Intermitentes, Luz de posición delantera, Luz de posición trasera, Intermitentes traseros.	280 kg

Fuente: elaboración propia.

2.1.2 Normatividad

- **Guía de ciclo-infraestructura en las ciudades de Colombia.**

Esta guía es tomada como requerimientos a cumplir para la estructura en cuanto a la seguridad del usuario y conductor, como lo es que la velocidad que se maneje en este tipo de vehículos varía dependiendo del lugar donde se está transitando, pues se encuentra un fenómeno de accidentalidad en los bicitaxis en donde influye la velocidad en la que se moviliza, pues a mayor velocidad se encuentre va a ser menor la visibilidad en las zonas laterales del conductor Figura 5, es por esto que los conductores utilizan accesorios como un casco para poder evitar que la dirección del viento durante su desplazamiento disminuya la habilidad visual del mismo; se debe tener en cuenta que existen velocidades máximas dependiendo del vehículo durante su viaje mostrados en la Tabla 2. (Pardo Carlos Felipe, Sanz Alfonso, 2012)

Figura 5: campo visual según velocidad del vehículo
Fuente: Carlos Pardo,(Guía de ciclo-infraestructura en las ciudades de Colombia. .2016)

tabla 2: velocidades permitidas según vehículo.

TIPO DE CICLISTA	MOTIVO PRINCIPAL DE VIAJE	LONGITUD DEL RECORRIDO TÍPICO	MODALIDAD DEL VIAJE	VELOCIDAD MEDIA DE VIAJE
Urbano cotidiano	Trabajo, escuela, compras, relaciones personales, etc.	3-8 km en cada viaje de ida o de vuelta	Viajes en solitario	15-20 km/h
Urbano cotidiano de carga	Bicicleta de carga como vehículo de trabajo	3-8 km	Viaje con carga como propósito principal de viaje	10 km/h
Recreativo de paseo	Ejercicio saludable	5-12 km	Viajes en parejas o pequeños grupos	10-15 km/h
Recreativo de días festivos	Acceso y disfrute de la naturaleza y al medio rural	20-40 km	Viajes familiares o en pequeños grupos	10-15 km/h

Fuente: Carlos Pardo,(Guia de ciclo-infraestructura en las ciudades de Colombia. 2016)

En cuanto a las dimensiones particulares que debe cumplir el vehículo para poder transitar en las ciclorrutas de la ciudad Tabla 3, son lineamientos por cumplir en el diseño estructural planteado en este proyecto.

tabla 3: Dimensiones parametrizadas de un bicitaxi.

VEHÍCULOS	ALTURA	LONGITUD	ANCHO
Bicicleta urbana	1,80 m	1,90 m	0,70 m
Bicicleta de carga	1,80 m	2,10 m	1,00 m
Triciclo	1,80 m	2,10 m	1,20 m
Triciclo de transporte de viajeros	1,95m	2,70 m	1,30 m

Fuente: Carlos Pardo,(Guía de ciclo-infraestructura en las ciudades de Colombia. .2016)

- **Norma Técnica Colombiana (NTC 5286)**

En esta norma se indica que el número de pasajeros máximo para transportar en el vehículo son dos personas, también se evidencia que los ensayos realizados por la norma son cuando el vehículo está fabricado, siendo solamente estudiados la parte del

marco en la zona de conducción sin tomar en cuenta los diferentes ensayos en el habitáculo del modelo. (NTC 5286, 2014)

2.2 Marco teórico

2.2.1 Descripción funcional de la estructura de una bicicleta.

La bicicleta ha sido creada como un medio de transporte individual utilizada para hacer deporte o ir al trabajo, donde el insumo energético es realizado por el ser humano sin la necesidad de impulso con un motor teniendo uso de las extremidades inferiores del ser humano desarrollando un movimiento circular llegando hasta las 80 revoluciones por minuto transfiriéndolo a una estructura liviana y resistente, en la Figura 6 muestran las diferentes etapas que se ha desarrollado en esta máquina iniciando con un boceto de pedales y tracción en 1943 por Leonardo da Vinci, evolucionando su estructura hasta llegar a transformar el trabajo y ejecutado en una alto grado de eficiencia haciendo que sea un vehículo útil para la sociedad empleado en un inicio para el transporte de menores como lo es en países industrializados donde no se observan familias numerosas y al no contar con una persona para su cuidado se realizan adaptaciones de una silla a la estructura.

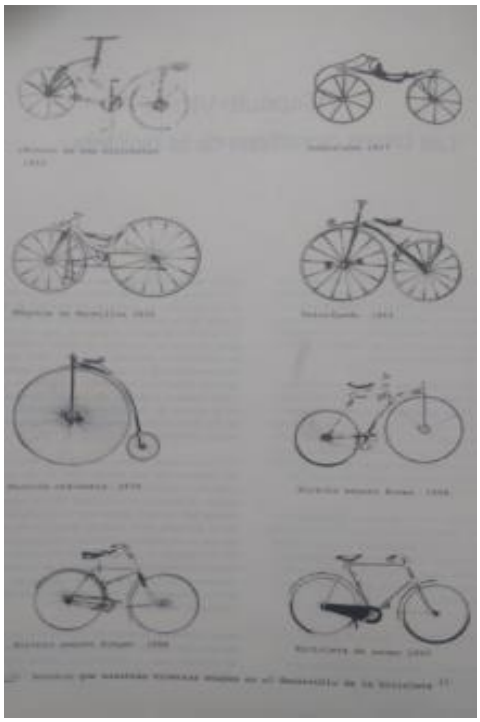

Figura 6: boceto que muestran diversas etapas en el desarrollo de la bicicleta
Fuente: (Navarro, 1985)

Colombia es un país reconocido por sus deportistas profesionales, pero no es el único uso que se le atribuye a la bicicleta, también es usada como medio de transporte o de

recreación. Este mecanismo se convierte en un medio de transporte habitual en lugares como Funza donde el 90% de los 350 obreros de una empresa se movilizan en bicicleta o transformándola en su vehículo para movilizar carga. (Navarro R.A,1985 pp 111- 120)

2.2.2 Descripción funcional de la estructura de un triciclo.

La utilización de la bicicleta como transporte de carga pesada se observan en diferentes partes del mundo, iniciando estas modificaciones en Asia como medio de transporte de la comida del ganado fabricando parrillas que van sujetas en la parte posterior de la estructura ubicando una canasta que soporta la carga como se evidencia en la Figura 7; llamados en indonesia como “kronjot” donde el volumen y peso del embalaje no es restringido siendo hasta el momento bicicletas modificadas.

Figura 7: transporte de productos utilizando un Kronjot
Fuente: (Navarro, 1985)

Después se una adaptación para el transporte de carga en la parte posterior conocida como tráiler utilizando una unión hacia la bicicleta, buscando que la estructura sea liviana y resistente la forma depende del tipo de carga que se requiere desplazar como se observa en la Figura 8 dando características propias para la fabricación de los triciclos permitiendo el traslado de embalajes más pesados con mayor estabilidad del vehículo, después transformando su estructura como medio de transporte de personas como una copia de los anteriores modelos como el de la Figura 9. (Navarro R.A,1985 pp 125)

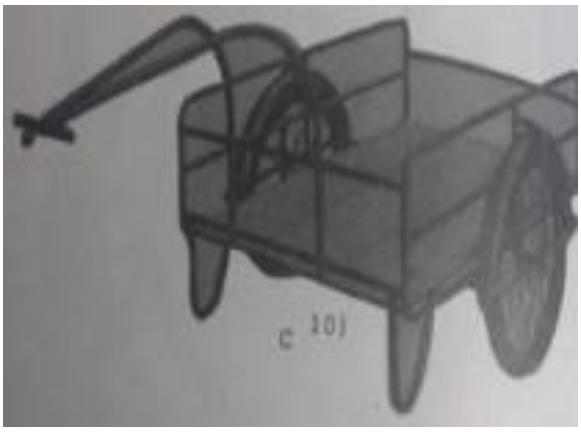

Figura 8: modelo de bici-trailer
Fuente: (Navarro, 1985)

Figura 9: modelo de transporte de carga pesada.
Fuente: (Navarro, 1985)

2.2.3 Análisis con elementos finitos.

Es un programa que permite la realización de soluciones a problemas ingenieriles y físicos que hasta la fecha han sido algunos complicados de resolver manualmente, por este medio de desarrollo es necesario hacer un prototipo permitiendo arreglarlos y ensayarlos varias veces, este método conocido como método de los elementos finitos (MEF en castellano o FEM en inglés) el cual se utilizan ecuaciones diferenciales para el desarrollo del programa basándose en la división del prototipo de manera que al resolverse por ecuaciones integrales se caracteriza su comportamiento a través de unos subdominios que no se interfieren entre ellos partiendo el modelo en pedazos pequeños, distinguiéndose por la unión de puntos llamándose nodos como se puede notar en la Figura 10, en un conjunto de nodos en un prototipo se le llama malla que da inicio en los cálculos del programa siendo desarrollado computacionalmente. (Beck Daniel,2014)

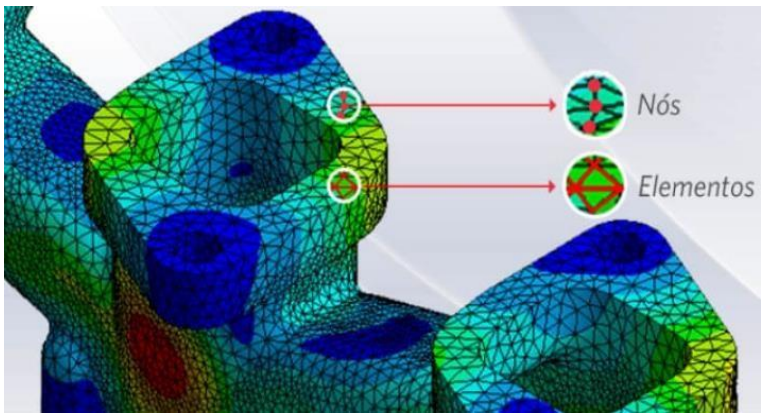

Figura 10: nodos y elementos en la MEF.
Fuente: (Frias, pág. 2011)

2.2.3.1 Pasos para realizar el cálculo en MEF

- Preprocesador: se prepara el prototipo realizando las siguientes operaciones.
  - Dibujo y modelado
  - Selección del tipo de elemento
  - Selección del material
  - Mallado del modelo
  - Aplicación de carga
  - Condición del entorno
- Calculo: se realiza los cálculos por parte del programa MEF y la generación de soluciones realizando pasos como:
  - Selección del tipo de cálculo:
  - Configuración de parámetros:
  - Inicio del cálculo:
- Post-procesador: paso que permite la representación gráfica de la resolución de la problemática a asimismo las soluciones del método.

2.2.3.1 Ansys workbench

Es una herramienta empleada en el cae para análisis y simulación por elementos finitos (MEF), realizando cálculos para prototipos ingenieriles y físicos tomando como referencia la aplicación al desplegar sus características de análisis con los cálculos para resoluciones particulares en el diseño mecánico llamada Ansys mechanical; brindando determinadas funciones en elementos lineales, no lineales y análisis dinámico permitiendo evaluar el comportamiento del prototipo proporcionando características propias del material a estudiar también la evaluación en comportamientos térmicos, físicos y eléctricos. (Beck Daniel,2014)

3 Desarrollo del problema

3.1 Pre-Diagnóstico del transporte usando Bicitaxi

Las encuestas realizadas se dan con la finalidad de desarrollar una estructura que tiene en cuenta las necesidades a satisfacer en el vehículo para los usuarios en la parte del habitáculo y en los conductores en la cabina. Evidenciando también las falencias a mejorar o cambiar en el diseño mecánico de la estructura por parte de los fabricantes, además exponer la importancia del uso del bicitaxi como medio de transporte en la sociedad.

A continuación se realiza un análisis global frente a las respuestas obtenidas, aclarando que se realizan en tres sectores los cuales son: portal suba, portal américas, estación mazuren como se muestran en el anexo1 tomando estas zonas de la ciudad donde se evidencian mayor frecuencia de los conductores y usuarios que usan este medio de transporte para realizar un estudio más amplio en las diferentes variables que se pueden tener en cuenta para el diseño y la elaboración de caracterizaciones de otras zonas en Bogotá, se requiere de una logística con mayores recursos.

3.1.1 Desarrollo del pre-diagnostico

Se investiga cuales son las zonas frecuentado por este medio de transporte dando que se dan en las estaciones o portales de la ciudad como en el portal de Suba, portal Usme, portal Américas y en estaciones como calle 127, mazuren, calle 100, patio bonito y biblioteca el Tintal seleccionando tres zonas como lo fueron portal Suba, portal Usme y mazuren .

Se realizan tres tipos de encuestas en cada una de las zonas seleccionadas separándolas acorde con el uso que propicie en el funcionamiento del vehículo siendo para los usuarios, conductores y fabricantes aplicándolas a cinco personas en las encuestas de conductores, usuarios por zona y 3 para fabricantes; no es posible ampliar el número de personas encuestadas en primera instancia por temor de los conductores en esa temporada del desarrollo de la encuesta eran movilizados o multados los vehículos por parte de la policía, segundo la poca participación por parte de las personas que usan este medio, después de obtener la información necesaria se realizan diagramas circulares por zona al observar que en la mayoría de las respuestas eran parecidas se realiza un diagrama general por pregunta. Posteriormente se realiza el análisis de cada pregunta aplicada y se toman las variables y necesidades que se pueden aplicar para la realización de la estructura de las propuestas.

3.1.2 Formularios de aplicación del pre-diagnostico

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANSISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLOGICA

PROYECTO: DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA PARA UN VEHÍCULO DE PASAJEROS DE TRACCIÓN HUMANA (BICITAXIS)

ENCUESTA A USUARIOS

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de recopilar información para el conocimiento acerca de las características necesarias que se tendrían en cuenta para el planteamiento del diseño de la estructura del bicitaxi.

Marque con una **X** su opción de respuesta.

1. ¿Cuál es su Estrato socioeconómico?

   1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐

2. ¿Cuál es su propósito de viaje en bicitaxi?

   trabajo ☐ hogar ☐ mercar ☐ diligencias ☐ otros ☐

   ¿Cuales?

   _____

   _____

3. ¿Con que frecuencia lo utiliza?

   Todos los días ☐ entre semana ☐ fines de semana ☐ una vez al mes ☐ otro ☐

   ¿Cuales?

   _____

   _____

4. ¿Cree usted que el vehículo cuenta con los dispositivos de seguridad apropiados?

   Si ☐ no ☐

5. Que cree usted que le hace falta estructuralmente para una mejor prestación del servicio.

   _____

   _____

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANSISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLOGICA

PROYECTO: DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA PARA UN VEHÍCULO DE PASAJEROS DE TRACCIÓN HUMANA (BICITAXIS)

ENCUESTA A CONDUCTORES

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de recopilar información para el conocimiento acerca de las características necesarias que se tendrían encuentra para el planteamiento del diseño de la estructura del bicitaxi.

Marque con una **X** su opción de respuesta.

1. ¿En qué rango se encuentra la cantidad de pasajeros que moviliza al día?

0-9 ☐ 10-19 ☐ 20-29 ☐ 30-39 ☐ más de 40

2. ¿Cuántas personas se transporta usualmente dentro del vehículo?

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐

3. ¿Cuánto dura aproximadamente el trayecto que realiza por servicio?

5-10min ☐ 10-20min ☐ 20-30min ☐ más de 30

4. ¿Las vías en que transita son apropiadas para su recorrido?

Si ☐ no ☐

¿por qué?

_____

_____

5. Que mejoraría usted del vehículo para su comodidad y la de los usuarios.

_____

_____

_____

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANSISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLOGICA

PROYECTO: DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA PARA UN VEHÍCULO DE PASAJEROS DE TRACCIÓN HUMANA (BICITAXIS)

ENCUESTA A FABRICANTES

La siguiente encuesta se realiza con la finalidad de recopilar información para el conocimiento acerca de las características necesarias que se tendrían encuentra para el planteamiento del diseño de la estructura del bicitaxi.

1 ¿Qué parámetros utiliza para el diseño del vehículo?

_____
_____
_____

2 ¿Qué sección transversal y que materiales utiliza para la estructura?

_____
_____
_____
_____

3 ¿Cuánto tiempo aproximado se espera que es en funcionamiento la estructura del vehículo?

_____
_____
_____
_____

4 Son realizadas pruebas de resistencia. ¿Qué tipo?

_____
_____
_____
_____

5 ¿Cuánto peso puede soportar aproximadamente?

_____

_____

_____

3.1.1 Análisis diagnostico en Usuarios

- ¿Cuál es su Estrato socioeconómico?

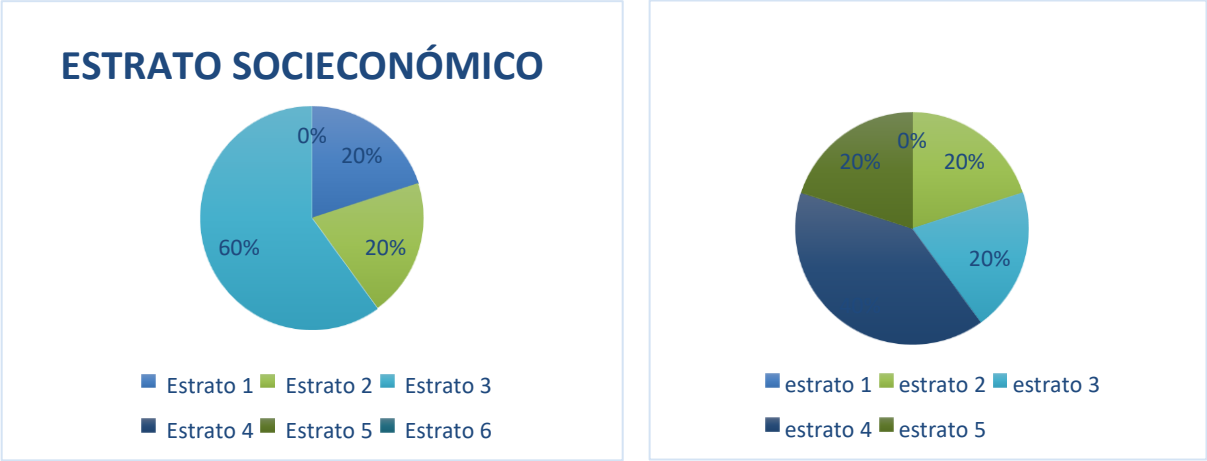

Figura 11: diagrama circular estrato socioeconómico
Fuente: elaboración propia

En la mayoría de los estratos socioeconómicos encuestados están entre el estrato 1 y 3 lo que deducimos que este medio de transporte es utilizado por personas de sectores populares de la ciudad donde evidenciamos requieren del servicio de transporte durante su trayectoria.

En el sector de mazuren las personas de estrato 4 a 5 son los que más utilizan este medio de transporte debido al ser una estación no cuenta con servicio de alimentadores, haciendo que las personas que viven lejos de la estación se vean forzados a tomar el servicio.

• ¿Cuál es su propósito de viaje en bicitaxi?

Figura 12:diagrama circular propósito del viaje.
Fuente: elaboración propia.

