

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Diseño y construcción de un vehículo de tipo Kart Cross para rally

Andrés Esteban Guijarro Arias

Juan José Ponce Aylwin

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Ingeniero Mecánico.

Quito, enero de 2009

Universidad San Francisco de Quito

Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACION DE TESIS.

Diseño y construcción de un vehículo de tipo Kart Cross para rally

Andrés Esteban Guijarro Arias

Juan José Ponce Aylwin

Laurent Sass. Ph. D.
Director de la Tesis y
Miembro de Comité de Tesis

.....

Edison Bonifaz . Ph. D.
Miembro de Comité de Tesis

.....

Luis Rodríguez. M.E.M
Miembro de Comité de Tesis

.....

Fernando Romo. M.S.
Decano del Colegio Politécnico.

.....

© Derechos de autor

Andrés Esteban Guijarro Arias

Juan José Ponce Aylwin

2009

Dedicatoria

Dedico este logro a mi familia, por el apoyo incondicional, la confianza y la perseverancia puesta en mi persona. A Andrea Cortés, puesto que ella es la razón de mi motivación para seguir avanzando con la lucha personal y profesional. Y a todos aquellos profesionales que durante el trayecto de mi vida han sido claro ejemplo de superación, desarrollo y prosperidad.

Andrés Guijarro A.

A todos quienes me han brindado su confianza y apoyo a lo largo de mi carrera y mi vida. A mi madre por, de una manera u otra, siempre estar ahí. Finalmente, a mi abuelo, Henry Aylwin, que en paz descanse, quien me ayudo a desarrollar el ingenio.

Juan José Ponce

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que han tomado parte en la realización de este proyecto. Hay muchas personas que han ayudado con todo tipo de aportes que van desde el emocional, con una simple palabra de aliento hasta aquellas que han tomado parte viva de la construcción, entre estas personas las más importantes son mis padres, quienes me han dado su apoyo incondicional, me han dado el respaldo y las fuerzas necesarias para seguir adelante a pasos agigantados, han ayudado en la realización del trabajo en la medida de lo posible y han sido la base económica necesaria para que el proyecto no se detenga y así poder seguir adelante hasta haber podido llegar a la meta. Por otro lado quiero agradecer a mi novia, Andrea Cortés, quién ha sido a la principal soporte y motivación para la culminación de esta etapa estudiantil, es ella quien ha estado a mi lado dándome fuerzas y palabras alentadoras para poder alcanzar la realización de el proyecto. Además a personas, auspiciantes, dueños de talleres, técnicos mecánicos, y a quienes han puesto un aporte, desde un consejo hasta la implicación en la construcción de este muy preciado vehículo. A todos ustedes muchas gracias.

Andrés Guijarro

A todos aquellos que han apoyado y aportado en el proyecto. A mis profesores que han sabido enseñarme. A mi madre y su pareja por apoyarme económicamente con mis estudios. Un agradecimiento especial a la Dra. Linda Arias, quien nos guio paso a paso en la edición del texto. Finalmente, a mi compañero, quien supo persistir en mi persona por sobre mis actos de irresponsabilidad y dejadez.

Juan José Ponce

Resumen

El proyecto “Diseño y construcción de un vehículo del tipo Kart Cross para Rally”, responde a la motivación de experimentar con la planificación, diseño y construcción de un vehículo de competencia deportiva; la Fórmula Automovilística Universitaria, proyecto mentalizado por la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, conjuga el propósito de incentivar a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica a nivel nacional, a desarrollar y potenciar su ingenio en el área automotriz. La complementariedad de estos hechos ha derivado en la ejecución de este trabajo.

La construcción de un vehículo, como es el caso de este trabajo, sirve para conocer y aprender la utilidad de todos los mecanismos y sistemas necesarios para el funcionamiento de un automóvil, además de desarrollar la creatividad en la fabricación de piezas acorde a las necesidades singulares y específicas para cada determinado caso.

La fabricación de este carro deportivo es una aplicación práctica de la buena ingeniería, toda vez que abarca un área teórica – práctica, tanto en la parte del diseño, como en la parte de la construcción, la aplicación del aprendizaje universitario, materializada en la ejecución de este vehículo, responde a la importancia de una profesionalización integral, en la que la ejecución de lo aprendido es primordial.

Al haber coordinado la intencionalidad de crear un vehículo deportivo con un proyecto interuniversitario perfectamente delimitado en algunas áreas, permitió experimentar la complejidad de la ejecución de un proyecto en forma integral, hace que el actor visualice el objetivo desde diferentes posiciones y experimente la incursión en variados campos, de mecánica, de economía, de mercadotecnia, de administración, de relaciones humanas, debiendo en todos tomar decisiones oportunas y asertivas.

En resumen, el diseño y construcción de este vehículo creado totalmente en el Ecuador, permite tanto a los estudiantes, como a los profesionales docentes de la Universidad San Francisco incursionar en el perfeccionamiento del mismo, toda vez que contar con un trabajo experimental, habilita la posibilidad de ir alcanzando mejores productos en forma progresiva, y potencialmente, lograr la industrialización de un vehículo nacional.

Abstract

The “Design and construction of a Kart Cross type vehicle for Rally” project, responds to the motivation of experimenting with planning, designing and constructing of a competing vehicle; the “Fórmula Automovilística Universitaria”, project proposed by Escuela Superior Politecnica del Chimborazo, which conjugates the purpose of motivating students majoring in Mechanical Engineering at national level to develop and enhance their ingenuity in the automotive field. Both of these facts have derived in the execution of this project.

The construction of a vehicle, as it is the case for this project, helped us to know and learn the utility of all the necessary mechanisms and systems for the operation of an automobile, it also helped us develop creativity in the manufacture of parts in order to fulfill the singular and specific needs for each case.

The manufacture of this vehicle is a practical application of good engineering, as it involves a theoretic - practical area in the design, construction, application of knowledge and execution of the project, as it responds to the importance of an integral professionalization, in which the execution of learned subjects is fundamental.

By having coordinated the intentionality of creating a rally vehicle with an interuniversity project perfectly delimited in some areas, we were allowed to experience the complexity of the execution of the project as an integral work, it also made us visualize the objective from different perspectives and penetrate in a variety of mechanics, economics, marketing, management, and human relationship fields, having us take opportune and assertive decisions.

In summary, the design and construction of this vehicle, totally created in Ecuador, allows students as well as faculty members in San Francisco University to go through its project's improvement, also having an experimental project enables the possibility of reaching better products in a progressive form and, potentially, reach the industrialization of a completely Ecuadorian vehicle.

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido.	VIII
Tabla de Imágenes.	X
INTRODUCCION.	1
CAPITULO 1	
1. DISEÑO.	5
1.1. Tren de Potencia.	7
1.1.1. Motor.	7
1.1.1.1. Ciclo Otto de cuatro tiempos.	10
1.1.2. Caja de cambios.	14
1.1.3. Embrague.	17
1.1.4. Otros Componentes.	20
1.2. Chasis.	22
1.3. Suspensión y Dirección.	39
1.3.1. Bases teóricas.	39
1.3.1.1. Angulo de Ackerman.	39
1.3.1.2. Camber.	40
1.3.1.3. Caster.	41
1.3.1.4. Convergencia (toe in – toe out).	42
1.3.2. Suspension.	42
1.3.3. Dirección.	50
1.4. Frenos.	52
1.4.1. Clasificación.	52
1.4.2. Clasificación según el modo de frenado.	52
1.4.2.1. Frenos de tambor.	52
1.4.2.2. Frenos de disco.	53
1.4.3. Clasificación según el tipo de mando.	54
1.4.3.1. Mecanismo de frenos por cable.	54
1.4.3.2. Mecanismo de frenos hidráulicos.	54
1.5. Mandos del piloto.	55
1.5.1. Mecanismo del acelerador y embrague.	55
1.5.1.1. Acelerador.	55
1.5.1.2. Embrague.	56
1.5.2. Mecanismo de freno.	56
1.5.3. Mecanismo de palanca de cambios.	57
1.6. Análisis mediante el método de elementos finitos.	59
1.6.1. Introducción.	59
1.6.2. Análisis del modelo.	59
1.6.2.1. Análisis del chasis sometido a cargas de torsión.	60
1.6.2.2. Análisis del chasis sometido a cargas de flexión.	64

CAPITULO 2.		
2. CONSTRUCCIÓN.	68	
2.1. Chasis.	68	
2.2. Tren de potencia.	83	
2.3. Suspensión.	83	
2.3.1. Suspensión Delantera.	83	
2.3.1.1. Mesa delantera superior.	83	
2.3.1.2. Mesa delantera inferior.	86	
2.3.1.3. Sistema de amortiguación delantera.	88	
2.3.2. Suspensión Posterior.	91	
2.3.2.1. Mesa posterior superior.	91	
2.3.2.2. Mesa posterior inferior.	94	
2.3.2.3. Sistema de amortiguación posterior.	95	
2.4. Dirección.	97	
2.5. Frenos.	100	
2.6. Mandos del piloto.	103	
2.6.1. Mecanismo del acelerador.	103	
2.6.2. Mecanismo de la palanca de cambios.	104	
2.6.3. Mecanismo de freno.	106	
2.6.4. Mecanismo del embrague.	107	
2.7. Sistemas adicionales.	109	
2.7.1. Tanque de gasolina.	109	
2.7.2. Radiador.	109	
2.7.3. Luz de freno.	110	
2.7.4. Montaje del asiento.	110	
CAPITULO 3.		
3. ANALISIS COMPARATIVO.	111	
CAPITULO 4.		
4. CONCLUSIONES.	115	
BIBLIOGRAFIA	117	
ANEXOS		
I	Reglamento de la Fórmula Automovilística Universitaria (FAU) 2008	120
II	Relevant Anthropometric Measures (Medidas Relevantes Antropométricas)	144
III	Presupuesto Separado por Piezas	147
IV	Tabla de Gastos	148
V	Kawasaki ZXR 400 1989: Technical Specifications (Especificaciones Técnicas)	149
VI	Tabla de materiales	150
VII	Planos íntegro del diseño de chasis y mesas en formato de Auto CAD Adjuntos en CD	CD

