



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y
MECÁNICA**

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y
CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA TIPO
ROADSTER**

**AUTORES: ANTONIO ISRAEL LEÓN ALVEAR
CRISTIAN GEOVANNY SILVA CALVOPÍÑA**

**DIRECTOR: ING. EURO MENA
CODIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ**

LATACUNGA

2016



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA TIPO ROADSTER**”, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores **ANTONIO ISRAEL LEÓN ALVEAR** y **CRISTIAN GEOVANNY SILVA CALVOPIÑA** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 06 de Enero del 2016



Ing. Euro Mena
DIRECTOR



Ing. Mauricio Cruz
CODIRECTOR



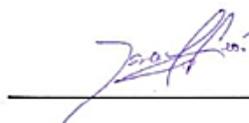
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **ANTONIO ISRAEL LEÓN ALVEAR** con cédula de identidad N° 050287100-7 y **CRISTIAN GEOVANNY SILVA CALVOPÍÑA** con cédula de identidad N° 050283057-3, declaramos que este trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA TIPO ROADSTER**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría, en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 06 de Enero del 2016



Antonio Israel León Alvear
C.C: 050287100-7



Cristian Geovanny Silva Calvopiña
C.C: 050283057-3



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **ANTONIO ISRAEL LEÓN ALVEAR** y **CRISTIAN GEOVANNY SILVA CALVOPIÑA**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO PROTOTIPO BIPLAZA TIPO ROADSTER**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, 06 de Enero del 2016

Antonio Israel León Alvear

C.C: 050287100-7

Cristian Geovanny Silva Calvopiña

C.C: 050283057-3

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado lo dedico con todo cariño a mi madre, que con amor, supo encaminar mi vida, y es la inspiración para mantenerme en constante superación, y que a pesar de su ausencia, los valores inculcados son imprescindibles para tomar cualquier decisión.

A mi estimado amigo Pablo Emilio Iturralde Baquero, que supo inspirar en mí, el valor de la pasión por lograr mis metas, que con sus conocimientos, alegría y don de gente me ayudo a entender que no existen límites a nuestra capacidad, y con su actuar ha sido ejemplo vivo de constante éxito.

Antonio León A.

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida.

A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional y seguir por el camino del bien.

A mi hermana, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Antonio León y Maricela Alvear, de quienes aprendí el valor de la paciencia, el esfuerzo, la constancia, el respeto y el amor, los mismos que son los pilares que forjan mi conducta y me dan la oportunidad de salir delante de una manera honesta y digna.

Agradezco a todos los profesores por sus enseñanzas de manera especial a los Ing. Euro Mena e Ing. Mauricio Cruz por su paciencia y guía durante el desarrollo del presente trabajo, a la Universidad que me abrió sus puertas y me acogió en sus prestigiosas Instalaciones.

A mis hermanos Oscar, Teo, Molly, Francisca, Homero y Valentina que con su alegría iluminaron mi vida, brindándome la oportunidad de cumplir con mis metas propuestas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado salud y vida durante mi tiempo de formación ya que gracias a ello pude vencer cada obstáculo que se me presentó en el camino.

A mis padres por el esfuerzo económico, por los valores y apoyo moral que me dan día a día y me darán mientras vivan para seguir formándome en esta vida dura.

A mi hermana por su apoyo incondicional y fuerza que me otorgó desde el inicio hasta los días más fuertes de mi carrera.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE Extensión Latacunga y a cada uno de mis maestros que inculcaron en mi conocimiento, para un día ser un profesional que tratara de transmitir lo mismo ante la sociedad.

A los Ing. Euro Mena e Ing. Mauricio Cruz por habernos guiado en la elaboración de este proyecto.

Cristian Silva C.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
CERTIFICADO.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Antecedentes.....	1
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.4 Descripción resumida del proyecto.....	2
1.5 Justificación e importancia.....	2
1.6 Objetivos del proyecto.....	3
1.6.1 Objetivo general.....	3
1.6.2 Objetivos específicos.....	3
1.7 Metas.....	3
1.8 Hipótesis.....	4
1.9 Variables de investigación.....	4

CAPÍTULO 2

FACTORES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y

CARROCERÍA.....	5
2.1 Dimensiones del bastidor y carrocería.....	5
2.1.1. Bastidor.....	7
a. Bastidor tubular biplaza.....	7

2.1.2 Espacio.....	9
2.1.3 Distancia entre ejes.....	9
2.1.4 Carrocería y estilo.....	10
a. Aerodinámica.....	10
b. Líneas de corriente.....	12
c. Distribución de presión en el vehículo.....	14
d. Fuerzas aerodinámicas.....	15
2.1.5 Ergonomía de los ocupantes del vehículo.....	16
a. Representación del 95 percentil.....	17
b. Dimensiones complementarias para el 95 percentil.....	19
2.2 Análisis estático del bastidor y carrocería.....	19
2.2.1 Análisis en la mampara delantera.....	20
2.2.2 Análisis en el arco frontal.....	20
2.2.3 Análisis en los arcos principales.....	20
2.2.4 Análisis en la protección lateral.....	20
2.2.5 Análisis de deformación vertical del bastidor.....	20
2.3 Análisis de la seguridad activa y pasiva.....	21
2.3.1 Barra antivuelco.....	21
2.3.2 Requerimientos generales del arco principal y frontal.....	22
a. Arco principal.....	22
b. Arco frontal.....	22
2.3.3 Soportes de los arcos.....	22
a. Soportes del arco principal.....	22
b. Soportes del arco frontal.....	23
2.3.4 Estructura de impacto frontal.....	23
2.3.5 Protecciones laterales.....	23

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA.....	25
3.1 Diseño del bastidor y carrocería.....	25
3.1.1 Análisis Estático del bastidor.....	34
a. Estudio y simulación en la mampara delantera.....	34
b. Estudio y simulación en el primer arco frontal.....	36
c. Estudio y simulación en el segundo arco frontal.....	38

d.	Estudio y simulación en el arco principal.....	40
e.	Estudio y simulación en la protección lateral.....	42
3.1.2	Análisis dinámico del bastidor.....	44
3.1.3	Análisis aerodinámico de la carrocería.....	45
3.1.4	Ubicación del centro de gravedad.....	47
3.1.5	Distribución de masas en el bastidor.....	49
a.	Masas principales.....	49
b.	Distribución de masas principales en el vehículo.....	50
3.2.	Construcción del bastidor y carrocería del vehículo.....	51
3.2.1	Proceso de fabricación del bastidor.....	51
3.2.2	Proceso de corte y soldadura.....	53
a.	Marcado del tubo.....	54
b.	Corte del material.....	54
c.	Preparación de los tubos para ser soldados.....	54
d.	Curvado de tubos.....	55
3.2.3	Soldadura del bastidor.....	56
a.	Principios de la soldadura MIG.....	56
b.	Parámetros de soldadura.....	57
3.2.4	Ensamblado del bastidor.....	59
3.2.5	Ensamblado de la carrocería.....	63
3.3	Costos y pruebas del bastidor y carrocería (materia prima).....	70

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DEL VEHÍCULO.....	73
4.1 Pruebas estáticas.....	73
4.2 Pruebas de seguridad.....	74
4.3 Pruebas de maniobrabilidad del vehículo.....	75

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1 Conclusiones.....	77
5.2 Recomendaciones.....	78
Referencias Bibliográficas.....	78
Anexos.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo del prototipo de un vehículo tipo roadster.....	1
Figura 2. Clasificación de los vehículos según la distribución de espacios....	5
Figura 3. Clasificación de los vehículos según su forma.....	6
Figura 4. Vehículo roadster.....	7
Figura 5. Chasis tubular.....	8
Figura 6. Simulación del flujo de aire sobre un vehículo tipo formula.....	11
Figura 7. Coeficientes aerodinámicos de objetos comunes.....	12
Figura 8. Líneas de corriente en un perfil alar.....	13
Figura 9. Flujo unido en vehículo aerodinámico.....	13
Figura 10. Flujo separado en vehículo normal.....	14
Figura 11. Vértices generados en el flujo de aire.....	14
Figura 12. Aerodinámica perfecta.....	15
Figura 13. Coordenadas fuerzas aerodinámicas.....	16
Figura 14. Rango de ángulos de comodidad de los ocupantes.....	17
Figura 15. Modelo de los ocupantes.....	18
Figura 16. Requerimientos de arco frontal y principal.....	21
Figura 17. Soporte arco principal.....	23
Figura 18. Soporte arco frontal.....	23
Figura 19. Protección lateral.....	24
Figura 20. Bosquejo del vehículo prototipo.....	25
Figura 21. Base principal del bastidor.....	26
Figura 22. Arcos principales.....	26
Figura 23. Arco frontal y arco de seguridad.....	27
Figura 24. Mampara delantera.....	28
Figura 25. Habitáculo del vehículo prototipo.....	28
Figura 26. Parte posterior del vehículo.....	29
Figura 27. Bastidor del vehículo prototipo.....	30
Figura 28. Bosquejo manual de la carrocería.....	30
Figura 29. Parte delantera carrocería.....	31
Figura 30. Cubierta mampara delantera.....	32
Figura 31. Cubierta arco frontal y de seguridad.....	32
Figura 32. Cubierta laterales del vehículo.....	33

Figura 33. Cubierta laterales posteriores del vehículo.....	33
Figura 34. Carrocería del vehículo.....	33
Figura 35. Fuerzas en el bastidor.....	34
Figura 36. Resultado sobre el esfuerzo máximo.....	35
Figura 37. Deformación máxima.....	36
Figura 38. Resultado sobre el esfuerzo máximo.....	37
Figura 39. Resultado sobre la deformación máxima.....	37
Figura 40. Resultado sobre el esfuerzo máximo.....	39
Figura 41. Resultado sobre la deformación máxima.....	40
Figura 42. Resultado sobre el esfuerzo máximo.....	41
Figura 43. Resultado sobre la deformación máxima.....	42
Figura 44. Resultado sobre el esfuerzo máximo.....	43
Figura 45. Resultado sobre la deformación máxima.....	44
Figura 46. Deformación dinámica bastidor.....	45
Figura 47. Flujo del aire.....	46
Figura 48. Presión generada en la carrocería.....	46
Figura 49. Centro de gravedad	47
Figura 50. Centro de gravedad vista frontal.....	48
Figura 51. Resultados centro de gravedad.....	49
Figura 52. Masas principales.....	51
Figura 53. Maqueta del vehículo prototipo.....	52
Figura 54. Marcado de los tubos.....	54
Figura 55. Biselado de los tubos.....	55
Figura 56. Curvado de los tubos.....	56
Figura 57. Soldadora Indura Amigo 181.....	58
Figura 58. Trazado para unión de los tubo.....	59
Figura 59. Construcción arco principal y frontal.....	60
Figura 60. Arco de seguridad y mampara delantera.....	60
Figura 61. Parte delantera y refuerzos.....	61
Figura 62. Parte posterior del vehículo.....	61
Figura 63. Base asientos del vehículo.....	62
Figura 64. Bastidor del vehículo prototipo.....	63
Figura 65. Molde de lámina de tol.....	64
Figura 66. Cubierta mampara delantera.....	64

Figura 67. Cubierta laterales curvos mampara delantera.....	65
Figura 68. Cubierta arco de seguridad y arco frontal.....	65
Figura 69. Cubiertas laterales carrocería.....	66
Figura 70. Cubiertas posteriores de la carrocería de comportamiento.....	66
Figura 71. Masillado de imperfecciones.....	67
Figura 72. Pulido del masillado.....	67
Figura 73. Carrocería del vehículo.....	68
Figura 74. Pesaje vehículo.....	69
Figura 75. Valor del Pesaje del Vehículo.....	70
Figura 76. Prueba estática vehículo.....	73
Figura 77. Puntos de sujeción de cinturones de seguridad y asientos.....	74
Figura 78. Pruebas de maniobrabilidad.....	75
Figura 79. Pruebas de comportamiento.....	76
Figura 80. Maqueta del vehículo prototipo en tubos PVC.....	88
Figura 81. Marcado de los tubos.....	88
Figura 82. Curvado de los tubos.....	89
Figura 83. Trazado para unión de los tubos.....	89
Figura 84. Construcción arco principal y arco frontal.....	90
Figura 85. Arco de seguridad y mampara delantera.....	90
Figura 86. Parte delantera y refuerzos.....	91
Figura 87. Parte posterior del vehículo.....	91
Figura 88. Base asientos del vehículo.....	92
Figura 89. Bastidor del vehículo prototipo.....	92
Figura 90. Corte láminas de tol.....	94
Figura 91. Cubierta mampara delantera.....	94
Figura 92. Cubierta laterales curvos mampara delantera.....	94
Figura 93. Cubierta arco de seguridad y arco frontal.....	95
Figura 94. Cubiertas laterales carrocería.....	95
Figura 95. Cubiertas laterales posteriores de la carrocería.....	96
Figura 96. Masillado de imperfecciones.....	96
Figura 97. Pulido del masillado.....	97
Figura 98. Carrocería del vehículo.....	97
Figura 99. Cubierta del arco frontal.....	99
Figura 100. Cubierta lateral del arco frontal.....	99

Figura 101. Capot.....	100
Figura 102. Cubierta lateral del capot.....	100
Figura 103. Cubierta de la protección lateral.....	101
Figura 104. Cubierta frontal.....	101
Figura 105. Cubierta lateral del posterior.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cotas antropométricas del 95 percentil masculino.....	19
Tabla 2. Comparación de valores de esfuerzo del material.....	35
Tabla 3. Comparación de deformaciones.....	36
Tabla 4. Comparación de valores de esfuerzo del material.....	36
Tabla 5. Comparación de deformaciones.....	37
Tabla 6. Comparación de valores de esfuerzo del material.....	39
Tabla 7. Comparación de deformaciones.....	40
Tabla 8. Comparación de valores de esfuerzo del material.....	41
Tabla 9. Comparación de deformaciones.....	42
Tabla 10. Comparación de valores de esfuerzo del material.....	43
Tabla 11. Comparación de deformaciones.....	44
Tabla 12. Masas Principales.....	50
Tabla 13. Descripción de perfiles tubulares.....	53
Tabla 14. Soldadura MIG/MAG - guía de gases.....	57
Tabla 15. Distribución de masas.....	68
Tabla 16. Costos de materiales utilizados.....	71
Tabla 17. Costos de fabricación.....	72

RESUMEN

Es un proyecto de diseño y construcción, en el que se pone a prueba el conocimiento, ingenio y habilidades de sus integrantes, tanto en el área de procesos de manufactura, como en el área de diseño, en la elaboración de este prototipo se pone énfasis en los aspectos fundamentales de diseño automotriz y parámetros de buena ingeniería a tomar en cuenta antes, durante y después de construir el bastidor y la carrocería, ya que estos elementos deben tener una relación óptima, entre los espacios requeridos por los diferentes sistemas automotrices que lo complementan, y además la temática planteada genera un vínculo, entre el desarrollo vehicular con materiales nacionales, alternativos, y la innovación sumada a la tecnología que se aprecia en vehículos de la misma especie, pero con un valor de adquisición más accesible. Es así que nuestro vehículo es un biplaza en el mismo que se analizaron los distintos factores de diseño que intervienen, al igual que las respectivas simulaciones estáticas, dinámicas y aerodinámicas más representativas. De igual forma se analizaron pruebas tanto de seguridad como de maniobrabilidad del vehículo para así dar una debida protección a los ocupantes del mismo.

PALABRAS CLAVE:

- **VEHÍCULO PROTOTIPO**
- **ROADSTER**
- **CONSTRUCCIÓN ARTESANAL**
- **TECNOLOGÍA ECUATORIANA**

ABSTRACT

It is a project design and construction, in which tests the knowledge, talent and skills of its members, both in the manufacturing process, as in the area of design, in the development of this prototype is emphasized in fundamental aspects of automotive design and engineering parameters good to consider before, during and after building the frame and body, as these elements must have an optimal relationship between the spaces required by different automotive systems that They complement, and also the proposed theme generates a link between vehicle development with national, alternative materials, and innovation coupled with technology that can be seen in vehicles of the same species, but with a purchase value of more accessible. Thus our vehicle is a tandem therein that various design factors involved, as well as the respective static, dynamic and representative aerodynamic simulations were analyzed. Similarly evidence of both safety and vehicle handling in order to give due protection to its occupants were analyzed.

KEY WORDS:

- **PROTOTYPE VEHICLE**
- **ROADSTER**
- **HANDMADE CONSTRUCTION**
- **ECUADORIAN TECHNOLOGY**

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 TEMA

“Diseño y Construcción del Bastidor y Carrocería de un Vehículo Prototipo Biplaza Tipo Roadster”

1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Este prototipo existente en Europa tiene un costo de 69,995 dólares (Alfonsin, 2010), por lo que es muy difícil adquirirlo por los habitantes de nuestro país, para su importación se requiere el pago del 35 % de Arancel, 5,15 % de Impuesto a las Contribuciones Especiales (ICE), 5 % de Salvaguardia, 12 % Impuesto al Valor Agregado (IVA), 0,5 % FOINFA, 0,1 Taza de Modernización, y el 0,25 x 1000 del CORPEI (CONSULADO DEL ECUADOR, 2014), llegando el vehículo a tener un precio final de 110,592.08 dólares, es así que el prototipo de un vehículo roadster biplaza que se construirá es muy beneficioso, pensando en los habitantes de nuestro país para que lo puedan adquirir tendrá un precio muy accesible de 12,000 dólares.



Figura 1. Ejemplo de modelo del prototipo de un vehículo tipo roadster

Fuente: (SEMA, 2010)

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Centro de Ingeniería Industrial Ulloa se constituye en Latacunga – Ecuador el 1 de agosto del 2006 como una fábrica dedicada a la elaboración de estructuras metálicas. A su vez aporta a la provincia de Cotopaxi con el diseño y construcción de Bañeras, Tanques para transportar combustible, Furgones, es decir relacionado a la construcción automotriz.

Es por esto que el Centro de Ingeniería Industrial Ulloa está interesado por la construcción de mencionado prototipo, con la finalidad de emplearlo como estrategia de marketing en exposiciones y eventos, dando así a conocer los alcances en el campo de diseño y construcción de prototipos de producción nacional.

Por lo que este vehículo contará con un diseño muy práctico y accesible, de tal manera que la carrocería de este prototipo tiende a ser más baja que los vehículos de turismo, brindando además a los ocupantes seguridad y estabilidad durante su movilización.

1.4 DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO

La carrocería del prototipo permitirá experimentar el tipo de material adecuado para la elaboración del prototipo biplaza. De igual manera el vehículo prototipo biplaza de tipo roadster se desempeñará con total seguridad dentro de la zona urbana.

Además para la construcción del bastidor y carrocería del vehículo se utilizará materiales de producción nacional.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Es de vital importancia implementar nuevas opciones para que las personas puedan construir vehículos de alta gama de fabricación nacional.

Es así que con la elaboración de este proyecto se busca cumplir con la nueva matriz productiva, y así convertirnos en productores de vehículos de combustión interna.

1.6 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir el bastidor y carrocería de un vehículo prototipo biplaza tipo roadster para la promoción del Centro de Ingeniería Industrial Ulloa.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los parámetros para el diseño y construcción del bastidor y carrocería de un vehículo prototipo biplaza tipo roadster con materiales no convencionales.
- Analizar que no existan puntos críticos de fatiga y ruptura que pueden presentarse en el bastidor del prototipo.
- Diseño y construcción del bastidor y carrocería del prototipo.

1.7 METAS

- Establecer dimensiones, normativas y materiales para el diseño y construcción del bastidor y carrocería del prototipo biplaza en el primer trimestre.
- Realizar el respectivo diseño y análisis del bastidor y carrocería del prototipo en el segundo trimestre.
- Elaborar el bastidor y carrocería del vehículo acorde a las necesidades del mismo en el tercer trimestre.
- Desarrollar las pruebas del comportamiento del prototipo y establecer las mejoras en el cuarto trimestre.

1.8 HIPÓTESIS

Es viable diseñar y construir el bastidor y carrocería de un vehículo prototipo biplaza tipo roadster optando por el uso de materiales de producción nacional.