En los tres sectores encuestados responden que el mayor propósito por el que utilizan el bicitaxi es por su trabajo o para llegar a su hogar, puesto que este servicio lo utilizan con frecuencia porque son lugares de residencia de los usuarios no es fácil la llegada de un bus u otro medio para su transporte, también expresan los encuestados que los otros medios de transporte que llegan a estos sectores se demoran considerablemente en pasar, lo que hace que el usuario se vea obligado a utilizar este medio de transporte para poder llegar a tiempo a sus destinos siendo el bicitaxi un transporte de su diario vivir.

- ¿Con que frecuencia lo utiliza?

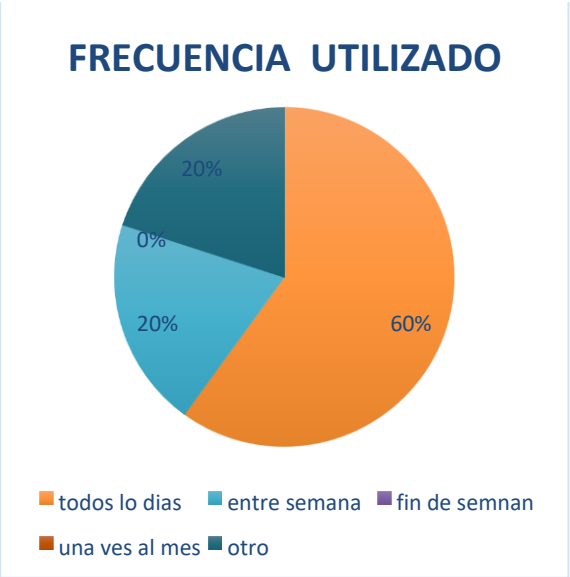

Figura 13:diagrama circular frecuencia de utilización del bicitaxi.
Fuente: elaboración propia.

Basados en lo anteriormente descrito y las respuestas obtenidas por las encuestas se evidencia que el bicitaxi es utilizado por la mayoría de los usuarios todos los días siendo un transporte muy frecuentado por los usuarios por falta de cubrimiento del transporte público en la ciudad viéndose obligados a tomar medios de transporte que los acerque a el portal en la mayoría de los casos y puedan continuar con su recorrido.

- ¿Cree usted que el vehículo cuenta con los dispositivos de seguridad apropiados?

Figura 14:diagrama circular en la seguridad en el vehículo
Fuente: elaboración propia.

Se obtiene que la mayoría de los encuestados se sienten inseguros al transportarse en este medio de transporte, ya que no cuentan con ningún dispositivo de seguridad durante su trayectoria, expresando que los vehículos son conducidos a altas velocidades cabe recalcar que al utilizar el Bicitaxi no implica que se sientan cómodos y seguros. siendo la mejor opción frente a la deficiencia de el cubrimiento de transporte en el casco urbano en la ciudad.

- ¿Qué cree usted que le hace falta estructuralmente para una mejor prestación del servicio?

En base a las respuestas obtenidas por los usuarios estas son las propuestas en cuanto a lo que le hace falta al vehículo donde la altura en la que se deben subir para llegar acomodarse en el habitáculo del vehículo es alta, también que sea más amplio, pues debido a el reducido espacio que se tiene golpes contra la estructura debido a que el espacio para sentarse es notablemente reducido, por último se tiene en evidencia que los usuarios requieren de un lugar donde se puedan acomodar sus bolsas y paquetes.

3.1.2 Análisis diagnostico en Conductores

- ¿En qué rango se encuentra la cantidad de pasajeros que moviliza al día?

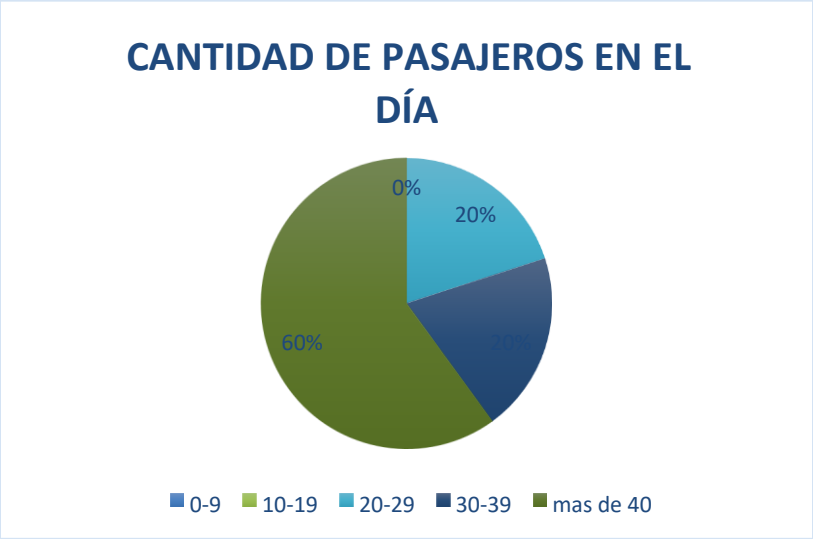

Figura 15:diagrama circular cantidad de pasajeros en el día.
Fuente: elaboración propia.

Se evidencia que en promedio en todas las zonas se maneja entre 30 hasta más de 40 personas transportadas durante todo el día por bicitaxi, lo que indica que este medio de transporte es muy frecuentado entre semana siendo un medio que ayuda al desplazamiento de los usuarios durante el todo el día.

- ¿Cuántas personas se transporta usualmente dentro del vehículo?

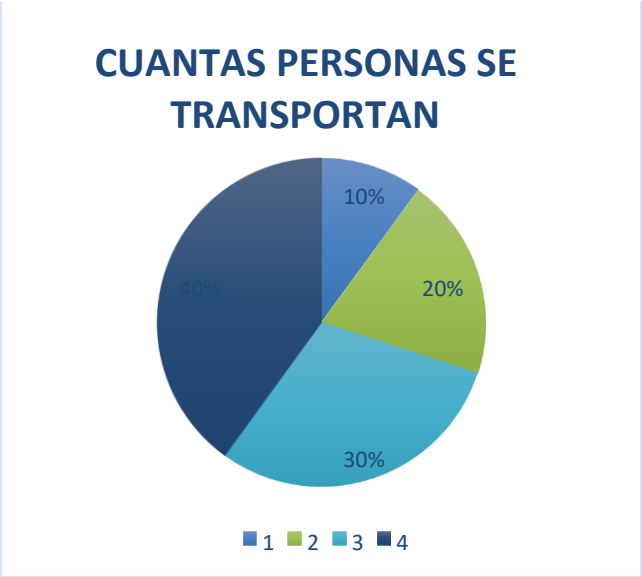

Figura 16:diagrama circular cuantas personas se transportan
Fuente: elaboración propia.

Indican la mayoría de las zonas que se evalúan en el diagnóstico donde se transportan aproximadamente 4 personas por vehículo en cada trayectoria, se aclara que esta cantidad de pasajeros transportados se dan en horas donde se movilizan de 3 a 4 personas dependiendo

del espacio que se obtenga en el vehículo este tipo de bicitaxi cuentan con motores que le ayuden a el conductor transportar a los usuarios, las cuales hacen asientos artesanales para que puedan transportarse más personas en el bicitaxi, sin motor se transportan hasta dos personas por viaje máximo debido al peso que debe manejar el conductor no le es posible el desplazamiento de más pasajeros.

• ¿Cuánto dura aproximadamente el trayecto que realiza por servicio?

Figura 17:diagrama circular aproximación de trayectoria
Fuente: elaboración propia.

El tiempo promedio en una trayectoria es de 5-10 minutos indicados por los conductores, durante la encuesta se habla con los conductores y también usuarios coincidiendo que se manejan en altas velocidades, las cuales intervienen en el funcionamiento del bicitaxi haciendo que el conductor durante esta trayectoria tenga un esfuerzo físico elevado para el transporte de los usuarios, cabe resaltar que los Bicitaxis motorizados son empleados para realizar trayectos más largos aproximadamente de 10-20 min como lo es en el sector de mazuren.

• ¿Las vías en que transita son apropiadas para su recorrido?

Figura 18:diagrama circular las ciclorrutas son apropiadas
Fuente: elaboración propia.

La mayoría de los encuestados responden que las vías por donde transitan no son adecuadas, en sectores como suba y el portal américas las ciclorrutas son muy reducidas para su recorrido lo que hace que estos vehículos ocupen los dos carriles de la vía, en otros como la estación de mazuren tienen vías amplias, pero son cortas. En todos los sectores la totalidad de su recorrido no es por ciclorruta sino por la vía de los carros ya que no cuentan con la vía apropiada para este tipo de vehículos.

- ¿Que mejoraría usted del vehículo para su comodidad y la de los usuarios?

Coincidiendo con la respuesta de los conductores de las tres zonas se obtiene que debido a la posición que tienen todo el tiempo se tienen problemas en la ergonomía del conductor, también que la estabilidad del vehículo al estar a altas velocidades pierde el equilibrio al dar una curva, por ultimo expresan que el bicitaxi debe ser más liviano pues en el momento de iniciar un recorrido los conductores deben correr para poder tomar impulso.

3.1.3 Análisis diagnostico en Fabricantes

- ¿Qué parámetros utiliza para el diseño del vehículo?

En cuanto al diseño del vehículo los tres fabricantes responden que las medidas del bicitaxi y lo que se va agregando al bicitaxi se realiza durante la fabricación en cuanto al proceso de manufactura no hay un seguimiento de pasos para fabricarse, se deduce que no tienen parámetros de diseño realizando copias de las mismas estructuras o adaptaciones inapropiadas como se evidencia en la siguiente Figura 19 donde una motocicleta es ensamblada a un habitáculo, también evidenciamos que no existen restricciones en la parte de la cabina del conductor evidenciando como ensamblan manubrios de motocicleta al marco de una bicicleta como lo muestra la Figura 19 claramente los lineamientos para la fabricación y diseño de un bicitaxi no son tomados en cuenta.

Figura 19: adaptaciones en el marco de conducción en el Bicitaxi.
Fuente: propia.

- ¿Qué sección transversal y que materiales utiliza para la estructura?

Se expresan en la mayoría de los fabricantes la utilización de secciones cuadradas y redondas para la fabricación del bicitaxi, con materiales en su mayoría en aguas negras y acero 4140. infiriendo la búsqueda de materiales económicos los cuales les dejen mayor ganancia, resaltando que la secciones de los vehículos varían en la mayoría de los Bicitaxis el habitáculo es cuadrado y en el marco es redondo como el de una bicicleta o puede ser en sección rectangular como se evidencia en la Figura 20 donde la fabricación del marco no cumple con ninguna norma de marco de bicicleta

Figura 20: sección cuadrada en el marco de conducción en el Bicitaxi.
Fuente: propia

- ¿Cuánto tiempo aproximado se espera que es en funcionamiento la estructura del vehículo?

En la mayoría de los encuestados contestan que el tiempo de vida útil de un vehículo depende de la utilización de la persona, expresan que los vehículos que tienen motor se les da cargas mayores a las que podrían soportar haciendo que falle rápidamente la estructura.

- Son realizadas pruebas de resistencia. ¿Qué tipo?

En general no se toman ningún tipo de pruebas antes de su funcionamiento puesto que la estar realizada la estructura lo que realizan es ir fabricando la estructura agregarle cargas y mirar donde falla y en la zona donde falla se le agrega un elemento más para que evite la

falla, deduciendo que no se realiza ningún tipo de seguimiento ensayo que permita optimizar la estructura antes de ser entregada para su funcionamiento

- ¿Cuánto peso puede soportar aproximadamente?

Expresan la mayoría de los conductores que soporta en promedio de 450 Kg de peso uno de estos vehículos, cabe aclarar que los fabricantes no realizan algún ensayo para estar al tanto hasta que carga soporta la estructura o si se tiene este peso en el bicitaxi como se comporta el armazon.

3.2 Dimensiones

La diferencia de medidas del bicitaxi actual a las dimensiones establecidas por la guía es alta encontramos en la Tabla 4, que el modelo actual cuenta con casi el doble de los parámetros establecidos, siendo causante de pérdida del equilibrio cuando se realizan curvas en la vía con alta velocidad creando un vehículo estrecho el cual resulta incómodo para los usuarios, ya que la distancia de una persona a otra es muy reducida.

tabla 4: Dimensiones de los modelos de Bicitaxi.

Vehículo	Altura	Longitud	Ancho
Bicitaxi	2540 mm	2236 mm	880 mm
Triciclo de transporte de viajeros según guía de infraestructura	1950 mm	2700 mm	1300 mm

Fuente: elaboración propia

3.3 Definición de cargas

3.3.1 Fuerzas

El peso de las personas es seleccionado a través de un estudio de la población colombiana llamada “parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995” donde realiza un resumen de la investigación realizada en el sexo masculino y femenino de la población en dicho año tomando la Tabla 5 como referencia. (Estrada Jairo,1995).

tabla 5: resumen de medidas antropométricas para sexo masculino.

NOMBRE VARIABLE	P5	P10	P25	P50	P75	P90	P95
1, MASA CORPORAL	53,7	56,8	62,4	69,1	76,8	83,0	87,9
2, ESTATURA	158,0	160,7	164,6	168,6	173,3	177,1	179,3
3, ALCANCE VERTICAL MAXIMO	198,0	202,1	207,4	213,1	219,8	225,3	229,4
4,ALCANCE VERTICAL ASIMIENTO	183,7	187,6	192,9	198,3	204,4	209,7	213,2
5, ALTURA OJOS [PARADO]	147,3	150,0	153,9	157,9	162,3	166,2	168,4
6, ALTURA SENTADO NORMAL	80,0	81,4	83,6	85,9	88,2	90,3	91,8
7, ALTURA SENTADO ERGUIDO	83,4	84,5	86,5	88,6	90,7	92,7	94,1
8, ALTURA OJOS [SENTADO]	73,1	74,4	76,3	78,4	80,5	82,6	83,6
9, ALTURA ACROMIAL [PARADO]	128,2	130,6	134,4	137,9	141,8	145,3	147,4
10,ALTURA CRESTAILIACA [PARADO]	92,4	94,3	97,4	100,7	104,0	106,8	108,6
11,ALTURA ACROMIAL [SENTADO]	54,2	55,3	57,0	58,8	60,7	62,4	63,3

Fuente:(Parámetros antropométricos de la población colombiana,1995)

Se toma el análisis del sexo masculino dado a que sería la carga promedio que se emplearía en el vehículo de tracción humana, es por esto que tanto para usuarios como para conductor se adquiere el mismo peso; para los consumidores es el doble de carga que el conductor debido a que en una silla se ubican dos personas definiéndolas de la siguiente manera Tabla 6.

tabla 6:definición de cargas en el modelo de bicitaxi.

Tipo de carga	Masa(kg)	Peso (N)
Conductor	87,9	862,3
Usuarios (2 personas)	175,8	1724,6

Nombre de la fuente: elaboración propia.

En contraste con la Tabla 6 se recalca que la propuesta del modelo estructural se realizara para el transporte máximo de dos personas siguiendo los lineamientos de la norma (NTC 5286)

Se tiene como tercera carga en el armazón la de su propio peso ubicado en el centroide de la base de cada modelo a desarrollar donde es capaz de soportar su propio peso.

3.3.2 Soportes

Las cargas donde se va a sostener la estructura se definen en tres puntos como lo muestra la Figura 21.

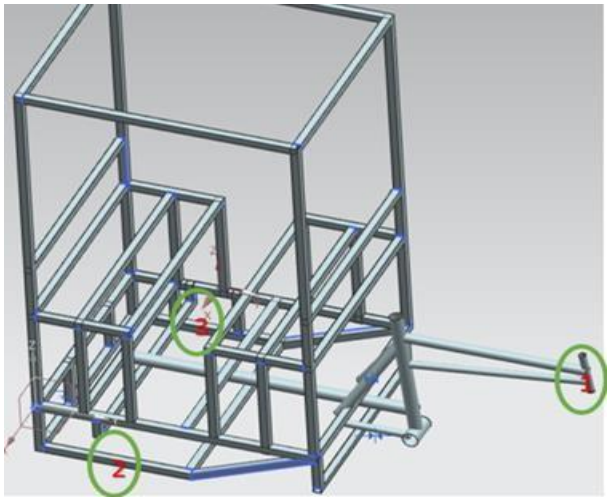

Figura 21:apoyos en el Bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

1 soporte en el manubrio del conductor en donde se encuentra ensamblada la rueda delantera.

2 y 3 soporte de eje llantas traseras donde se suministra la mayor carga del bicitaxi.

Los ejes que vienen siendo los mismos putos descritos anteriormente son tomados como apoyos para la estructura, ya que es donde se ubican las llantas que son las que soportan toda la estructura y cargas, Los soportes empleados en el bicictaxi son los mismos que se manejara en la propuesta de modelo estructural.

3.4 Ubicación de carga y conductor

Se pueden dar por dos tipos de posición de la carga como lo son:

- **Triciclos con carga adelante**

Este tipo de configuración en el diseño de triciclo se realiza para la implementación de satisfacer la necesidad de transportarse en desplazamientos largos, fue utilizado como ambulancia para llevar enfermos como lo fue en Nigeria. el transporte de carga pesada se desarrolla para la conducción de arroz y trigo: cabe resaltar que la acogida de este modelo se da inicialmente en países como Asia, indonesia, llegando a América en México en el transporte de bebidas gaseosas siendo propiedad de la compañía como se muestra en la Figura 22.

Figura 22:carga delantera de bebidas
Fuente: (Navarro, 1985)

La desventaja que tenía este modelo de transporte es que al llevar carga más voluminosa sin obtener tanto peso como lo es en la Figura 23, haciendo que el conductor no tenga la suficiente visibilidad por el que se dan altos índices de riesgo de un accidente. (Navarro R.A,1985 pp 152)

Figura 23:carga voluminosa de algodón.
Fuente: (Navarro, 1985)

- **Triciclos con carga atrás**

Inicialmente como la carga adelante se inicia con esta configuración satisfaciendo la necesidad de transportarse a diferencia del anterior este modelo es fabricado por una empresa colombiana para la carga de cartón como lo muestra la Figura 24, este tipo de diseño hace que tenga mayor resistencia lateral, dando que el freno no se da solo en la llanta delantera como en anterior modelo sino se implementa para que el sistema de frenado implemente las llantas traseras**.**

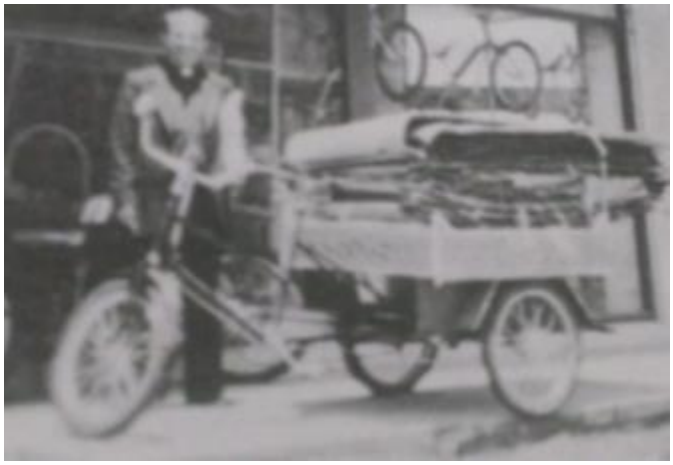

Figura 24:carga posterior de un triciclo
Fuente: (Navarro, 1985)

Al contrario de la anterior configuración de diseño esta tiene mayor visibilidad de la trayectoria a tomar se evidencia que para poder dar dirección de movimiento a la derecha o a la izquierda se debe mover toda la carga consigo, mientras que con esta la dirección va aparte de la carga siendo esta como un tráiler que se arrastra con la fuerza empleada por el conductor.