Tabla de Imágenes

Figura. 1.1.1	El motor de combustión interna con algunas de sus partes más importantes.	8
Figura. 1.1.2.	Tipos de motores según su clasificación por la disposición de cilindros.	9
Figura.1.1.3.	Funcionamiento motor cuatro tiempos.	10
Figura.1.1.4.	Fotografía de la motocicleta Kawasaki ZXR400	12
Figura. 1.1.5.	Fotografía del motor utilizado en el proyecto.	13
Figura.1.1.6.	Imagen de una caja de cambios armada sin carcasa.	14
Figura.1.1.7.	Estructura de la doble sincronización de la caja de cambios.	15
Figura. 1.1.8.	Imagen del despiece de una caja de cambios de dos ejes y 5 velocidades.	16
Figura. 1.1.9.	Tabla Representativa de las características de la transmisión en el motor ZXR400.	16
Figura. 1.1.10.	Imagen que muestra el despiece de un embrague.	17
Figura. 1.1.11.	Imagen que muestra el flujo de potencia en un embrague.	18
Figura. 1.1.12.	Fotografía del embrague en motocicleta.	19
Figura. 1.1.13	Fotografía del sistema de piñón y cadena.	20
Figura. 1.1.14.	Diagrama del eje y homocinéticos.	21
Figura. 1.2.1.	Funcionamiento de un chasis en un vehículo comercial.	22
Figura. 1.2.2.	Vista 3D del conjunto del chasis con algunos implementos.	25
Figura. 1.2.3.	Vista de la ubicación del volante con respecto al asiento en formato 3D.	26
Figura. 1.2.4.	Vista de la ubicación de la pedalera con respecto al asiento en formato 3D.	26
Figura. 1.2.5.	Plano del arco principal con medidas.	27
Figura. 1.2.6.	Plano del arco frontal con medidas.	28
Figura. 1.2.7.	Vista del alma del chasis en perspectiva y con imágenes de formato real.	29
Figura. 1.2.8.	Partes de un sistema de dirección piñón y cremallera.	30
Figura. 1.2.9.	Vista lateral del diseño de la parte frontal del vehículo.	31
Figura. 1.2.10.	Vista frontal de la parte delantera derecha.	31
Figura. 1.2. 11.	Sentido de orientación de bujes de las mesas.	32
Figura. 1.2.12.	Vista lateral y frontal de la parte delantera del chasis.	33
Figura. 1.2.13.	Vista lateral definitiva de la parte frontal del vehículo en modelo lineal.	33
Figura. 1.2.14.	Vista en perspectiva de los arcos con la union superior.	34
Figura. 1.2.15.	Vista lateral y perspectiva del habitáculo.	35
Figura. 1.2.16.	Parte trasera del chasis.	36
Figura. 1.2.17.	Soportes de las mesas y del radiador.	37
Figura. 1.2.18.	Conexión del arco principal con el piso del chasis.	38
Figura. 1.3.1.	Principio de Ackerman y radios de curvatura.	39
Figura. 1.3.2.	Principio de Ackerman, Angulo de punta de dirección.	40
Figura. 1.3.3.	Camber.	40
Figura. 1.3.4.	Caster.	41

Figura. 1.3.5.	Toe-in y Toe-out.	42
Figura. 1.3.6.	Tipos de Suspensiones.	43
Figura. 1.3.7.	Esquema de las mesas.	45
Figura. 1.3.8.	Roll center, vista Frontal.	45
Figura. 1.3.9.	Vista frontal del anclaje y de las mesas delanteras.	46
Figura. 1.3.10.	Vista lateral de anclaje de mesas.	47
Figura. 1.3.11.	Mesas delanteras.	47
Figura. 1.3.12.	Anclaje mesas posteriores, vista posterior.	48
Figura. 1.3.13.	Anclaje mesas posteriores, vista lateral.	49
Figura. 1.3.14.	Vista superior de las mesas posteriores.	59
Figura. 1.3.15.	Vista lateral configuración Volante, barra de dirección.	51
Figura. 1.3.16.	Esquema de sistema de dirección.	51
Figura. 1.4.1.	Imagen Frenos de Tambor.	52
Figura. 1.4.2.	Imagen Frenos de Disco.	53
Figura. 1.5.1.	Esquema de mecanismo de acelerador.	55
Figura. 1.5.2.	Esquema de mecanismo de embrague.	56
Figura. 1.5.3.	Esquema de mecanismo de freno.	57
Figura. 1.5.4.	Esquema de mecanismo de palanca de cambios.	58
Figura. 1.6.1.	Modelo el Chasis representado en Ansys	59
Figura. 1.6.2.	Modelo simplificado de las dos secciones del chasis en Ansys.	60
Figura. 1.6.3.	Fuerzas y Restricciones para cargas a torsión en la parte posterior.	61
Figura. 1.6.4.	Fuerzas y Restricciones para cargas a torsión en la parte posterior.	61
Figura. 1.6.5.	Resultado de esfuerzos de Von Mises para cargas a torsión en la parte delantera.	62
Figura. 1.6.6.	Resultado de esfuerzos de Von Mises para cargas a torsión en la parte posterior.	62
Figura. 1.6.7.	Resultado de deformaciones para cargas a torsión en la parte delantera.	63
Figura 1.6.8.	Resultado de deformaciones para cargas a torsión en la parte posterior.	63
Figura 1.6.9.	Fuerzas y Restricciones para cargas a flexión en la parte delantera.	64
Figura 1.6.10.	Fuerzas y Restricciones para cargas a flexión en la parte posterior.	65
Figura 1.6.11.	Resultado de esfuerzos de Von Mises para cargas a flexión en la parte delantera.	65
Figura 1.6.12.	Resultado de esfuerzos de Von Mises para cargas a flexión en la parte posterior.	66
Figura 1.6.13.	Resultado de deformación para cargas a flexión en la parte delantera.	66
Figura 1.6.14.	Resultado de deformación para cargas a flexión en la parte posterior.	67
Figura. 2.1.1.	Vista 3D de una Boca de Pescado	69
Figura 2.1.2	Plano acotado al piso	70

Figura 2.1.3	Planos del arco principal y secundario	70
Figura 2.1.4	Fotografía del plano principal y frontal	71
Figura 2.1.5	Vista 3D del soporte principal del chasis	72
Figura 2.1.6	Fotografía del soporte del chasis armado	72
Figura 2.1.7.	Vista en perspectiva del diseño del habitáculo	73
Figura 2.1.8.	Fotografía del habitáculo	73
Figura 2.1.9.	Fotografías del habitáculo	73
Figura 2.1.10.	Planos de la parte trasera del vehículo	74
Figura 2.1.11.	Parte trasera del vehículo	75
Figura 2. 1. 12.	Soporte para la parte del chasis de la motocicleta	76
Figura 2. 1. 13.	Soportes para el chasis cortado de la motocicleta	76
Figura 2.1.14 .	Fotografía del proceso de soldadura en la parte frontal del vehículo	77
Figura 2.1.15.	Parte frontal del vehículo	77
Figura 2.1.16.	Soldadura de la plancha lateral	78
Figura 2.1.17.	Habitáculo del vehículo con paredes de acero	78
Figura 2.2.1.	Motor, embrague y caja de cambios de la motocicleta utilizada	79
Figura 2.2.2.	Piñón de la caja de cambios conectada a la catalina mediante cadena	80
Figura 2.2.3.	Piñón de la caja de cambios conectada a la catalina mediante cadena	80
Figura 2.2.4.	Conexión de los homocinéticos para transmisión del torque	81
Figura 2.2.5.	Pieza conectar el homocinético y el eje de transmisión	82
Figura 2.3.1.	Despiece mesa delantera superior	84
Figura 2.3.2.	Extremo de la mesa que permite alineación	85
Figura 2.3.3.	Rótula de la mesa superior delantera	87
Figura 2.3.4.	Sistema de sujeción del portamasas delantero a la mesa superior	86
Figura 2.3.5.	Despiece mesa delantera inferior	87
Figura 2.3.6.	Extremo donde van los bocines sin opción de alinear	88
Figura 2.3.7.	Mecanismo y anclaje amortiguador delantero	88
Figura 2.3.8.	Base superior de amortiguador delantero	89
Figura 2.3.9.	Base superior de amortiguador delantero y platinas	89
Figura 2.3.10.	Soporte transversal	90
Figura 2.3.11.	Vista frontal mecanismo suspensión delantera	90
Figura 2.3.12.	Despiece mesa posterior superior	91
Figura 2.3.13.	Vista superior del mecanismo de alineación del toe posterior	92
Figura 2.3.14.	Bocín de bronce del mecanismo posterior de anclaje del portamasas	92
Figura 2.3.15.	Ensamble del mecanismo	93
Figura 2.3.16.	Mecanismo de alineación del toe posterior (vista posterior)	93
Figura 2.3.17.	Despiece mesa posterior superior	94
Figura 2.3.18.	Mesa Posterior inferior	94
Figura 2.3.19.	Mesa inferior con rotula	95
Figura 2.3.20.	Platinas que conforman la base posterior para amortiguador	95
Figura 2.3.21.	Vista general de anclaje superior de amortiguador posterior	96
Figura 2.3.22.	Anclaje superior de amortiguador posterior y platinas	96

Figura 2.4.1.	Pernos en columna de dirección	97
Figura 2.4.2.	Volante con conexión hembra	97
Figura 2.4.3.	Conexión del volante a la columna	98
Figura 2.4.4.	Cremallera de dirección	99
Figura 2.4.5.	Brazo de dirección alargado	99
Figura 2.5.1.	Bomba de freno y tuberías de cobre	100
Figura 2.5.2.	T de distribución de presiones.	101
Figura 2.5.3.	Conexión de la cañería con la manguera de freno.	102
Figura 2.5.4.	Mordaza de freno.	102
Figura 2.6.1.	Vista general del pedal de freno y acelerador.	103
Figura 2.6.2.	Base de acelerador y agujeros para el paso del cable.	104
Figura 2.6.3.	Palanca de cambios.	105
Figura 2.6.4.	Mecanismo posterior.	105
Figura 2.6.5.	Vista lateral bomba de freno.	106
Figura 2.6.6.	Base de bomba de freno.	107
Figura 2.6.7.	Pedal de embrague.	107
Figura 2.6.8.	Vista lateral de pedal de embrague y regulación altura del pedal.	108
Figura 2.7.1.	Tanque de gasolina con la tubería de llenado.	109
Figura 2.7.2.	Vista posterior de luz de freno.	110
Figura 2.7.3.	Asiento del vehículo.	110

INTRODUCCIÓN.

El campo automotriz a nivel mundial se ha desarrollado e incrementado considerablemente en los últimos años. Hace algunas décadas era muy difícil tener vehículos a costos tan módicos y con prestaciones tan altas como las que día tras día se siguen descubriendo e implementando en los vehículos de serie que se encuentran en el mercado.

Debido a que las necesidades y gustos de las personas son infinitas, se han creado innumerables cantidades de diferentes tipos de vehículos los cuales a su vez son usados con diferentes propósitos y de entre los cuales se los podría seguir subdividiendo en categorías. Existen vehículos enfocados en el transporte masivo de personas, transporte de carga, movilización personal, uso laboral, etc.