1.9 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Para el proyecto de investigación de tesis se aplicara las variables como son: variables dependientes y variables independientes.

Variables Dependientes:

Diseño y construcción del bastidor y carrocería de un vehículo prototipo biplaza tipo roadster.

Variables Independientes:

Materiales de producción nacional.

CAPÍTULO 2

FACTORES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y

CARROCERÍA

2.1 Dimensiones del Bastidor y Carrocería

Existe una gran variedad de tipos de vehículos y por ende bastidores y carrocerías, esto se debe en parte al gran número de constructores y sus diferentes países de origen.

Por tal motivo, a continuación realizamos una clasificación de los vehículos según diferentes criterios, la clasificación mostrada es la más usada a nivel internacional, esto permitirá escoger el tipo de vehículo que más se asemeje a nuestra idea original:

- Según la distribución de espacios: En lo referente a la distribución de los espacios podemos clasificar a las carrocerías de la siguiente manera:
 - De 1 volumen.
 - De 2 volumen.
 - De 3 volumen

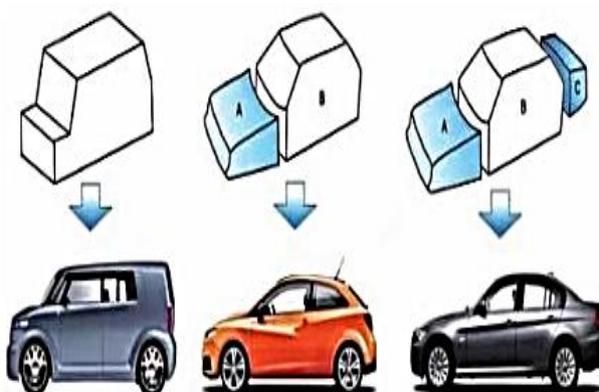


Figura 2. Clasificación de los vehículos según sus espacios.

FUENTE: (AGUEDA, 2010)

- Según su forma: Resulta complicado realizar una clasificación de las carrocerías según su forma, debido a la gran cantidad de formas existentes y a la diversidad de denominaciones que adoptan según su constructor o su país de origen.

La siguiente clasificación se basa en características comunes como: El número de asientos, el número de puertas, la ubicación de grupo propulsor, etc.

En base a estas consideraciones podemos clasificar a los vehículos como:

- Vehículos de turismo.
- Vehículos industriales.
- Vehículos especiales.



Vehículo Industrial.



Vehículo Especial.



Vehículo de Turismo.

Figura 3. Clasificación de los vehículos según su forma.

FUENTE: (AGUEDA, 2010)

Es así que para el diseño y construcción del vehículo tipo roadster, al ser este muy ligero y de tracción trasera es importante considerar las dimensiones establecidas, ya que mediante estas se asignará el espacio adecuado para sus ocupantes y para todos los elementos mecánicos del

mismo. También se buscará la relación perfecta del 50/50 para la adecuada distribución de masas del vehículo.



Figura 4. Vehículo Roadster

FUENTE: (AGUEDA, 2010)

2.1.1. Bastidor

El bastidor es el soporte estructural de todos los elementos del vehículo, debe aportar rigidez y sujetar todos los elementos mecánicos como por ejemplo: suspensión, motor, carrocería, transmisión y su misión principal es la de salvaguardar la integridad de sus ocupantes.

La ubicación del centro de gravedad del vehículo es de mucha importancia porque de esto dependerá el comportamiento del mismo sobre la vía. Es así que con el fin de evitar el balanceo en la suspensión y a su vez mejorar el comportamiento global del vehículo, el centro de gravedad deberá estar lo más bajo posible.

a. Bastidor tubular biplaza

El chasis tubular emplea a decenas de tubos de sección circular (algunos pueden usar tubos de sección cuadrada para facilitar la conexión de los paneles de la carrocería, aunque la sección circular proporciona la máxima resistencia), de la situación en diferentes direcciones para proporcionar una resistencia mecánica frente a las fuerzas de cualquier parte. Estos tubos están soldados entre sí y forman una estructura muy compleja.

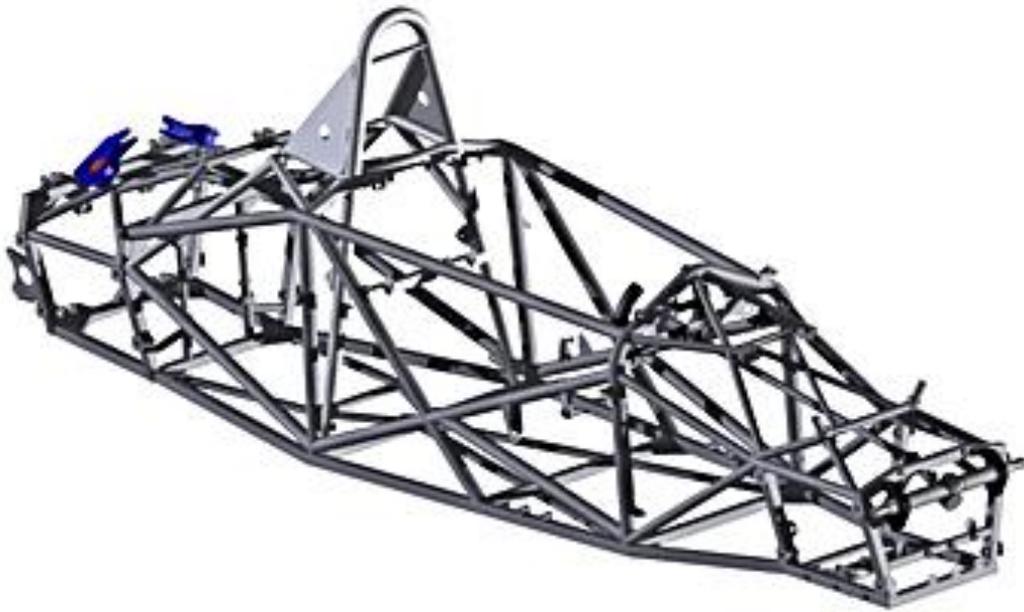


Figura 5. Chasis tubular.

FUENTE: (FORMULA1, 2015)

Por lo que las dimensiones asignadas para el vehículo se las realizó tomando como referencia al vehículo Hyundai Santa Fe en donde sus dimensiones son de longitud: 4,675 mm y ancho: 1,620 mm debido a su amplio diseño (HYUNDAI, 2015) (ANEXO A).

- Longitud: 2987 mm
- Ancho: 1373.7 mm
- Altura: 933.7 mm
- Distancia al piso: 100 mm

La estructura del bastidor deberá ser capaz de soportar el peso de la carrocería y todos los componentes que conforman el vehículo, a su vez para soportará golpes, sacudidas y vibraciones.

- **Ligereza:** El bastidor deberá ser ligero y así no desperdiciar potencia y rendimiento del motor.
- **Rigidez:** La estructura deberá ser resistente a impactos para la protección de los ocupantes, siendo la rigidez un factor importante del

comportamiento del vehículo para que la geometría de la suspensión no varíe y así no provoque disminución de agarre de los neumáticos especialmente en las curvas (SEVERIANO, 2004).

- **Costos:** La fabricación debe ser económicamente viable, ya que los bastidores con presupuestos elevados son utilizados en vehículos de alta gama.

2.1.2. Espacio

Los puntos que se toman en consideración, para que no exista ningún tipo de restricción dimensional sobre el diseño del bastidor son:

- La facilidad de acceso a las partes mecánicas del vehículo, para actuar con rapidez en caso de existir avería alguna.
- El espacio destinado a los ocupantes del vehículo teniendo en cuenta la ergonomía de las personas y la longitud de la parte frontal, donde existirá el espacio suficiente para alojar las piernas de los ocupantes del mismo.
- Es de vital importancia que la línea de visión del piloto, esté por encima del arco frontal del bastidor, para que exista una correcta visibilidad del mismo.

2.1.3. Distancia entre ejes

El diseño de vehículo tendrá una distancia entre ejes de 2,200 mm, la misma que es tomada desde el centro de contacto de la rueda delantera con el suelo, al centro de contacto de la rueda posterior con el suelo. El vehículo constará de cuatro neumáticos que deberán estar necesariamente alineados.

Es así que la distancia entre ruedas del mismo eje del vehículo variara entre 2000 mm y 3300 mm (SEVERIANO, 2004).

2.1.4 Carrocería y Estilo

La carrocería es el componente que permite cubrir los componentes sujetos al bastidor y en la que reposan los ocupantes, la misma que se construye de materiales como el acero estampado en formas de chapa aunque en la actualidad se construyen también de aluminio o incluso de plástico reforzado con fibra de vidrio.

Por lo que nuestro diseño está proyectado como una carrocería del tipo Vehículo de Turismo Urbano 2 Volúmenes, el mismo que servirá para promocionar el Centro de Ingeniería Industrial Ulloa; se tomó consideraciones acordes a las leyes de tránsito actuales en el país, ya que los automóviles no pueden exceder la velocidad máxima de 50 Km/h en la zona urbana y 100 Km/h en carreteras, por lo cual el bastidor y carrocería deben estar considerados con principios de diseño automotriz adaptados a la realidad de materiales existentes en el sector industrial ecuatoriano, ya que de esto depende también el peso del vehículo al igual que la facilidad de construcción de la misma y su aerodinámica, para así distribuir el flujo de aire correctamente.

De igual manera el vehículo a parte de poseer ruedas descubiertas, la carrocería a diseñar y construir cumple las siguientes características generales:

- Volumen mínimo.
- Fácil conducción.
- Espacio interior ergonómico.
- Bajo consumo energético.

a. Aerodinámica

La aerodinámica vehicular estudia el comportamiento de los fluidos, su importancia radica en la necesidad de predecir su comportamiento cuando hay cuerpos inmersos en ellos (LÓPEZ, 2006).

Es muy importante definir las formas geométricas de los cuerpos para su concentración, para así reducir la resistencia producida por el flujo del aire mediante su paso.

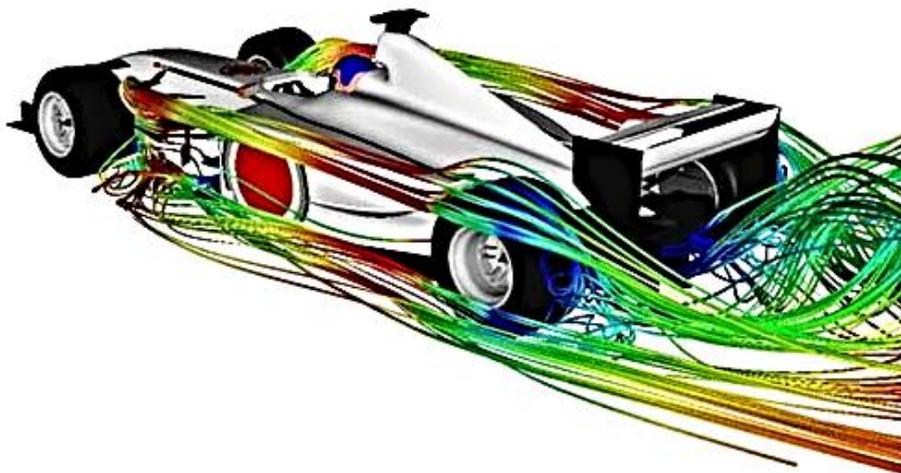


Figura 6. Simulación del flujo de aire sobre un vehículo tipo fórmula

FUENTE: (BOLIDO, 2008)

La aerodinámica está presente en automóviles modernos, camiones y vehículos de competición, porque contribuyen a todas las cargas generadas, afectando al manejo y consumo de combustible del vehículo.

La forma de gota de agua, es la de menor resistencia aerodinámica, debido a que en su caída se moldea con el aire obteniendo así una menor resistencia (CASADO, 2013). En la figura 7, se observa coeficientes aerodinámicos de objetos comunes.

Formas basicas y su valor Cx		
		Cx
PARACAIDAS		1,35
PLACA PLANA Y CUADRADA		1,17
CUBO		1
CONO (90°)		0,51
SEMIESFERA		0,41
CONO (60°)		0,34
ESFERA		0,1
PERFIL ALA DE AVION		0,05-0,01
AUTOMOVILES MODERNOS		0,29-0,33

Figura 7. Coeficientes aerodinámicos de objetos comunes

FUENTE: (CASADO, 2013)

b. Líneas de Corriente

Las líneas de corriente dependerán de la velocidad del vehículo y así se apreciará la forma que sigue el flujo de aire por estas líneas.



Figura 8. Líneas de corriente en un perfil alar

FUENTE: (KATZ J. , 1995)

De igual manera mediante el recorrido del flujo se puede observar si este sigue la forma del cuerpo del vehículo.

- Flujo unido: Las líneas de corriente siguen la forma del cuerpo cuando estas pasan cerca de la superficie sólida.

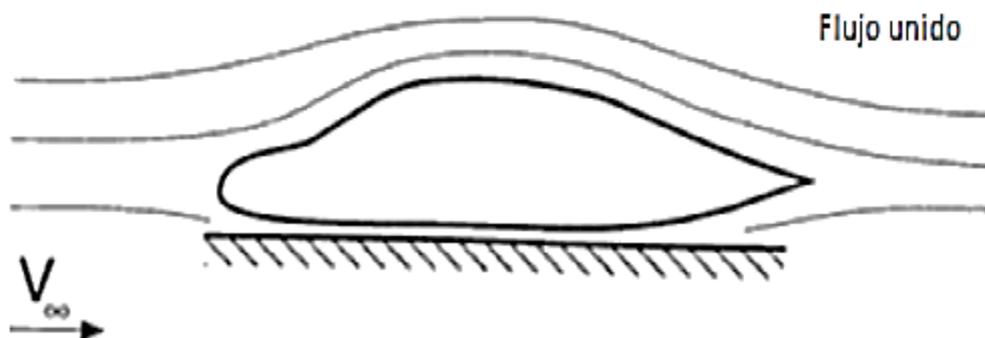


Figura 9. Flujo unido en vehículo aerodinámico

FUENTE: (KATZ J. , 1995)

- Flujo separado: El flujo de aire no sigue la superficie del cuerpo, por lo que en la parte posterior sería inestable.

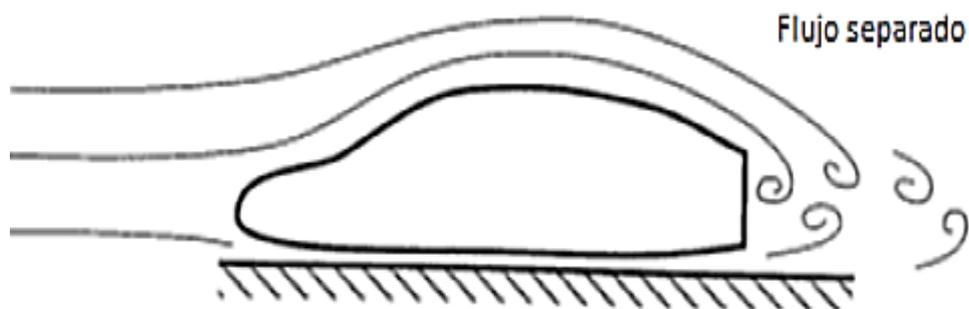


Figura 10. Flujo separado en vehículo normal

FUENTE: (KATZ J. , 1995)

c. Distribución de Presión en el Vehículo

El diseño de ángulos y detalles de la carrocería deben estar diseñados correctamente, el vehículo requiere de una adecuada aerodinámica para su perfecto desempeño.

Los flujos de aire actúan de acuerdo a la forma del cuerpo del vehículo, en la parte frontal buscando que este recorra el capot o en los costados en la región de baja presión en la zona posterior, combinándose con el flujo del techo con lo cual formara vértices detrás del vehículo (KATZ, 1995).

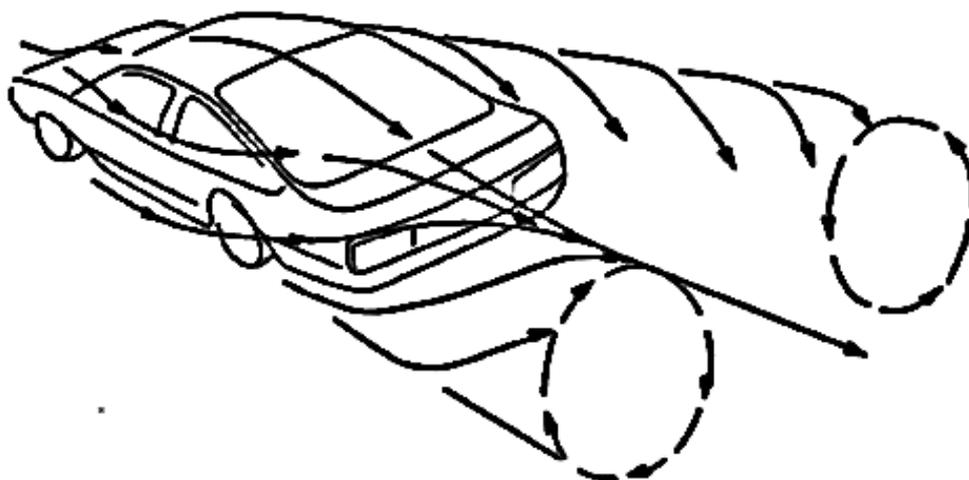


Figura 11. Vértices generados en el flujo de aire

FUENTE: (KATZ J. , 1995)

La superficie idónea de la carrocería será aquella que conserve un flujo laminar de aire en toda la superficie, evitando de esta forma algún tipo de

turbulencia. Por lo que en el diseño de la misma se verificará que los elementos que pueden ocasionar alteraciones en el flujo de aire se encuentren bien adheridos a la carrocería (CASADO, 2013).

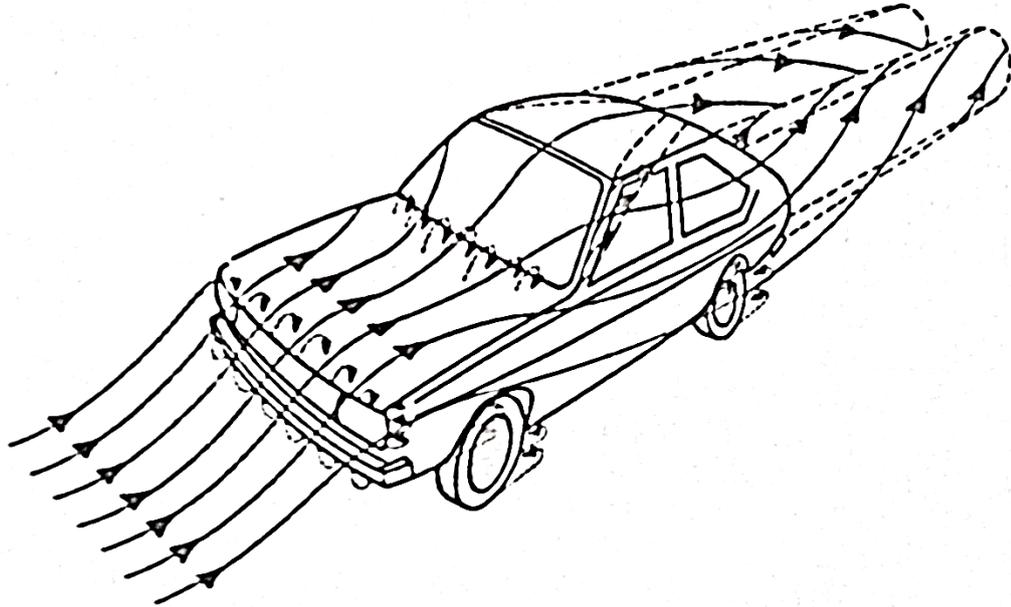


Figura 12. Aerodinámica perfecta

FUENTE: (CASADO, 2013)

d. Fuerzas Aerodinámicas

Las fuerzas que actúan sobre el vehículo son la presión sobre la superficie del vehículo y la fricción que actúa paralela a la superficie del vehículo.

De igual manera la fuerza lateral es indispensable en caso de vientos fuertes cruzados (KATZ, 1995).