Claramente el modelo a realizar del vehículo de tracción humana se empleará con la carga en la parte de atrás pues al comparar los dos modelos con sus ventajas y desventajas que cada uno presenta la mejor opción resultaría ser en la parte de atrás la carga suministrada. **(**Navarro R.A, 1985 pp 160)

3.4.1 Ubicación Usuarios

Las sillas de los usuarios y conductor son ubicadas cerca al suelo en efecto se obtiene la disminución de la resistencia al aire, aumentando consigo la estabilidad dinámica logrando velocidades más altas frente al modelo de bicitaxi actual como se explica en la figura 25 donde en el rectángulo amarillo el cual se encuentra los usuarios ilustrando lo anteriormente descrito, se tiene en cuenta que el marco ha sido diseñado como un medio de transporte personal.

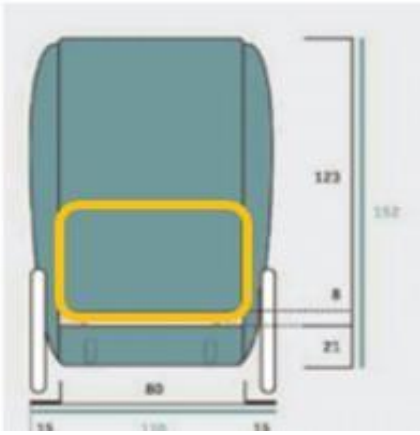

Figura 25:ubicación de bicitaxi.
Fuente: Laura Osorio (tesis conceptualización de un sistema de transporte público alternativo complementario para trayectos cortos en Bogotá,2018)

3.5 Material y secciones

En el Bicitaxi se toman materiales como lo son el acero 1040 y 1036 también tubería en aguas negras, estos materiales buscados por los fabricantes por la economía que les brinda en su construcción, esto se toma en cuenta pues en la medida de adquirir el vehículo tomando otros materiales que brindan mejores condiciones a la estructura su precio se elevaría es por esto que se toma como material estructural de tubería en aguas negras y acero 1036 para la viga en c, deduciendo que con los mismos materiales se puede mejorar en cuanto a las condiciones que se ve sujeto el armazón.

Para el modelamiento del bicitaxi y de las propuestas se tiene en cuenta la siguiente Tabla 7 donde los muestra el diámetro exterior y espesor con el que se emplea. (Soluciones tubulares, 2015)

tabla 7: Diámetro nominal y exterior tubería en aguas negras.

DIÁMETRO NOMINAL NPS	DIÁMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR DE PARED (Pulg.)
1/4"	0,530	0,070
3/8"	0,666	0,070
1/2"	0,815	0,080
3/4"	1,028	0,080
1"	1,315	0,098
1 1/4"	1,663	0,098
1 1/2"	1,900	0,105
2"	2,360	0,116
2 1/2"	2,850	0,133
3"	3,474	0,133
4"	4,468	0,150

Fuente: soluciones tubulares (tubería de aguas negras,2015)

Se toman tuberías de 1” en el armazón superior del vehículo siendo elementos que no son sometida a grandes cargas a diferencia de la base del VTH donde se toman tuberías de 2” en la base, Inicialmente se toman para esta zona una sección de 1 ½” pero al realizar la simulación en una de las propuestas se muestran mayores a las que son sometidas el bicitaxi como se evidencia en la Figura 26.

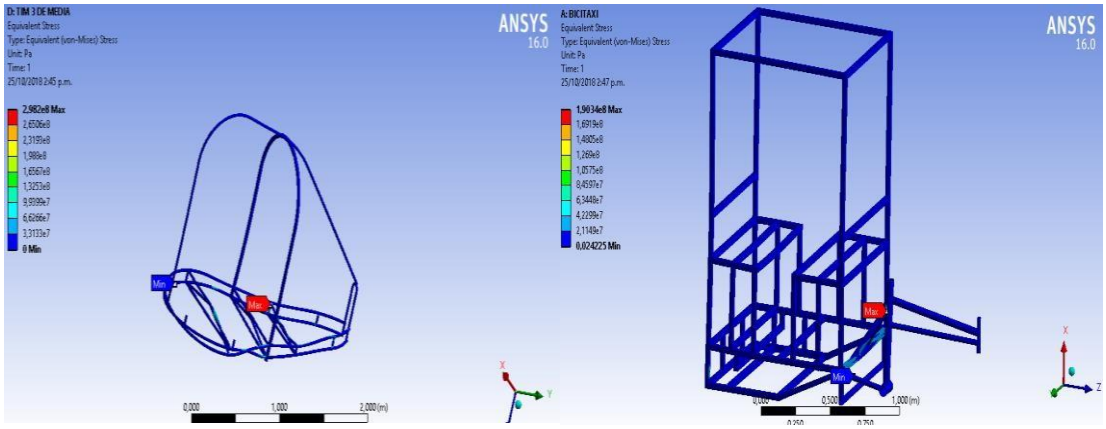

Figura 26:simulación fallida vs Bicitaxi
Fuente: elaboración propia

La viga que se emplea en una de las propuestas se toma de la siguiente Tabla 8 tomándose una de las secciones en c más pequeñas pues siendo una sección que pasa por el centro de el armazón hace que sea pesada la estructura.

tabla 8:Diámetro nominal y exterior tubería en aguas negras.

Designación	Área (mm^2)	Altura d (mm)	Aleta		Espesor del Alma t_w (mm)	Eje x-x			Eje y-y			
			Ancho b_f (mm)	Espesor t_f (mm)		I_x ($10^6 mm^4$)	S_x ($10^3 mm^3$)	r_x (mm)	I_y ($10^6 mm^4$)	S_y ($10^3 mm^3$)	r_y (mm)	X (mm)
C180 X 18.2	2310	178	55	9.3	8.0	10.0	112	65.8	0.470	11.2	14.3	13.1
14.6	1850	178	53	9.3	5.3	8.83	99.2	69.1	0.400	10.2	14.7	13.7
C 150 X 19.3	2450	152	54	8.7	11.1	7.11	93.6	53.9	0.420	10.2	13.1	12.9
15.6	1980	152	51	8.7	8.0	6.21	81.7	56.0	0.347	9.01	13.2	12.5
12.2	1540	152	48	8.7	5.1	5.35	70.4	58.9	0.276	7.82	13.4	12.7
C 130 X 13	1710	127	48	8.1	8.3	3.70	58.3	46.5	0.264	7.37	12.4	12.2
10.4	1310	127	47	8.1	4.8	3.25	51.2	49.8	0.229	6.74	13.2	13.0
C 100 X 10.8	1370	102	43	7.5	8.2	1.90	37.3	37.2	0.172	5.44	11.2	11.4
8.0	1020	102	40	7.5	4.7	1.61	31.6	39.7	0.130	4.56	11.3	11.5
C 75 X 8.9	1130	76.2	40	6.9	9.0	0.850	22.3	27.4	0.122	4.25	10.4	11.3
7.4	936	76.2	37	6.9	6.6	0.751	19.7	28.3	0.0948	3.62	10.1	10.8
6.1	765	76.2	35	6.9	4.3	0.671	17.6	29.6	0.0765	3.16	10.0	10.8

Fuente: Beer y Russell (2010, pp. 750-761)

Fuente: Beer y Russell, (2010)

3.6. Descripción de las propuestas

Se aclara que la base de las propuestas no cambia la base propuesta cuya descripción se encuentra a continuación se muestra la descripción de las propuestas y los cambios del soporte de cargas.

3.6.1 Geometría Base y del vehículo.

La geometría base obedece a una forma ovalada, esta es semejante a la del fuselaje de un avión donde su diseño busca una estructura que brinde suavidad en su geometría para ofrecer menor resistencia aerodinámica y satisfacción en cuanto al volumen que se busca obtener, las cargas en el fuselaje se dan en la parte en aviones comerciales la parte más ancha es donde son ubicadas en la cabina.

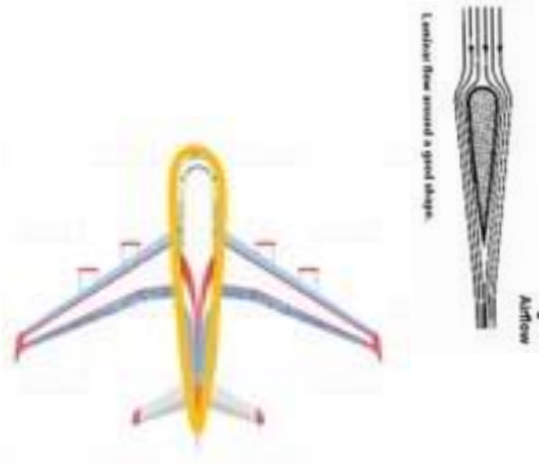

Figura 27: similitud entre el fuselaje y formas aerodinámicas.
Fuente: propia

En la Figura 27 se evidencia la semejanza entre el fuselaje y la forma de una gota de agua esta geometría es seleccionada como base de los modelos de propuesta de Bicitaxis, pues de esta manera se obtiene mayores velocidades cuando el vehículo está en movimiento. Logrando mayor efectividad comparado con el modelo de Bicitaxi actual presentado en la Figura 28; Donde se muestra que el fluido (aire) que pasa por este tipo de geometrías será de tipo turbulento.

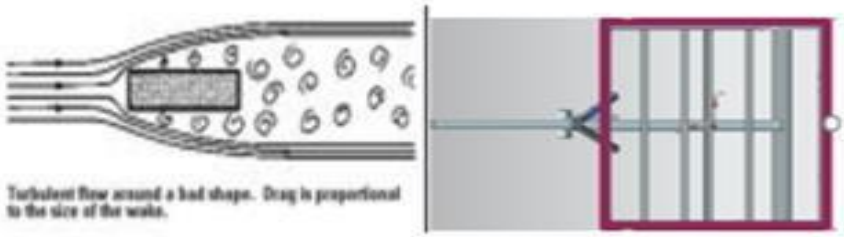

Figura 28: aerodinámica en el bicitaxi actual.
Fuente: propia

Se evidencian más tipos de geometrías en las cuales pueden brindar menor resistencias como las mostradas en la Figura 29, pero es seleccionada la ovalada y alargada, evidenciando que no

es conveniente dejar la parte redondeada más ancha que el cuerpo; se tiene como consecuencia turbulencia en el fluido (aire). (Ramírez Manuela, 2011)

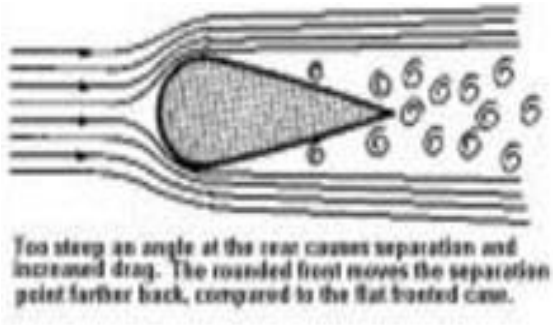

Figura 29:simulacion aerodinámicas.
Fuente: formas aerodinámicas (dinámica,1998)

En cuanto a la geometría del vehículo se toma en cuenta que al seguir la misma forma del modelo de bicitaxi en funcionamiento causaría que el aire genere turbulencia en la parte de atrás del VTH como lo es mostrado en la figura 30; donde muestran una superficie rectangular, las aristas presentes causarían una elevada resistencia al avance lo que conlleva que el conductor realice mayor fuerza al pedalear.

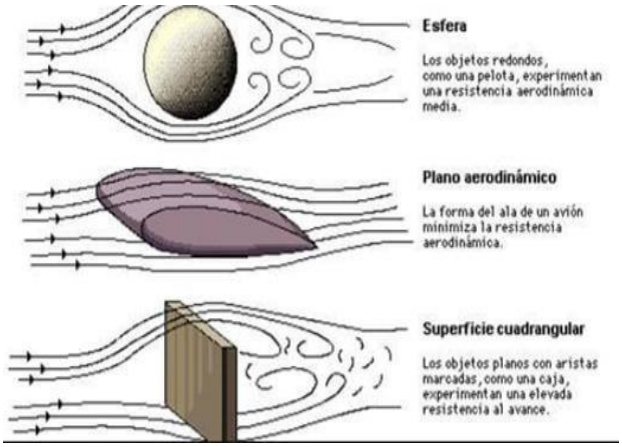

Figura 30:figuras aerodinámicas.
Fuente: formas aerodinámicas (dinámica,2018)

Se evidencia que, al obtener formas suaves, sin la obtención de aristas como se ve en la forma del ala de un avión en la Figura 31, se mejoraría la resistencia al avance siendo constante y no se tendría turbulencia en el fluido como en el Bicitaxi, es por esto que la forma del perfil que se utilizara es la de un plano aerodinámico, en el cual la punta se ubica el conductor y en la parte más ancha los pasajeros.

Se tiene en cuenta que la forma de la base y geometría del vehículo no cambia, cambiando los soportes de las cargas por ejemplo en la propuesta 1 ver figura 31, observamos una viga en c (color amarillo) que pasa por en medio de la base propuesta con la finalidad de reducir la cantidad de elementos ensamblados soportando las cargas a lo largo de este elemento donde se busca

que la deformación unitaria que se pueda presentar en el medio de las barras (color verde) que ejecutan las diferentes cargas a la que es sometida el vehículo además de ser un apoyo estructural en el centro de la propuesta.

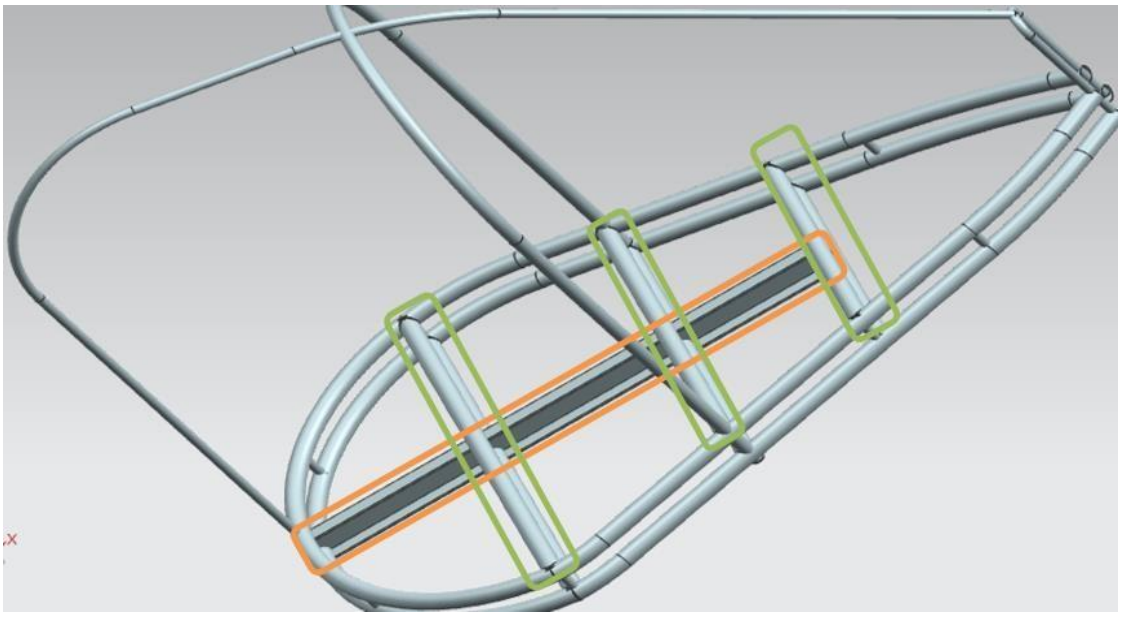

Figura 31:geometría propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

En la propuesta 2 observar figura 32 se tiene dos barras de sección circular repartidas en la base de la propuesta (color azul) buscando que el apoyo como soporte de la carga se de en dos puntos de la sección donde las deformaciones serian repartidas en la sección que tiene la carga (color morado) a diferencia del anterior la propuesta se reduce el peso de la estructura utilizándose la misma sección y espesor de tubo que la demás base de la estructura.

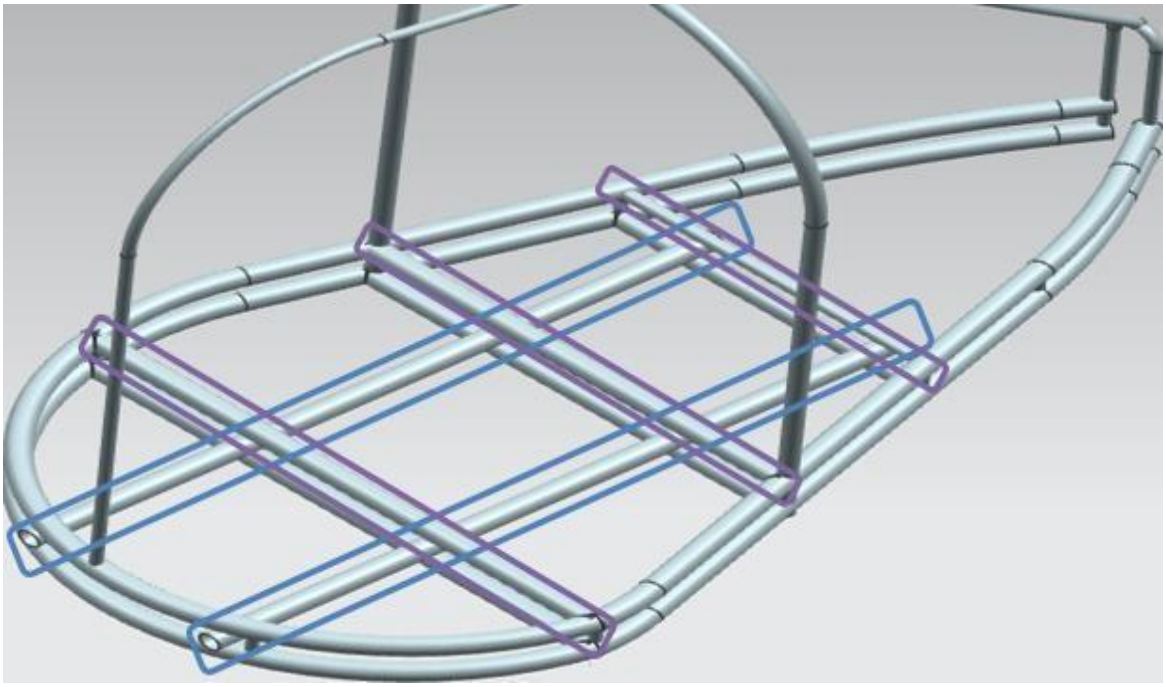

Figura 32:geometría propuesta 2
Fuente: elaboración propia

En cuanto a la propuesta 3 evidenciada en la figura 33 se tiene un apoyo de forma triangular (color rojo) donde se busca que la carga se apoye en el centro de la sección y evite posibles deformaciones en el centro distribuyéndose el esfuerzo en la base principal en dos puntos de apoyos cuyo elemento se encuentra en la sección donde serán ejecutadas las cargas en las que se encuentran sostenidas la estructura (color naranja), reduciendo consigo el número de elementos ensamblados a los largo de la base.