En el transporte de personas y carga, existen diferentes tamaños de vehículos con sus respectivas especificaciones de confort de acuerdo al tipo de tramos que vayan a recorrer. Se han creado buses con motorizaciones específicas para uso urbano y otras motorizaciones que se usan ruralmente, las cuales a su vez deben ser adaptadas al tipo de terreno en el cual van a ser utilizados. El confort varía ya que no es lo mismo pasar durante dos horas sentado en un bus a viajar en uno durante toda una noche o inclusive durante días enteros. Por ello se han incluido diferentes asientos, potencia incrementada, aire acondicionado, etc., sin dejar de lado los sistemas de seguridad que para este tipo de vehículos se incorporan, como el caso de tres diferentes tipos de frenos que interactúan para mayor seguridad. Todo adaptado a la necesidad del vehículo.

Para el uso diario de las personas, se han diseñado de igual manera varias opciones divididas en categorías de motorización, tipo de uso, cantidad de pasajeros, lujo, etc. Los vehículos mas pequeños son los biplaza que generalmente son vehículos de bajo peso y altas prestaciones utilizados por gente apasionada a la velocidad. Existen los vehículos pequeños que transportan cuatro o cinco personas, los cuales son los más comunes en el mercado, especialmente el local, y para los cuales existen un sinnúmero de opciones en cuanto a equipamiento, y existen los vehículos más grandes destinados al 4 x 4 o SUV's, los cuales tienen la característica de tener opción a tracción en las cuatro ruedas y son utilizados para transporte en terrenos difíciles.

La ingeniería mecánica en el campo automotriz ha trabajado no solo en el descubrimiento de motores capaces de desarrollar elevadas potencias y torque, sino que se ha ocupado de desarrollar todos los campos que intervienen en esta rama de la industria. Por ello, los automóviles como mecanismos complejos se han tornado en sistemas electrónicos, mecánicos y sistemáticos, que se afectan de alguna manera con los factores externos como el aire, ambiente, suelo, etc., obligando a la realización de estudios y nuevas aplicaciones tendientes a proporcionar al vehículo la capacidad de autoresponder mecánicamente en muchas circunstancias y en situaciones especiales (ej. Airbag se activa cuando el sensor detecta un tipo especial de golpe).

Las grandes industrias automotrices en la actualidad han enfocado sus esfuerzos hacia la producción para comercialización de vehículos de uso doméstico, debiendo interrelacionar la industria con empresas que se encarguen de desarrollar diferentes subsistemas de vehículos específicos. Es así como Bosch, Magnetti Marelli, Brembo, Hemmi y un sinnúmero de empresas a nivel mundial se han asociado para poder obtener lo que hoy en día utilizamos a diario, los vehículos de uso doméstico. Los automóviles actuales llevan la garantía de una sola marca representante de todas aquellas que están relacionadas directamente en los subsistemas. Estas marcas multinacionales tienen los más altos estándares de tecnología para pruebas y desarrollo de los vehículos, así como centros de pruebas, plantas de ensamblaje, etc. Cantidades inimaginables de dinero se han invertido en el desarrollo automotriz.

A nivel latinoamericano la industria automotriz ha creado centros de desarrollo que estudian determinado tipo de vehículos, que van a ser producidos para ser comercializados solo en el mercado local. La demanda de medios de movilización, en los diferentes sectores a nivel mundial varía mucho, dependiendo de las necesidades de la población y de la capacidad de la industria, razón por la cual se producen vehículos para ser comercializados solamente en Europa, o, solamente en Sudamérica, etc.

Los vehículos que son comercializados únicamente a nivel latinoamericano, deben ser adaptados a las condiciones específicas de este sector, para lo cual se deben realizar pruebas y estudios que permitan el buen funcionamiento de los vehículos, acordes con el entorno natural, zonas climáticas, infraestructura local, necesidades comerciales, etc. En Latinoamérica, a diferencia de otros países del mundo, no existen muchas restricciones en cuanto al desarrollo óptimo de la industria automotriz. En Ecuador, al igual que en otros países de Centroamérica no hay cambios climáticos temporales, no hay las cuatro estaciones, sin embargo, hay elevaciones y cordilleras montañosas que obligan a que los vehículos deban ser adecuados de tal forma que no pierdan su potencia ni torque en la variación de altura. Los cambios climáticos y el hecho de que no exista invierno permite que los vehículos no necesiten estar adecuados para soportar y funcionar en temperaturas inferiores a cero, no se hace necesario el uso de distintos tipos de neumáticos ni algunas otras consideraciones que afectan a la vida útil de los vehículos, como el uso de sal para el deshielo, etc.

La industria automotriz en el país no ha sido desarrollada en su máxima expresión, en el Ecuador existen solo dos empresas relacionadas directamente con la producción de vehículos, éstas son: Maresa y General Motors; ambas empresas se ocupan del ensamblaje de partes y piezas previamente diseñadas y construidas en alto porcentaje en el exterior; los diseños son enviados desde los centros de investigación de las marcas de los vehículos, que se ensamblan y comercializan en las plantas locales. De lo dicho se deduce que en el país no se realiza ningún trabajo de desarrollo o investigación, sino exclusivamente de construcción y ensamble.

La gran mayoría de talleres mecánicos locales han direccionado su trabajo hacia la reparación y mantenimiento de los vehículos más no en la ingeniería mecánica a nivel automotriz, es decir en la modificación e innovación de los mismos. Ninguna

empresa o institución ha sido creada con el objetivo de invertir en el mejoramiento de las características y capacidades de los vehículos, solo pequeños talleres se han creado con el objetivo de mejorar el performance de vehículos destinados a competencias de velocidad u otro tipo de competencias, bajo la demanda de clientes específicos que requieren estos servicios. Por lo tanto, el trabajo viene a consistir en el cambio de piezas dañadas y en caso de que éstas no se encuentren en el mercado en la construcción y/o adaptación de otras.

Recientemente, la Formula Automovilística Universitaria, fue creada para que estudiantes de diferentes universidades a nivel nacional puedan desarrollar un proyecto enfocado en la construcción de un vehículo del tipo Buggy Kart Cross para competencia de rally, el cual será probado y comparado en una fecha especificada por los jueces organizadores.

La Universidad San Francisco de Quito con el objetivo de entregar mejores profesionales al país, también esta invirtiendo en el desarrollo e investigación de proyectos que permitan a los estudiantes no solo compararse con otras universidades del país, sino inclusive evaluarse a nivel internacional. Es por ello que en los últimos años se ha planificado el desarrollo de una serie de proyectos relacionados y complementarios que permitan a un sinnúmero de estudiantes desenvolverse en el campo de la investigación.

El proyecto FORMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA (F. A. U.) implica el diseño, fabricación y competición de un coche prototipo del tipo Kart Cross para rally. El proyecto consiste en la simulación de la producción de un vehículo cuyo mercado previsto es el corredor amateur de rally. El coche debe tener alto rendimiento en términos de aceleración, frenado y dirección; debe ser de bajo costo, fácil de mantener y confiable. Cada diseño será probado en competencia, comparado y juzgado con otros diseños con el fin de determinar el mejor coche.

Para el desarrollo del proyecto FAU existe un reglamento en el cual se ha determinado una serie de normas y regulaciones, que deben ser cumplidas en su totalidad por los vehículos participantes en la competencia. Estas normas tienen como objetivo incentivar a todos los estudiantes en igualdad de condiciones para que desarrollen al máximo su ingenio y alcancen los resultados más óptimos y eficientes posibles, para los vehículos en funcionamiento. (Ver anexo I)

Una de las normas establece que el auto no debe superar los cinco mil dólares estadounidenses en costo neto de piezas, el objetivo del establecimiento de ésta limitación es que la producción del vehículo se logre aprovechando al máximo los recursos económicos. Se debe por lo tanto, utilizar piezas de fácil acceso y con bajo costo a nivel local, de buena calidad y fácil reemplazo, de tal forma que permitan generar seguridad para el tipo de uso que va a tener el automóvil, y ser a la vez fácilmente cambiabile en caso de deterioro o daño.

Como en la mayoría de los vehículos, la seguridad de los ocupantes es uno de los factores más importantes a ser tomado en cuenta al momento del diseño y construcción del buggy. Prima el principio de que las partes mecánicas materiales son

fácilmente reemplazables mientras que el cuerpo humano y/o la vida humana son difíciles de restaurar e imposibles de recuperar, razón suficiente para que la industria automotriz en general, invierta un alto porcentaje del presupuesto total de producción de los vehículos en la creación e invención de sistemas seguros para los usuarios.

El objetivo del proyecto es la fabricación y construcción de un vehículo motorizado de competencia y altas prestaciones, que debe cumplir con normas que garanticen la seguridad de los pilotos y de los espectadores a reducir al mínimo el riesgo de las personas en caso de colisión o fallas técnicas. Algunas de las normas requeridas, contenidas en el reglamento establecido son: los sistemas de frenos deben ser aplicables a las cuatro ruedas; debe preverse una cobertura integral para el piloto que lo proteja desde la parte frontal hasta la parte posterior; arcos de seguridad en caso de volcadura; mínimas aperturas en los componentes de suspensión y ningún elemento puntiagudo o corto punzante que sobresalga del vehículo.

El proyecto se ha dividido en tres etapas:

- la primera es la etapa del diseño e investigación. En esta etapa se analiza todos los implementos a utilizarse en la fabricación del vehículo, se hace un estudio minucioso del funcionamiento de cada una de ellos y la forma de optimizarlos al máximo para obtener mayor eficiencia en las piezas y partes utilizadas;
- la segunda etapa corresponde a la ejecución de lo planificado en la etapa de diseño. Corresponde a la construcción del vehículo. En esta fase se construye todas las piezas anteriormente diseñadas, se las ensambla en conjunto, creando un solo sistema y de esta manera poder verificar el funcionamiento íntegro del automóvil construido; y
- la tercera etapa corresponde al análisis comparativo de las dos etapas anteriores, en esta se analiza la efectividad de los cálculos realizados para la construcción del vehículo con el vehículo construido. Se justifica y evalúa los resultados de la construcción en relación al diseño del automóvil.

La Formula Automovilística Universitaria se ha implementado para incentivar la creatividad y la investigación en el área automotriz, hacia la obtención de nuevos modelos de vehículos, con piezas innovadoras que cumplan los requerimientos de las nuevas tecnologías, y con optimización de recursos económicos, las restricciones del proyecto son muchas y es necesario tenerlas presente para poder crear un vehículo que cumpla con las características requeridas. En conclusión, el principal objetivo es tener un vehículo óptimo tomando en cuenta las limitaciones del reglamento.

CAPITULO 1

1. DISEÑO.

Para el diseño de este vehículo se debe definir los lineamientos principales dentro de los cuales se lo fabricará, teniendo en cuenta la clase de automotor a construirse, los requerimientos de fuerza, potencia y resistencia, el uso al que está destinado, la capacidad de adaptación al terreno en el que va a circular, el número de pasajeros que serán transportados, y sobre todo, el presupuesto dentro del cual debe realizarse su producción.