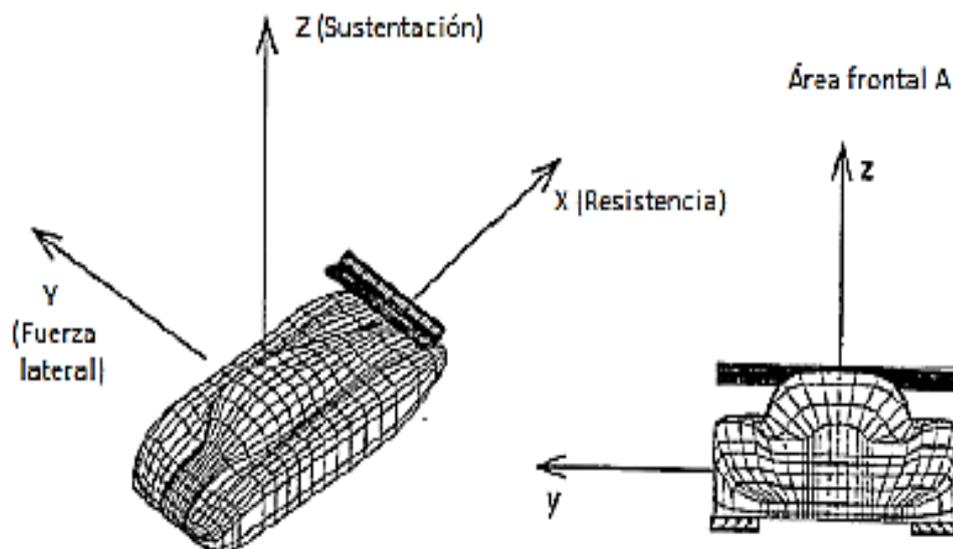


Figura 13. Coordenadas fuerzas aerodinámicas

FUENTE: (KATZ J. , 1995)

2.1.5 Ergonomía de los ocupantes del vehículo

Para que exista una postura idónea de los ocupantes dentro del habitáculo del vehículo es necesario obtener la comodidad adecuada para los mismos.

La inclinación de los asientos deberá estar dentro de un rango de 20 a 30 grados. De igual forma el ángulo deberá ser mayor a 90 grados en relación al plano horizontal de la parte baja del vehículo, logrando con esto que la presión sobre la columna vertical disminuya repartiendo así el peso del cuerpo a lo largo de la espalda de los ocupantes (ERNEST, 1990).

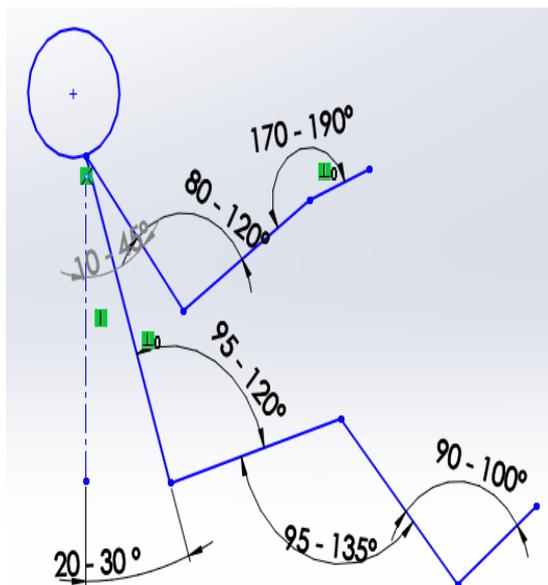


Figura 14. Rango de ángulos de comodidad de los ocupantes

FUENTE: (CORMIK, 1990)

a. Representación del 95 percentil

Esta representación refiere que el 95 % de los hombres es de tamaño menor que este modelo de vehículo y que solo un 5% tiene mayor tamaño.

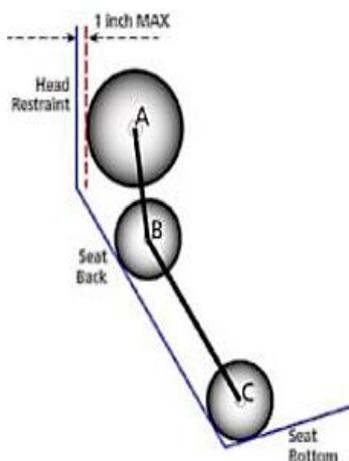


Figura 15. Modelo de los ocupantes

FUENTE: (FORMULA SAE, 2014)

En donde:

- Círculo A = Cabeza - 300 mm de diámetro
- Círculo B = Hombros – 200 mm de diámetro
- Círculo C = Cintura y Glúteos – 200 mm de diámetro
- Línea A-B = 280 mm de centro a centro
- Línea B-C = 490 mm de centro a centro

Las consideraciones a tomar en cuenta de acuerdo al reglamento SAE 2014 para ocupantes de vehículos prototipos son:

- Ubicar el círculo inferior de 200 mm en la parte inferior del asiento para que la distancia entre el centro de este y la cara posterior de los pedales sea no menos de 915 mm.
- El círculo medio de 200 mm se ubicará en la parte posterior del asiento que representa a los hombros de los ocupantes.
- El círculo superior de 300 mm se ubicará no más de 25.4 mm de distancia de la cabeza al sistema de retención.

b. Dimensiones Complementarias para el 95 percentil

La representación de 95 percentil es realizada considerando las cotas de las tablas referentes a la población de nuestro país para así complementar el diagrama tanto para el 5 y 95 percentil.

Tabla 1.**Cotas antropométricos dimensionales del 95 percentil masculino**

Medidas Antropométricas de Hombres Mestizos	5°	50°	95°
Altura Normal	162.25	172.39	182.52
Altura posición sentado normal	84.72	89.91	94.90
Altura posición sentado relajado	83.12	88.09	93.07
Altura de rodilla	47.43	52.39	57.35
Altura a la poplítea	36.45	41.45	46.45
Altura del codo en posición sentado	18.36	23.22	28.09
Grosor del muslo	9.95	13.20	16.44
Longitud Glúteo – Rodilla	51.19	57.11	63.02
Longitud Glúteo – Poplítea	40.01	46.36	52.71
Longitud Codo a Codo posición sentado	38.02	44.70	51.38
Ancho de caderas posición sentado	31.50	35.62	39.75
Longitud Hombro – Codo	33.53	36.32	39.12
Longitud Codo – Mano	42.15	46.08	50.00

FUENTE: (USFQ, 2013)

2.2 Análisis estático del bastidor y carrocería

Al aplicar cargas en un cuerpo sólido, este se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del cuerpo. Las cargas externas originan fuerzas internas.

En el análisis estático se analizarán cada uno de los siguientes aspectos:

2.2.1 Análisis en la mampara delantera

El análisis estructural en este punto es importante de existir un impacto frontal, esta zona absorberá de manera directa todas las fuerzas que se generan.

2.2.2 Análisis en el arco frontal

El análisis de este arco refiere a los esfuerzos transmitidos desde la mampara delantera hacia la parte posterior, al momento de generarse un impacto frontal.

2.2.3 Análisis en los arcos principales

El análisis en estos arcos se lo realiza en el caso de existir un volcamiento, estos protegerán la cabeza de cada uno de los ocupantes del vehículo para evitar cualquier tipo de lesión.

2.2.4 Análisis en la protección lateral

El análisis en este punto se lo realiza en caso de existir un impacto lateral por otro vehículo, para proteger la integridad física de los ocupantes.

2.2.5 Análisis de deformación vertical del bastidor

Este análisis se lo realiza para observar el comportamiento de la estructura con la aplicación de masas de los elementos mecánicos que van montados sobre el mismo.

2.3 Análisis de la seguridad activa y pasiva

A parte de la propia seguridad estructural del habitáculo, se realizará la implantación sistemática de nuevos elementos y sistemas de retención.

De igual forma dentro del sistema de seguridad la estructura del vehículo debe incluir arcos de seguridad que son una protección superior, cinturones de seguridad, y estructuras contra impacto laterales.

2.3.1 Barra antivuelco

La cabeza y las manos de los pilotos no deben tener contacto con el piso bajo ninguna circunstancia. El bastidor debe incluir un arco principal y un arco frontal como los mostrados en la figura

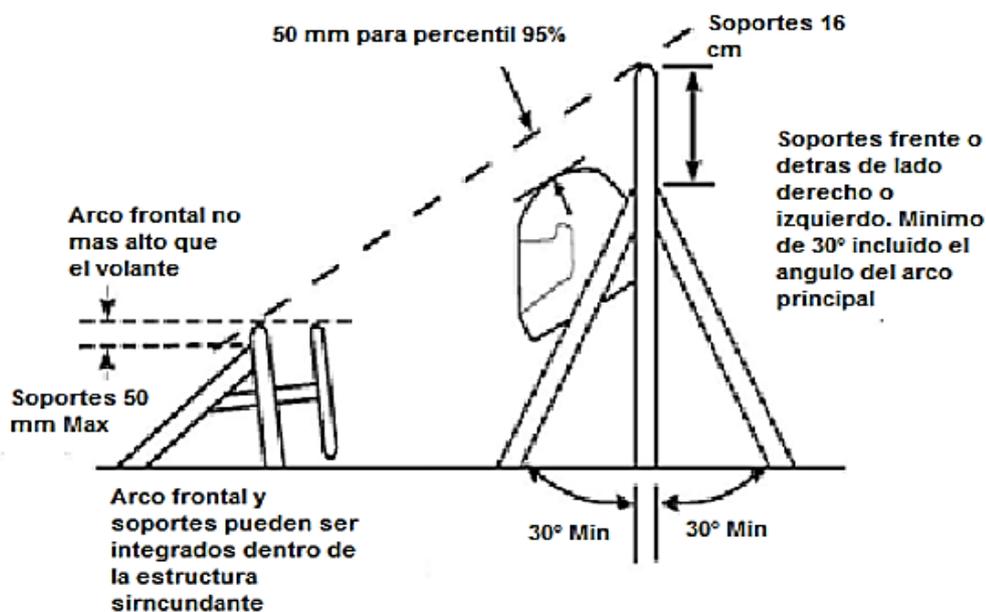


Figura 16. Requerimientos de arco frontal y principal

FUENTE: (FORMULA SAE, 2014)

2.3.2 Requerimientos generales del arco principal y frontal

Con el piloto sentado normalmente y colocado los sistemas de fijación, una línea recta desde la parte superior del arco principal a la parte superior del arco frontal debe dejar un espacio libre de 50 mm, las dimensiones de los ocupantes del vehículo deben ser dimensionadas basándose en el 95 percentil (SAE, 2014).

a. Arco principal

El arco principal debe ser construido con un segmento de tubo de una sola pieza, sin cortes y soldaduras como los indicados en los requerimientos mínimos de materiales. El arco principal se extiende desde la parte baja de

la estructura, sube hasta la parte más alta y vuelve a descender hasta la parte baja de la estructura. El arco principal debe tener una inclinación dentro de 10° de la vertical (SAE, 2014).

b. Arco frontal

El arco frontal debe ser construido por una sección de tubo cerrado como los indicados en los requerimientos mínimos de materiales. La parte superior del arco frontal no puede estar por debajo del volante en ninguna posición angular. Esta medida será tomada desde la parte posterior del arco frontal hasta la parte frontal del volante en el eje central del vehículo.

2.3.3 Soportes de los arcos.

a. Soportes del arco principal.

Los soportes del arco principal constituyen un segmento de tubo especificado. El arco principal será soportado por dos elementos por lado, el soporte frontal se extiende desde la parte más alta del arco principal hacia el arco frontal, podrá tener máximo una curva para dar más espacio al conductor. El soporte posterior se extiende desde la parte más alta del arco principal hacia el bastidor.

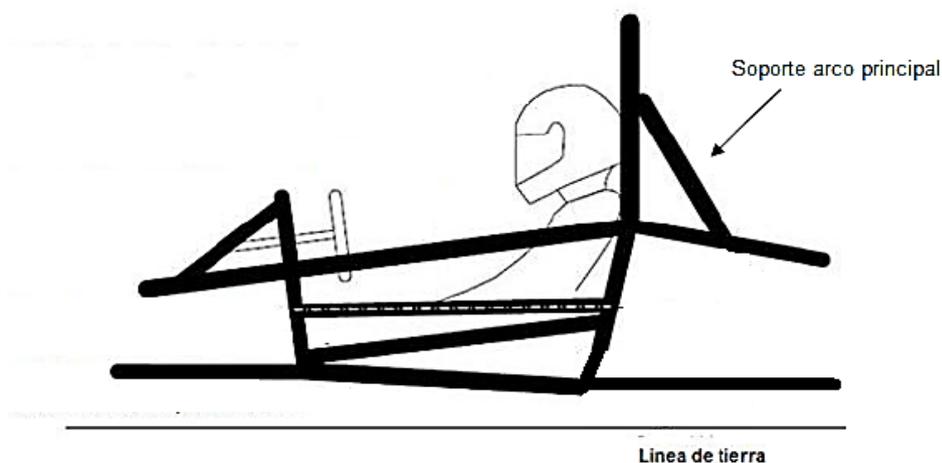


Figura 17. Soporte arco principal

FUENTE: (FORMULA SAE, 2014)

b. Soportes del arco frontal

Los soportes del arco frontal protegen a las piernas de los ocupantes del vehículo, a su vez estos llegan hasta la estructura que protege los pies de los mismos.

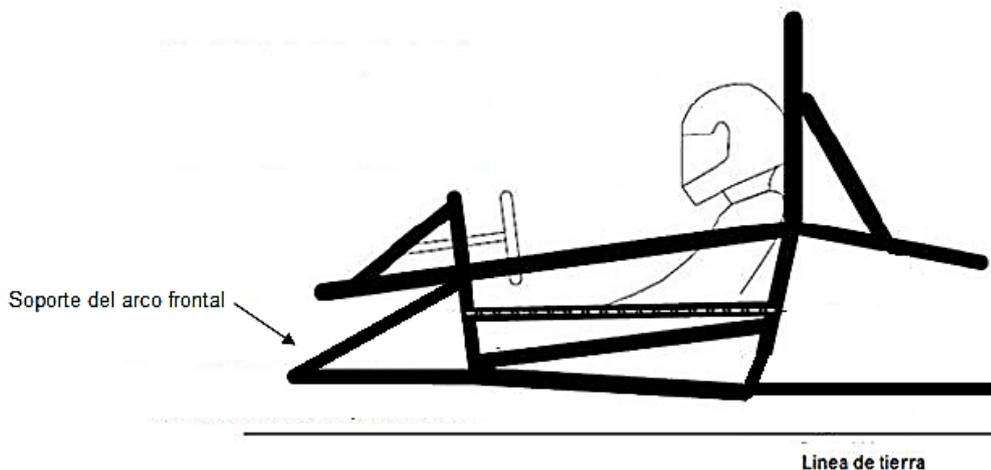


Figura 18. Soporte arco frontal

FUENTE: (FORMULA SAE, 2014)

2.3.4 Estructura de impacto frontal

La estructura de impacto frontal está diseñada en relación a tres ejes (x, y, z) ya que esta protege los pies de los ocupantes del vehículo.

Los pies del conductor se deben contener totalmente dentro de la estructura principal del bastidor. Mientras que los pies del conductor están tocando los pedales, en vistas delanteras y laterales ninguna parte de los pies del conductor puede extender arriba o afuera de la estructura principal del bastidor.

2.3.5 Protecciones laterales

La estructura de impacto lateral debe abarcar por lo menos de tres segmentos tubulares situados al lado del conductor y acompañante mientras que está asentada en la posición de conducción normal. Las localizaciones

para los tres segmentos tubulares son los siguientes: El miembro estructural del impacto del lado superior debe conectar el arco principal y arco frontal.

El miembro estructural de un impacto lateral más bajo debe conectar la parte inferior del arco principal y la parte inferior del arco frontal (SAE, 2014).

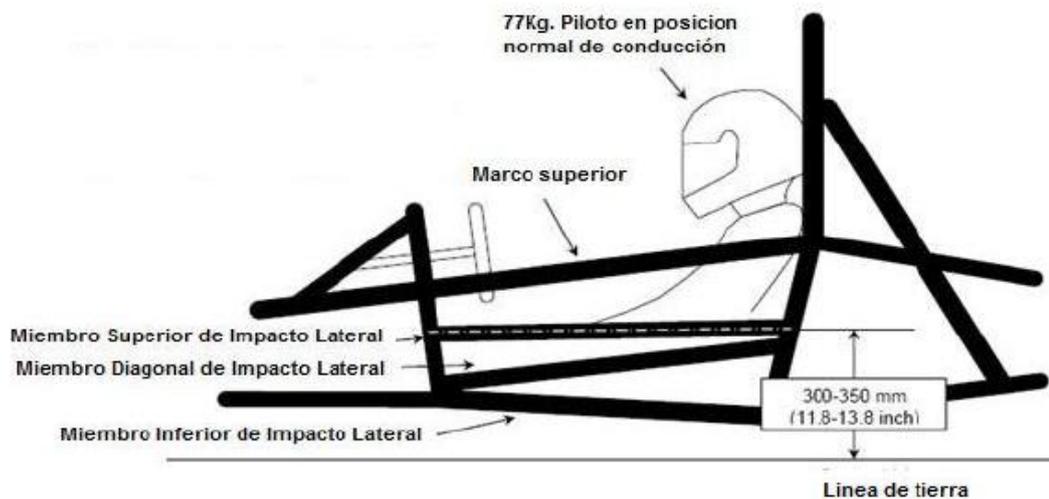


Figura 19. Protección lateral

FUENTE: (FORMULA SAE, 2014)

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA

3.1 Diseño del bastidor y carrocería

Para el diseño del bastidor tomamos los lineamientos principales como son el ancho, largo y alto del vehículo, y demás medidas, estableciendo así los parámetros idóneos de construcción del bastidor. De la misma forma se tomó en cuenta el criterio de espacio de acuerdo a los elementos de los diferentes sistemas a ser instalados en el vehículo tales como suspensión, tren de potencia, motor, dirección y frenos, los mismos que se anclarán a los diferentes soportes del bastidor.

Se realizó el bosquejo del bastidor y carrocería, los mismos que al inicio fueron un boceto en el cual no se consideraron dimensiones específicas sino sencillamente una idea general de la forma que van a tener mencionadas estructuras.

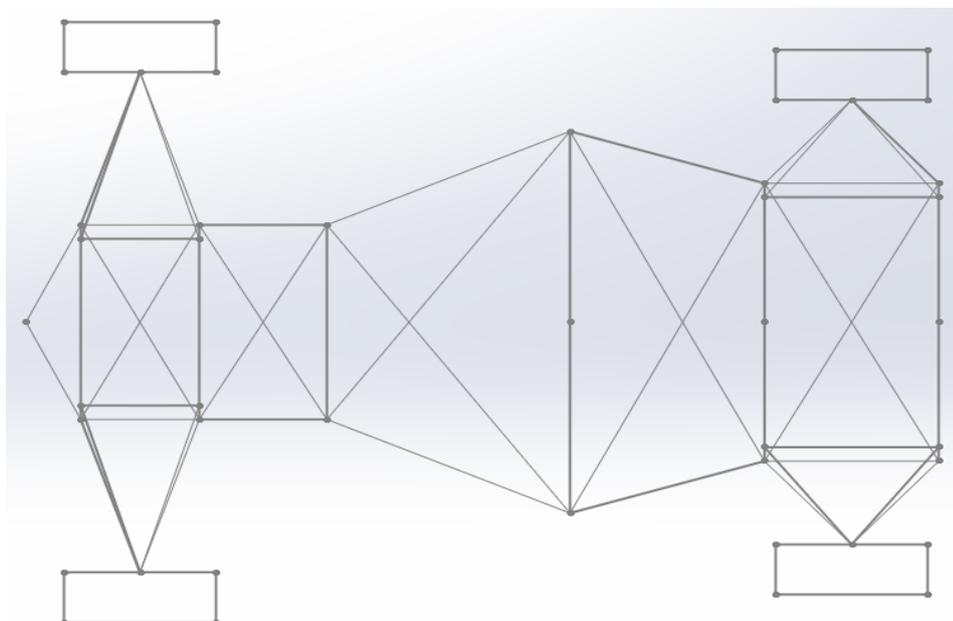


Figura 20. Bosquejo del vehículo prototipo

Seguidamente iniciamos el modelado del bastidor del vehículo en el software de diseño (Solidworks 2015, versión estudiantil), trazando así la base principal del bastidor con las dimensiones idóneas para la cabina de los ocupantes del vehículo.