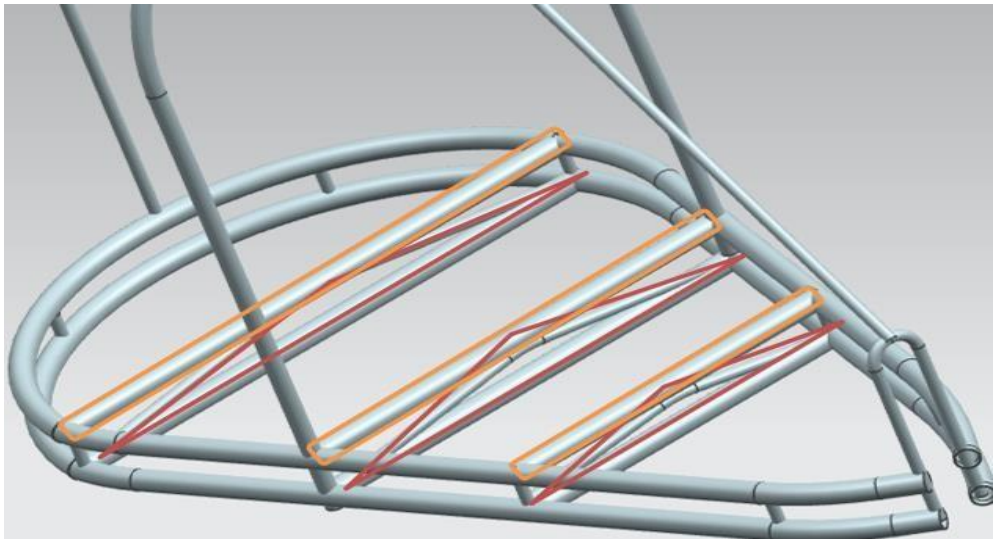

Figura 33:geometría propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

Además, el vehículo cuenta con os espacios necesarios para la comodidad de las personas que usan el bicitaxi se tiene un espacio para los usuarios de (color verde) también se integra en la

parte posterior del vehículo un espacio para guardar las pertenencias del usuario (color morado), la parte de conducción y ubicación de conductor (color azul) como se observa en la figura 34.

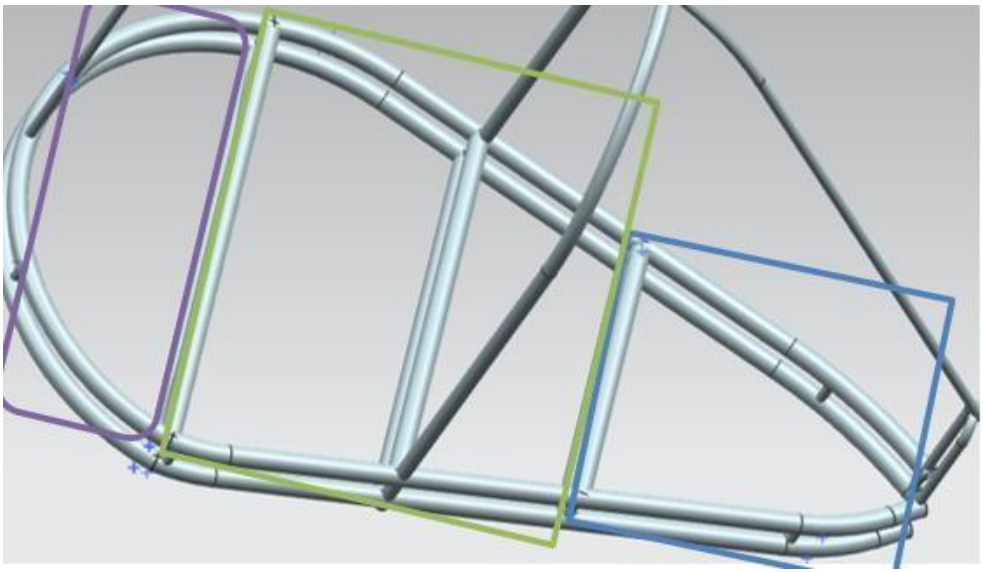

Figura 34:espacio de las personas que usan el bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

3.7 Desarrollo de simulaciones

Paso 1: Se define el tipo de simulación que se realiza en este caso se realiza un análisis estático de la estructura ver Figura 35.

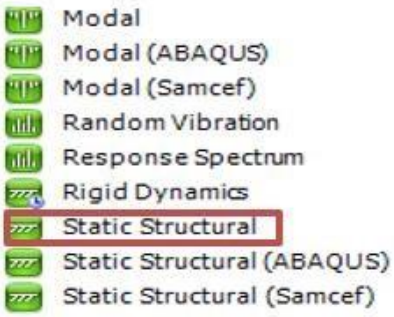

Figura 35:análisis estático estructural
Fuente: elaboración propia

Paso 2: En este tipo de análisis el programa ya selecciona material estructural, después se caga el modelamiento de la estructura en este caso el del bicitaxi como se muestra en la Figura 36.

Figura 36:carga modelado a la estructura
Fuente: elaboración propia

Paso 3: Posteriormente abrimos el modelo en la casilla debajo de donde se carga el modelo, en esta parte se definen las cargas y soportes de la estructura como se muestran en las imágenes primero se realiza el mallado de la estructura siendo un mallado general como lo evidenciamos en la Figura 37.

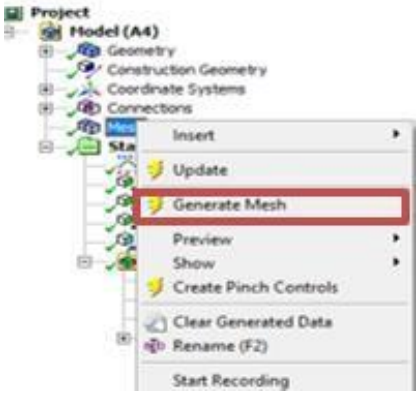

Figura 37:generación de mallado estructural.
Fuente: elaboración propia

Paso 4: Al resolver el mallado se observa como la Figura 38 en esta se debe tener en cuenta de que toda la estructura se encuentre en color negro, si se encuentra en un color rojizo no esta bien mallado por lo tanto no deja simular.

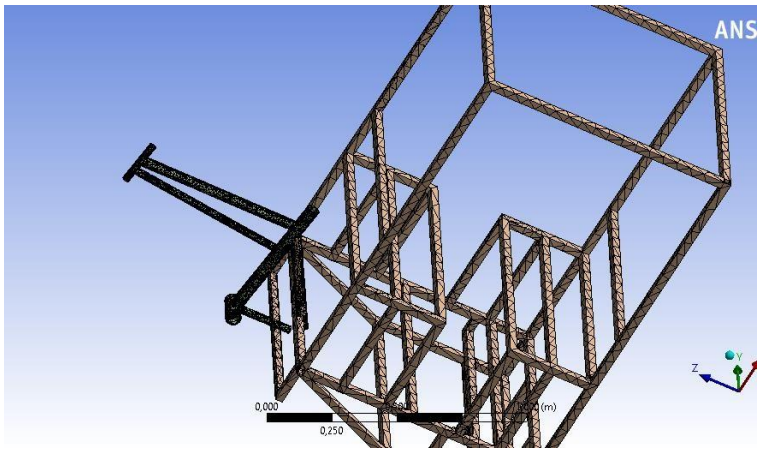

Figura 38: malla en la estructura del bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

Paso 5: Posteriormente se generan las cargas a las que va a ser sometida la estructura, la primera se ubica en el elemento donde se sienta el usuario como se muestra en la Figura 39 se llenan los datos del peso (N) de la fuerza como se muestra en la Figura 40.

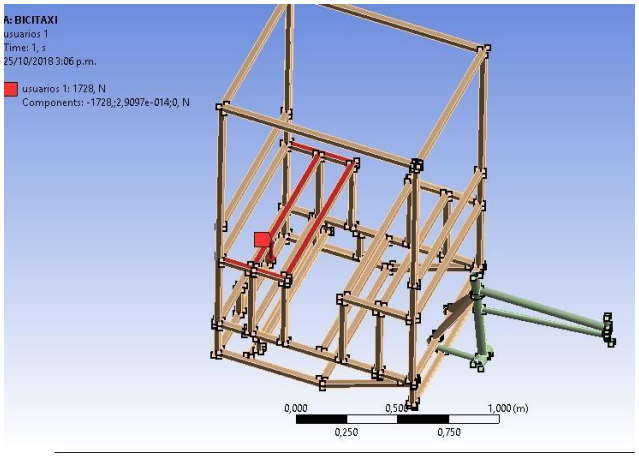

Figura 39:fuerza de usuarios en el bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Details of "usuarios 2"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
Magnitude	1724,6 N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Figura 40:tabla de generación de fuerza de usuarios en el bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Paso 6 :Peso que corresponde a la de dos pasajeros, después se realiza la fuerza del conductor que es ubicado en la sección donde se sienta como lo muestra la Figura 41.

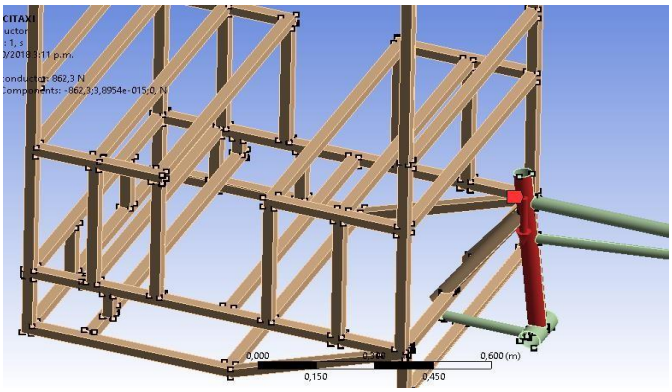

Figura 41: fuerza de conductor en el bicitaxi
Fuente: elaboración propia

En este caso la tabla de datos se completa con el peso de una persona mostrado en la Figura 42.

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
Magnitude	862,3 N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Figura 42: tabla de generación de fuerza del conductor en el bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Paso 7: Se genera la fuerza de su propio peso en el centroide de la base como se evidencia en la Figura 43 Completando la tabla con el peso como se muestra en la Figura 44.

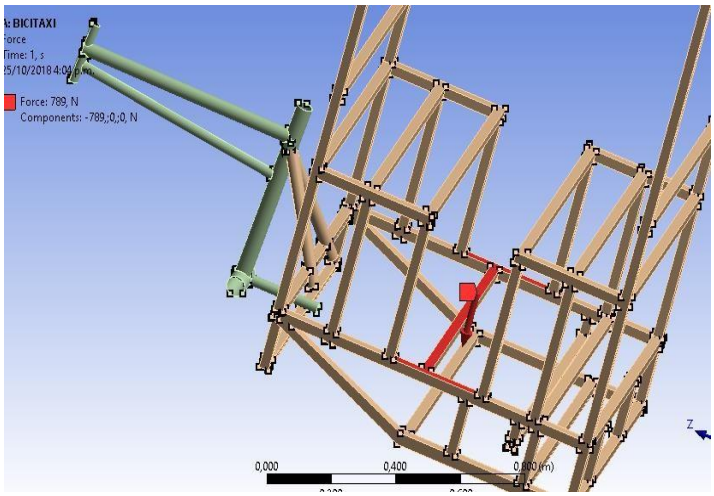

Figura 43:tabla de generación de fuerza del peso de la estructura de bicitaxi
Fuente: elaboración propia.

Details of "Force"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
Magnitude	789, N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Figura 44: tabla de generación de fuerza del peso de bicitaxi
Fuente: elaboración propia

El peso del vehículo es tomado del cálculo de la estructura como se muestra en la Tabla 9.

tabla 9: cálculo de peso del bicitaxi.

BICITAXI							
CANTIDAD	LARGO (mm)	TOTAL		VOLUMEN (mm^3)	DENSIDAD (Kg/mm^3)	MASA (Kg)	PESO (N)
4	1060	4240		979440	0,00000785	7,688604	75,4252052
18	870	15660		3617460	0,00000785	28,397061	278,575168
4	400	1600		369600	0,00000785	2,90136	28,4623416
8	440	3520		813120	0,00000785	6,382992	62,6171515
2	520	1040		240240	0,00000785	1,885884	18,500522
2	200	400		92400	0,00000785	0,72534	7,1155854
2	80	160		36960	0,00000785	0,290136	2,84623416
8	200	1600		369600	0,00000785	2,90136	28,4623416
2	550	1100		254100	0,00000785	1,994685	19,5678599
4	1600	6400		1478400	0,00000785	11,60544	113,849366
3	1060	3180		726793,452	0,00000785	5,7053286	55,9692735
3	760	2280		413654,472	0,00000785	3,24718761	31,8549104
3	550	1650		377109,81	0,00000785	2,96031201	29,0406608
2	388	776		177355,886	0,00000785	1,39224371	13,6579108
3	235	705		127906,317	0,00000785	1,00406459	9,84987361
1	120	120		27426,168	0,00000785	0,21529542	2,11204806
3	180	540		123417,756	0,00000785	0,96882938	9,50421626
					TOTAL	82,2661233	789,41067

Fuente: elaboración propia.

Paso 8: A continuación, se realiza la selección de los soportes en la estructura explicados en la sección del proyecto 3.3.2, la primera se toma la del eje delantero que va en el marco de la bicicleta como se muestra en la Figura 45.

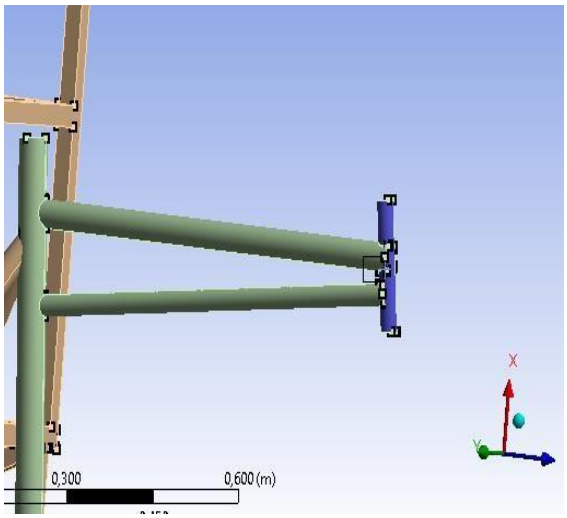

Figura 45: apoyo en el eje delantero del bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Paso 9: Realizando el mismo procedimiento se selecciona el elemento que soporta el eje trasero evidenciado en la Figura 46.

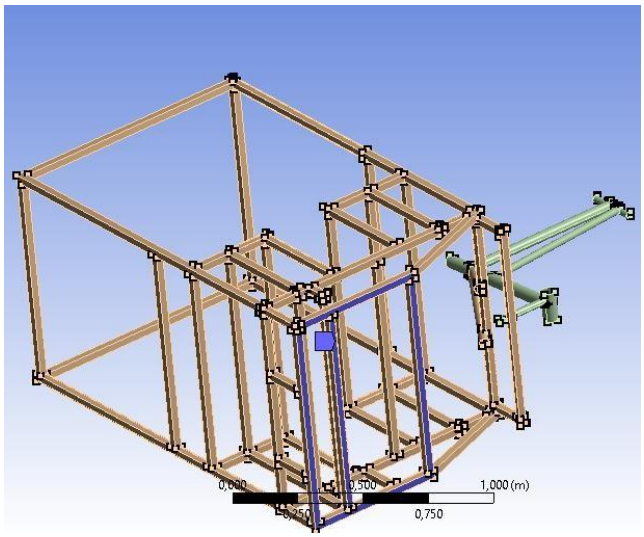

Figura 46: apoyo en el eje trasero del bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Paso 10: Después se agregan las variables las cuales se quiere simular la estructura seleccionando la deformación unitaria, equivalencia de von mises y por último factor de seguridad como se distingue en la Figura 47.

Figura 47: generación de variables de simulación a analizar
Fuente: elaboración propia

Paso 11: Finalmente al tener listos los anteriores parámetros se resuelven con el botón solve en el programa.

Teniendo en cuenta la simulación anterior se repiten en este modelo los pasos 1, 2, y 3 para realizar el desarrollo de análisis con el modelamiento de las propuestas, en donde se realizan los siguientes pasos.

Paso 4: evidenciamos en la Figura 48 el mallado de la estructura se encuentre en color negro de lo contrario repetir el mallado.

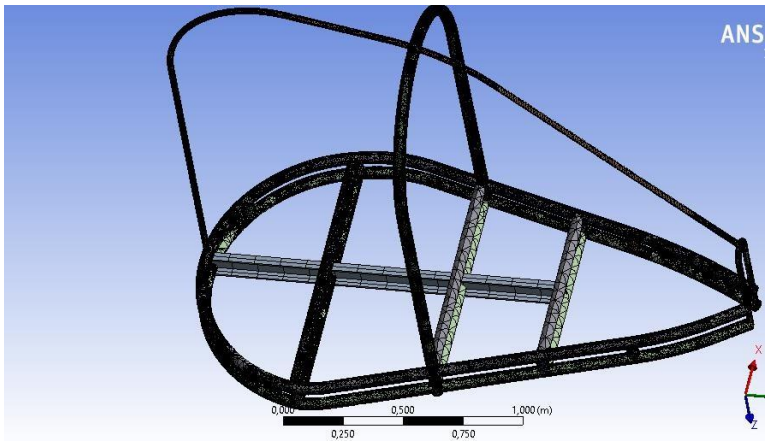

Figura 48: mallado estructural de las propuestas
Fuente: elaboración propia

Paso 5: se genera la carga de los usurarios en la sección trasera donde se ubican los pasajeros como se ve en la Figura 49.

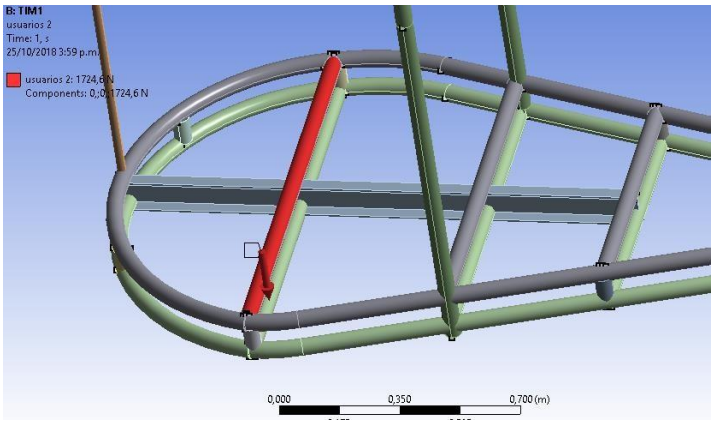

Figura 49: fuerza de usuarios de la propuesta
Fuente: elaboración propia

Generando una tabla la cual se completa con los pesos correspondientes estos explicados en la sección del proyecto 3.3.1 como se muestra en la Figura 50.

Details of "usuarios 2"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
Magnitude	1724,6 N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Figura 50:tabla de generación de fuerza de usuarios de la propuesta
Fuente: elaboración propia

Paso 6: Se realiza genera la fuerza del conductor como se ve en la Figura 51 y se completa la tabla generada con el peso del conductor como se evidencia en la Figura 52.