Los lineamientos o parámetros a ser considerados son:

- El establecimiento del tipo de vehículo a construirse es importante para la definición de las partes y piezas que van a utilizarse.
- En el diseño del vehículo a fabricarse, es importante decidir el tipo de motor a utilizarse, ya que la potencia y torque del mismo determinarán las diferentes piezas de tracción y frenado a usarse.
- El peso juega otro papel muy importante, se debe analizar la inercia y la fuerza que el vehículo requerirá para moverse y a su vez la que generaría en caso de impacto, sin despreciar el peso del piloto.
- A partir de los parámetros anteriormente mencionados se definen las variables a utilizarse en la suspensión, dirección, tracción y frenado, pues conforman en su conjunto todas las funciones básicas de un automóvil.
- En la construcción de un vehículo no se debe descuidar el tema de la seguridad del piloto, para lo cual se debe considerar la calidad de los materiales y la forma del chasis a utilizar.
- El vehículo debe ser fabricado bajo un presupuesto de CINCO MIL DOLARES ESTADOUNIDENSES, conforme lo establece el reglamento del proyecto.

El presupuesto establecido como límite para el desarrollo del proyecto constituye una limitación trascendente, por lo que la etapa de diseño debe ser la más certera posible, pues la fabricación de piezas inútiles, provocaría un desperdicio del recurso económico; esta limitación es totalmente coherente con el ámbito de la producción automotriz en el mundo, pues de igual forma en las grandes empresas automotrices, a pesar de tener grandes presupuestos para el desarrollo, creación e innovación de sus vehículos, cada vez van implementando tecnologías mas eficientes para poder reducir los costos de producción de los automotores.

Cabe resaltar que las empresas multinacionales que en el campo de la Ingeniería Mecánica y Automotriz invierten grandes sumas de dinero en la capacitación y preparación de ingenieros mecánicos, que a la larga llegan a ser pilares fundamentales en el campo de investigación y desarrollo de las mismas empresas. Gracias a su trabajo, se crean nuevos implementos automotrices, nueva maquinaria, e inclusive novedosos sistemas informáticos que permiten facilitar y optimizar los

procesos de industrialización automotriz. Algunos de estos software permiten realizar pruebas del vehículo a fabricarse, mediante simulacros virtuales logrando así reducir los costos, pues, la construcción efectiva del producto se hace bajo parámetros más asertivos.

La industria automotriz se ha desarrollado a tal grado, que además de pretender construir vehículos lo más eficientes posibles, deben poseer bajos costos de producción, habiendo desarrollado para ello programas informáticos que ayudan en la optimización del tiempo y de los elementos y materiales utilizados en el ensamblaje. Este software está específicamente enfocado en el diseño de piezas mecánicas, simulación de comportamiento, y obtención de parámetros y datos aproximados a la realidad.

Dentro de la etapa de diseño se debe tener en cuenta que los vehículos están compuestos de algunos sistemas fundamentales como son la suspensión, la dirección, los frenos, la transmisión, el cableado eléctrico, y otros, los mismos que están directamente relacionados con la seguridad, la visibilidad y la comodidad de los pasajeros en los automóviles. Cada uno de estos sistemas tiene su principal y propia relevancia en cuanto al diseño y funcionalidad, cumplen una función específica, y a su vez están interrelacionados para obtener como resultado el buen desempeño de un automóvil.

1.1. Tren de Potencia.

Entre los principales sistemas que conforman un automóvil se encuentra la transmisión. Éste sistema, también conocido como tren de potencia es el encargado de proveer de fuerza al vehículo para que se produzca su desplazamiento. Está conformado por el motor que produce un movimiento rotacional y la transmisión, encargada de transferir el movimiento a las llantas y por consiguiente al vehículo.

1.1.1. Motor.

Un motor es una máquina que transforma la energía química almacenada en ciertas fuentes como combustibles y baterías, en energía mecánica que permita realizar un trabajo. Así en todos los vehículos el motor genera la fuerza que produce el movimiento. Entre los motores existen diferentes tipos: motores térmicos, de combustión interna, de combustión externa, eléctricos y de vapor.¹ [1].

Los motores de combustión interna son completamente cerrados, generan movimiento a través de la explosión del combustible dentro de una cámara cerrada. El combustible: la gasolina o el diesel, son fluidos altamente inflamables, lo que permite que se calienten a altas velocidades produciendo gases de combustión y calor; dentro de la cámara, el calor hace aumentar la temperatura y la presión de los gases (debido a las leyes de la termodinámica), originando una tendencia a aumentar de volumen, siempre que el sistema lo permita, esta tendencia se transforma en el movimiento de un mecanismo llamado pistón, el cual es la parte móvil de la cámara de combustión, y este movimiento se aprovecha como fuente de energía o fuente motriz². [2]

El motor es una compleja máquina de ingeniería, en la que se aplica teorías mecánicas, dinámicas, termodinámicas, de mecanismos, electrónicas, electromecánicas, físicas en general, razón por la cual éste está conformado por un sinnúmero de piezas. En el siguiente gráfico se observan algunas de las más importantes partes de un motor:

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>

² El motor de gasolina, pág. 28

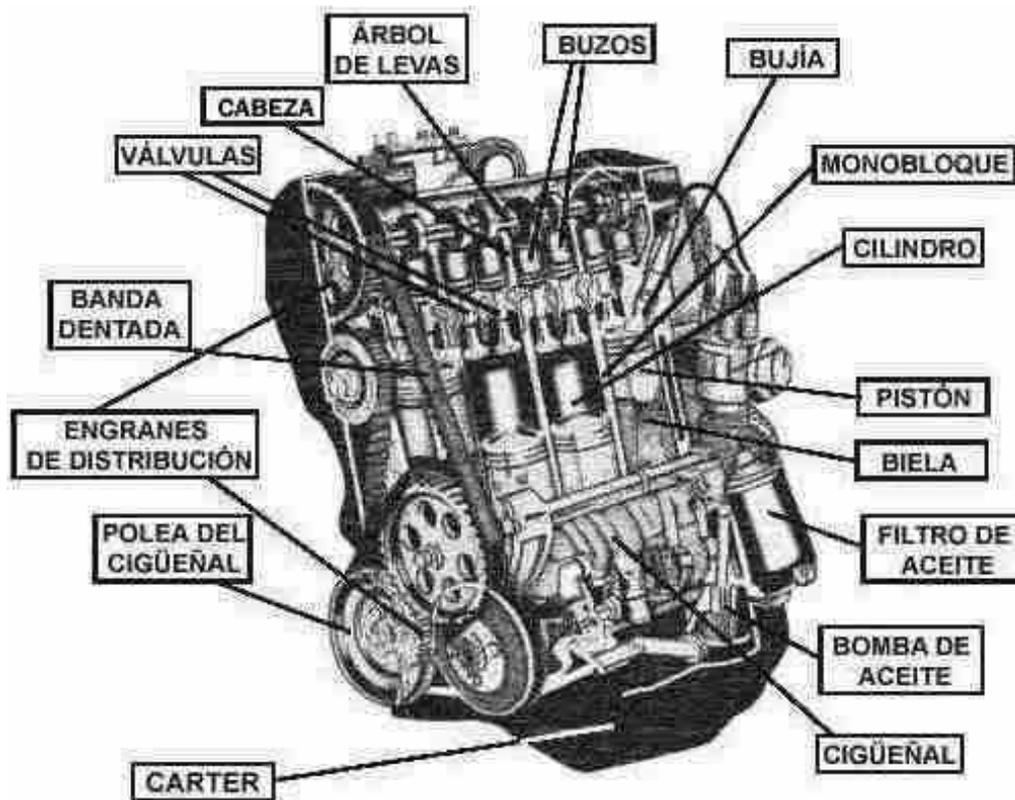


Fig.1.1.1.El motor de combustión interna con algunas de sus partes más importantes.³

Existen distintos tipos de motores de combustión interna que se clasifican según:

1. El combustible empleado:
 - 1.1. Motores de gas: queman combustible gaseoso.
 - 1.2. Motores de gasolina: queman combustible líquido (el más común).
 - 1.3. Motores de aceites pesados: se alimentan de diesel o combustibles pesados.

2. La forma de combustión:
 - 2.1. Motores de explosión con encendido provocado de combustible: aire y combustible mezclados se introducen en el cilindro y en compresión se provoca la explosión por chispa eléctrica.
 - 2.2. Motores diesel por autoignición de combustible: ingresa el aire y tras comprimirse entra el diesel pulverizado que debido al calor y la presión de la cámara de combustión se quema.

3. El Número de carreras:
 - 3.1. Dos tiempos: embolo baja y sube una sola vez por cada ciclo de combustión.
 - 3.2. Cuatro tiempos: embolo baja y sube dos veces por cada ciclo de combustión.

³ <http://www.vochoweb.com/vochow/tips/red/motor/default.htm>

4. Número de cilindros:
 - 4.1. Mono cilíndrico: un solo cilindro en el que se produce la combustión.
 - 4.2. Poli cilíndricos: dos o más cilindros en los que se produce la combustión.

 5. Disposición de cilindros (Ver figura 1.1.2.)
 - 5.1. Verticales, horizontales o inclinados.
 - 5.2. En línea: están colocados paralelos y uno tras otro.
 - 5.3. En V: dos juegos de cilindros en línea abiertos con cierto ángulo.
 - 5.4. Opuestos: dos juegos de cilindros en línea con ángulo de 180°.
 - 5.5. En estrella: cilindros colocados en diferentes posiciones cubriendo los 360°⁴.
- [3]

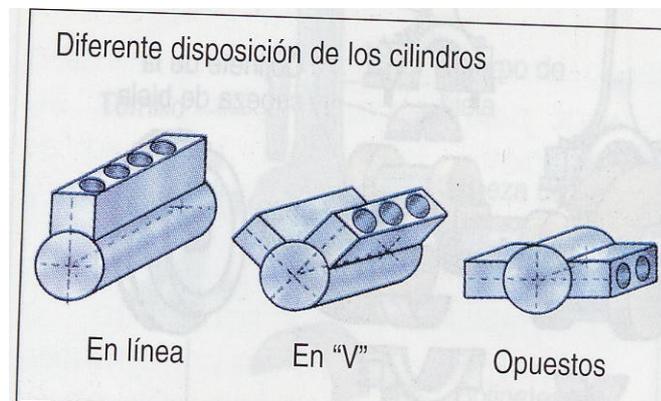


Fig.1.1.2. Tipos de motores según su clasificación por la disposición de los cilindros.⁵

El motor de combustión interna puede reunir varias de las características de clasificación antes mencionadas, las mismas que definen la capacidad de generar torque y potencia una vez puesto en funcionamiento; en el mercado se oferta una gran variedad de motores, todos varían en los resultados ya sea debido a la diferencia de sus características o a la diferencia de tecnología en ellos implementada, por ejemplo el tamaño del motor y el número y disposición de cilindros son factores identificatorios propios en las cualidades de un motor, si tenemos un motor muy grande con un solo cilindro su fuerza será alta pero no tendrá capacidad para desarrollar altas velocidades, por el contrario si es un motor de poco tamaño con alto número de cilindros podrá generar altas velocidades pero no alta fuerza.