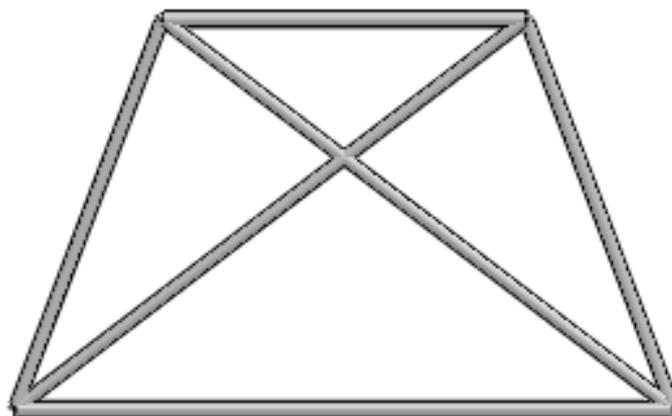


Figura 21. Base principal del bastidor

Luego se modeló los arcos principales con sus respectivos refuerzos, con los que se protegerá la cabeza de los ocupantes del vehículo de que sufran alguna lesión en caso de volcamiento, los mismos que fueron elaborados de acuerdo a nuestro propio diseño; considerando fundamentos de la normativa de la Formula SAE 2014.

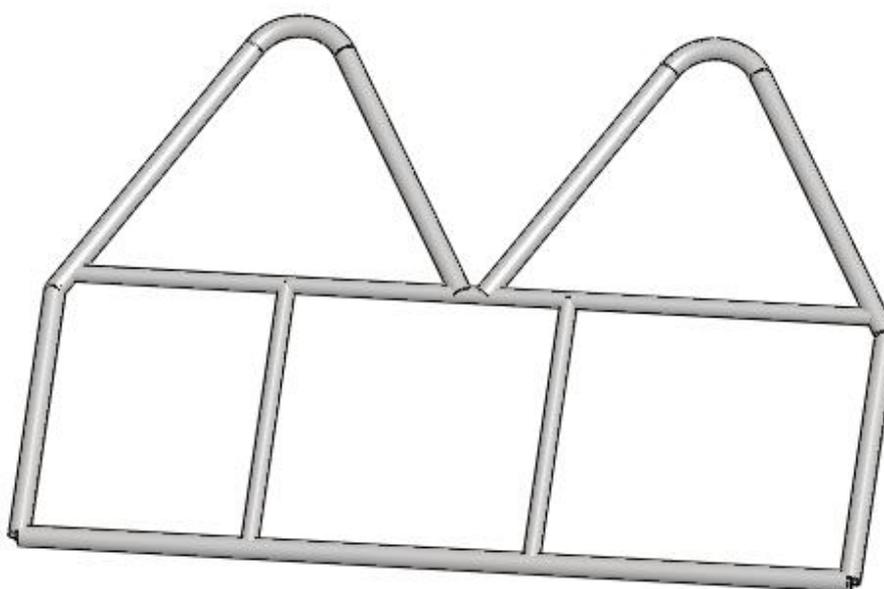


Figura 22. Arcos principales

De igual manera modelamos el arco frontal y el arco de seguridad con sus respectivas bases y refuerzos, los mismos que protegerán las piernas de los ocupantes del vehículo en caso de existir alguna colisión, las triangulaciones que existen entre los dos arcos son las encargadas de absorber el impacto y distribuir la fuerza evitando así algún tipo de lesión.

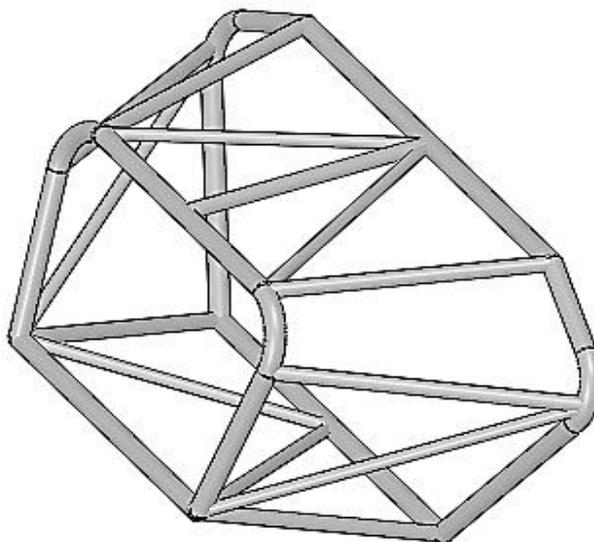


Figura 23. Arco frontal y arco de seguridad

También modelamos la mampara delantera del bastidor con su respectiva base al igual que sus refuerzos, tomando en cuenta que estos no afecten en ningún sentido a los pies de los ocupantes del vehículo, en el caso de existir un impacto las triangulaciones que existen en este distribuirán de una manera adecuada las cargas recibidas y a su vez disminuirá la flexión sobre los tubos del bastidor (COSSALTER, 2006).

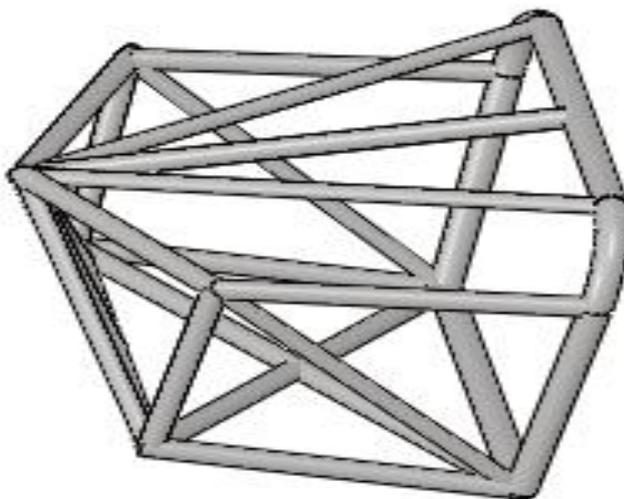


Figura 24. Mampara delantera

Posteriormente se modeló el habitáculo de los ocupantes del vehículo, el mismo que cuenta con los adecuados refuerzos laterales en caso de existir un impacto, con esto precautelamos la integridad física de los ocupantes.

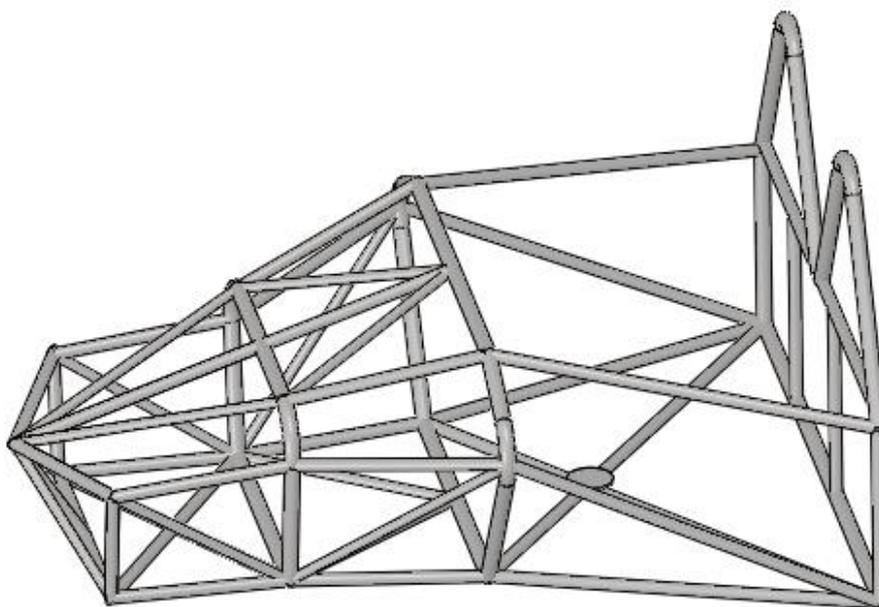


Figura 25. Habitáculo del vehículo prototipo

Del mismo modo se elaboró el modelo de la parte posterior del bastidor con las respectivas bases, tomando en cuenta las dimensiones que se necesitaron para ubicar a los diferentes sistemas del vehículo como son el motor, la transmisión y la suspensión del mismo y las diferentes cargas que aplicarían estos sobre el bastidor.

Los arcos principales del bastidor se los reforzó con dos tirantes hacia atrás para obtener así una mejor distribución de los esfuerzos que se generen en caso de una colisión.

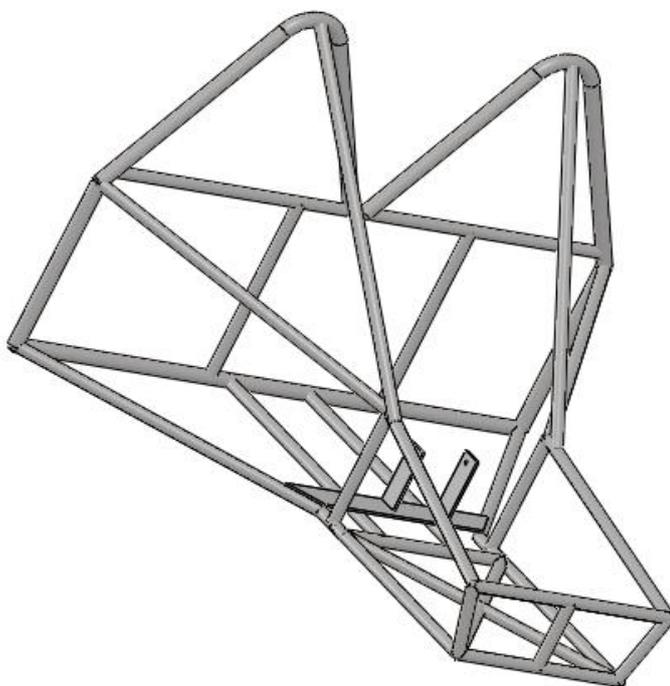


Figura 26. Parte posterior del vehículo

Finalmente se obtuvo el modelo completo del bastidor del vehículo en el software de diseño (Solidworks 2015, versión estudiantil) con sus respectivos refuerzos y en base al diseño previsto.

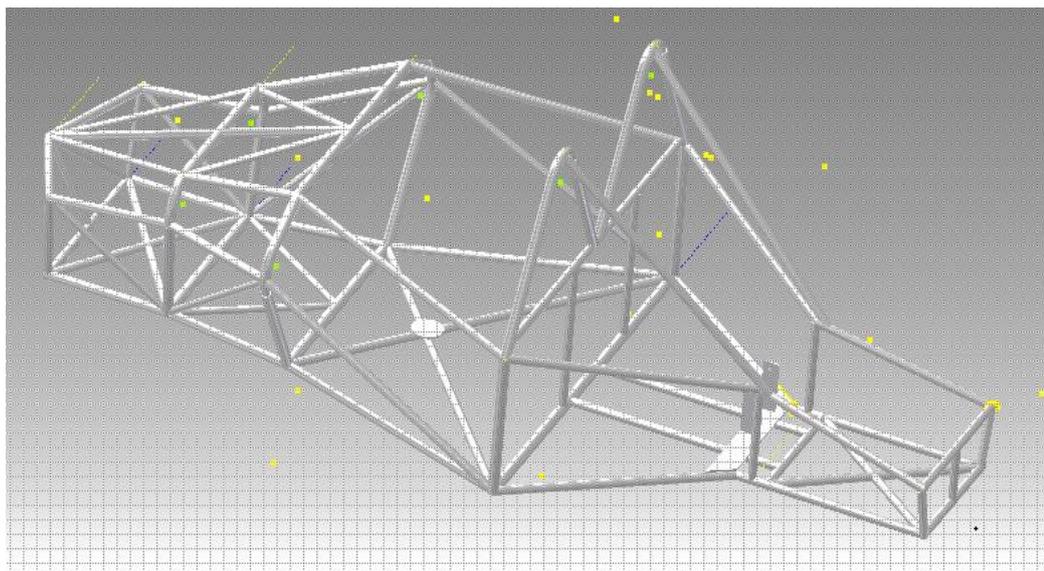


Figura 27. Bastidor del vehículo prototipo

Para el diseño de la carrocería del vehículo se consideró aspectos como las dimensiones del bastidor, las partes laterales y la aerodinámica del mismo.

Se partió de un bosquejo manual para tener la base de inicio de acuerdo a nuestro bastidor.

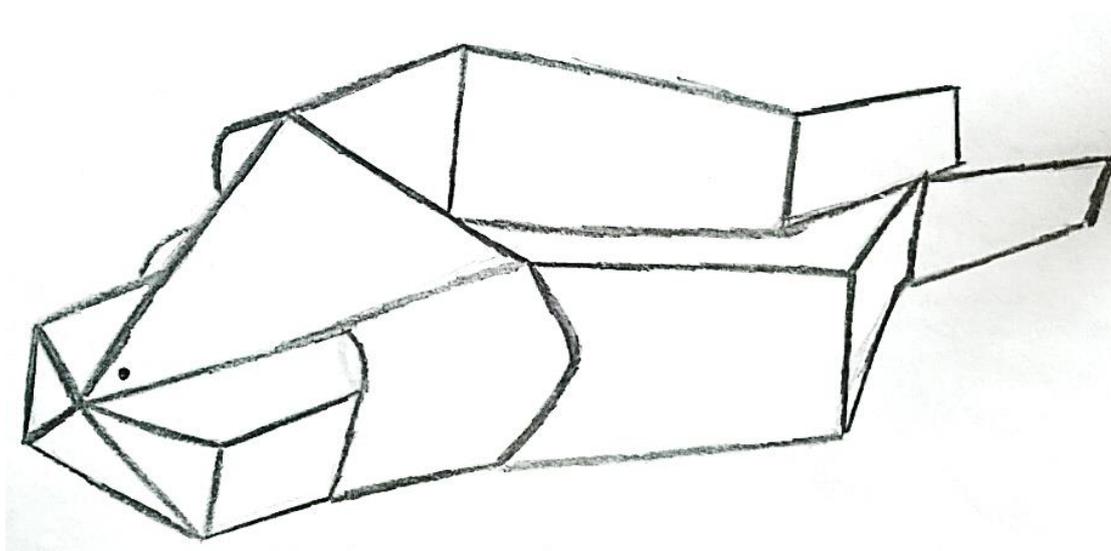


Figura 28. Bosquejo manual de la carrocería

Posteriormente se inició con el modelado de la carrocería del vehículo en el software de diseño (Solidworks 2015, versión estudiantil), trazando la parte delantera del vehículo que tiene la forma de un pico.

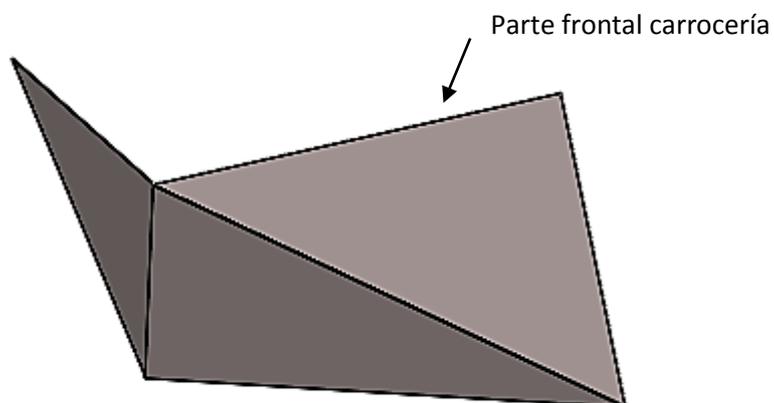


Figura 29. Parte delantera carrocería

Luego se modeló la cubierta de la mampara delantera de acuerdo tomando en cuenta las curvaturas existentes en esta.

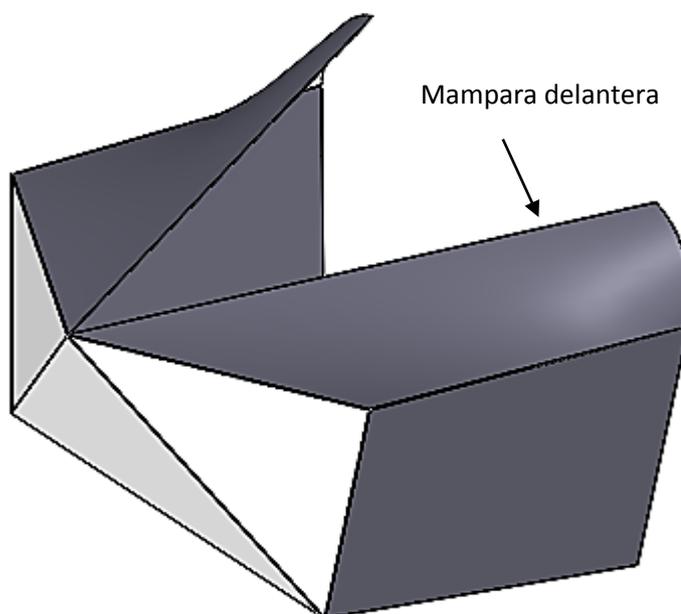


Figura 30. Cubierta mampara delantera

Seguidamente se modeló la cobertura entre el arco de seguridad y arco frontal del bastidor, dándole la forma adecuada en base a la estructura.

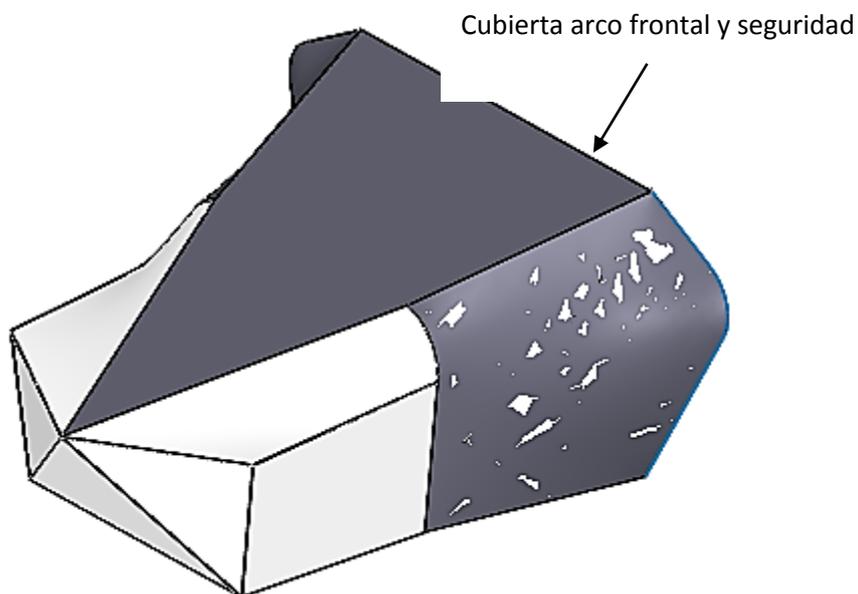


Figura 31. Cubierta arco frontal y de seguridad

A continuación se modeló las cubiertas de los laterales del habitáculo de los ocupantes del vehículo.