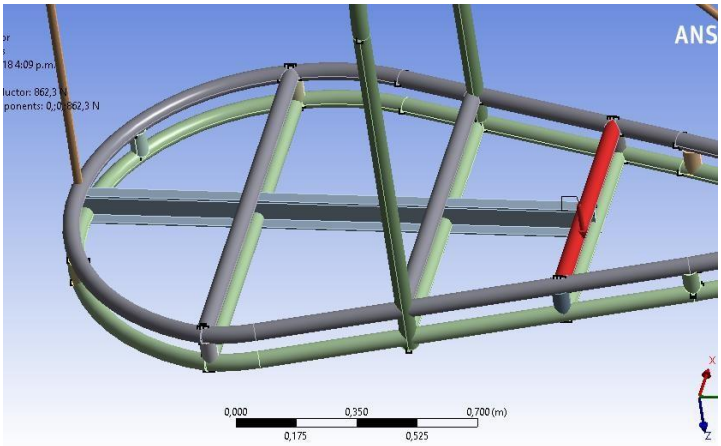

Figura 51: fuerza del conductor en la propuesta
Fuente: elaboración propia

Details of "conductor"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
Magnitude	862,3 N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Figura 52: tabla de generación de fuerza del conductor en la propuesta
Fuente: elaboración propia

Paso 6: se define la carga de su propio peso en el centroide de la base planteada como se muestra en la Figura 53.

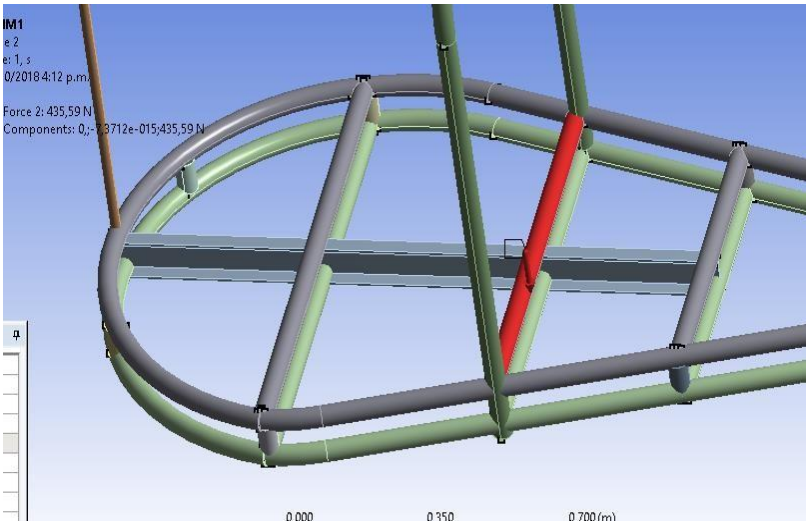

Figura 53: fuerza de peso de la estructura en la propuesta
Fuente: elaboración propia

Se completa la tabla con el peso definido como se evidencia en la Figura 54.

Details of "Force 2"

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Type	Force
Define By	Vector
Magnitude	435,59 N (ramped)
Direction	Click to Change
Suppressed	No

Figura 54: tabla de generación de fuerza del peso de la propuesta
Fuente: elaboración propia

teniendo en cuenta que en las propuestas su peso va cambiando se realizan los calculos de cada uno de los elementos de las diferentes propuesta obteniendo los pesos de las estructuras tomandose como dato de las tablas 10, 11, 12.

tabla 10: cálculo de peso propuesta 1.

TIM 1						
CANTIDAD	LARGO (mm)	TOTAL	VOLUMEN (mm^3)	DENSIDAD (Kg/mm^3)	MASA (Kg)	PESO (n)
2	1743,235	3486,47	496175,165	0,00000785	3,89497505	38,2097052
4	1916,383	7665,532	1090916,2	0,00000785	8,56369217	84,0098202
2	755,1315	1510,263	214932,294	0,00000785	1,6872185	16,5516135
2	1238,383	2476,766	352479,665	0,00000785	2,76696537	27,1439303
2	1018,6	2037,2	289923,059	0,00000785	2,27589601	22,3265399
1	4296,38	4296,38	483885,641	0,00000785	3,79850228	37,2633074
1	3832,704	3832,704	431663,5	0,00000785	3,38855848	33,2417587
1	981,9336	981,9336	110591,607	0,00000785	0,86814412	8,51649378
6	81	486	69164,8373	0,00000785	0,54294397	5,32628037
1	1545	1545	2116650	0,00000785	16,6157025	163,000042
					44,4025985	435,589491

Fuente: elaboración propia

tabla 11:cálculo de peso propuesta 2.

TIM 2						
CANTIDAD	LARGO (mm)	TOTAL	VOLUMEN (mm^3)	DENSIDAD (Kg/mm^3)	MASA (Kg)	PESO (n)
2	1743,235	3486,47	496175,165	0,00000785	3,89497505	38,2097052
4	1916,383	7665,532	1090916,2	0,00000785	8,56369217	84,0098202
2	755,1315	1510,263	214932,294	0,00000785	1,6872185	16,5516135
2	1238,383	2476,766	352479,665	0,00000785	2,76696537	27,1439303
2	1018,6	2037,2	289923,059	0,00000785	2,27589601	22,3265399
1	4296,38	4296,38	483885,641	0,00000785	3,79850228	37,2633074
1	3832,704	3832,704	431663,5	0,00000785	3,38855848	33,2417587
1	981,9336	981,9336	110591,607	0,00000785	0,86814412	8,51649378
6	81	486	69164,8373	0,00000785	0,54294397	5,32628037
2	1545	3090	439751,743	0,00000785	3,45205118	33,8646221
					31,2389471	306,454071

Fuente: elaboración propia

tabla 12: cálculo de peso propuesta 3.

TIM 3						
CANTIDAD	LARGO (mm)	TOTAL	VOLUMEN (mm^3)	DENSIDAD (Kg/mm^3)	MASA (Kg)	PESO (n)
2	1743,235	3486,47	496175,165	0,00000785	3,89497505	38,2097052
4	1916,383	7665,532	1090916,2	0,00000785	8,56369217	84,0098202
2	755,1315	1510,263	214932,294	0,00000785	1,6872185	16,5516135
2	1238,383	2476,766	352479,665	0,00000785	2,76696537	27,1439303
2	1018,6	2037,2	289923,059	0,00000785	2,27589601	22,3265399
1	4296,38	4296,38	483885,641	0,00000785	3,79850228	37,2633074
1	3832,704	3832,704	431663,5	0,00000785	3,38855848	33,2417587
1	981,9336	981,9336	110591,607	0,00000785	0,86814412	8,51649378
6	81	486	69164,8373	0,00000785	0,54294397	5,32628037
3	1014,47	3043,41	433121,312	0,00000785	3,4000023	33,3540225
					31,1868982	305,943472

Fuente: elaboración propia

Paso 7: A continuación, se definen los soportes de la estura que igual que el bicitaxi se toman los ejes en donde se ubican las llantas como los soportes en la Figura 55 muestran la definición del soporte delantero donde se ubica la llanta del conductor en la Figura 56 Se muestra la sección tomada para el soporte posterior de la estructura.

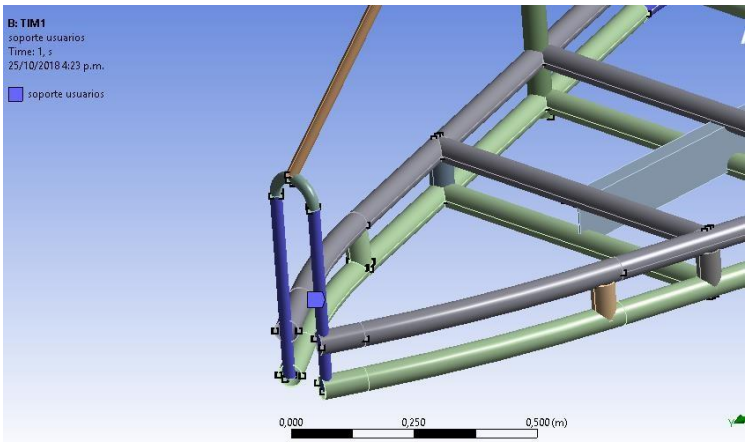

Figura 55: apoyo de eje delantero de la propuesta
Fuente: elaboración propia

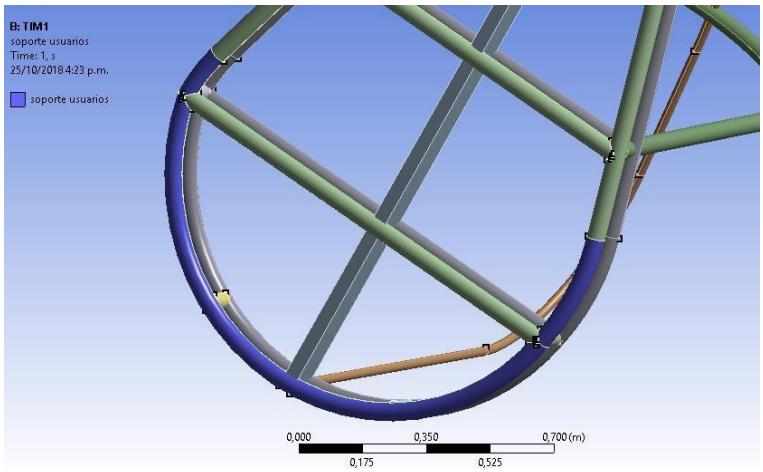

Figura 56: apoyo del eje trasero de la propuesta
Fuente: elaboración propia

Paso 8: se repiten los pasos 10 y once de la simulación anterior.

Se aclara que este procedimiento para cada una de las propuestas diseñadas es el mismo cambiando el peso del vehículo como se aclara en el paso 7 a continuación, se evidencian las condiciones de las simulaciones ver Tabla 13.

tabla 13: condiciones de las simulaciones

Estructura	Numero de nodos	Número de elementos	Material
Bicitaxi	76880	38103	Tubería aguas negras
Propuesta 1	485240	386261	Tubería aguas negras
Propuesta 2	386261	193591	Tubería aguas negras
Propuesta 3	514134	255666	Tubería aguas negras

Fuente: elaboración propia

Se tiene en cuenta que dentro de más número de elementos se tenga en el prototipo los resultados serán exactos los resultados.

3.7 Análisis Resultados

Se inicia el desarrollo del análisis de los resultados con el del bicitaxi donde tenemos las siguientes variables a estudiar.

• **Deformación unitaria:**

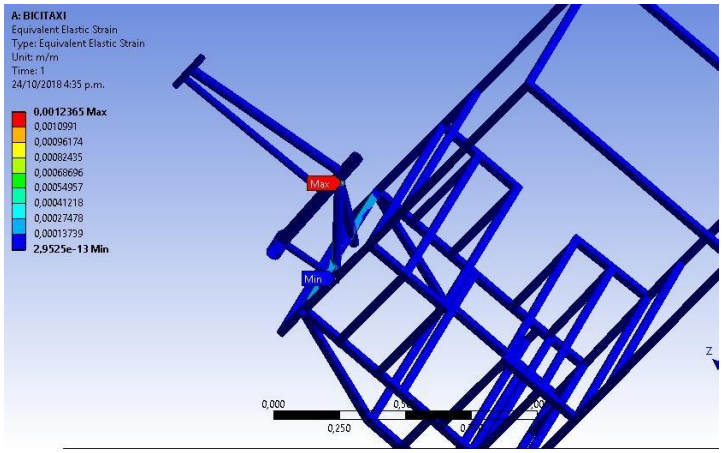

Figura 57: deformación unitaria general en el bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

En la Figura 57 se evidencia como la estructura en general no se encuentra en su totalidad sometida a grandes deformaciones debido a la ubicación de cargas y soportes, ya que la estructura no cuenta con cargas uniformes para todo el armazón, sino están ubicadas en ciertas zonas haciendo que algunos de los elementos que posee el vehículo presenten cambios de longitud, como se evidencia en la Figura 58 Donde los soportes de la carga del conductor poseen una deformación de 0.00102 m/m siendo el resultado más alto debido a que la sección donde se ubica la carga tiene un solo punto de apoyo lateral haciendo que la deformación del elemento se haga mayor en la punta donde es soportada directamente la carga, a partir de lo anterior se debe tener en cuenta que en donde se encuentra ensamblado el soporte del conductor a la cabina es afectado como se observa en la Figura 59 pues el comportamiento del soporte con respecto a el apoyo hace que se convierta en una carga en el habitáculo un cambio de 0,000274(m/m) siendo considerablemente baja esto es debido a que la carga se encuentra distribuida en la sección.

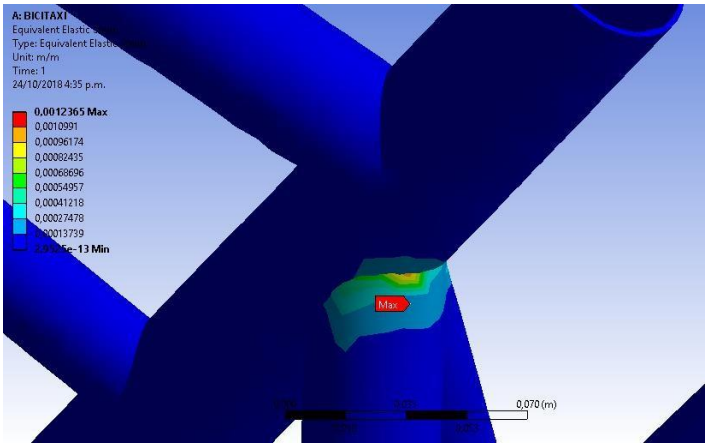

Figura 58: deformación unitaria máxima del bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

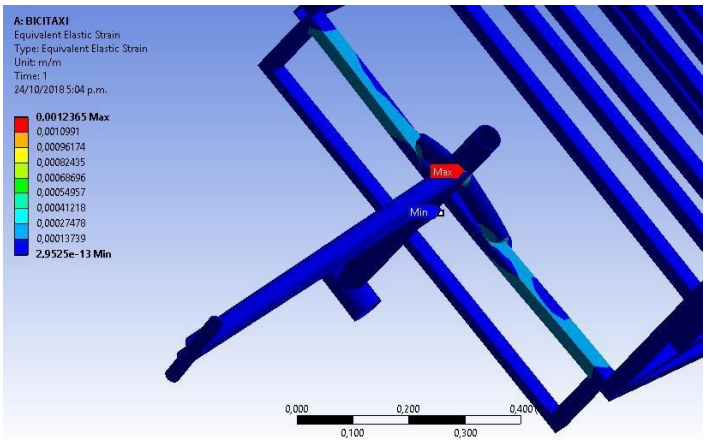

Figura 59: deformación unitaria media del bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

Cabe resaltar que las mínimas deformaciones presentadas en la estructura fueron en el habitáculo del Bicitaxi poseen un cambio de longitud mínimo de 2,937x10^13 (m/m) como se muestra en la Figura 60 Se infiere que en esta zona no presenta el soporte de cargas directamente.

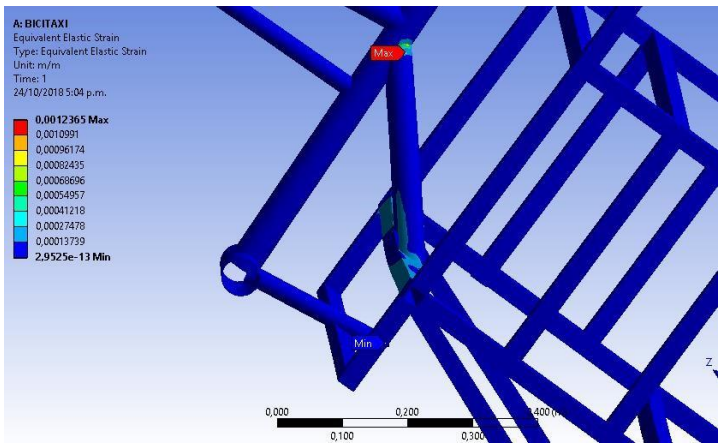

Figura 60: deformación unitaria mínima del bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

- **Equivalente Von Mises:**

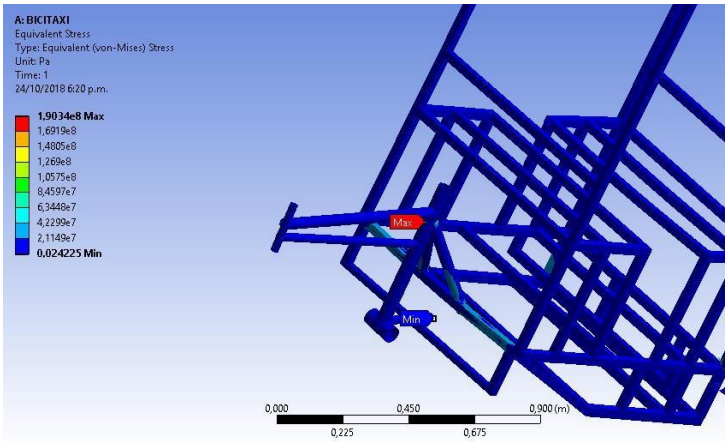

Figura 61: equivalencia de Von Mises general del bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en la Figura 61 Gran parte de la estructura no se encuentra sometida a esfuerzos combinados, observando que la secciones donde soporta las cargas sometidas a la estructura poseen cambios como se evidencia en la Figura 62 al estar soportando la carga del conductor en un solo punto hace que el esfuerzo que realiza el elemento sea alto presentando máxima energía dedeformacion de 160.45 Mpa , puesto que la carga no posee otro apoyo que minimice el esfuerzo, al mismo tiempo la sección que soporta la carga del conductor es pieza que hace posible el ensamble entre el habitáculo y la cabina del conductor, lo que hace que se convierta en una carga realizando cambios de energía de la sección en donde se encuentran apoyados los soportes de la unión con un esfuerzo de 130 Mpa este no presentando cambios drásticos en la estructura debido a que el apoyo de la cabina se distribuye en el elemento en dos puntos como se muestra en la Figura 63, al respecto cabe resaltar que el esfuerzo de la unión entre el habitáculo y la cabina se evidencia en el soporte y la sección donde es apoyada.

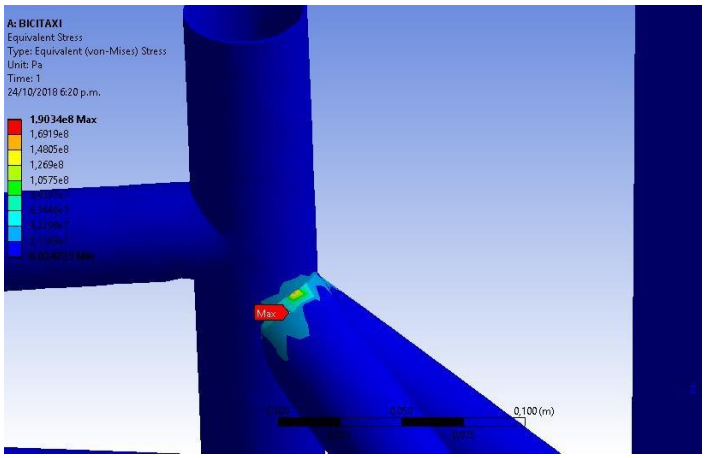

Figura 62: equivalencia de Von Mises máxima del bicitaxi
Fuente: elaboración propia

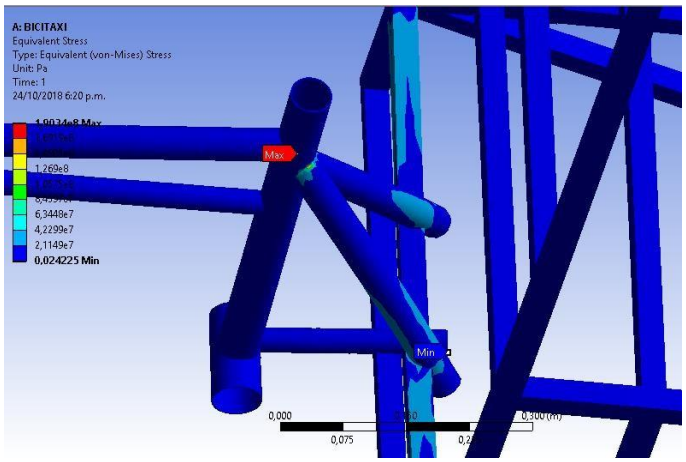

Figura 63: equivalencia de Von Mises media del bicitaxi
Fuente: elaboración propia

Al contrario de lo anteriormente descrito se evidencian grandes zonas donde no presentan cambios de la distorsión de energía siendo mínimas como se evidencia en la Figura 64 obteniendo un esfuerzo de 0.0242 Pa presentada en la unión de la sección en la que se ejecuta el pedaleo del conductor aclarando que la fuerza de pedaleo no es empleada en la simulación de la estructura por lo que no presenta ninguna carga que produzca el cambio.