Cada cilindro del motor de combustión interna de cuatro tiempos emplea denominado el **Ciclo Otto de Cuatro Tiempos**, que consiste en cuatro etapas: admisión, compresión, explosión y escape, como se puede observar en la figura 1.1.3:

⁴ El motor de gasolina, pág. 29-31

⁵ <http://xtremeracingbym.iespana.es/motores.htm>

- En la admisión el pistón realiza su movimiento desde el punto más alto hasta el más bajo creando un vacío que es llenado por la mezcla de combustible con aire, al estar abierta la válvula de admisión.
- En la compresión, el pistón realiza su movimiento desde el punto inferior hasta el superior ocasionando que el combustible mezclado con aire se comprima.
- La explosión, es la etapa en la que la mezcla comprimida se enciende por medio de una chispa generada por la bujía y mueve el pistón con fuerza hacia su posición inferior.
- El escape es la etapa en la cual se expulsan los gases de combustión de la mezcla a través de la válvula de escape para poder reiniciar el ciclo.

Este proceso se da en cada uno de los pistones y estos están interconectados unos con otros a través de un cigüeñal que es el que permite transmitir el movimiento y la fuerza generada hacia afuera del motor, además las VÁLVULAS se abren y cierran gracias a que el cigüeñal esta conectado directamente al ÁRBOL DE LEVAS a través de una BANDA DENTADA, conforme se observa en la figura 1.1.1.

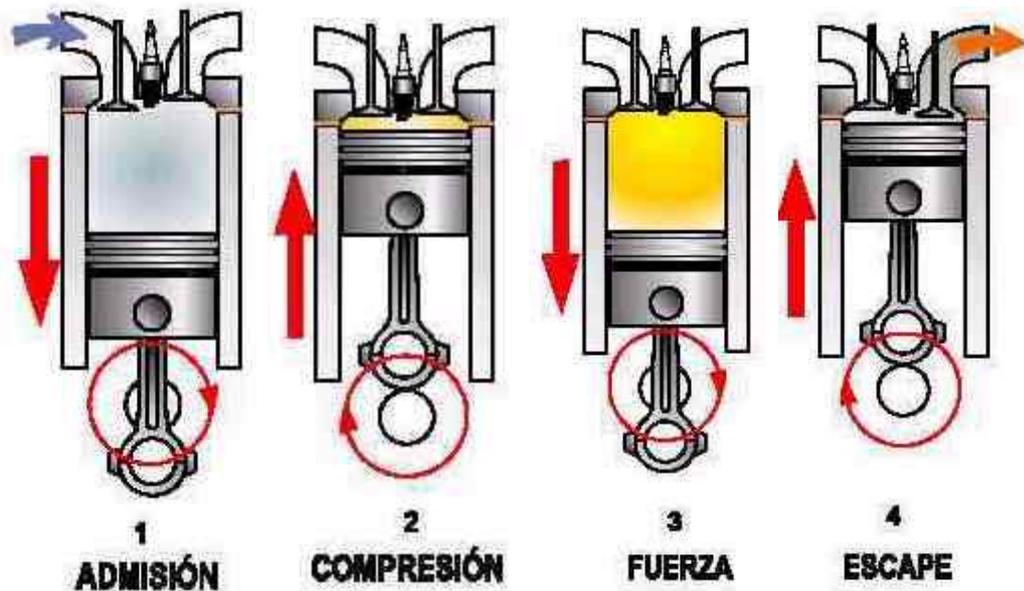


Fig. 1.1.3. Funcionamiento motor 4 tiempos.⁶

La cilindrada del motor afecta directamente la potencia que este pueda entregar. La cilindrada de un motor es medida en centímetros cúbicos, los cuales representan el volumen de recorrido que tiene la suma de todos los pistones de un motor. La carrera es el espacio comprendido entre el punto muerto superior (la posición más alta del pistón) y el punto muerto inferior (la posición más baja del pistón) mientras se produce el funcionamiento del ciclo Otto en un motor. El cilindraje está dado por la suma del área de cada pistón multiplicado por la carrera. Esta

⁶ <http://www.vochoweb.com/vochow/tips/red/motor/pagina07.htm>

característica es diferente en casi todos los motores, ya que cada modelo tiene su propio diseño.⁷ [4]

La eficiencia de un motor de combustión interna depende del grado de compresión, la cual es medida por la relación entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión. Esta relación suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano. La eficiencia media de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%, sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica⁸. [5]

En la actualidad los vehículos utilizan motores de cuatro tiempos con variación en el número de cilindros: para los carros estándar se utiliza 4 cilindros en línea, para vehículos de mayor potencia se utiliza 6 y 8 cilindros en V. También existen motores con diferentes números de cilindros y ángulos usados en automotores específicos.

Entre las normativas dictadas por la Fórmula Automovilística Universitaria, se encuentra determinado el tipo de motor a ser usado:

- La competencia permite el uso de uno o varios motores que en conjunto pueden alcanzar un máximo de 610 centímetros cúbicos de desplazamiento.
- El paso de aire para todos los motores debe ser a través de un único sistema de admisión,
- El motor debe tener mínimo un año de antigüedad.

Para la implementación del motor en el vehículo se requiere tener en cuenta el espacio con que se cuenta en la carrocería. A parte del tamaño de motor se debe analizar con mucho cuidado las características con respecto al torque y potencia que genera, para que sea eficiente en el uso del vehículo. Los motores de 600 centímetros cúbicos, son en su gran mayoría utilizados en motocicletas. Las motos actuales poseen motores desde 25 c.c. de cilindrada hasta más de 1000 c.c. dependiendo del uso que vaya a dársele, y por consiguiente dependiendo de las prestaciones necesarias. Por ello, para la ejecución de este trabajo, se debe tomar en cuenta el uso para el que el vehículo se ha diseñado, a fin de aprovechar al máximo las capacidades y características del motor que sea seleccionado.

El Kart Cross diseñado en este trabajo es un monoplaza de carrocería tubular con bajo peso. Debe tener buen comportamiento en las curvas, buen arranque y buen comportamiento de aceleración en movimiento. Por esto gran porcentaje del espacio y peso esta dado por el sistema de tracción que principalmente lo conforma el motor. Al

⁷ MANUAL CEAC DEL AUTOMOVIL, Grupo Editorial CEAC, 2003, Barcelona España, Impreso por Graficas Mármol, Pagina 35.

⁸ http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761553622/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna.html

ser una pieza fundamental y tener peso y tamaño bastante considerable en del vehículo, el motor debe ser considerado desde el principio del diseño.

El objetivo es conseguir un motor en el mercado local que pueda ser utilizado eficientemente, aprovechando al máximo la potencia que el mismo pueda generar y con niveles de torque significativos. En el mercado local no se encuentra fácilmente este tipo de motores. La mayoría de motores de este tipo se encuentran en motocicletas de alto rendimiento y altas velocidades. Estas motos de pista no han tenido un mercado amplio en el país, por lo que adquirir un motor de estas características se torna complicado.

Se consideraron dos opciones como las más adecuadas para la adquisición del propulsor del vehículo a construirse: adquirir un motor de motocicleta y las partes y piezas necesarias para el ensamblaje y, adquirir una motocicleta usada en buenas condiciones que permita el uso de todas sus piezas y partes. Atendiendo a varios aspectos como: el presupuesto, la potencia requerida, el peso del motor, las especificaciones generales del mismo en lo que refiere a torque, potencia y descripciones, se tomó la decisión de adquirir no solo el motor, sino una moto Kawasaki ZXR 400 del año 1992 (ver Figura 1.1.4.). Pudiendo ser aprovechadas todas las piezas de la moto.



Fig. 1.1.4. Foto de la motocicleta Kawasaki ZXR 400⁹.

El motor de motocicleta tipo ZXR 400 marca Kawasaki, de combustión interna es apropiado por su potencia y tamaño. Su ensamblaje no requiere de mucho espacio, su peso es adecuado (aproximadamente 80 Kilogramos), y es de fácil adaptación al vehículo pues posee tres puntos de conexión al chasis. Las características mecánicas este motor transversal son: 400 c.c. de desplazamiento, cuatro cilindros con carburador independiente, 16 válvulas, y doble árbol de levas; puede proveer la potencia máxima de 60 hp (44kW) @ 12000 rpm y un torque de 40 Nm. (29.5ft. lb) @ 10000 rpm.¹⁰ [6], lo que lo hace apto para las necesidades que tendrá.

⁹ www.bikepics.com/members/shadowrf/

¹⁰ http://www.motorbikes.be/en/Kawasaki_ZXR_400_1989.aspx



Fig. 1.1.5. Motor utilizado en el proyecto¹¹

La selección del motor responde a las características generales del vehículo y a las prestaciones deseadas, por ser de peso liviano (350 Kg.), la relación peso potencia de seis a uno en el vehículo a fabricarse, indica que el motor requerido debe rodear los 60 hp.; además, se consideró factible el aprovechamiento de la caja de cambios y del embrague propios del motor, optimizando el uso del mismo, a bajo costo, pues no hay que hacer adaptaciones extras que impliquen mayor gasto en el sistema de transmisión, y se garantiza el buen funcionamiento del sistema, cumpliendo uno de los objetivos proyectados.

El movimiento generado por el motor no es enviado directamente desde el cigüeñal hacia el eje de transmisión, se necesita transformar la rotación del mismo para tener la capacidad de dar mayor o menor torque y potencia dependiendo de la necesidad, y para esto se utiliza la CAJA DE CAMBIOS encargada de otorgar la adecuada cantidad de torque para que el vehículo tenga movimiento con parámetros de consumo y potencia lo más adecuados posibles.

1.1.2. Caja de Cambios.

La caja de cambios es un mecanismo que modifica, con mando manual o automático la velocidad de giro que llega a las ruedas. Está formada por unos trenes de engranajes que proporcionan ciertas reducciones llamadas velocidades o marchas, que sirven para poder adaptar la potencia del motor a las dificultades del terreno, y a la velocidad de circulación deseada. La caja de cambios va adosada al motor con la interposición del embrague, cuya explicación se hará con posterioridad. En la instalación se tendrá en cuenta que para una misma potencia y revoluciones del motor, si las ruedas giran muy rápido, lo hacen con menos fuerza que si giran despacio.