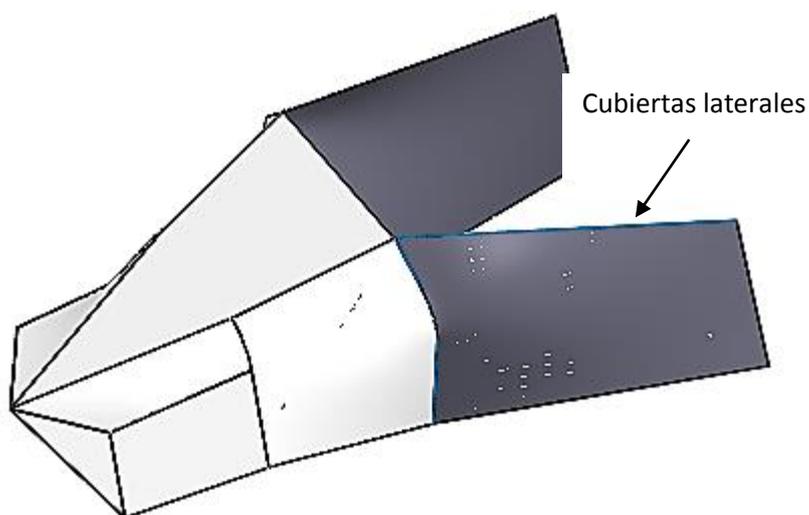


Figura 32. Cubiertas laterales del vehículo

De igual forma se modeló las cubiertas laterales del parte posterior del bastidor las mismas que cubren los elementos mecánicos del vehículo.

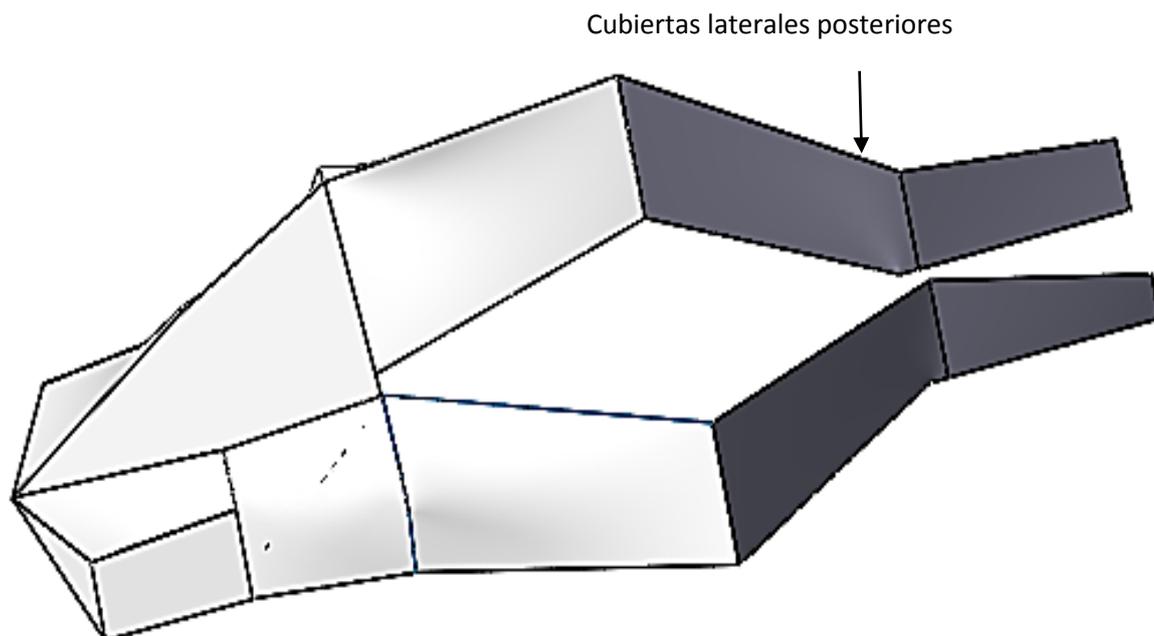


Figura 33. Cubiertas laterales posteriores del vehículo

Se obtuvo el modelo completo de la carrocería del vehículo prototipo en el software de diseño (Solidworks 2015, versión estudiantil) en base al diseño previsto.

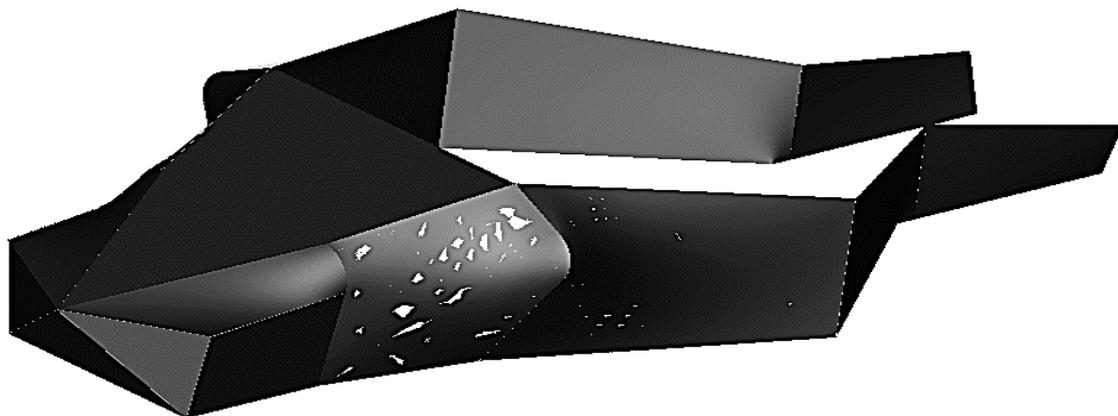


Figura 34. Carrocería del vehículo

3.1.1 Análisis Estático del bastidor

Para el análisis estático del bastidor, citaremos el reglamento de Formula SAE 2014, este reglamento nos da una referencia fiable de las

cargas primordiales que actúan sobre cada elemento principal de nuestro bastidor. El prestigio generado por la Formula SAE nos da una pauta, de que, para nuestro proyecto es una gran elección aplicar los principios de diseño empleados en los vehículos que compiten en esta categoría.

a. Estudio y simulación en la mampara delantera.

Este punto es de vital importancia, es uno de los elementos primordiales del bastidor, ya que en caso de impacto frontal ésta absorberá las fuerzas que influyen en ese momento.

- Con el bastidor modelado en el software (Solid Works 2015 versión estudiantil), se procede a ejecutar el estudio y simulación en un software CAE.
- Se debe efectuar el mallado, en esta fase el software hace un reconocimiento meticuloso de la estructura para conocer errores en el diseño, que puedan dañar la simulación. Si no obtenemos ningún error, se finaliza el proceso de mallado.
- Se procede a ubicar los puntos de apoyo fijos, estos se sitúan en las bases de las mesas de suspensión delantera como posterior.
- Se coloca las cargas en la mampara delantera, en el punto superior de la mampara delantera como lo recomienda el reglamento de la Formula SAE (SAE, 2014):

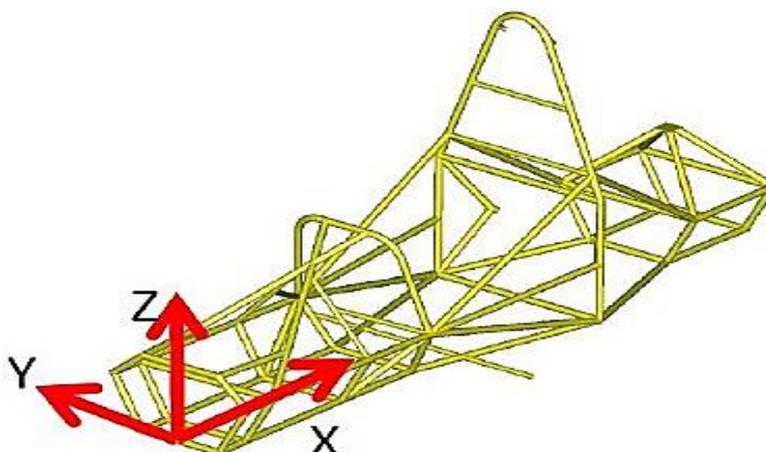


Figura 35. Fuerzas en el bastidor

FUENTE: (FORMULA SAE, 2014)

Carga utilizada:

$$F_x = 150 \text{ KN}$$

$$F_y = 0 \text{ KN}$$

$$F_z = 0 \text{ KN}$$

- Se procede a concluir la simulación, y obtenemos valores máximos y mínimos de esfuerzos en el bastidor.

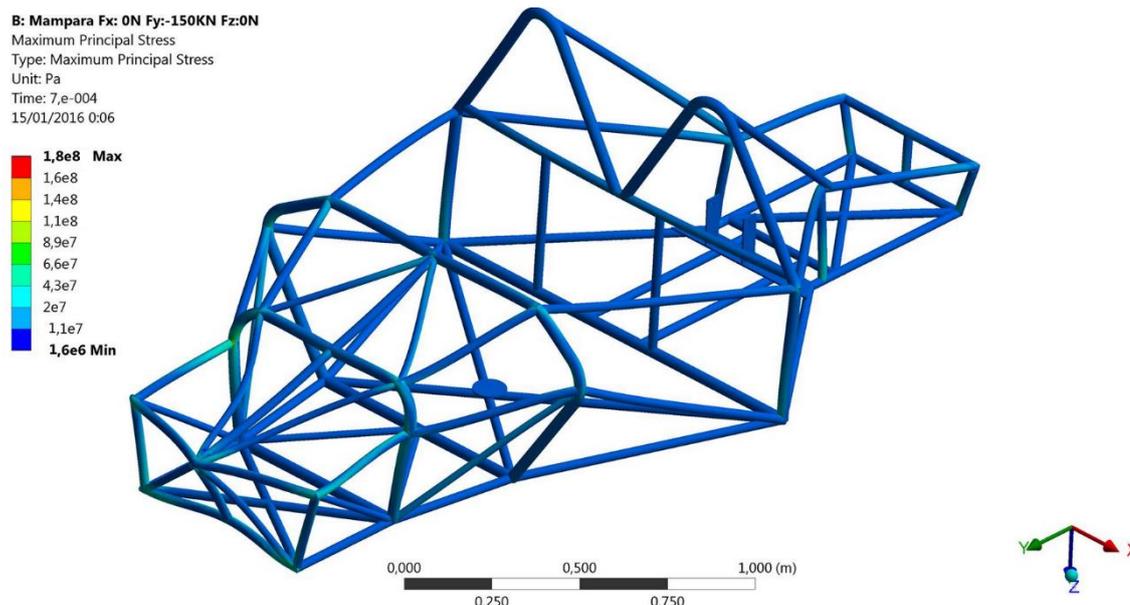


Figura 36. Resultado sobre el esfuerzo máximo.

El esfuerzo máximo obtenido se compara con el límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II. Las cantidades que se aprecian en la Tabla 2 muestran que el esfuerzo máximo obtenido en el estudio se encuentra dentro del límite de fluencia del material.

Tabla 2.

Comparación de valores de esfuerzo del material.

Límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II	195 MPa
Esfuerzo máximo obtenido en la simulación	180 MPa

La deformación máxima obtenida en la simulación (Figura 36) se compara con el valor máximo que dispone la SAE (SAE, 2014). Se observa en la Tabla 3 la deformación conseguida en la simulación, y está dentro del margen permitido por el reglamento.

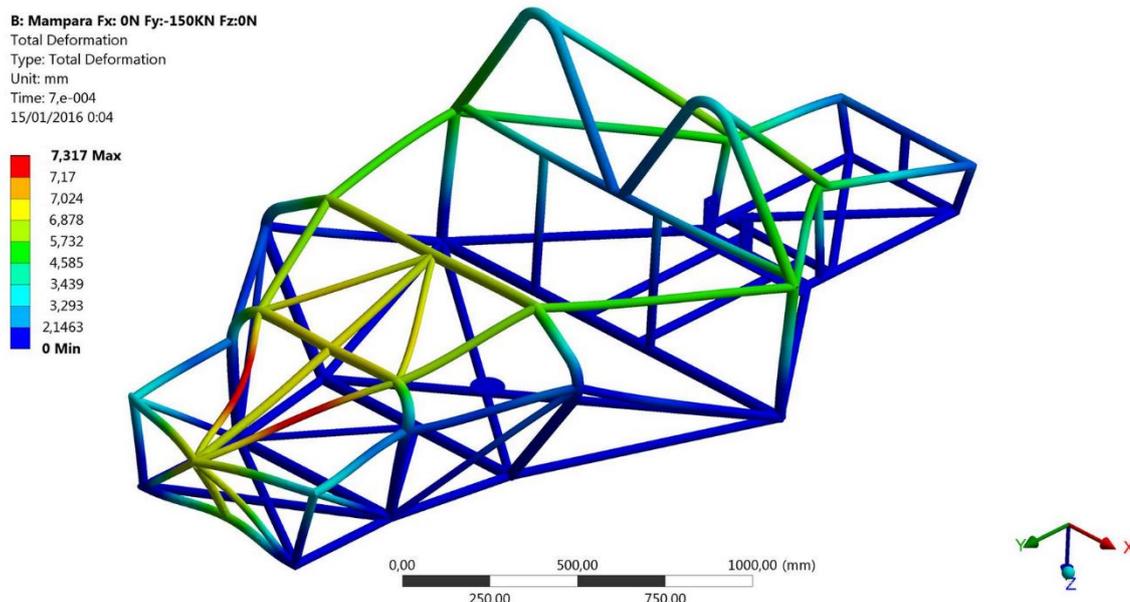


Figura 37. Deformación máxima

Tabla 3.

Comparación de deformaciones.

Deformación máxima permitida	25 mm
Deformación obtenida en simulación	7,32 mm

b. Estudio y simulación en el primer arco frontal.

Es un componente muy importante, puesto que todos los esfuerzos que soporta el vehículo en un impacto frontal, se transmiten a este elemento, es por eso que se procede a la simulación como se mencionó con anterioridad, con una pequeña variación como lo requiere el reglamento de la SAE, en donde el esfuerzo se aplica en la parte superior del arco de seguridad (SAE, 2014).

Carga utilizada:

$$F_x = 6,0 \text{ KN}, F_y = 5,0 \text{ KN}, F_z = - 9,0 \text{ KN}$$

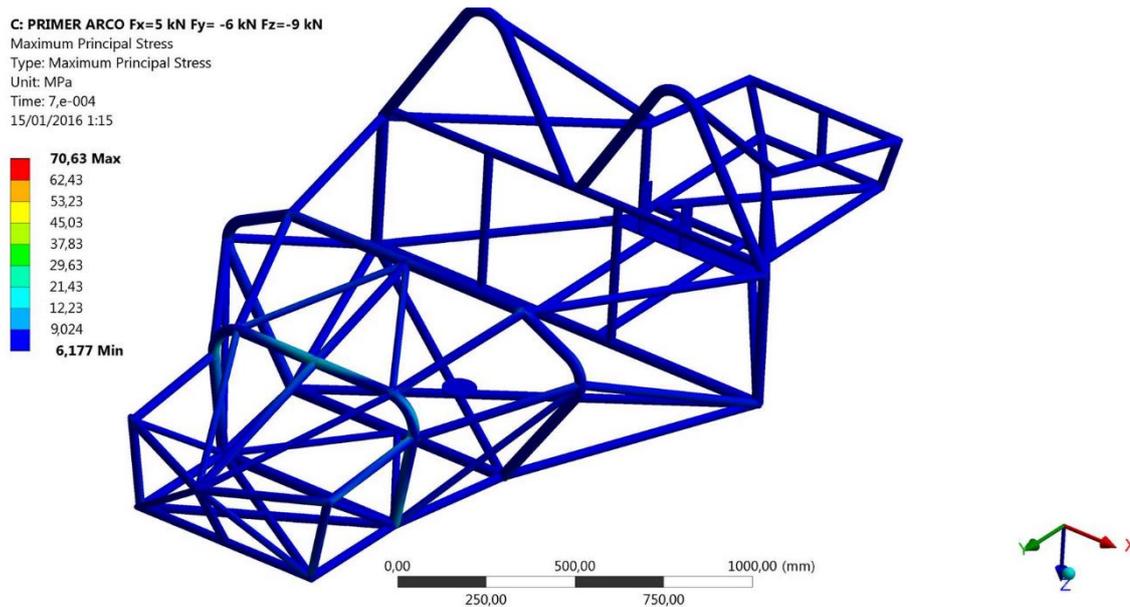


Figura 38. Resultado sobre el esfuerzo máximo.

El esfuerzo máximo obtenido se compara con el límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II. Las cantidades que se aprecian en la Tabla 4 muestran que el esfuerzo máximo obtenido en el estudio se encuentra dentro del límite de fluencia del material.

Tabla 4.

Comparación de valores de esfuerzo del material.

Límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II	195 MPa
Esfuerzo máximo obtenido en la simulación	70,63 MPa

La deformación máxima obtenida en la simulación se compara con el valor máximo que dispone la SAE (SAE, 2014). Se observa en la Tabla 5 la deformación conseguida en la simulación, y está dentro del margen permitido por el reglamento.

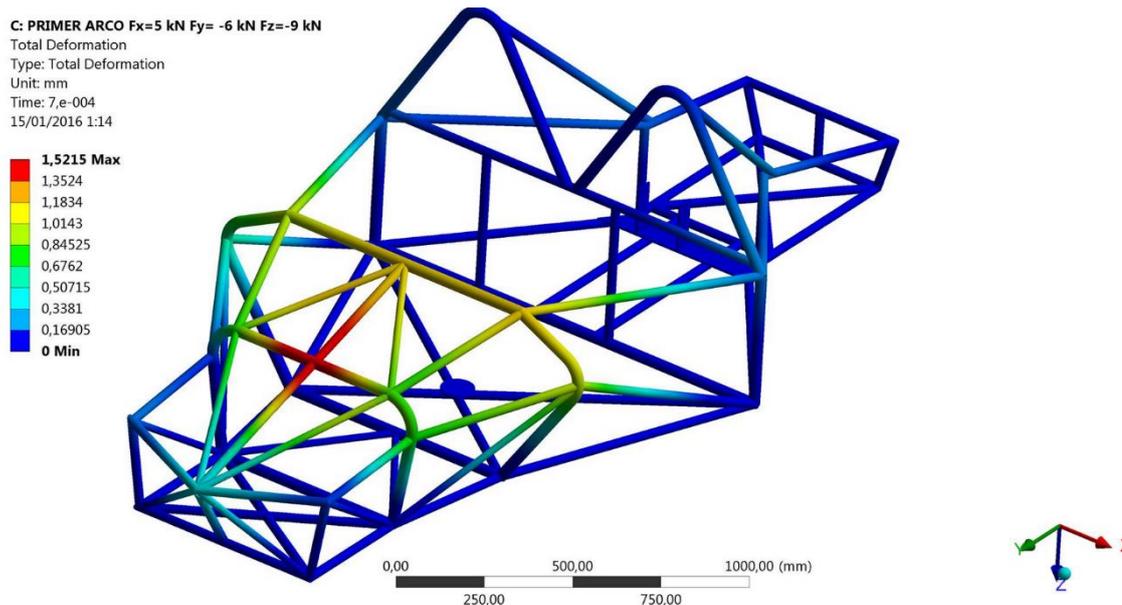


Figura 39. Resultado sobre la deformación máxima.

Tabla 5.

Comparación de deformaciones.

Deformación máxima permitida	25 mm
Deformación obtenida en simulación	1,52 mm

c. Estudio y simulación en el segundo arco frontal.

Este elemento al igual que el primer arco frontal soporta los esfuerzo, en caso de que vehículo tenga una colisión frontal, ya que se transmiten de igual manera a este, se procede a la simulación como en el elemento anterior, en donde el esfuerzo se aplica en la parte superior del arco frontal (SAE, 2014).