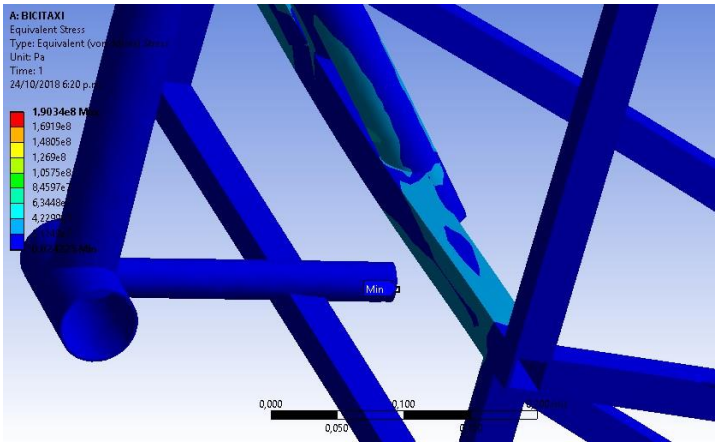

Figura 64: equivalencia de Von Mises mínima del bicitaxi
Fuente: elaboración propia

- **Factor de seguridad:**

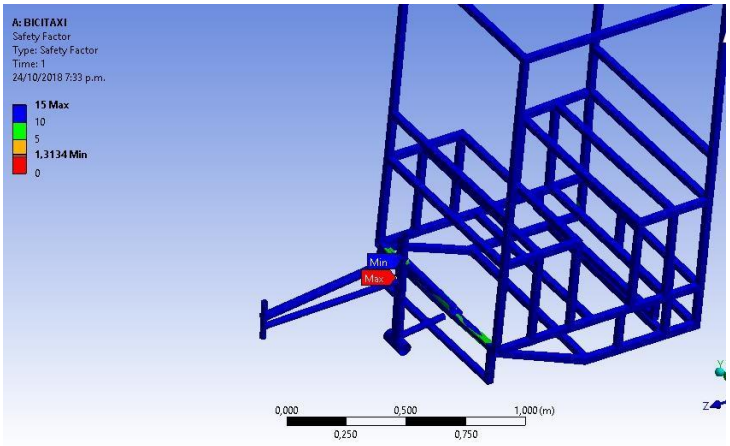

Figura 65: factor de seguridad general en el bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

En cuanto al factor de seguridad en el bicitaxi en general presenta un valor de Nf: 15 evidenciándolo en la Figura 65 pero existen puntos en la estructura que están en un nivel de seguridad muy bajo como se muestra en la Figura 66 con un valor de Nf:1.31 siendo un nivel de criticidad muy bajo para ser una estructura que transporta personas en este caso en donde los puntos afectados son ubicados en la zona de ensamble de la sección del conductor este factor de seguridad mínimo es para un tornillo que presente el armazón pues pondría en riesgo la integridad.

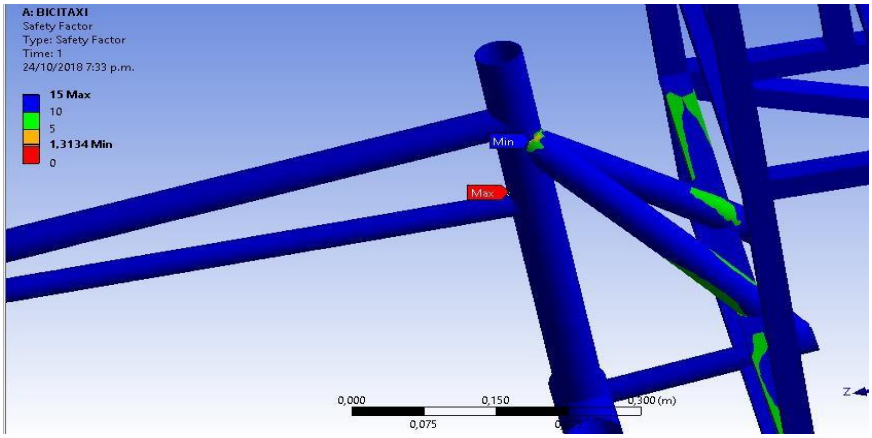

Figura 66: factor de seguridad mínimo y máximo en el bicitaxi.
Fuente: elaboración propia

A continuación, se realiza el análisis de la propuesta 1 de la estructura del bicitaxi.

- **Deformación unitaria:**

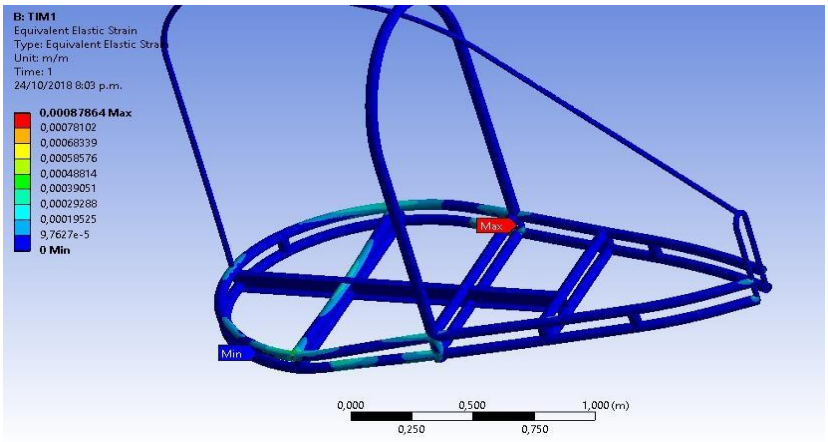

Figura 67: deformación unitaria general de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

La deformación unitaria que presenta la primera propuesta como se puede observar en la Figura 67, en donde se evidencian a lo largo de la base es sometida la estructura esto debido a que la las cargas se encuentran distribuidas a lo largo de la estructura presentando puntos de máximos de esfuerzo como se muestra en la Figura 68 Con un valor de 0.00079 m/m presentado en un soporte de la estructura en la que se apoya la carga de su propio peso y además de la estructura en la parte superior; en general la estructura presenta mayor deformación en los soportes de la base donde distribuyen las fuerzas aplicadas.

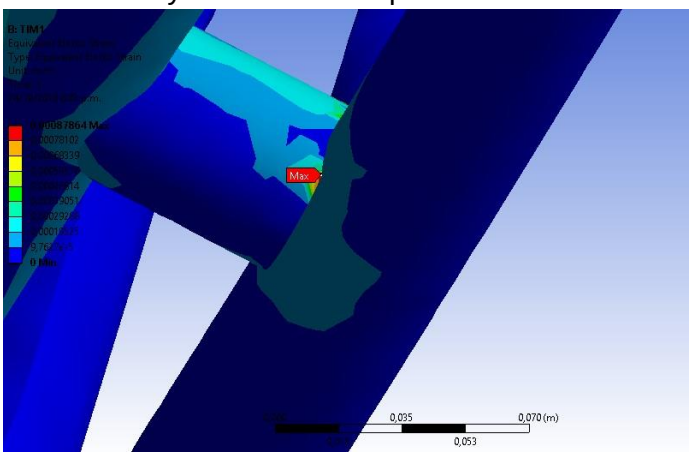

Figura 68: deformación unitaria máxima de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

de igual modo se evidencian puntos como los de la Figura 69 Señalados en óvalos rojos con cambios en la deformación que se acercan a valores de 0.00054 m/m en los que son apoyos que soportan la mayor carga siendo la fuerza producida por dos pasajeros que hay en la propuesta donde la deformación se presentaría en la extremidades de la barra , se tiene en cuenta que en estos puntos es la zona que se encuentra apoyado el eje de la parte trasera

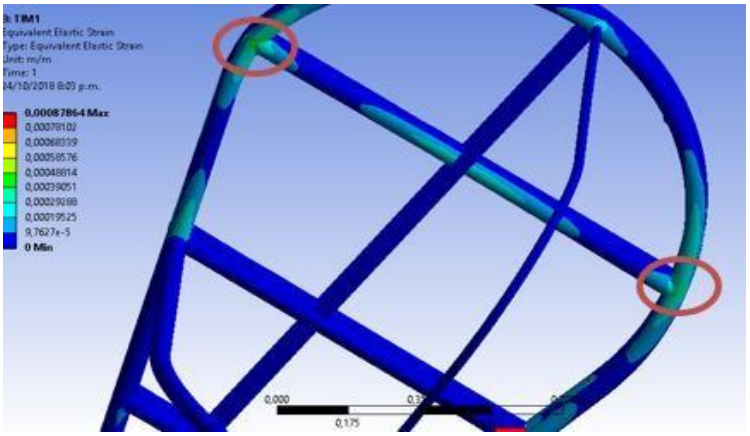

Figura 69: deformación unitaria media de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

También se dan puntos con mínimo cambio de longitud como se muestra en la Figura 70 en la que se muestra en la parte trasera del vehículo donde no posee ninguna carga que haga que se deforme la zona.

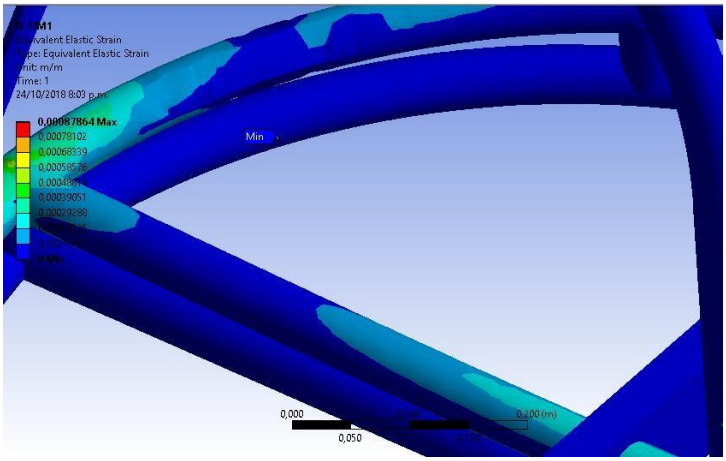

Figura 70: deformación unitaria mínima de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

• **Equivalente Von Mises:**

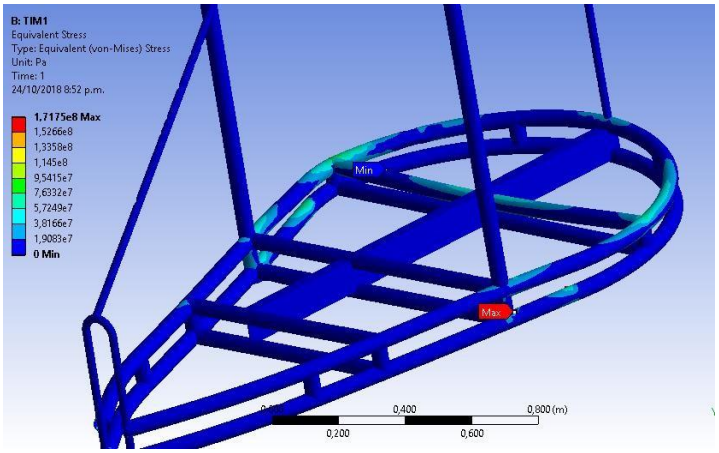

Figura 71: equivalencia de Von Mises general de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

En la figura 71 Se muestran el armazón como muestra diferentes comportamientos a lo largo de la base siendo el máximo en puntos de apoyo donde conjuntamente se tiene la carga del peso de la estructura de la base y de lo que cubre la base haciendo que sea el soporte que frente a los otros como se observa en la Figura 72 es el que mayor carga posee con un 106.4 Mpa, también se tienen otras zonas donde se muestran cambios de 96 Mpa. La energía de distorsión mostrada en la Figura 73 la zona que soporta la mayor carga que se efectúa en la propuesta está haciendo que las uniones de la sección de la carga hacia la base o borde del armazón realicen mayores esfuerzos cabe resaltar que este soporte se encuentra como soporte del eje posterior.

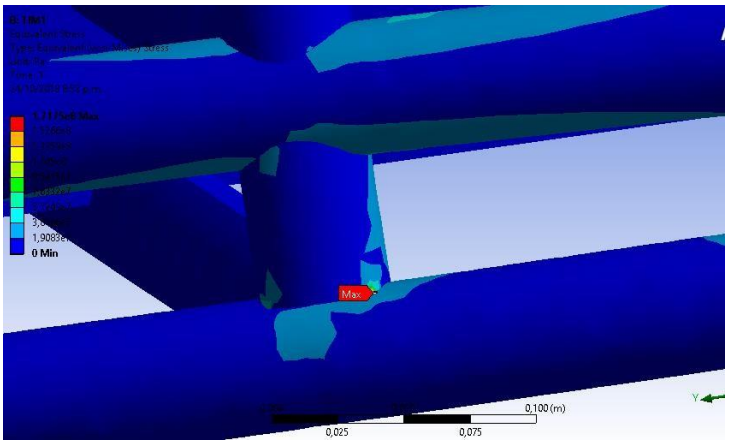

Figura 72: equivalencia de Von Mises máxima de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

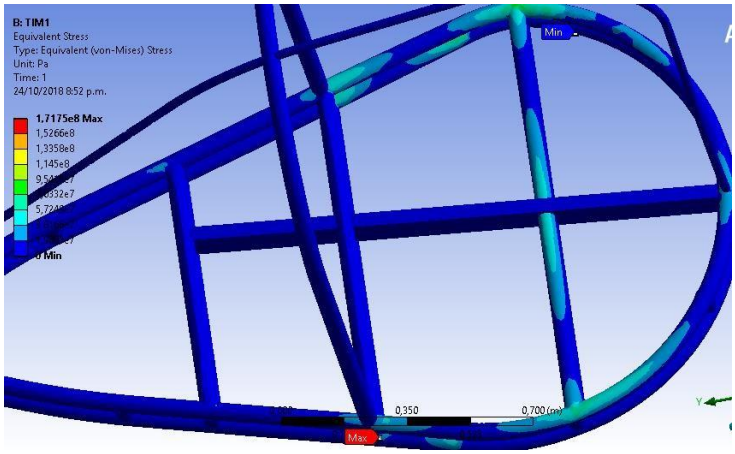

Figura 73: equivalencia de Von Mises media de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

Teniendo como mínimo esfuerzo en la parte posterior de la propuesta como se muestra en la siguiente Figura 74 en la que no se ejecutan cargas en las que se encuentre sometida el armazón y al estar cerca del soporte de la parte del eje trasero hace que el VTH realice sean mínimos.

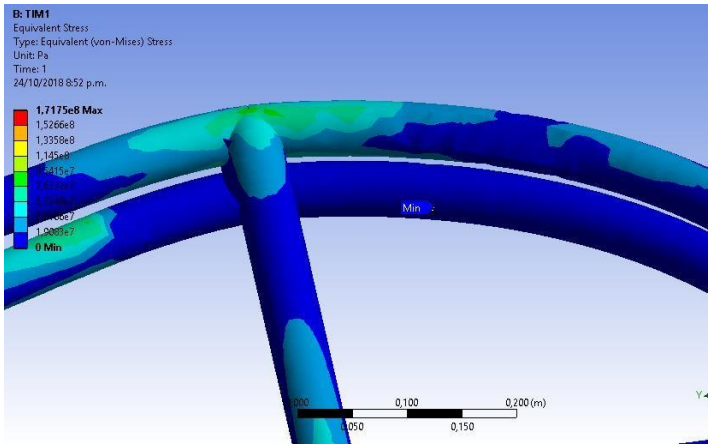

Figura 74: equivalencia de Von Mises mínimo de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

- **Factor de seguridad:**

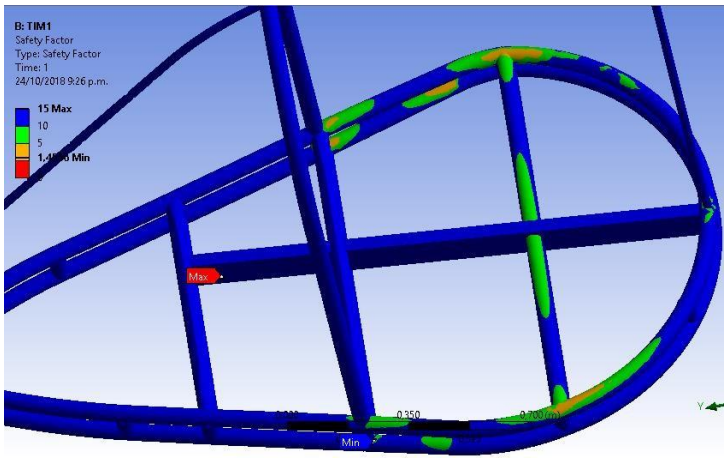

Figura 75: factor de seguridad general de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

Se evidencia en la anterior Figura 75 la mayoría de la estructura que cuenta con un Nf: 15 en la que en la parte del conductor completamente cuenta con el más alto factor de seguridad como lo es la sección mostrada en la Figura 76 donde la viga que pasa por el centro de la estructura se comporta como un soporte para las cargas empleadas en la estructura.

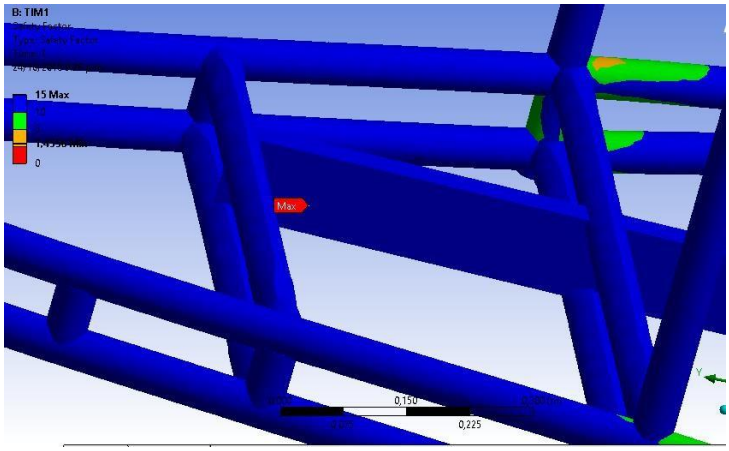

Figura 76: factor de seguridad máximo de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

La disminucion de el factor de seguridad en las uniones donde se soporta la mayor carga de la propuesta tiene un Nf: 1,9 como se muestra en la Figura 77 el cual tiene un factor de seguridad que cumple con una criticidad media en la que es adecuada para maquinas cabe aclarar que es mas alto que el minimo manejado por el bicitaxi.