¹¹ Fotografía tomada del motor de la motocicleta Kawasaki ZXR 400

Las marchas cortas proporcionan poca velocidad pero mas fuerza; las largas mas velocidad pero menos capacidad para superar las pendientes¹². [7]

Si no existiera la caja de cambios, el número de revoluciones del motor se transmitiría íntegramente a las ruedas, por lo tanto, el par que desarrolla el motor sería igual al par resistente en las ruedas, y, si éste aumentara, habría que aumentar igualmente la potencia del motor para mantener el equilibrio. Esto es muy difícil ya que se necesitaría un motor de extrema potencia, capaz de absorber cualquier diferencia de carga en funcionamiento. [8]

La caja de cambios permite adecuar el par motor necesario en las diferentes condiciones de marcha, aumentado el par de salida a cambio de reducir el número de revoluciones en las ruedas. Con la caja de cambios se logra mantener dentro de condiciones óptimas la potencia desarrollada por el motor¹³. [9]

Las cajas de cambio de las motos son muy parecidas a las de los automóviles. Funcionan con dos ejes y en cada eje existe una horquilla que empuja los piñones hacia un lado y hacia otro conforme se van pasando los cambios. Estas horquillas parten desde un tercer eje que gira hasta completar casi una vuelta. Como se muestra en la figura 1.1.5.:



Fig.1.1.6. Imagen de una caja de cambios armada sin carcasa¹⁴.

La diferencia de las cajas de cambio de las motos con las de los autos es que los piñones de las motos no tienen sincronizadores, que son unos frenos cónicos que lleva cada piñón para igualar velocidades antes de engranar, evitando así la ruptura de los mismo por mordedura, golpes e interferencia entre sí, se los puede apreciar en la figura 1.1.7. La razón por la cual las motos no llevan estos sincronizadores se debe a que el eje primario al ser embragado comienza automáticamente a girar a la misma velocidad del secundario lo cual ayuda para que los cambios pasen entre sí de una manera extremadamente suave, lo que se explicará en la sección del embrague. [10]

¹² Manual CEAC del Automóvil, pág. 11

¹³ <http://www.nocturnabsas.com.ar/forum/autos-y-motos/188044-caja-de-cambio.html>

¹⁴ <http://850lemans.blogspot.com/2007/07/ajuste-de-la-caja-de-cambios.html>

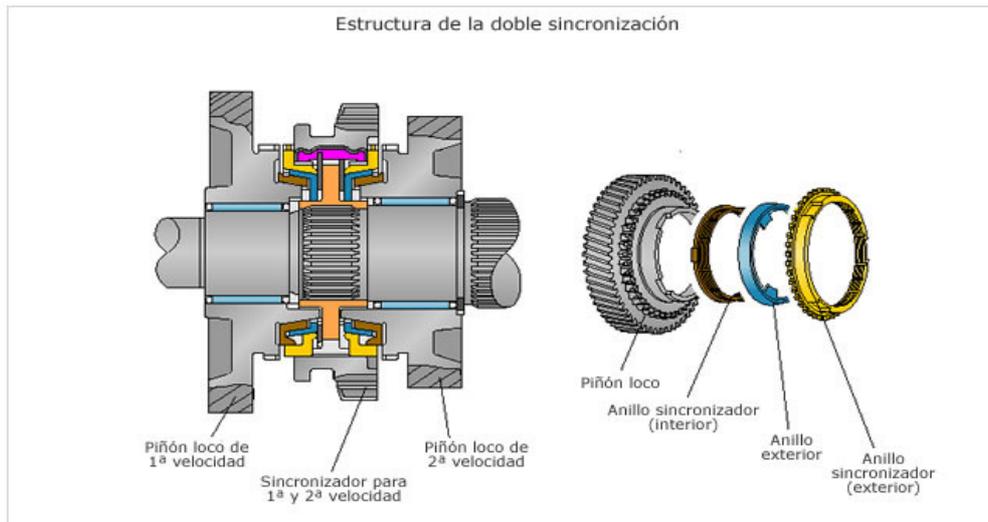


Fig.1.1.7. Estructura de la doble sincronización¹⁵.

Estas cajas de cambio sólo poseen dos ejes, como la que se muestra en la figura 1.1.8. El eje primario obtiene su giro del motor a través del embrague y lo transmite a un eje secundario que acciona diferentes mecanismos hasta llegar a las ruedas. La transmisión de todo el par mediante dos ejes obliga a los piñones a soportar cargas elevadas por lo que es preciso emplear materiales de alta calidad en la fabricación de estos piñones. [11]

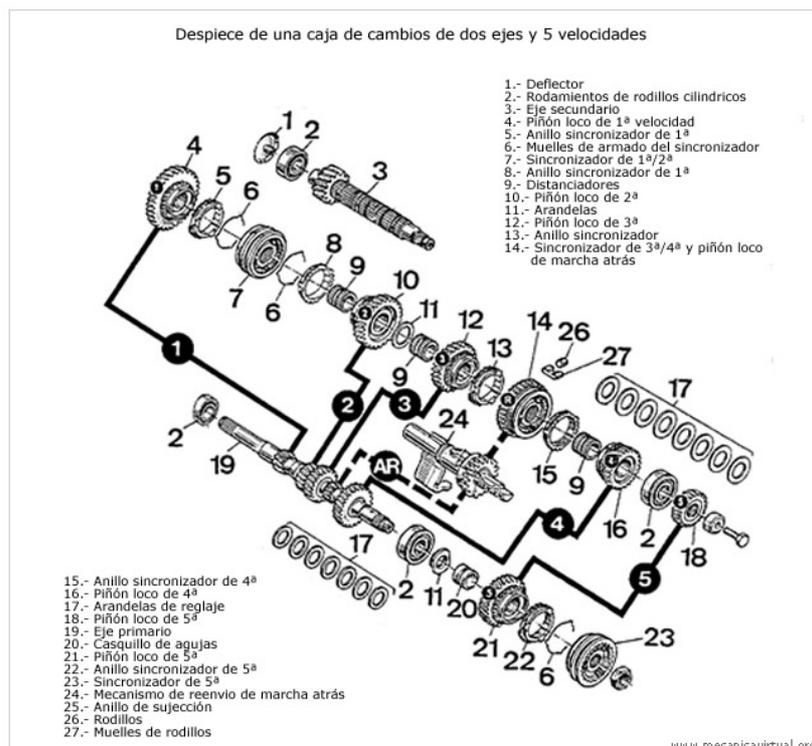


Fig1.1.8. Imagen del despiece de una caja de cambios de dos ejes y cinco velocidades¹⁶.

¹⁵ <http://www.nocturnabsas.com.ar/forum/autos-y-motos/188044-caja-de-cambio.html>

El motor Kawasaki ZXR 400 se adquirió con caja de cambios integrada. Esta es una caja de cambios de seis velocidades con marchas secuenciales, como se especifica en el gráfico 1.1.9., lo que quiere decir que para aumentar o disminuir las marchas, solo es posible realizar una por una. No se puede bajar o subir dos marchas al mismo tiempo. Por otro lado la transferencia del movimiento del motor hacia la caja de cambios, se realiza a través de un mecanismo llamado embrague, el cual permite el desacoplamiento para el cambio de marchas.

TRANSMISSION	
Clutch	wet multi disc
Gearbox	6 speed
Ratios	1st 2.846 (37/13), 2nd 2.055 (37/18), 3th 1.631 (31/19), 4th 1.380 (29/21), 5th 1.240 (31/25), 6th 1.111 (30/27)
Final drive	Chain

Fig.1.1.9.Tabla representativa de las características de la transmisión en el motor ZXR 400¹⁷

1.1.3. Embrague.

Existen cajas de cambios de motocicletas de 2, 4, 5 y 6 marchas, tienen el sistema de embrague muy parecido a los automóviles. El embrague tiene la función de desacoplar el movimiento del cigüeñal al eje de la caja de cambios. Ésta separación es necesaria debido a que el motor, una vez encendido se mantiene en movimiento constante a diferentes velocidades. Entonces para cambiar la fuerza de movimiento en relación con la velocidad a la que este girando el motor, es necesario desconectarlo de los engranes de la caja de cambios para poder engranar en otro engranaje y tener una diferente relación de fuerza y velocidad del vehículo. Por consiguiente, el trabajo del embrague es igualar la velocidad de giro del motor con la velocidad de la caja de cambios. [12]

En la figura 1.1.10. se puede apreciar el conjunto de embrague en despiece, en la que dentro de la campana del embrague se encuentran placas metálicas intercaladas con placas de asbesto. Al presionar el embrague se separan las placas dejando en libertad al motor y a la caja de velocidades con sus engranes de reducción. Al realizar el cambio correspondiente, mientras se acelera el motor se comienza a soltar la palanca del embrague y las placas comienzan a unirse nuevamente mediante resortes que las mantienen juntas contra el eje que del cigüeñal. Cuando la palanca del embrague se ha soltado completamente, las placas estarán firmemente unidas y la fuerza del motor será transferida a las ruedas¹⁸. [13]

¹⁶ <http://www.nocturnabsas.com.ar/forum/autos-y-motos/188044-caja-de-cambio.html>

¹⁷ Figura tomada de Anexo V

¹⁸ <http://redcamelot.com/mecanica/embrague.htm>

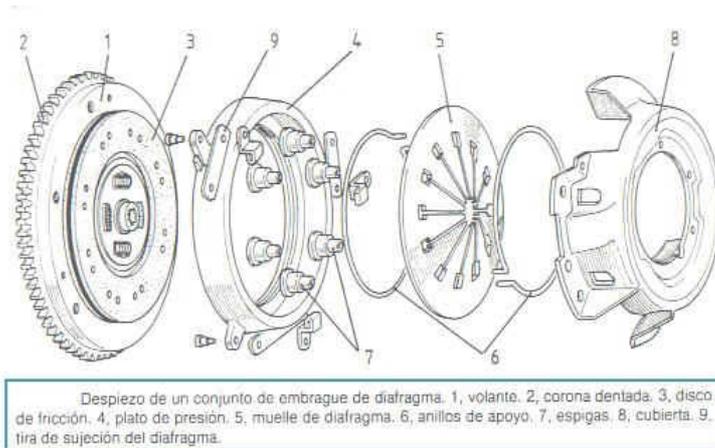


Fig.1.1.10. Imagen que muestra el despiece de un embrague¹⁹.