Carga utilizada:

$$F_x = 6,0 \text{ KN}$$

$$F_y = 5,0 \text{ KN}$$

$$F_z = - 9,0 \text{ KN}$$

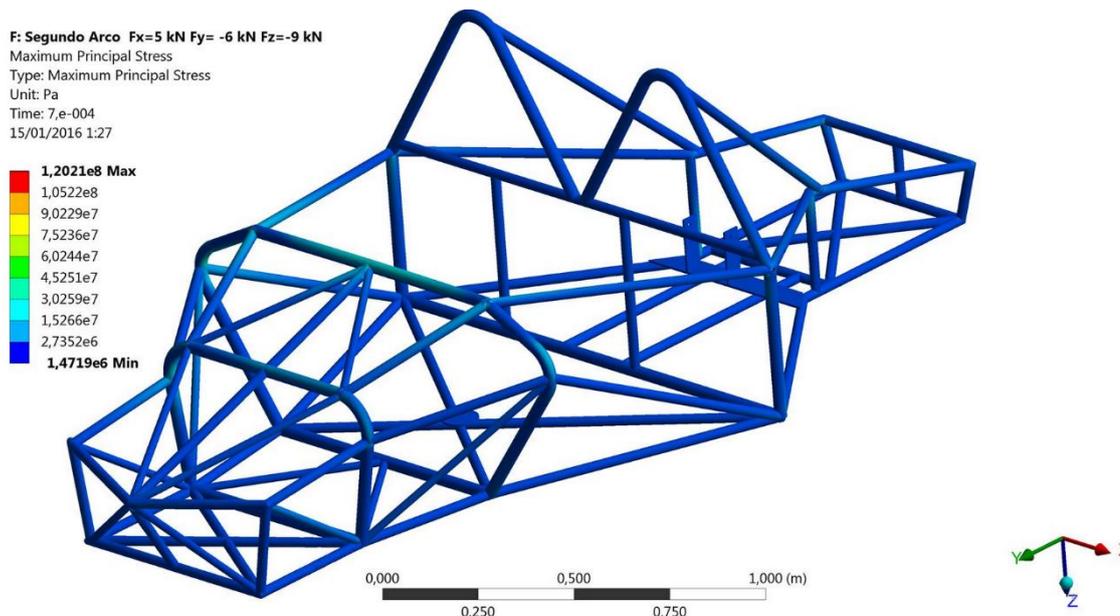


Figura 40: Resultado sobre el esfuerzo máximo.

El esfuerzo máximo calculado se compara con el límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II. Las cantidades que se aprecian en la Tabla 6 muestran que el esfuerzo máximo obtenido en el estudio se encuentra dentro del límite de fluencia del material.

Tabla 6.

Comparación de valores de esfuerzo del material.

Límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II	195 MPa
Esfuerzo máximo obtenido en la simulación	120,21 MPa

La deformación máxima obtenida en la simulación (Figura 40) se compara con el valor máximo que dispone la SAE (SAE, 2014). Se observa en la Tabla 7 la deformación conseguida en la simulación, y está dentro del margen permitido por el reglamento.

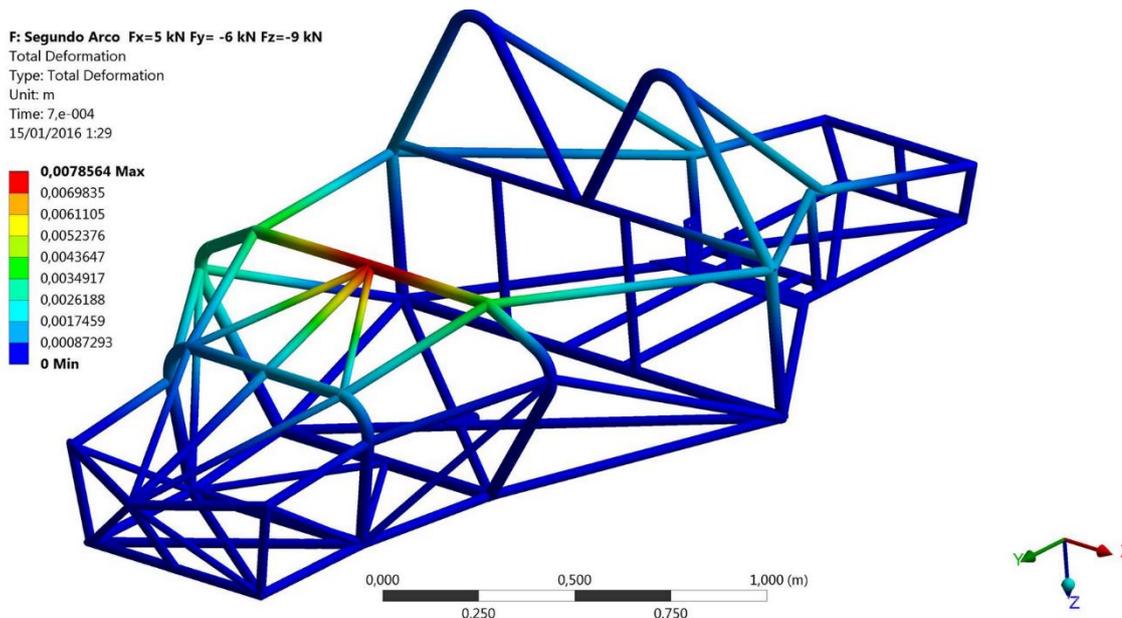


Figura 41: Resultado sobre la deformación máxima.

Tabla 7.

Comparación de deformaciones.

Deformación máxima permitida	25 mm
Deformación obtenida en simulación	7,85 mm

d. Estudio y simulación en el arco principal.

Es el arco principal en el bastidor, en caso de volcamiento resguardará la cabeza del piloto, impidiendo el contacto directo con la calzada y lesiones graves. Se procede a la simulación de igual manera que elemento anterior, en donde el esfuerzo se aplica en la parte superior del arco principal (SAE, 2014).

Carga utilizada:

$$F_x = 6,0 \text{ KN}$$

$$F_y = 5,0 \text{ KN}$$

$$F_z = - 9,0 \text{ KN}$$

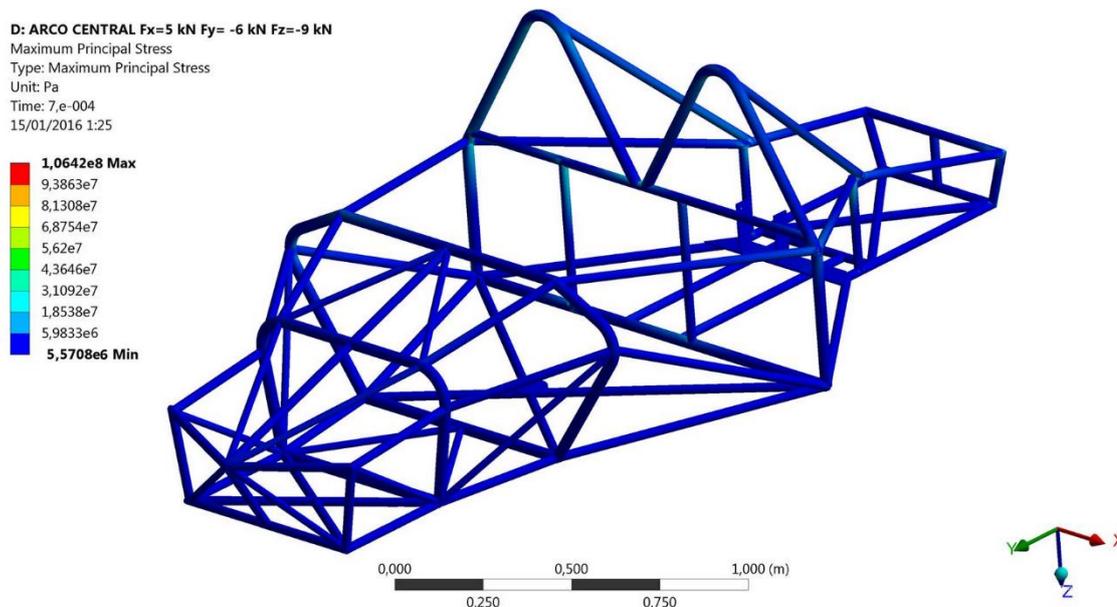


Figura 42. Resultado sobre el esfuerzo máximo.

El esfuerzo máximo obtenido se compara con el límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II. Las cantidades que se aprecian en la Tabla 8 muestran que el esfuerzo máximo obtenido en el estudio se encuentra dentro del límite de fluencia del material.

Tabla 8.

Comparación de valores de esfuerzo del material.

Límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II	195 MPa
Esfuerzo máximo obtenido en la simulación	106,42 MPa

La deformación máxima obtenida en la simulación (Figura 42) se compara con el valor máximo que dispone la SAE (SAE, 2014). Se observa en la Tabla 9 la deformación conseguida en la simulación, y está dentro del margen permitido por el reglamento.

D: ARCO CENTRAL Fx=5 kN Fy= -6 kN Fz=-9 kN
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 7,e-004
 20/01/2016 19:20

6,0139 Max
 5,3457
 4,6775
 4,0093
 3,3411
 2,6729
 2,0046
 1,3364
 0,66822
 0 Min

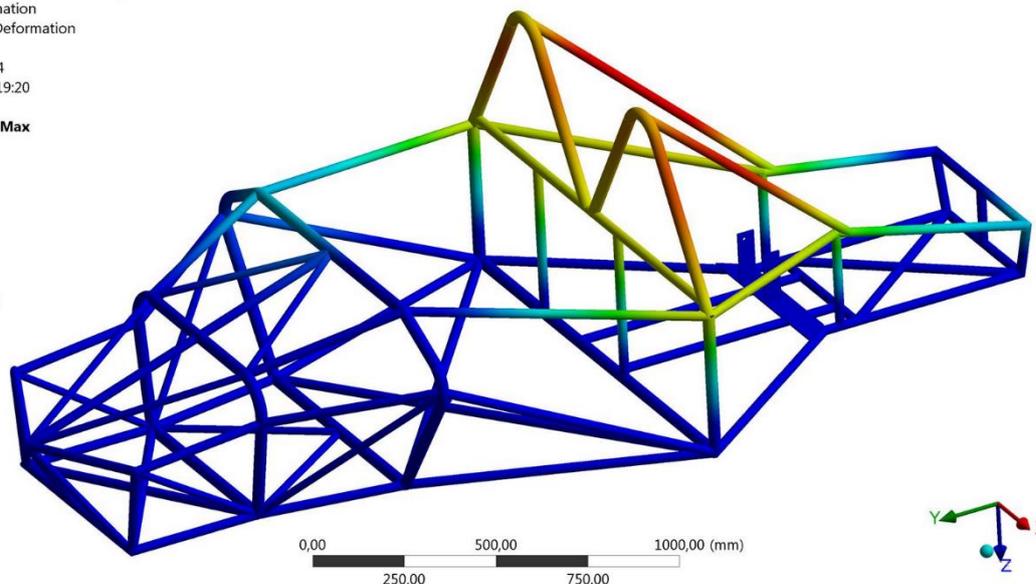


Figura 43: Resultado sobre la deformación máxima

Tabla 9.

Comparación de deformaciones

Deformación máxima permitida	25 mm
Deformación obtenida en simulación	5,18 mm

e. Estudio y simulación en la protección lateral.

Preserva la integridad física del conductor, en caso de una colisión lateral ya sea por otro vehículo o volcamiento. Se procede a la simulación como en el elemento anterior, con una pequeña variación como lo requiere el reglamento de la SAE (SAE, 2014).

Carga utilizada:

$$F_x = 0 \text{ KN}$$

$$F_y = 7 \text{ KN}$$

$$F_z = 0 \text{ KN.}$$

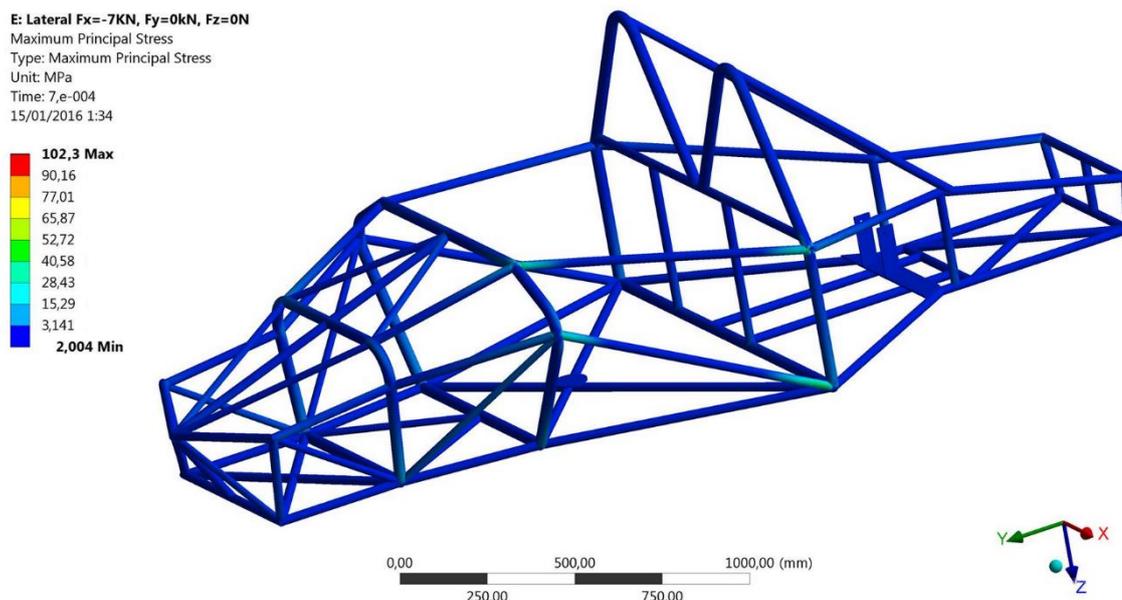


Figura 44. Resultado sobre el esfuerzo máximo.

El esfuerzo máximo obtenido se compara con el límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II. Las cantidades que se aprecian en la Tabla 10 muestran que el esfuerzo máximo obtenido en el estudio se encuentra dentro del límite de fluencia del material.

Tabla 10.

Comparación de valores de esfuerzo del material.

Límite de fluencia del acero negro ISO 65 Serie liviana II	195 MPa
Esfuerzo máximo obtenido en la simulación	102,3 MPa

La deformación máxima obtenida en la simulación (Figura 44) se compara con el valor máximo que dispone la SAE (SAE, 2014). Se observa en la Tabla 11 la deformación conseguida en la simulación, y está dentro del margen permitido por el reglamento.

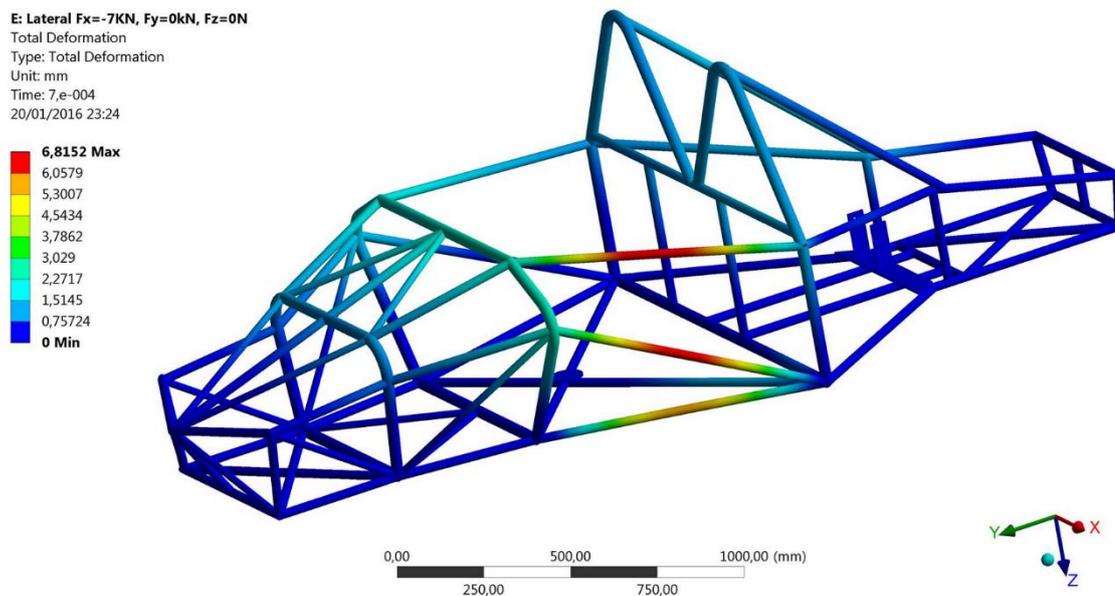


Figura 45. Resultado sobre la deformación máxima

Tabla 11.

Comparación de deformaciones

Deformación máxima permitida	25 mm
Deformación obtenida en simulación	6,54 mm

3.1.2 Análisis Dinámico del Bastidor

El estudio dinámico para determinar la deformación máxima que soporta el bastidor del vehículo en caso de una colisión frontal se lo realizó mediante el software tipo CAE.

Es así que la deformación máxima soportada por el bastidor en caso de una colisión frontal es de 19.4 mm a una velocidad de 64 km/h, debido a que las triangulaciones existentes en este distribuyen de una correcta manera las cargas recibidas durante la colisión, evitando así que la deformación del bastidor sea mayor.

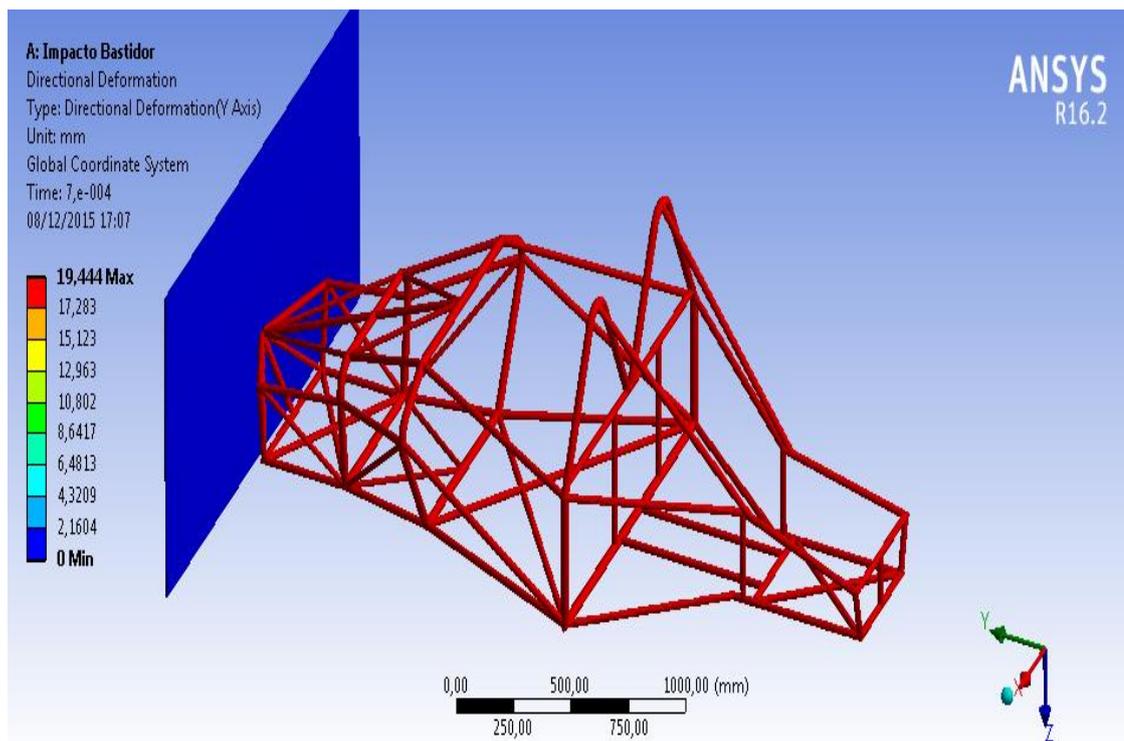


Figura 46. Deformación Dinámica Bastidor

3.1.3 Análisis Aerodinámico de la Carrocería

El estudio aerodinámico de la carrocería se lo realizó mediante el software CAE. Para lo cual realizamos un túnel de viento que rodea a la carrocería, al igual que el respectivo mallado de la misma para su análisis.

Las líneas que se observan alrededor de la carrocería interpretan el flujo de aire que recorre sobre esta, debido a la forma que presenta disipa de manera adecuada el paso del aire y a su vez existe menor resistencia sobre la misma.