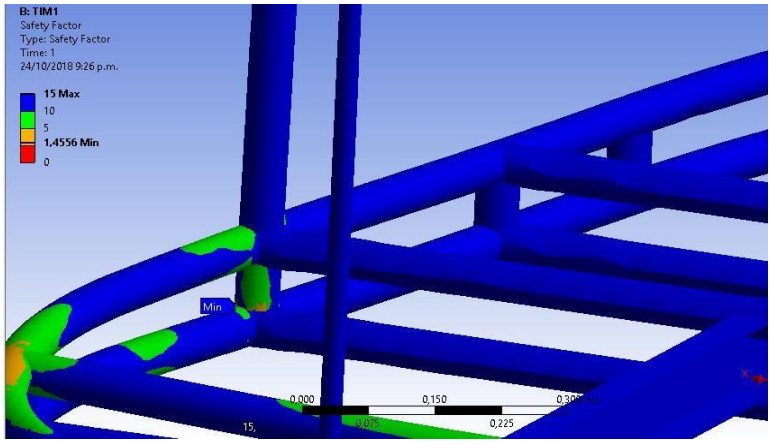

Figura 77: factor de seguridad mínima de la propuesta 1.
Fuente: elaboración propia

En la segunda propuesta se analizan las mismas variables de la estructura como se muestra a continuación.

- **Deformación unitaria:**

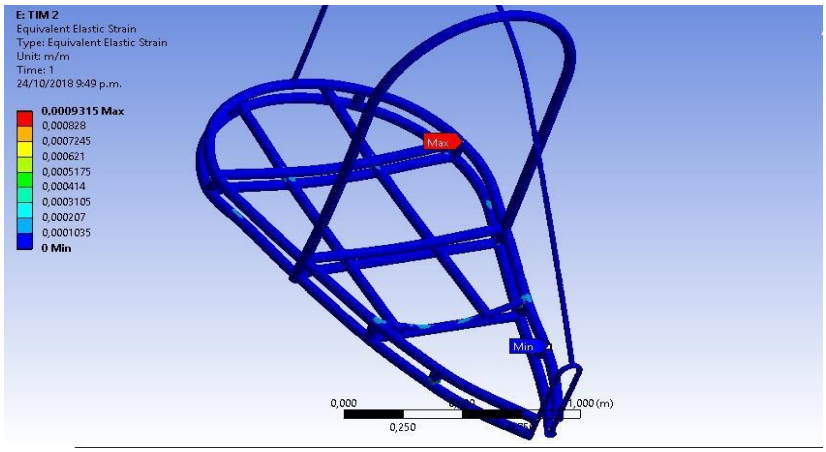

Figura 78: deformación unitaria general de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

Se evidencia a partir de la Figura 78 que la mayoría de la estructura no tiene deformación en su sección, cabe aclarar que hay puntos en los cuales se evidencian cambios de longitudes frente a otras secciones como se muestra en la Figura 79 en la que se evidencia que los soportes donde se apoya la carga de los usuarios siendo la más altas que se tiene en la propuesta pues se tiene en cuenta que al soportar mayor carga se tendrá mayor deformación en la sección con un valor de 0.00039 m/m, se debe aclarar que la sección utilizada que pasa por la mitad de la base es circular y al soportar las cargas del VTH muestra cambios en la longitud de las secciones como se evidencia en la Figura 80en la que tiene valores de 0.00023 m/m.

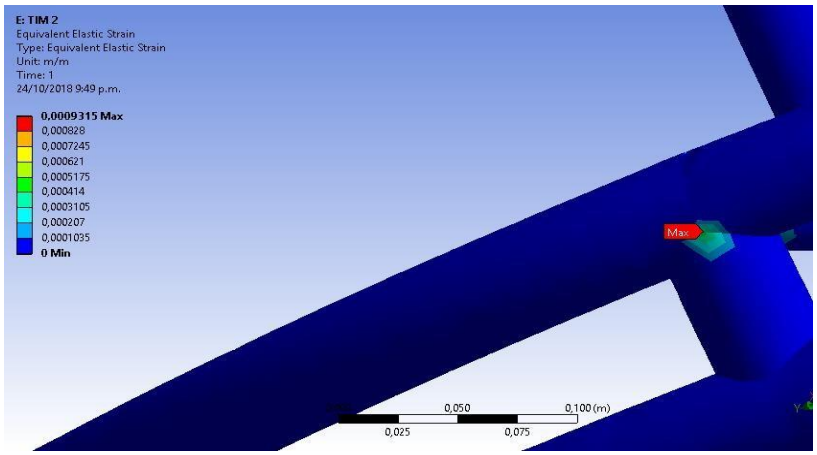

Figura 79: deformación unitaria máxima de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

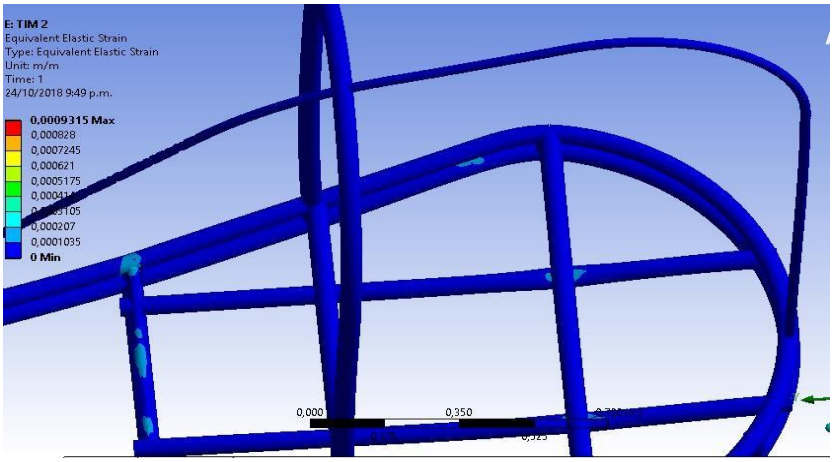

Figura 80: deformación unitaria media de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

En cuanto a el mínimo valor obtenido es de 0 m/m donde su presencia se observa en la Figura 81 en la que se tiene en la parte delantera en la zona de conducción en un borde de la estructura teniendo en cuenta que no posee deformación al no poseer una carga que soporte directamente en esta zona, además de estar ubicada cerca a el apoyo del eje delantero lo que hace que su cambio de sección sea nulo.

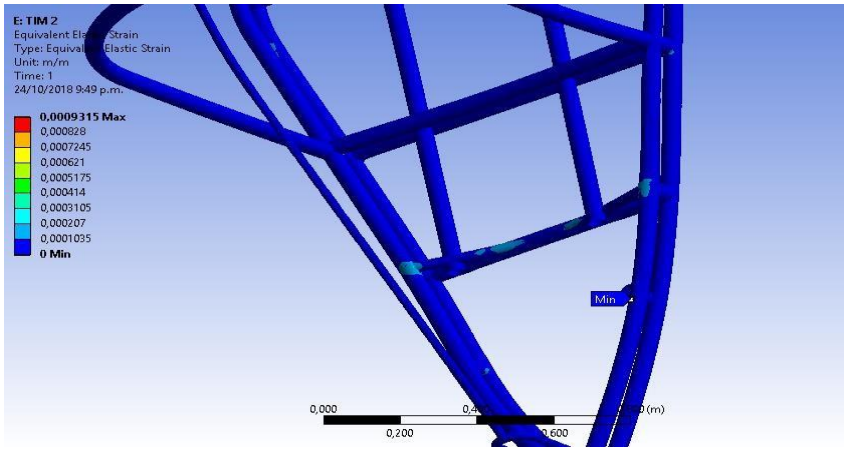

Figura 81: deformación unitaria mínima de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

- **Equivalente Von Mises:**

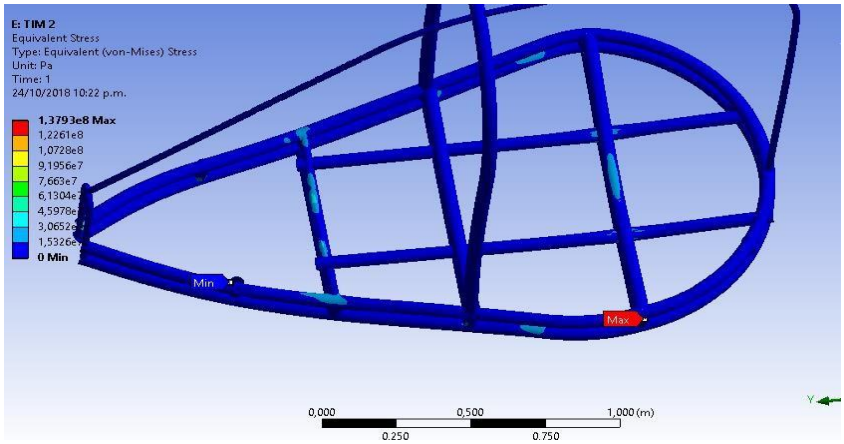

Figura 82: equivalencia de Von Mises general de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

En general la estructura no posee grandes esfuerzos combinados que soporte como se muestra anteriormente en la Figura 82, se tienen puntos donde el cambio de longitud de la sección varia como se muestra en la Figura 83 en la cual se tienen valores máximos de distorsión de energía de 102.33 Mpa. en estos soportes se presenta el mayor esfuerzo esto se da porque la carga que se apoya es la mayor carga que tiene el VTH en la cual presenta mayor esfuerzo frente a los soportes que apoyan la demás estructura.

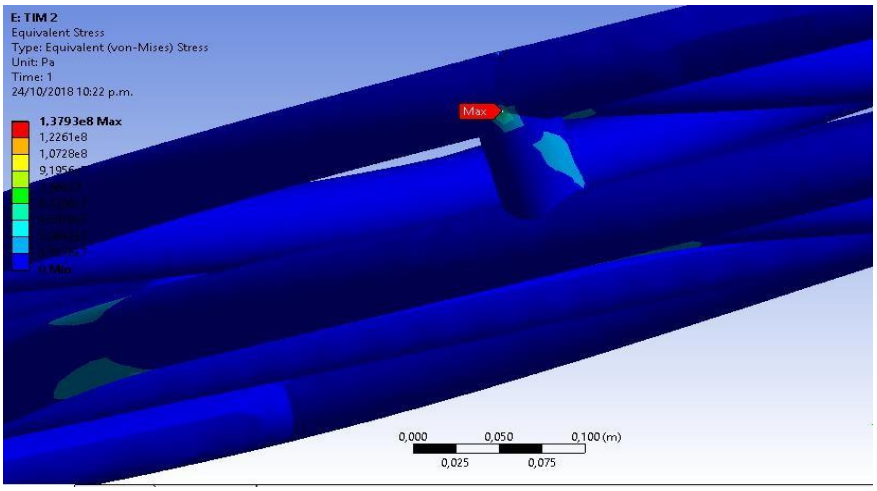

Figura 83: equivalencia de Von Mises máxima de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

También se muestran valores mínimos en la estructura en la que se muestra en la parte delantera de la propuesta siendo la donde se tienen las menores cargas que se ejecutan siendo uno de los bordes de el armazón en la cual tiene valores de 0,9 Mpa haciendo que el esfuerzo que se

presenta en la zona sea bajo debido a la no presencia de cargas sobre esta zona mostrado en la siguiente Firgura 84.

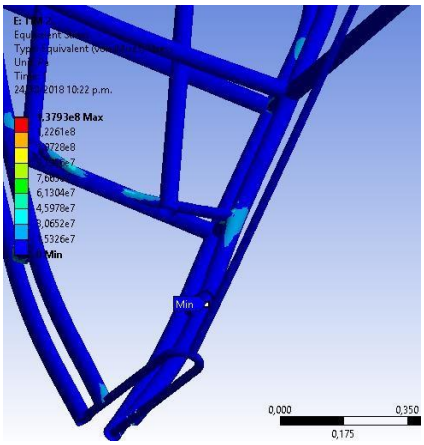

Figura 84: equivalencia de Von Mises mínima de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

- **Factor de seguridad**

En cuanto al factor de seguridad general de la estructura presenta un alto nivel de criticidad estando la mayoría con un Nf: 15, existen puntos donde se evidencias leves cambios de factor de seguridad como se muestra en la siguiente Figura 85 donde encontramos un valor mínimo de Nf: 6.43 en el cual podemos evidenciar que el factor de seguridad de este modelo de estructura nos da un nivel de criticidad alto tanto en el mínimo como en el máximo factor de seguridad siendo un valor que se podría contar entre el rango del factor para manejar maquinas que maneja la integridad de las personas.

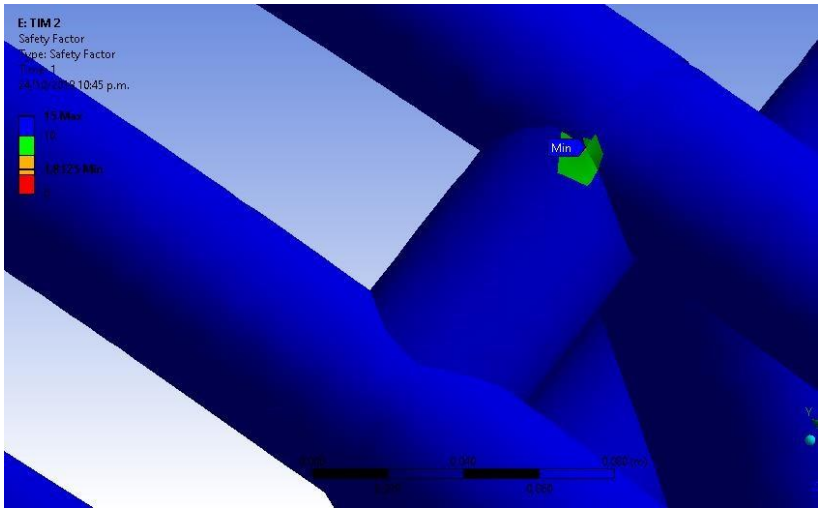

Figura 85: factor de seguridad máximo de la propuesta 2.
Fuente: elaboración propia

En la propuesta 3 se analizan las mismas variables de los anteriores como se muestra a continuación.

- **Deformación unitaria:**

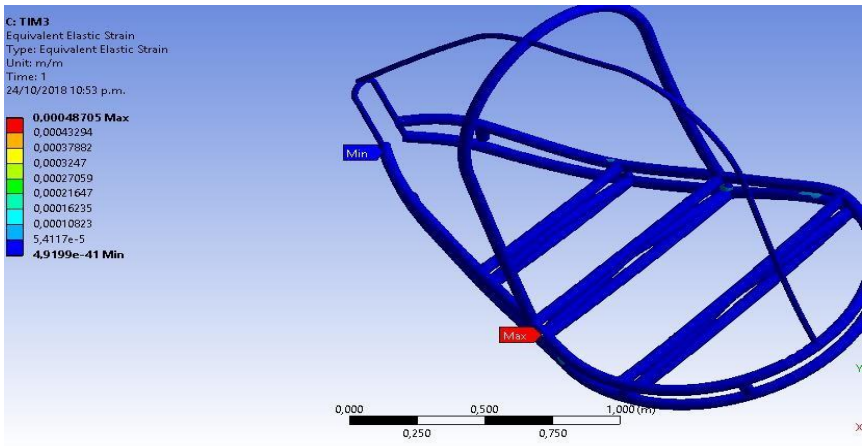

Figura 86: deformación unitaria general de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

En la mayoría de la estructura no se muestra cambios en cuanto a la longitud como se evidencia en la figura 86 de la sección teniendo en cuenta que a diferencia de los modelos anteriores se tiene que no hay secciones que atraviesen el vehículo reduciendo la deformación en el centro donde se soportan las cargas empleadas en la propuesta, teniendo en cuenta que hay secciones que poseen cambios en las longitudes como se muestra en la siguiente Figura 87 con un valor máximo de 0.00035 m/m mostrándose en el soporte del centro de la estructura soportando su propio peso, y aquí puede influir la unión entre varias secciones hace que el valor sea alto, pues evidenciamos en la imagen que también se cruza con el soporte de la carga.

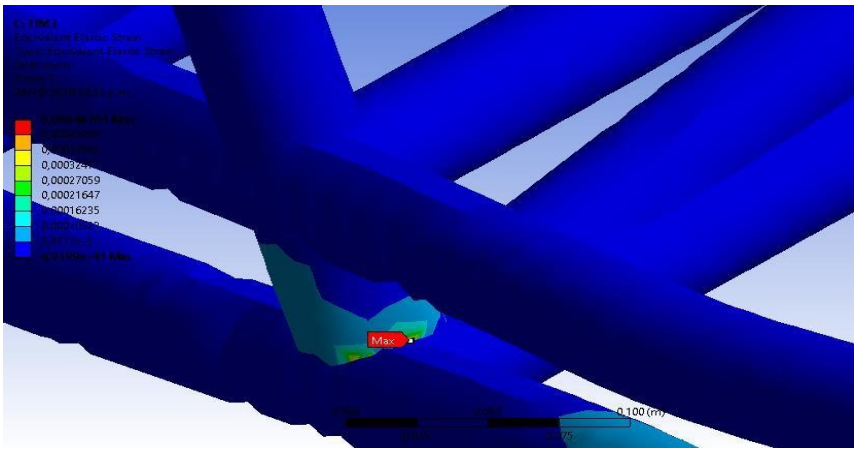

Figura 87: deformación unitaria maxima de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

Asimismo, podemos definir que el cambio de longitudes mínimo presentados en la estructura mostrada en la siguiente Figura 88 con un valor de 4.09x10^-6 siendo un valor bajo para deformarse presentándose en la parte delantera del VTH en la que se tiene la menor carga empleada esta queda en el soporte de la llanta delantera la cual no muestra cambios en su estructura delantera.

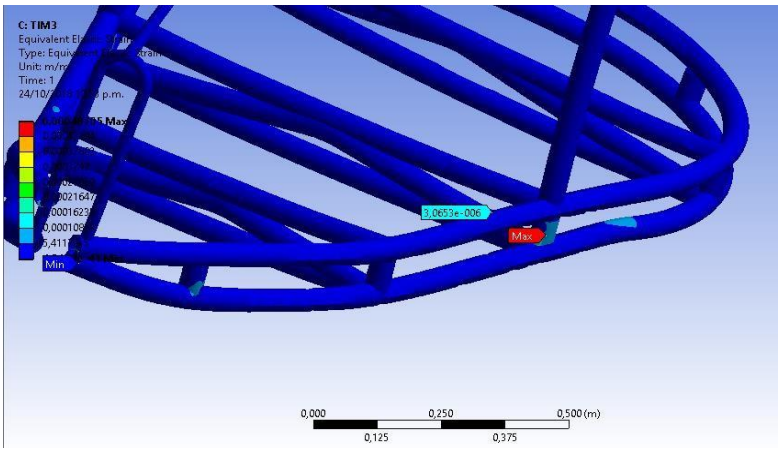

Figura 88: deformación unitaria mínima de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

- **Equivalente Von Mises:**

En la deformacion de la distorsion energetica en general en esta estructura se muestra que no se dan mayores esfuerzos esto debido a que no posee a diferencia de los anteriores modelos de una seccion que atraviese la base del VTH sino soporta las partes donde se carga las cargas empleadas hacindo que disminuya los esfuerzos como se muestra en la siguiente Figura 89.