Los embragues pueden ser monodiscales o multidiscales. El embrague monodisco no se puede utilizar en las motocicletas debido al volumen que requiere. El embrague multidisco es la aplicación del mismo principio de fricción a las características de una moto. En el vehículo a fabricarse, existe una limitación de espacio que no permite implantar un disco grande, por lo que, se debe aumentar la superficie de fricción utilizando muchos discos pequeños, de esta forma se aprovecha el mismo esfuerzo de compresión para generar presión en todos ellos y así tener la palanca de embrague con mayor sensibilidad. [14]

¹⁹ <http://www.torremoto.com/mecembrague.htm>

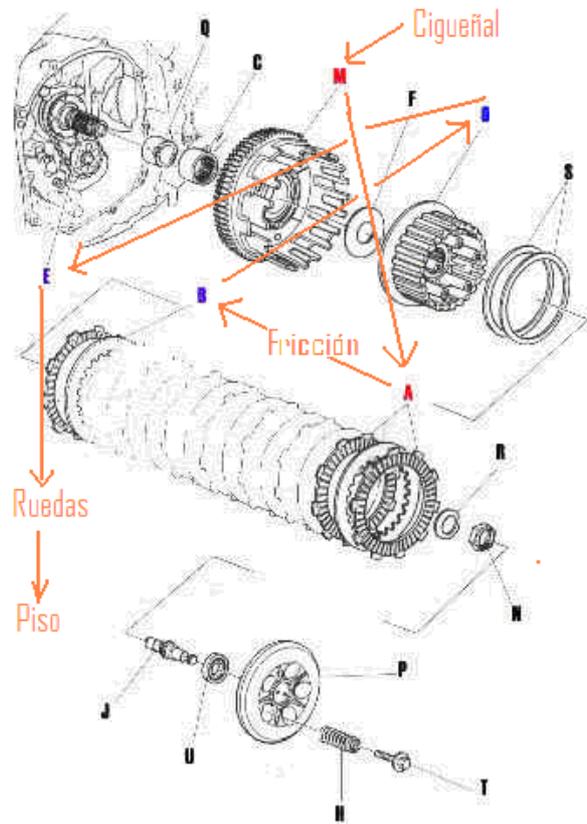


Fig.1.1.11. Imagen que muestra el flujo de potencia en el embrague²⁰

En la figura 1.1.11. se aprecia, en color rojo la parte del embrague que gira con el motor de masa (M), con un dentado en su perímetro para recibir la potencia del cigüeñal. La masa posee una forma tal que acopla perfectamente en ella las lengüetas de los discos conductores (A).

Las piezas representadas en color azul corresponden al eje primario del eje (E), el tambor (O) y los discos conducidos (B), son los que van a generar el cambio y todos estos están interconectados por estriados.

Los cojinetes tanto axiales como radiales y de empuje, sirven para que no exista rozamiento directo entre ciertas piezas, entre la maza y el conjunto tambor con el eje primario se utiliza un cojinete axial (F), un cojinete radial (C) y un casquillo antifricción (Q). Por otro lado entre el empujador estático (J) y el plato de presión en movimiento (P) se necesita un rodamiento de empuje (U).

Cuando se desea cambiar de marcha se debe desacoplar el movimiento del cigüeñal, presionando el mando del embrague, que mediante un cable o circuito hidráulico transmite fuerza contra el plato de presión (P) y éste contra la fuerza de los muelles (H) que aprieta los discos conductores (A) y conducidos (B), causando que éstos se separen y que el cigüeñal gire libremente. La fuerza de los muelles será la que permite que las placas den la fuerza necesaria para que los discos puedan transmitir la

²⁰ <http://www.torremoto.com/mecembrague.htm>

potencia sin deslizar. Se realiza el cambio de la marcha y con esto la relación de engranajes, al soltar el embrague nuevamente se acopla el sistema. [15]



1.1.12. Foto embrague de motocicleta²¹.

En resumen, el movimiento que se genera en el motor pasa a través del cigüeñal al volante de masa²²[16], al éste encontrarse girando entra en funcionamiento el embrague que transmite la rotación a la caja de cambios, como se ha descrito los sistemas anteriormente. Finalmente, al salir de la misma es necesario una serie de mecanismos que van a transmitir el movimiento giratorio hacia las ruedas traseras del vehículo.

1.1.4 Otros componentes

En la parte posterior de la caja de cambios como se deja explicado, se encuentra un eje, que se conecta mediante una cadena a otro eje de transmisión. En el caso de los automóviles de tracción delantera se encuentra conectada la caja de cambios directamente con el diferencial y de éste salen dos barras homocinéticas que son las encargadas de dar movimiento al vehículo; en el caso de los vehículos con motor delantero y tracción trasera, la caja de cambios permite una conexión a un eje de transmisión trasero mediante un cardan.

Para el presente caso, debido a que la motorización esta dada a partir de una moto, la transmisión se la realiza por medio de una cadena, como se aprecia en la figura 1.1.13.

²¹ Fotografía del embrague utilizado en la fabricación del vehículo.

²² El volante motor es una masa de inercia que se regulariza y equilibra el giro del cigüeñal. Para una misma cilindrada, la masa es tanto más grande cuantos menos cilindros tenga. En él se monta el embrague y la corona de arranque.



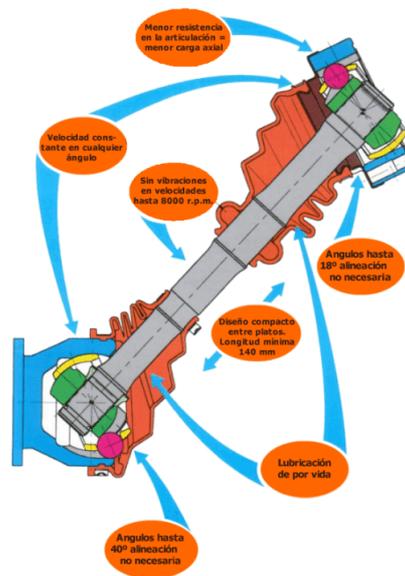
1.1.13. Foto de sistema de piñón y cadena²³.

Las motocicletas están casi en su totalidad, diseñadas para transmitir el movimiento a la llanta trasera mediante cadenas, las que están conectadas a un engranaje que sale a un costado de la caja de cambios y llega a una catalina. Ésta puede ser de varios tamaños, dependiendo de la fuerza y torque requerido lo que genera a su vez mayor o menor velocidad final. La catalina es un piñón, sujeto al eje de la rueda trasera que permite mover a la rueda conforme se mueva la cadena. Está diseñada para poder transmitir el movimiento de la caja de cambios a la rueda y siempre se encuentra conectada. Para el presente caso se sujeta fijamente a un eje de transmisión, que esta compuesto por material de acero de transmisión rígido y es el encargado de llevar el movimiento a las llantas traseras del automóvil.

Por último, la potencia del vehículo debe ser enviada del eje de transmisión hacia los neumáticos del vehículo, teniendo en cuenta que éstos están diseñados con suspensión independiente para cada lado, como se explicará posteriormente. Para esto se debe usar un mecanismo que permita el movimiento independiente de ambas mesas de suspensión traseras en sentido vertical al mismo tiempo que están conectadas al eje de transmisión. El conjunto de piezas utilizadas en este tipo de mecanismos tiene el nombre de juntas homocinéticas. Éstas piezas tienen la facultad de permitir el movimiento oscilatorio de la suspensión sin desconectar el movimiento rotatorio del eje (ver figura 1.1.14). En un extremo se tiene una punta estriada que permite que se conecte la barra con la punta del eje y se muevan las ruedas. Conectado a este se encuentra un mecanismo que permite un primer movimiento angular, con el cual se va a pasar el movimiento del eje del homocinético a la punta del eje. Se tiene el eje o barra central y en el otro extremo, de igual manera se tiene otro

²³ www.importadordirecto.com/index.php?main_page.

mecanismo que permite que la barra gire y transmita el movimiento al eje principal de transmisión del vehículo.



1.1.14. Diagrama de eje y juntas homocinéticas²⁴.

Para permitir el movimiento del vehículo, se debe conectar éste con el piso que es el plano fijo. Para ello se utiliza neumáticos, y en nuestro caso específico utilizaremos neumáticos con aros de medida doce pulgadas con llanta para rally.

1.2. Chasis.

El chasis está compuesto por una serie de piezas que en conjunto van a conformar el esqueleto de un vehículo. Esta parte muy importante del automóvil es la que lo soporta, le entrega rigidez y le da forma.

El chasis de un automóvil tiene algunas funciones. Entre las más importantes están: el soportar todo el peso del vehículo, sujetar al motor, ubicar los sistemas de transmisión y suspensión, sostener los sistemas de dirección, frenos, refrigeración del motor y admisión de combustible, además de mantener todas las piezas necesarias fijas en su lugar para que pueda funcionar correctamente.

El chasis es la parte que soporta todo el peso del vehículo al mismo tiempo que garantiza un manejo estable y seguro. En la actualidad los vehículos son diseñados con el primordial objetivo de proteger las vidas humanas en cualquier circunstancia, que se encuentren dentro y/o fuera del mismo, por lo que se realiza un sinnúmero de pruebas y análisis previos a su producción, que avalen en alguna medida el buen comportamiento durante el funcionamiento y en el evento de sufrir colisiones.

²⁴ www.gelenkindustrial.com/homocineticos.htm

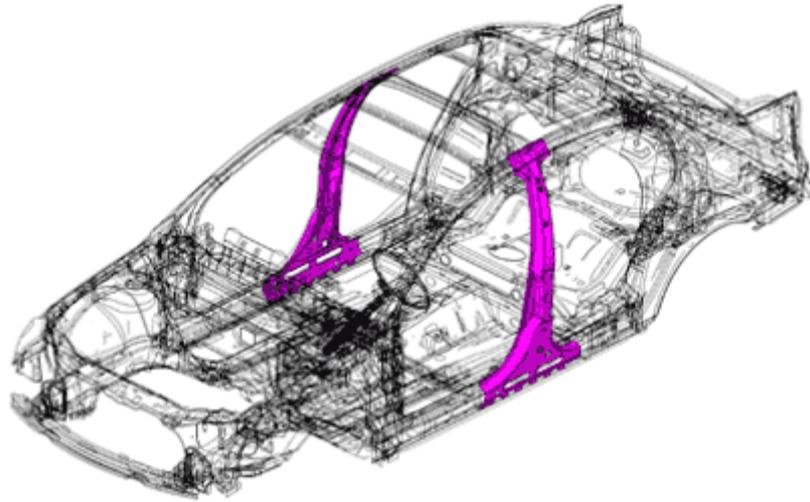


Fig. 1.2.1. Funcionamiento de un chasis en un vehículo comercial²⁵.

Esta parte fundamental del vehículo debe estar preparada para soportar y redistribuir las fuerzas generadas durante su funcionamiento, (ver figura 1.2.1). Los terrenos en los que se manejan los automotores no son siempre los más óptimos, por lo que los materiales de los que está compuesto el chasis deben ser altamente resistentes para recibir fuerzas de torsión, deformarse levemente sin llegar a tener daños permanentes, y así mantener las características principales antes mencionadas. [17]

Las llantas son las encargadas de transmitir el torque y el movimiento del vehículo al piso. Están conectadas al chasis en ciertos puntos de conexión, en los que se generan grandes fuerzas torsionales. Estos puntos entre las llantas y el chasis están ubicados en los bujes de las mesas de suspensión. El sistema de suspensión está encargado de reducir al mínimo posible la fuerza de los golpes causados por el terreno hacia el resto del sistema. Existen casos en los que el sistema de suspensión no puede absorber toda la fuerza de un impacto y éste es transmitido hacia el chasis generando fuerzas puntuales en el mismo. Adicionalmente la aceleración o frenado brusco provoca que otro tipo de fuerzas torsionales sean aplicadas al chasis.