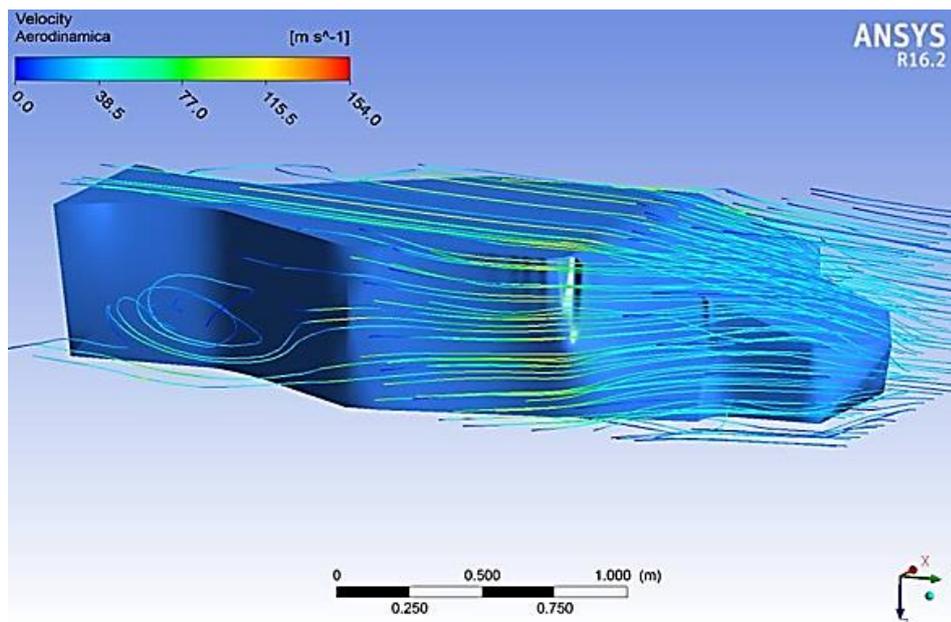


Figura 47. Flujo del aire

De igual manera la presión máxima de aire generada sobre la carrocería se da sobre la parte delantera de esta que es en donde el aire se concentra directamente.

La presión máxima generada a 100 km/h por el aire sobre la carrocería es de 9964 Pascales, la misma que no afecta debido a la forma que posee la carrocería para disipar adecuadamente el aire.

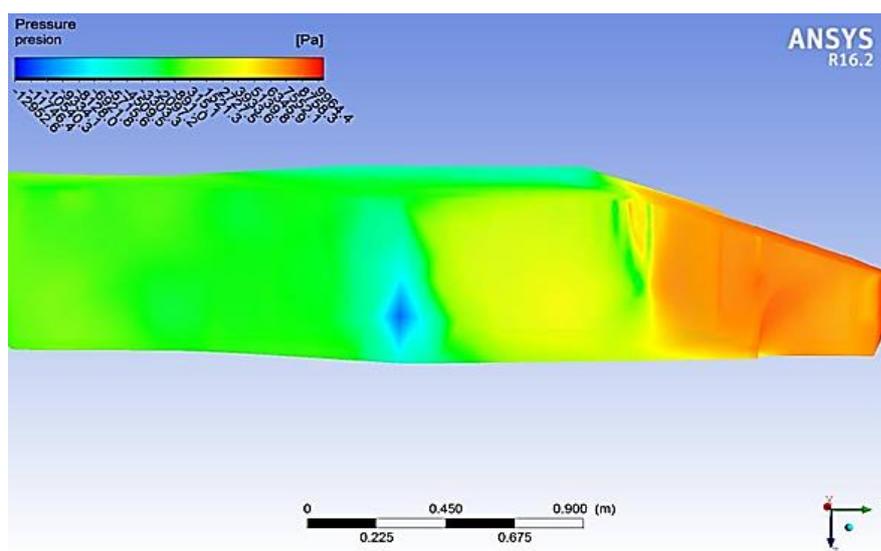


Figura 48. Presión Generada en la carrocería

3.1.4. Ubicación del Centro de Gravedad

La ubicación del centro de gravedad en el vehículo es de vital importancia, de este dependerá el comportamiento del mismo sobre la calzada.

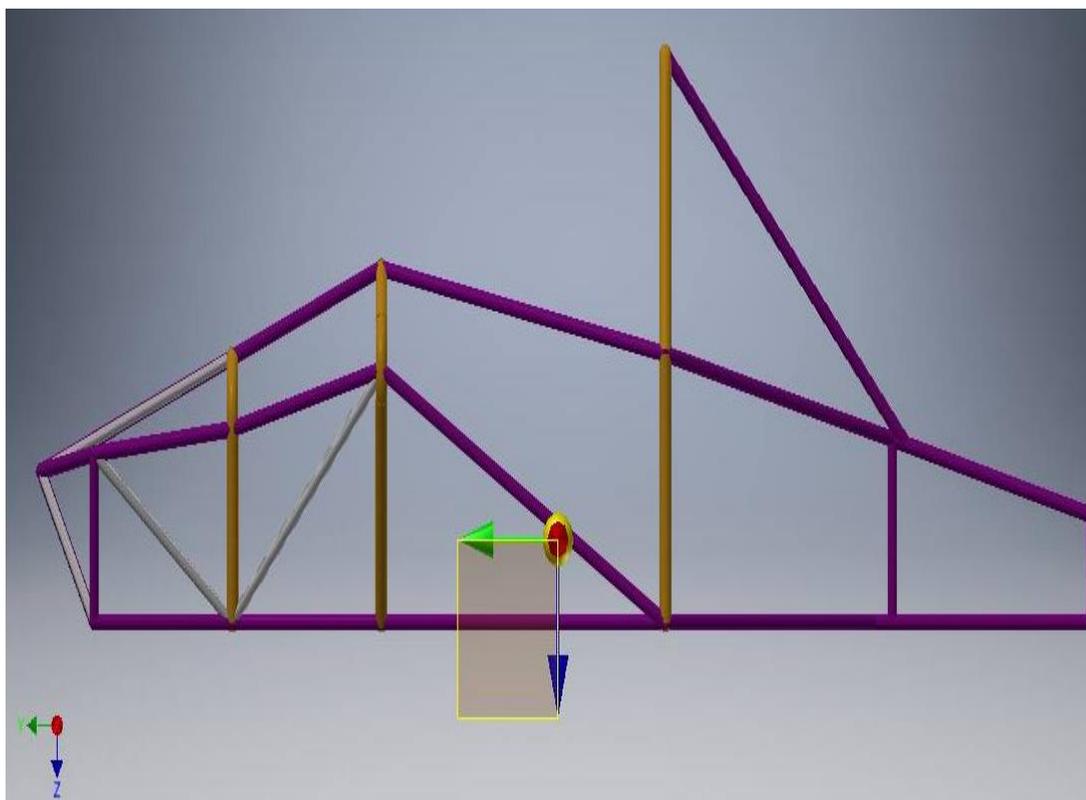


Figura 49. Centro de gravedad

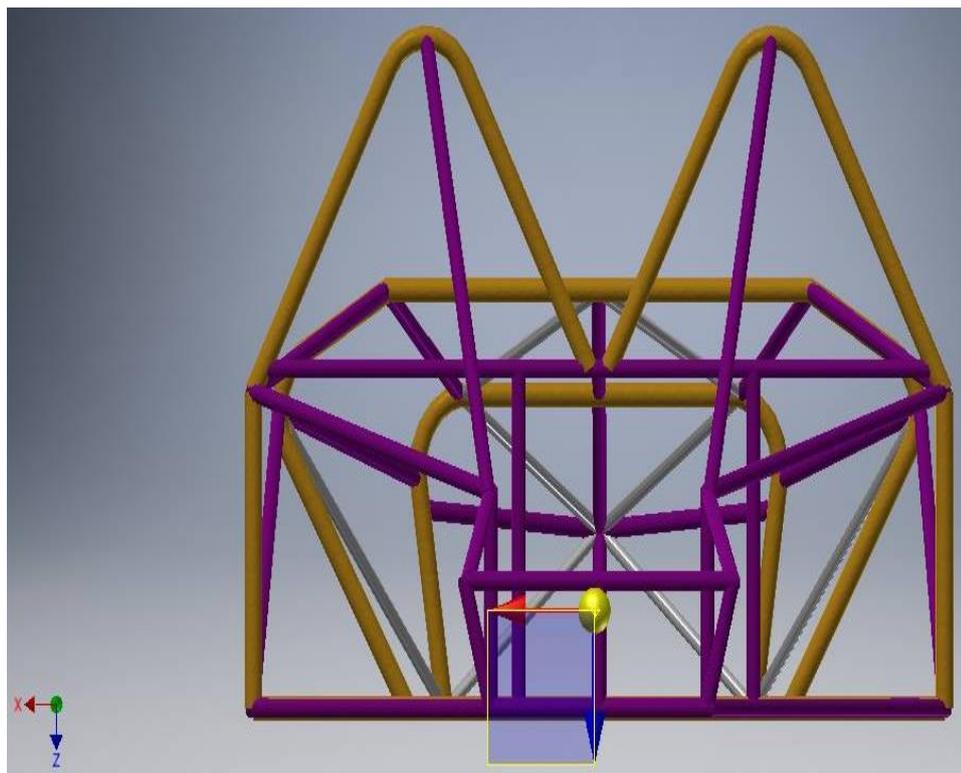


Figura 50. Centro de Gravedad Vista Frontal

De acuerdo a las coordenadas utilizadas en nuestro software se aprecia que el centro de gravedad se encuentra a 300,725 mm con respecto al piso del vehículo (eje z), con respecto a nuestro segundo arco frontal tenemos una distancia de 518,624 mm (eje y) y finalmente del centro del bastidor tenemos 88,862 mm de desfase hacia la derecha (eje x), esto se debe a que la masa del motor esta desplazada hacia este punto.

General	Resumen	Proyecto	Estado	Personalizadas	Guardar	Propiedades físicas
Material						
<input type="text" value=""/>						Actualizar
Densidad		Precisión solicitada		Portapapeles		
5,532 g/cm ³		Muy alta				
Propiedades generales						
<input type="checkbox"/> Incluir soldaduras ficticias			<input checked="" type="checkbox"/> Incluir anulaciones de CTDAD			
Centro de gravedad*						
Masa	368,107 kg	≈	X	88,862 mm		
Área	13217291,504 mm	≈	Y	-518,624 mm		
Volumen	66543383,892 mm	≈	Z	300,725 mm		
Propiedades de inercia*						
Principal		Global		Centro de gravedad		
Momentos máxicos						
Ixx	187108304,552	Cálculo realizado mediante integral negativa.				
Ixy	1264905,331 kg	Iyy	44980026,328 l			
Ixz	267016,134 kg	Iyz	322775,492 kg	Izz	210966392,114	
*Los valores no reflejan las anulaciones de CTDAD						

Figura 51. Resultados centro de Gravedad

3.1.5 Distribución de Masas en el Bastidor

a. Masas Principales

Los elementos que afectan directamente al comportamiento dinámico del vehículo son considerados las masas principales, por lo que estas varían de acuerdo a cada tipo de vehículo. Las masas y posiciones de los ocupantes son los que afectan en la distribución de masas en el eje delantero y posterior al igual que el centro de gravedad del vehículo.

La importancia de definir las masas principales es de conseguir la adecuada distribución de estas, logrando así obtener el espacio idóneo para cada una, las mismas que se encuentran detalladas a continuación acorde al peso realizado a cada una de estas y peso promedio de los ocupantes del vehículo.

Tabla 12.
Masas Principales

ELEMENTO	MASA (kg)
Ocupantes	150
Motor	85
Batería	10
Asientos	16

b. Distribución de Masas Principales del Vehículo

Las masas principales del vehículo son de gran importancia al momento de realizar el diseño del bastidor, debido a que éstas influirán directamente en el comportamiento y desempeño del prototipo. Nos dan las pautas principales para el dimensionamiento y posición de cada elemento en función de lo requerido para construir.

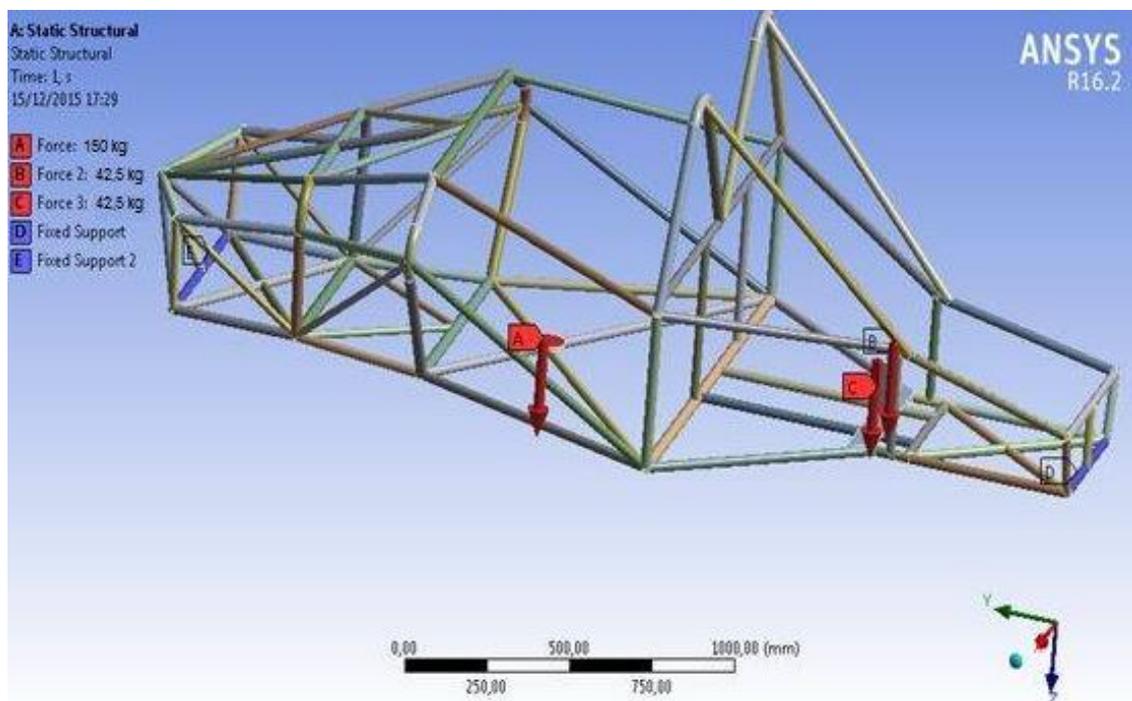


Figura 52. Masas Principales

3.2. Construcción del bastidor y carrocería del vehículo

3.2.1 Proceso de fabricación del bastidor

Para iniciar con la construcción del vehículo primeramente consideramos el tipo de vehículo que vamos a construir, basándonos en el bosquejo previo del bastidor que se lo realizó en el software de diseño (Solidworks 2015, versión estudiantil).

De igual manera se dividió al vehículo en dos zonas: el habitáculo de los ocupantes y la zona del motor, en donde se consideró la línea de visión del piloto, al igual que el espacio para los asientos de los ocupantes dentro del habitáculo (SEVERIANO, 2004).

A continuación construimos una maqueta con tubo PVC para tomar la idea de construcción del vehículo prototipo de acuerdo a las medidas establecidas en base a su diseño.



Figura 53. Maqueta del vehículo prototipo

Una vez realizada la geometría del vehículo se procedió a elegir el material a utilizar para la construcción del bastidor del mismo. Por lo que se procedió a elegir un acero que sea resistente a torsión, tensión y compresión, y a su vez sea de fácil adquisición dentro del mercado nacional.

El material que se eligió para la construcción del vehículo fue el tubo de acero negro ISO 65 Serie liviana II el mismo que contiene bajo contenido de carbono:

- Para los arcos principales, arco frontal y arco de seguridad del bastidor se utilizó Tubo de acero negro de 1 pulgada.
- En la mampara delantera se utilizó Tubo de Acero Negro de 3/4 de pulgada.
- En el resto del bastidor se utilizó Tubo de Acero Negro de 1/2 pulgada (ANEXO B).

Tabla 13.

Descripción de perfiles tubulares

Dimensiones				Propiedades			
Diámetro D	Espesor	Peso	Área	I	W	i	
Nominal	Exterior	e	P	A			
Pulg.	Mm	mm	kg/m	cm	cm ⁴	cm ³	cm
1/2	21.35	2.00	0.99	1.22	0.57	0.59	0.98
3/4	26.90	2.30	1.45	1.78	1.34	1.09	0.87
1	33.70	2.50	1.96	2.45	2.98	1.91	1.10
1 1/4	42.40	2.50	2.55	3.13	6.24	3.13	1.41
1 1/2	48.30	2.65	3.02	3.87	10.05	4.41	1.61
2	60.30	2.65	3.79	4.89	20.26	7.04	2.04
2 1/2	73.00	3.20	5.65	7.02	42.73	12.24	2.47
3	88.90	3.20	6.81	8.62	79.09	18.46	3.03
4	114.30	3.60	9.92	12.52	191.78	34.65	3.91

FUENTE: (DIPAC, 2015)

A= Área de la sección transversal del tubo, cm^2

I= Momento de inercia de la sección, cm^4

W= Módulo resistente de la sección, cm^3

i= Radio de giro de la sección, cm.

3.2.2 Proceso de Corte y Soldadura

Para la construcción del vehículo es muy necesario organizar el proceso de fabricación para que así el material a ser utilizado no sea desperdiciado, para lo cual seguiremos el siguiente proceso.

a. Marcado del tubo

Para realizar este proceso se tomó en consideración las dimensiones asignadas para cada una de las partes que conforman el bastidor del vehículo, por lo que se verificó también el material perdido al momento de realizar el corte de este.

Para las medidas de cada uno de los tubos se usó un flexómetro y se marcó los mismos con un poco de cinta adhesiva para no tener medidas erróneas.



Figura 54. Marcado de los tubos

b. Corte del material

Los tubos fueron cortados de acuerdo a cada una de las partes que conforman la estructura del bastidor y de la forma que requiere cada uno de ellos de acuerdo a los planos establecidos (ANEXO C).

c. Preparación de los tubos para ser soldados

Luego de haber cortado los tubos requeridos con sus dimensiones adecuadas, se procedió a realizar el respectivo biselado de estos para así al momento de soldar los tubos estos se unan de una manera correcta y el cordón de soldadura sea preciso y no exista exceso de material de aporte en mencionada unión.



Figura 55. Biselado de los tubos

d. Curvado de tubos

Para obtener la forma del bastidor de acuerdo a nuestro diseño es importante dar el debido curvado a los tubos que los requieran, siguiendo las respectivas medidas de cada uno de estos y así lograr el doblado adecuado para los mismos.

Los moldes utilizados para el doblado de los tubos se encuentran en función de cada uno de los diámetros y ángulos de los tubos utilizados para el bastidor.



Figura 56. Curvado de los tubos

3.2.3 Soldadura del bastidor

Para la construcción de la estructura del bastidor es de vital importancia elegir el proceso de soldadura adecuado, por lo que nosotros elegimos realizar la soldadura de los perfiles tubulares utilizando el proceso de suelda MIG.

a. Principios de la soldadura MIG

El proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible es aquel que el arco se crea entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a ser soldada, protegido de la atmosfera circundante por un gas inerte (proceso MIG: Metal Inerte Gas).

Es así que el proceso puede ser:

- Semiautomático: Aquí la tensión de arco, la velocidad de alimentación del hilo, la intensidad de soldadura y el caudal de gas se regulan anticipadamente, por lo cual el avance de la antorcha de soldadura se realiza manualmente.
- Automático: Aquí todos los parámetros incluida la velocidad de soldadura se regulan anticipadamente, y su concentración en el proceso es de manera automática.

Tabla 14.

Soldadura MIG/MAG - guía de gases (soldadura con gas de protección)

PROCESO	MATERIAL	AGA MIX 20 o 25			
		AGA MIX 12			CO ₂
		Argón S			
		Argón SR			
Soldadura con MIG/MAG	Acero suave y acero de baja aleación	*			x
	Acero de alta aleación		*		
	Aluminio y sus aleaciones			*	
	Cobre y sus aleaciones			*	
	Titanio				*

FUENTE: (CARY, 2010)

b. Parámetros de soldadura

El proceso de soldadura MIG es controlado mediante algunos parámetros de soldadura, los mismos que son:

- Tensión (longitud de arco)
- Velocidad de alimentación del alambre
- Inductancia
- Tipo de gas protector CO₂
- Velocidad del balance

- Inclinación de la pistola
- Longitud del alambre



Figura 57. Soldadora Indura Amigo 181

FUENTE: (INDURA, 2015)

Información Técnica

- Conexión de Red: 220v, 1 Fase (Volts.)
- Ciclo de Trabajo : 20 %
- Fusible Recomendado: 16 (Amps.)
- Rango Amperaje: 30 - 180 (Amps.)
- Frecuencia: 60 Hz.
- Potencia Nominal de Absorción de Corriente: 2.4 KVA.