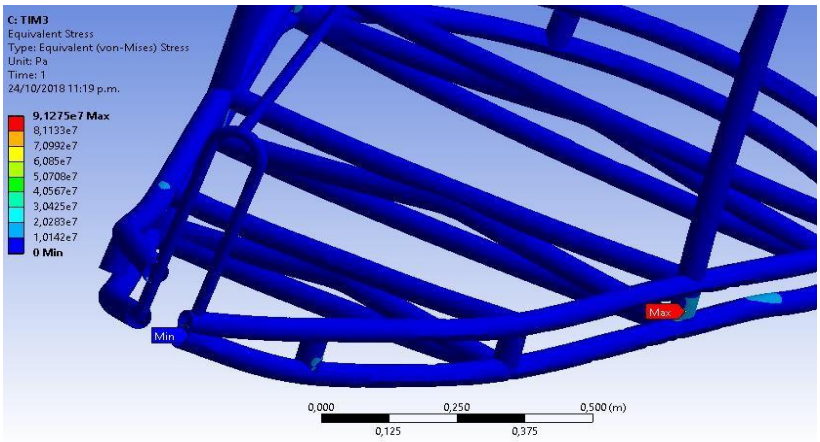

Figura 89: equivalencia de Von Mises general de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta lo anterior se evidencian que hay puntos en la estructura que se comportan diferente en general el modelo tiene un máximo esfuerzo de 68,09 Mpa que se evidencia en la Figura 90 donde el soporte que se encuentra en el centro de la base y soporta su propio peso teniendo en cuenta que este soporte se encuentra en contacto con los apoyos de carga haciendo que su esfuerzo sea mayor pues se le agrega el soporte de la parte superior del vehículo.

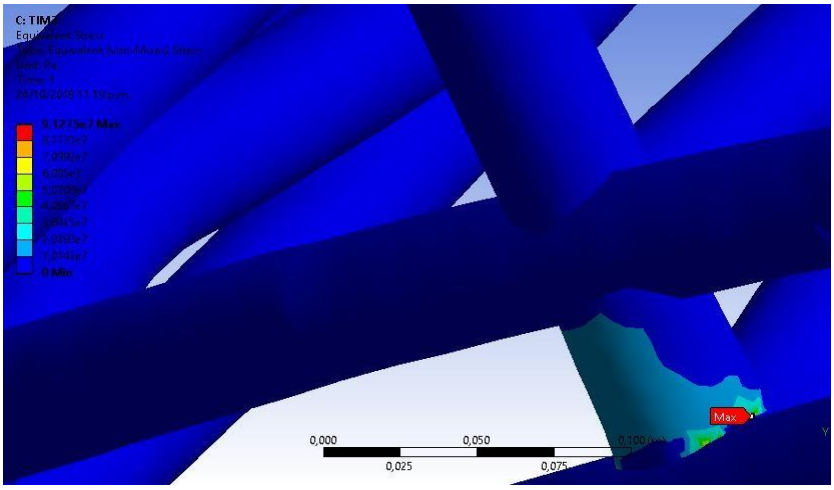

Figura 90 equivalencia de Von Mises máxima de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

En contraste con lo anterior se tiene la siguiente Figura 91 el mínimo esfuerzo de energía de distorsión siendo de 0,5 Mpa en el que se observa en la parte del soporte de la parte delantera del bicitaxi en esta zona del vehículo no se cuenta con una carga la cual realice un cambio en la estructura haciendo que tenga mayor esfuerzo en el apoyo, por lo que se tiene el menor valor.

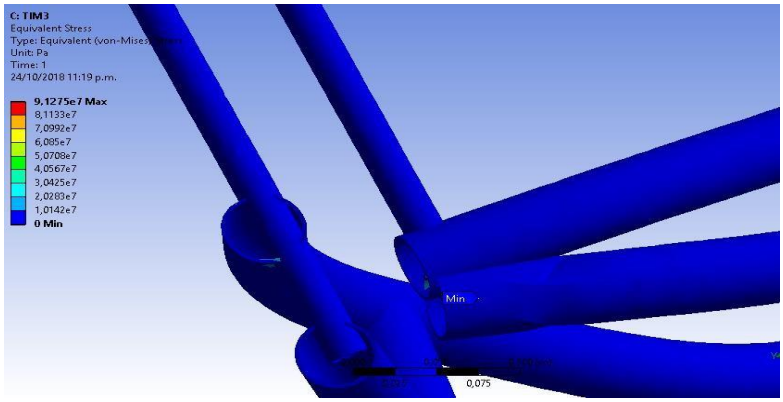

Figura 91: equivalencia de Von Mises mínima de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

- **Factor de seguridad:**

En relación con el factor de seguridad general de la estructura se evidencia en la Figura 92 que es en su mayoría de 15, existen puntos en los cuales se ven el cambio del factor de seguridad como lo se observa en la Figura 93 donde él se reduce a un Nf: 6,50 resaltando que el nivel de criticidad tanto mínimo como máximo en el modelo es recomendado cuando se tratan maquinas que interfieran con la integridad de personas, deduciendo que es una estructura en la que se tendría mayor seguridad.

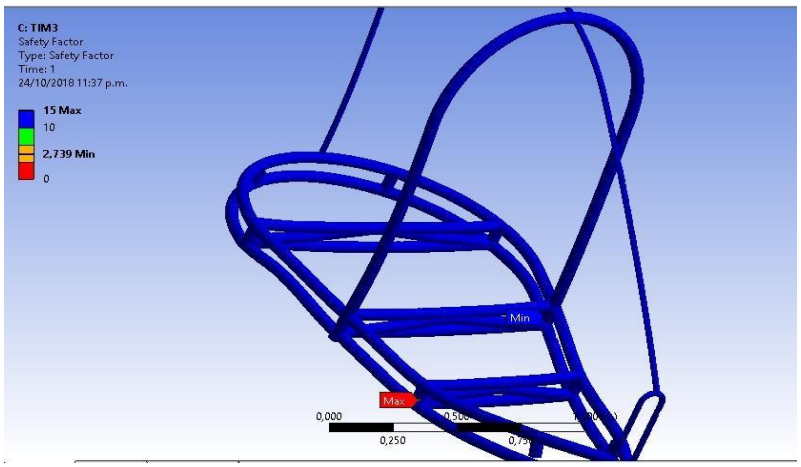

Figura 92: factor de seguridad general de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

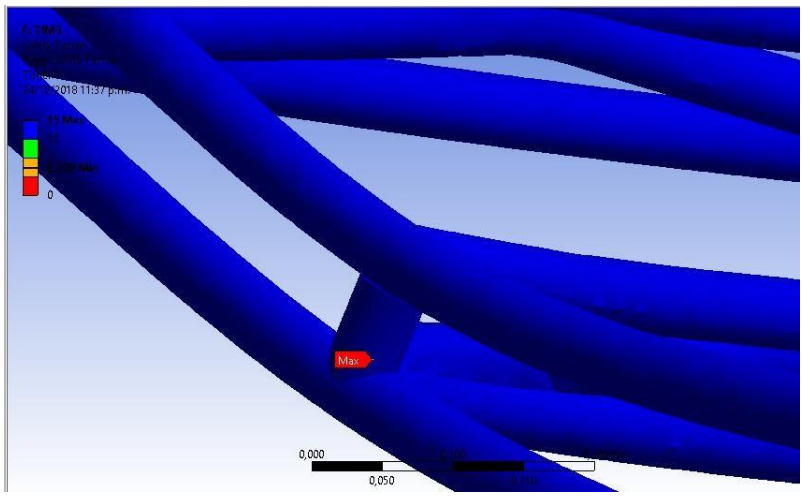

Figura 93: factor de seguridad máximo de la propuesta 3.
Fuente: elaboración propia

3.7.1 Comparación de propuestas vs Bicitaxi

Tabla 14: comparación de las propuestas vs bicitaxi.

MODELOS	DEFORMACIÓN UNITARIA	EQUIVALENTE (VON MISSES)	FACTOR DE SEGURIDAD	PESO (kg)
BICITAXI	Max:0.00079 Min:0	Max:160.45 Mpa Min: 0,02 Mpa	Max:15 Min:1.31	82
PROPUESTA 1	Max:0.00102 Min:2.937X10^-13	Max:106,8 Mpa Min: 0 Mpa	Max:15 Min:1.9	45
PROPUESTA 2	Max:0.00039 Min:0	Max: 102 Mpa Min: 0.9 Mpa	Max:15 Min:6.43	32
PROPUESTA 3	Max:0.00035 Min:4.09X10^6	Max: 68,09 Mpa Min: 0.5 Mpa	Max:15 Min:6.50	32

Fuente: elaboración propia

En la anterior tabla evidenciamos que en la deformación unitaria de los modelos estructurales propuestos presentan menores deformaciones que las del Bicitaxi, las cargas que se emplean en las propuestas se realizan sobre una misma base haciendo que los soportes realicen deformaciones en la sección afectada uniformemente o en más de un punto, a diferencia del bicitaxi que la mayoría de la carga se apoya en un solo punto y después la apoyan en dos puntos en la unión de la cabina con el habitáculo; asimismo recalcar que se tienen pronunciadas diferencias en las propuestas de estructura en la primera y segunda podemos observar que se dan cambios de longitudes donde se emplean las cargas en el centro haciendo que la deformación en los soportes de la base sean más altas a diferencia del tercer modelo que no cuenta con una viga o secciones que atraviesen la base del armazón produciendo lo anteriormente descrito, sino se crean apoyos en donde se aplican las cargas reduciendo el cambio de longitud y en los soportes; se deduce que el modelo 3 es apropiado frente a la deformación unitaria de los anteriores reduciendo la el cambio de longitudes en un 0.00044() frente al bicitaxi.

En lo que concierne a el criterio de von mises en las estructuras propuestas cuentan con grandes diferencias la estructura 1 y 2 frente a la 3, esta última muestra una reducción entre los 34 y 38 Mpa siendo una diferencia considerable, donde los esfuerzos del modelo 1 y 2 en los soportes de la base de la armazón se encuentra en las secciones presentadas de viga y secciones circulares en medio del vehículo causando que los esfuerzos en los apoyos sean más altos, cabe aclarar que en la tercer estructura se muestran grandes esfuerzos en los soportes debido a la intersección de los elementos, pero son más bajos que los anteriormente mencionados, asimismo se tiene que la 3 propuesta reduce el esfuerzo al comparar con el bicitaxi de 92 Mpa, al tener menos elementos de ensamble y una distribución de las cargas a lo largo de la estructura se tiene menos elementos que se encuentren sometidos a grandes esfuerzos a diferencia del bicitaxi que se apoya en un solo punto la carga de la estructura.

En relación con el factor de seguridad se tiene en cuenta que la estructura del bicitaxi y la propuesta 1 tienen valores mínimos de nivel de criticidad siendo muy bajos considerándose que se realiza una estructura donde la integridad de los conductores y los usuarios es vital, el factor de seguridad no es apropiado para una estructura de este tipo; frente a las propuestas 2 y 3 el mínimo factor de seguridad en el nivel de criticidad es muy alto donde se presenta un bajo Nf en los apoyos en los soportes de la estructura pero son aceptables para realizar un modelo

estructural en este caso se muestra que las dos propuestas cumplen y pueden ser aplicadas en estos aspectos.

Es oportuno hablar sobre el peso que se tiene en el bicitaxi y las propuestas, cabe resaltar que al ser un vehículo de tracción humana se debe escoger un modelo que se muestre lo más liviano posible pues el conductor debe poder dar pedal además del peso de los pasajeros, el suyo y el peso del vehículo dando lugar a que el bicitaxi es un modelo que al tener tantos elementos que son ensamblados para poder soportar la carga de los usuarios lo hace pesado a diferencia de los modelos propuestos se tiene una reducción de peso entre los 37 y 50 Kg debido a que se utilizan menos elementos para el soporte de las mismas cargas; en la propuesta 1 muestra un mayor peso por la viga que atraviesa la mitad de la estructura, lo cual hace que sea más pesada frente a los otros modelos, deduciendo que se pueden utilizar los modelos estructurales 2 y 3 donde presentan menores pesos.

Con base a lo anterior la propuesta que cumple obteniendo los mejores resultados de las variables propuestas es la numero 3, a pesar de que se tienen similitudes de resultados con la estructura 2 en peso y factor de seguridad la estructura 3 es la que posee mayores beneficios en la deformación unitaria y la equivalencia de Von Mises.

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- El modelo convencional del bicitaxi es dado por una combinación de modelos de “rickshaws” en india y “becak” en indonesia llamándolo “oxtrike” en los años 90 en donde no ha tenido ninguna evolución en la estructura sin la realización de mejoras en el VTH sino haciendo adaptaciones que afectan la integridad de las personas o motorizándolos que de igual manera no se emplea ningún estudio o parametrización del modelo como se evidencia en la actualidad.
- El bicitaxi es un medio de transporte que es frecuentemente utilizado por los ciudadanos debido a la deficiencia del cubrimiento transporte público siendo obligatorio para desplazarse a su destino, la falta de seguimiento de normas o parámetros que proporcionen seguridad a las personas lo que hace que no se tenga un diseño apropiado para las cargas que se van a manejar o un estudio de la estructura antes de que el vehículo se encuentre en funcionamiento, la fabricación artesanal las adaptaciones que se realizan al habitáculo hace que el riesgo de poner en peligro la integridad de las personas que lo utilizan sea alto.
- Teniendo en cuenta que la aerodinámica del vehículo tiene importancia en la velocidad que puede tomar frente al pedaleo empleado por el conductor, ya que el viento producido durante la trayectoria se comporta como una la resistencia al avance que debe vencerse en el pedaleo del conductor al realizarse tanto en la base de la estructura y en la parte exterior geometrías suaves las cuales permiten que el bicitaxi tenga mayores velocidades, en el modelo actual de se evidencia que debido a su geometría hace que la fuerza empleada para la movilización sea mayor pues se genera turbulencia en la parte delantera del habitáculo impidiendo el desplazamiento.

- Se evidencia que tanto en el modelo actual como las propuestas desarrolladas los elementos que fallan frente a cambios en los elementos estructurales se encuentran en los apoyos debido a son apoyos para la carga empleada concentrándose en ellos el mayor esfuerzo y se aumentan al encontrarse unidos a más de un elemento siendo elementos que pueden fallar a largo plazo.
- La distribución de los soportes también de las cargas empleadas en el bicitaxi a lo largo de la base hace que los esfuerzos y las deformaciones en los elementos sean repartidos en la estructura haciendo que tanto la deformación unitaria y la distorsión de la energía se reduzcan frente al modelo convencional del bicitaxi donde los apoyos son concentrados en un solo elemento o punto haciendo que soporte la mayor parte de la carga haciendo que las variables estudiadas sean altas.
- Se concluye que la criticidad manejada del factor de seguridad en la estructura es baja al tratarse de una estructura que se utiliza para el transporte de personas haciendo que en el modelo actual de bicitaxi se encuentren arriesgando su seguridad en este medio de transporte, tomando como base lo anterior el factor de seguridad que se debe emplear en este tipo de armazones es muy alto haciendo que se reduzca la inseguridad que presta el servicio.
- El peso manejado por este tipo de estructuras es alto debido a la cantidad de elementos que se ensamblan en la estructura generando más peso para el mismo, al realizar una reducción de elementos como se desarrolla en la propuesta de modelos hace que el peso de VTH sea menor que el bicitaxi, resaltando que sería una ventaja para el conductor al ser un armazon menos pesado hace que pueda vencer la inercia del vehículo fácilmente.

4.2 Recomendaciones

- Para la realización de un diagnostico amplio del uso del bicitaxi cubriendo más zonas de la ciudad de Bogotá se requiere de una logística con mayores recursos, permitiendo un análisis de las características principales por cada sector obteniendo mejores resultados de las variables que se pueden implementar en el diseño de la estructura.
- Realizar análisis computacionales acerca de la aerodinámica presentada en el bicitaxi y en las propuestas planteadas determinando factores de resistencia que afectan los vehículos en su recorrido, dependiendo de la velocidad en la geometría implantada ejecutando las falencias que se puedan presentar y mejorarlas.

5 Bibliografía

1. Andres Camilo Sandoval Medina y Laura Juliana Osorio Aldana ,*conceptualización de un sistema de transporte público alternativo complementario para trayectos cortos en Bogotá* (tesis de pregrado), Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
2. Claudia Janeth Mercado Velandia, *Viabilidad Técnica y Financiera de la Utilización del Bicitaxi como medio de transporte público en el marco del Sistema Integrado de Transporte Público en Bogotá D.C*., (tesis de maestría), la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
3. C-Evolo. (2008). *Triciclo eléctrico para transporte de personas y mercancías*. Eco eventos consultado https://ecoinventos.com/c-evolo-triciclo-electrico-paratransporte-de-personas-y-mercancias/.
4. Abilia (2001). *La ciudad de México regulara el uso del bicitaxi*. Consultado http://conciencia-sustentable.abilia.mx/la-ciudad-de-mexico-regulara-el-uso-debicitaxis/
5. PEBL (2010). *Que es PEBL*. Consultado http://www.better.bike/pebl/
6. Abilia (2000). *La ciudad de México regulara el uso del bicitaxi*. Consultado http://conciencia-sustentable.abilia.mx/la-ciudad-de-mexico-regulara-el-uso-debicitaxis/
7. Grupo calmar, (2014). *Aspectos técnicos*, Consultado http://grupocarman.com/blog/aerodinamica/
8. Muños Miguel Ángel (2012) *Principios Básicos de Aerodinámica.* Consultado http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV14.html.
9. Ramírez Manuela. (2011) *Resistencia aerodinámica*, Consultado http://fisicaleyesdenewton-aby.blogspot.com/p/resistenciaaerodinamica.html?m=1
10. Beck Daniel, (2014), *método de elementos finitos*, consultado:

http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4783/fichero/Vol+I.+CAP%C3%8DTULOS%252F3.+M%C3%A9todos+Num%C3%A9ricos.

11. Soluciones tubulares, (2015), *tubería de agua negra y galvanizada*, consultado: https://solucionestubulares.com/pdf/tuberia-agua-negra.pdf
12. Sanabria, Margaret. (2013). *Los usuarios aceptan a los bicitaxis*. *El Tiempo*. archivos el tiempo
13. Mendieta, Humberto. (2017). *La inclemente Guerra del centavo*. El Heraldo, columnas de opinión.
14. Motoa Franco Felipe. (2011). *para el bicitaxi se busca seguridad y desarrollo sostenible,* El Tiempo. Archivos el tiempo.
15. Hernán Diego. (2012). *De los bicitaxi y la movilidad Semana*, archivos semana.
16. Pardo Carlos Felipe, Sanz Alfonso, (2012). *Guía ciclo infraestructura Colombia.* Ministerio de transporte.
17. Estrada Jairo, (1995). *Parámetros Antropométricos de la Población laboral colombiana ACOPLA 95*. Salud Publica
18. Navarro R.A, (1985), *Alternativas de transporte en América latina: la bicicleta y los triciclos,* chile: Cesta
19. Ntc5286 , (2014),Triciclos.requisitos de seguridad y métodos de ensayo.