Ventajas

- Protege el arco y el baño de la acción oxidante
- Hilo consumible del sistema
- Suelda piezas de más elevado espesor
- Gran rendimiento de trabajo

- No hay escoria, reduciendo las operaciones de limpieza
- Bajo aporte de calor en la pieza de trabajo (evita deformaciones)
- No son necesarias las interrupciones para el cambio de electrodo en cualquier posición.
- Bajo consumo de corriente.
- Ventilación forzada con ventilador.

3.2.4 Ensamblado del bastidor

Con los perfiles tubulares cortados y todos los materiales listos para la construcción del bastidor procedimos a la elaboración del mismo de la siguiente manera:

Primeramente realizamos el trazado de la base principal del bastidor en una superficie plana e iniciamos a soldar la base con sus respectivos refuerzos.



Figura 58. Trazado para unión de los tubos

A continuación con los tubos doblados, construimos el arco frontal, los arcos principales y la base frontal del arco frontal.



Figura 59. Construcción arco principal y frontal

Seguidamente se construyó el arco de seguridad, la mampara delantera y la base de la misma.



Figura 60. Arco de seguridad y mampara delantera

Luego construimos los respectivos refuerzos para cada uno de los arcos al igual que para cada base y la parte delantera del bastidor.



Figura 61. Parte delantera y refuerzos

También se realizó el trazo sobre una superficie plana para la construcción de la parte posterior del bastidor y a su vez la construcción de la misma, la cual servirá para la ubicación del motor, transmisión y suspensión del vehículo.



Figura 62. Parte posterior del vehículo

De igual forma se construyó la base de cada uno de los asientos para los ocupantes del vehículo.



Figura 63. Base asientos del vehículo

Finalmente concluimos de manera correcta y satisfactoria la construcción del bastidor del vehículo.

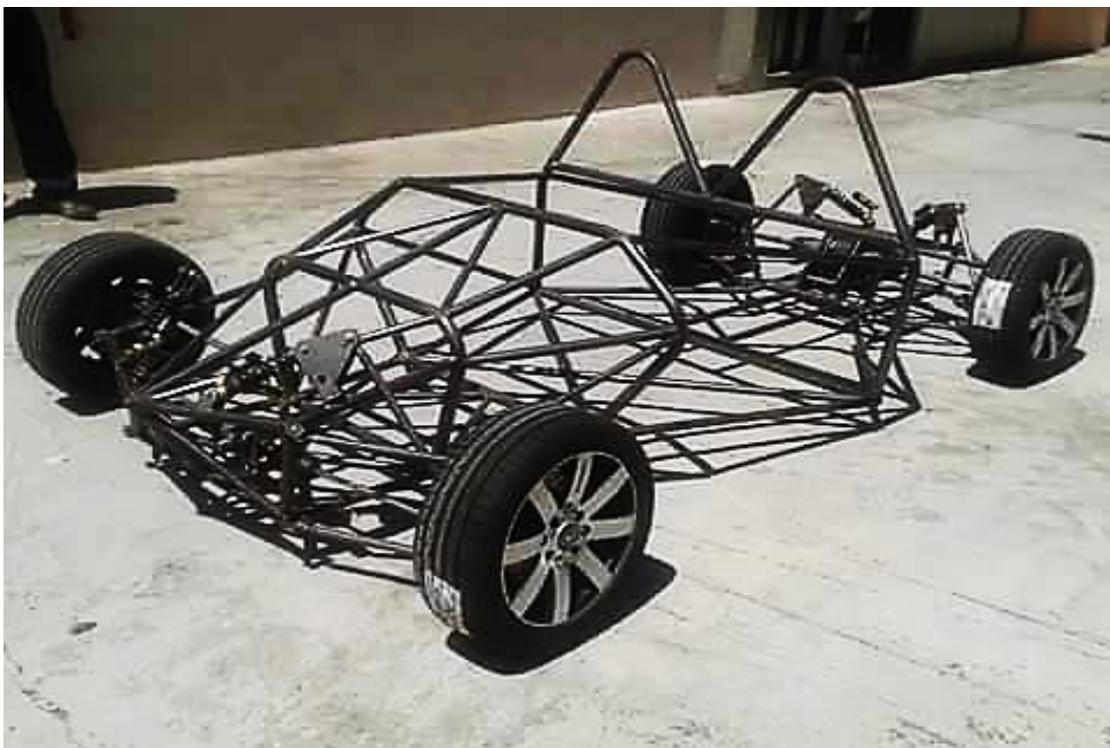


Figura 64. Bastidor del vehículo prototipo

3.2.5 Ensamblado de la Carrocería

Una vez ya construido el bastidor del vehículo se procedió con el recubrimiento del mismo con la carrocería, la misma que fue elaborada con láminas de tol galvanizado debido a la ligereza que presentan, logrando con esto que la misma no sea pesada.

Primeramente se inició con el corte de las láminas de tol de acuerdo a cada sección del bastidor a ser cubierta.

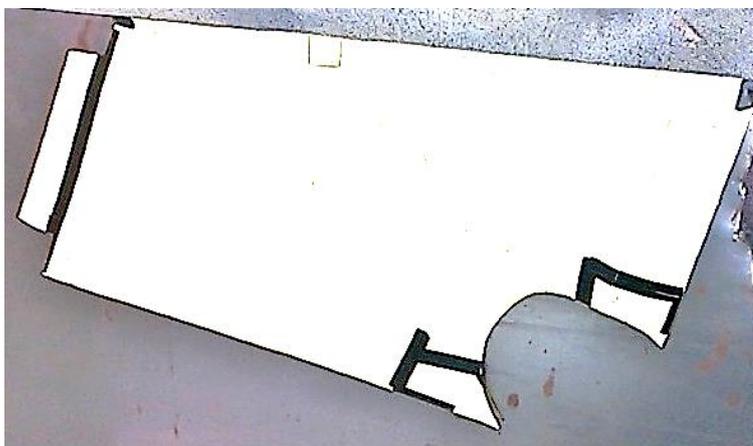


Figura 65. Molde de lámina de tol

Seguidamente se realizó el recubrimiento del bastidor con las láminas de tol por la mampara delantera de una manera adecuada en la mampara delantera.



Figura 66. Cubierta mampara delantera

De igual manera se realizó la cubierta de los laterales curvos de la mampara delantera dándole la forma requerida a estos.



Figura 67. Cubierta laterales curvos mampara delantera

Luego realizamos la cubierta de la sección del arco de seguridad y el arco frontal del bastidor.



Figura 68. Cubierta arco de seguridad y arco frontal

Posteriormente se realizó la cubierta de los laterales del habitáculo de los ocupantes del vehículo, dándoles la forma requerida para las mismas.



Figura 69. Cubiertas laterales carrocería

Seguidamente se realizó la cubierta de los laterales posteriores del bastidor, moldeando cada uno de ellos en base a su forma.



Figura 70. Cubiertas laterales posteriores de la carrocería

Luego se masilló las imperfecciones existentes en la carrocería para cubririrlas de una manera correcta.



Figura 71. Masillado de imperfecciones

De igual forma se pulió el masillado para así obtener una superficie lisa y adecuada de la carrocería.



Figura 72. Pulido del masillado

Finalmente obtuvimos la cubierta completa de la carrocería del vehículo de una manera adecuada.



Figura 73. Carrocería del vehículo

Utilizando las balanzas electrónicas portátiles para vehículos del laboratorio de prototipos de la Universidad se obtuvo los siguientes valores: rueda delantera derecha 258 libras, rueda delantera izquierda 168 libras , rueda posterior derecha 250 libras, rueda posterior izquierda 274 libras, lo que nos da como resultado un peso total del vehículo de 950 libras.

Tabla 15.

Distribución de masas

Ruedas del Vehículo	Masa (lbs)
Frontal Derecha	258
Frontal Izquierda	168
Posterior Derecha	250
Posterior Izquierda	274
MASA TOTAL (lbs)	950



Figura 74. Pesaje Vehículo

La distribución de las masas principales se realizó en un porcentaje del 50 – 50 mediante la regulación de las barras de empuje o push-bar, las que nos brindan la posibilidad de transferir cargas entre las diferentes mesas de suspensión, el resultado obtenido fue una masa equivalente a 238 libras en cada rueda, logrando con esto una distribución equitativa en las cuatro ruedas y a su vez consiguiendo que el centro de gravedad del vehículo no varíe y así no se genere una inestabilidad del mismo en la carretera, ya que del centro de gravedad dependen las reacciones que intervienen en el vehículo.



Figura 75. Valor del Pesaje del Vehículo

3.3 Costos y pruebas del bastidor y carrocería (Materia prima)

El análisis de costos está basado en los materiales utilizados para la construcción del bastidor y carrocería del vehículo y así tener un adecuado funcionamiento de los mismos.

Se elaborara un cuadro de recursos técnicos, económicos y mano de obra para la inversión del proyecto dentro de los cuales se encuentra incluido el impuesto del valor agregado (IVA).

El costo de la materia prima utilizada en la construcción del bastidor y carrocería del vehículo es de \$ 586,67.

Tabla 16.

Costos de materiales utilizados

MATERIALES UTILIZADOS			
CANTIDAD	DENOMINACIÓN	VALOR	VALOR
		UNITARIO	TOTAL
2	T.A.N. ISO II 1"	12,46	24,92
2	T.A.N. ISO II 3/4"	9,06	18,12
1	T.A.N. ISO II 1/2"	6,56	6,56
1	Disco de corte tronadora	57,00	57,00
5	Disco de corte moladora	3,45	17,25
3	Disco de pulido moladora	2,00	6,00
1	Disco abrasivo esmeril	18,00	18,00
4	Bocines	6,00	24,00
25	Lija	0,50	12,50
2	Platina 2*1/4	14,73	29,46
1	Carrete de suelda MIG	35,00	35,00
1	Gas CO2 (20 kg)	35,00	35,00
3	Tol (0,7 mm)	15,00	45,00
4	Fibra de vinilo	9,00	36,00
2	Cemento de contacto	5,00	10,00
1	Plancha de esponja	7,00	7,00
3	Alfombra	7,00	21,00
1	Plancha de caucho	15,00	15,00
5	Caucho protección lateral	2,40	12,00
4	Accesorios	23,50	94,00
		SUBTOTAL	523,81
		I.V.A. (12%)	62,86
		TOTAL	586,67

3.3.1 Costos de fabricación

Dentro de los costos de fabricación se consideró el diseño del prototipo, el transporte de los materiales, la mano de obra empleada y el ensamblaje de la estructura completa del mismo, en donde los costos por mano de obra establecidos para el trabajo de metalmecánica es de \$ 363,06 como categoría mínima del cual el costo de trabajo por hora es de \$ 2,27 (M.R.L., 2015), obteniendo así un costo de fabricación de \$ 313,26.

Tabla 17.

Costos de fabricación

FABRICACIÓN Y ENSAMBLAJE			
DENOMINACIÓN	HORAS TRABAJADAS	VALOR/HORA	VALOR TOTAL
Dobles tubos	7	2,27	15,89
Bocines	10	2,27	22,7
Platinas	1	2,27	2,27
Medición tubos	20	2,27	45,4
Corte tubos	4	2,27	9,08
Biselado tubos	5	2,27	45,4
Soldadura tubos	60	2,27	136,2
Instalaciones eléctricas	16	2,27	36,32

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DEL VEHÍCULO

4.1 Pruebas estáticas

La elaboración de estas pruebas es de vital importancia, aquí se considera la carga lateral que resiste el vehículo inclinado a 60° con respecto a la línea horizontal, verificando con esto que el vehículo no voltee.

Es así que el diseño y la distribución de masas en el vehículo son las adecuadas al igual que su suspensión es la idónea, porque con esto garantizamos que el vehículo tiene una excelente estabilidad sin peligro de que este voltee y pierda el control sobre la calzada.



Figura 76. Prueba estática vehículo

4.2 Pruebas de seguridad

Las pruebas de seguridad son muy importantes, de estas dependerá la integridad física de los ocupantes del vehículo, para esto se instaló los respectivos cinturones de seguridad y los asientos, los mismo que fueron anclados sobre una platina de $\frac{1}{4}$ de pulgada de espesor por 2 pulgadas de ancho, estas bases de platina se las construyo de una longitud de 7 cm y se perforo un agujero de $\frac{3}{8}$ de pulgada centrado y a 2 cm del borde. Los cinturones de seguridad constan de 3 puntos de sujeción los mismos que se encuentran en el arco principal del bastidor, y los puntos de anclaje de los asientos están perpendiculares a una platina que sirve de base, esta base se encuentra en el piso del bastidor en la parte de la cabina. En la figura 67 se puede observar las dimensiones a las que se encuentra cada platina de anclaje de asientos y cinturones de seguridad.

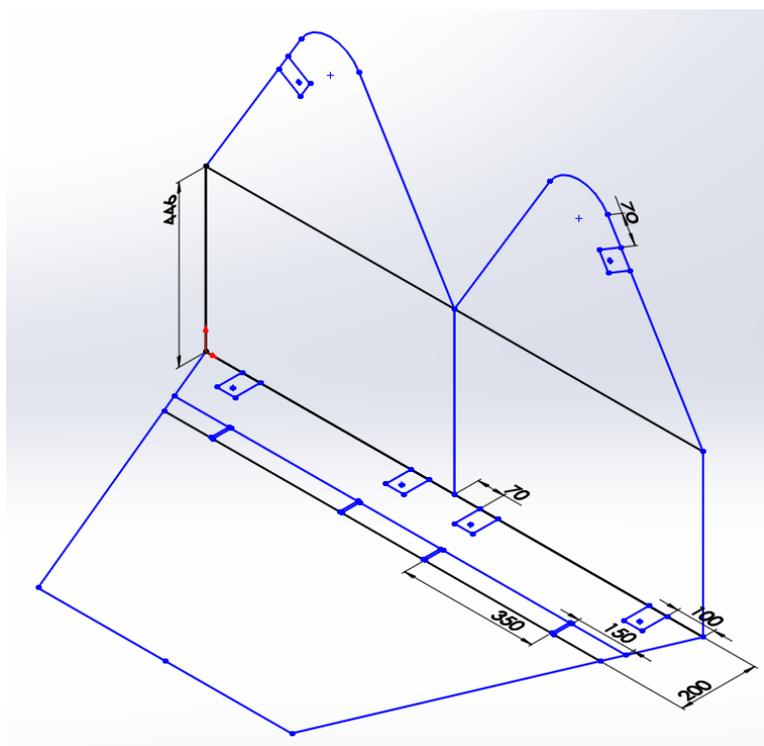


Figura 77. Puntos de sujeción de cinturones de seguridad y asientos

De la misma forma las protecciones laterales del bastidor precautelaran la integridad física de los ocupantes del vehículo, al igual que cada uno de los refuerzos existentes dentro del bastidor de este.

4.3 Pruebas de maniobrabilidad del vehículo

Una vez concluida la construcción del vehículo prototipo, este se encuentra en las condiciones perfectas para comprobar el comportamiento tanto del bastidor y carrocería, como de todos los sistemas que este contiene.

Es así que las pruebas de comportamiento y maniobrabilidad se las ejecutaron dentro del tráfico de la ciudad, vías asfaltadas, y carreteras de segundo orden (lastre tierra).



Figura 78. Pruebas de maniobrabilidad

Por lo que el comportamiento del bastidor y carrocería fue el adecuado, estos soportaron las cargas ejercidas por los elementos más relevantes de los respectivos sistemas y el de los ocupantes del mismo, presentando así una correcta estabilidad dentro de los diferentes tipos de vías en las que se lo transitó, al igual que su perfecto comportamiento en curvas.



Figura 79. Pruebas de comportamiento

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se obtuvo un diseño del bastidor y carrocería del vehículo mediante la simulación realizada en el software de diseño (SOLIDWORKS 2015, versión estudiantil) y el software tipo CAE
- La construcción del bastidor y carrocería se realizó de acuerdo a las medidas establecidas dentro del diseño de los mismos, logrando con esto un resultado final satisfactorio.
- Se consideró la adecuada distribución de masas en el bastidor, de esto depende la correcta ubicación el centro de gravedad para avalar su estabilidad.
- Se realizó las triangulaciones necesarias para obtener una mayor rigidez en el bastidor.
- Se realizó el respectivo estudio de la ergonomía de los ocupantes del vehículo, para así dar la comodidad adecuada a los mismos.
- Se elaboró las respectivas pruebas de maniobrabilidad y seguridad del vehículo logrando con estos resultados satisfactorios del mismo.

5.2 Recomendaciones

- Diseñar y construir palieres y diferencial, para este tipo de vehículos, evitando con esto la adecuación o modificación de existentes en el mercado nacional para su adaptación.
- La Universidad debe impulsar proyectos que motiven la creación de prototipos de vehículos, y el desarrollo de la matriz productiva.

Referencias Bibliográficas:

- SEMA. (2010). Vortex F1, al estilo KTM X-Bow. Recuperado el 24 de Octubre del 2014. De <http://es.autoblog.com/2010/11/04/sema-2010-vortex-f1-al-estilo-ktm-x-bow-ariel-atom/>.
- Importación de Vehículos. (2014).– Consulado del Ecuador. De <http://www.consuladoecuador.tie.cl/impoveh.htm>. Recuperado el 28 de Octubre del 2014.
- Automovil deportivo. (2012). EL automovil deportivo. De http://es.wikipedia.org/wiki/Autom%C3%B3vil_deportivo. Recuperado el 12 de Diciembre del 2014.
- Budynas, R. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. México, D.F.: Programas Educativos de la S.A. de C.V.
- Ferdinand, B (2004). Mecánica de Materiales. México, D.F.: CTPS.
- Tesla Roadster. (2012). Vehiculo Roadster. Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster. Recuperado el 6 de Febrero del 2015.

- INDURA. (2014). Medidas de Seguridad Personal para Soldar. Obtenido de http://www.indura.net/_file/file_1774_af_seg_re.pdf. Recuperado el 12 de Agosto del 2014.
- Luque, P. (2004). Ingeniería del Automovil, Sistemas y Comportamiento Dinámico. Madrid: Thomson.
- Águeda, E. (2010). Elementos Amovibles. 2da. Ed. España: Ediciones Paraninfo.
- Ingemecanica. (20 de agosto de 2014). Fundamentos de la Soldadura MIG-MAG. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn53.html#seccion51>. Recuperado el 20 de Agosto del 2014.
- Reglamento de la Formula SAE 2014.
- Severiano, O. (2004). Elementos Amovibles. 3ra. Ed. México, D.F.: Ediciones Paraninfo.
- Unzueta Irurtia, L. (2002) Diseño, construcción y cálculo estático de chasis tubulares para coches de competición. España: Universidad de Navarra.
- López Sánchez, M. R. (2006). Análisis CFD de un flap Gurney instalado en perfiles NACA., Madrid; Escuela Politécnica Superior, Universidad Carlos III de Madrid.
- Casado, E. (2013). Estructuras del vehículo. 4ta. Ed. España: Ediciones Paraninfo.

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por los señores:
ANTONIO ISRAEL LEÓN ALVEAR y CRISTIAN GEOVANNY SILVA CALVOPIÑA.

En la ciudad de Latacunga, a los 19 días del mes de diciembre del 2015.

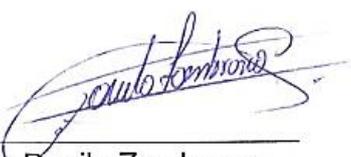


Ing. Euro Mena
DIRECTOR



Ing. Mauricio Cruz
CODIRECTOR

Aprobado por:



Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE CARRERA



Dr. Juan Carlos Díaz

SECRETARIO ACADÉMICO