Los vehículos deben tener la capacidad de proteger al máximo las vidas humanas, pero conforme circulan a mayor velocidad, se vuelven menos maniobrables y más propensos a accidentes que pueden llegar a ser mortales. Los accidentes vehiculares por colisión frontal ocurren debido a errores en la conducción. Las personas son proclives a este tipo de errores debiendo el vehículo estar en capacidad de absorber y disipar la fuerza del impacto, para evitar daños mayores. Cuando los golpes se ocasionan a los lados de los vehículos, hay más riesgo para el piloto del automotor impactado por la menor cantidad de piezas ubicadas entre la persona y la parte lateral del auto, por esto se debe adecuar el chasis y las protecciones para no permitir que estos accidentes causen heridos.

²⁵ <http://www.deperu.com/autos/mecanica/chasis.htm>

El vehículo FAU – USFQ ha sido diseñado en base a las normas establecidas por los organizadores de la competencia. Es importante tener en cuenta y respetar esta normativa al momento de diseñar el vehículo, ya que constituyen las directrices para proveer espacios específicos para el piloto, las protecciones necesarias, los sistemas de freno, el acelerador y el embrague, el motor, la transmisión, las mesas de suspensión, el volante, y todas las demás piezas que conforman el vehículo. Además se han establecido restricciones puntuales en el modelo del chasis, capacidad de motorización y protección para el piloto y los espectadores. Todas estas limitaciones permiten que los participantes, ya sean alumnos, profesores o asesores, exploten su capacidad de ingenio adaptándose eficientemente a las disposiciones del reglamento. Algunas de las normas son las siguientes:

- El auto debe ser de ruedas descubiertas y cockpit abierto.
- El vehículo debe tener una distancia entre ejes no menor que 1525mm.
- La troche menor no debe ser menor que el 75% de la troche más larga.
- El peso mínimo del vehículo es de 310Kg sin piloto, sin combustible, sin agua en el pulverizador y en orden de marcha.
- Las dimensiones máximas de los vehículos son de 2.600mm,: 1.600mm y 1.400mm, que representan la longitud, ancho y alto respectivamente.
- La distancia al piso debe tener mínimo 100mm.

Para esta competencia el vehículo debe constar con chasis tubular, que es normalmente usado para dar protección extra a las cabinas donde se encuentran los pilotos de vehículos de competencia. En este proyecto se usará este tipo de chasis como estructura principal del vehículo. Los materiales comúnmente usados son aluminio o acero, de costo inalcanzable para la ejecución de este proyecto, por ello, se usará acero estructural proporcionado por la empresa Novacero.

Aplicando las reglas de diseño antes mencionadas, se fue creando en el software de dibujo y diseño Auto CAD las diferentes partes que conforman el chasis; el mismo que se dividió básicamente en tres partes:

- cockpit, relacionado directamente con la ubicación del piloto;
- frontal, donde se va a ubicar el sistema de dirección, mandos de acelerador, freno y embrague, y protecciones; y
- finalmente la trasera, donde se encuentra el motor, con todos los implementos de tracción, tanque de combustible, sistema de refrigeración del motor y conexiones de los mandos de la parte frontal.

En esta descripción no se menciona la suspensión que se considera como la parte externa a ambos lados del vehículo.

El **cockpit** esta localizado en la parte central del vehículo, y es a partir de ésta que se va implementando los sistemas de acuerdo con el espacio y seguridad para el conductor. Al ser un vehículo monoplaza, no es necesario disponer de amplias áreas laterales para el confort de varios ocupantes, por el contrario, se debe optimizar el espacio para que el chofer tenga la comodidad y disponibilidad de lugar suficiente para realizar las maniobras requeridas en la conducción de un vehículo de rally.

De acuerdo a la normativa se debe diseñar y construir un cockpit para el hombre 95%, quien es una persona de 1862 mm. de estatura y con dimensiones específicas de altura sentada, largo de piernas, largo de brazos, ancho de espalda, como se muestra en el ANEXO II, son algunas de las dimensiones que se deben tomar en cuenta para el óptimo diseño y construcción de un habitáculo confortable.

El peso total del vehículo listo para funcionar se concentra en dos puntos, el primero está dado por el motor, que es la pieza mas compleja y pesada de todo el automóvil ya que tiene un peso aproximado de 80 Kg; y la segunda es el piloto, cuyo peso puede oscilar entre 60 y 100 Kg, dependiendo de la contextura del piloto. Ambos componentes juegan un papel muy importante en el funcionamiento del vehículo de competencia por lo que deben ser adecuadamente ubicados. Para ello se ha decidido ubicar la separación entre el motor y el piloto a 1000 mm. medidos desde la parte posterior del vehículo, para de esta manera colocar el centro de masas en un punto central a lo largo del automóvil, como se muestra en la figura 1.2.2.:

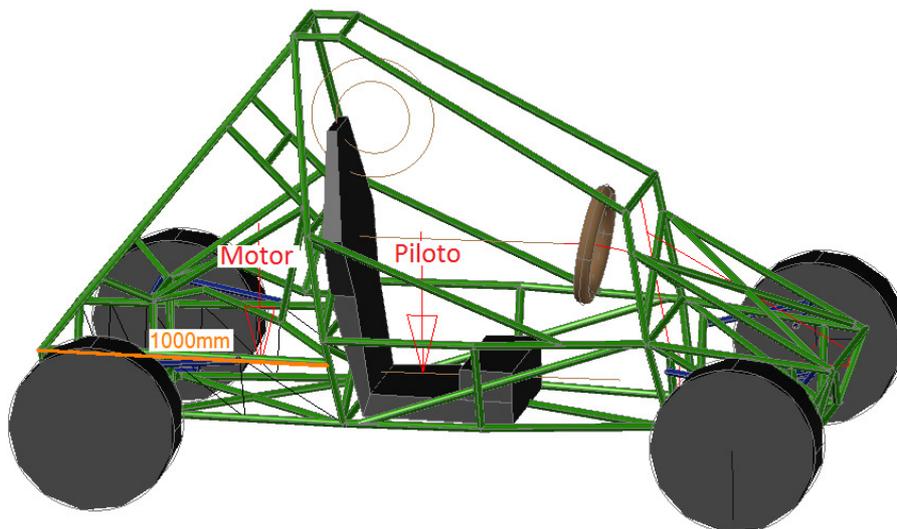


Fig. 1.2.2. Vista 3D del diseño completo del chasis con algunos implementos²⁶

El motor debe estar ubicado en la sección trasera, lo más adelante posible y separado del asiento del piloto por una plancha que sirve reducir la transmisión de calor. Al piloto se lo ubicará en una posición central con respecto a todo el vehículo.; en la parte delantera del habitáculo se ubicarán algunos mandos para el manejo del automóvil como el volante y la palanca de cambios; los mandos se extienden hasta la parte frontal, donde están ubicados los pedales de acelerador, freno y embrague, y por delante de éstos se encuentra el sistema de la dirección, con la cremallera y sus brazos. Todas las pequeñas piezas necesarias para el funcionamiento del vehículo se encuentran distribuidas uniformemente, siendo la ubicación del motor y del piloto los aspectos mas importantes para la estabilidad del vehículo en funcionamiento.

²⁶ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

Una vez definido el punto de separación entre el motor y el habitáculo, se define la ubicación del motor, que es justo por delante de la separación antes mencionada. Las medidas del asiento han sido graficadas en el software para computadora Auto CAD, y a partir de esta ubicación se implementará el resto de piezas del vehículo.

El volante, es la pieza que cumple la función de mando en el sistema de dirección, debe estar colocado a una altura poco inferior que la de los hombros del conductor, que para el hombre 95% es de 658 mm (dato tomado del ANEXO II). Entonces la altura desde el punto donde se asienta el piloto al centro del volante debe estar ubicada a 550 mm. La posición del volante en el plano horizontal debe estar ergonómicamente diseñada, y se ha colocado a una distancia de 750 mm medidos a partir del punto base anteriormente mencionado, como se muestra en la figura 1.2.3., esto se debe a que se requiere doblar los brazos, que para el hombre 95% es de 1001 mm completamente estirados (dato tomado del ANEXO II), para tener libertad de movimiento al realizar maniobras de curva.

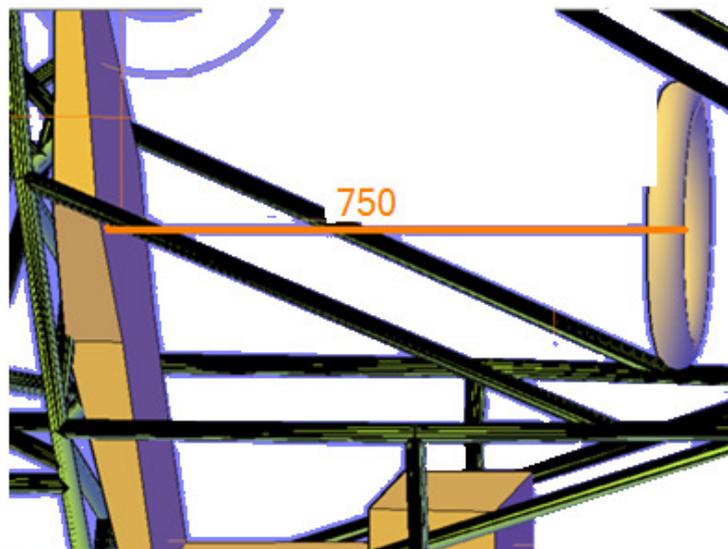


Fig. 1.2.3. Vista de la ubicación del volante con respecto al asiento en formato 3D²⁷

Una vez que se ha determinado el espacio que ocupará el asiento y el volante, podemos obtener la ubicación de la pedalera, que debe estar a una distancia tal que el piloto tenga suficiente control sobre los mandos sin necesidad de mover las rodillas exageradamente de una posición, tratando de que el movimiento de los tobillos sea suficiente para accionar los pedales. Para esto se ha calculado la medida apropiada al tener las piernas en forma angular. Tomando nuevamente los datos de la tabla del ANEXO II, se calcula la distancia de la pedalera. El dato utilizado es la longitud de las piernas: 899 mm, y las piernas dobladas reducen la distancia entre el asiento y la pedalera a 855 mm, distancia a la que estará ubicada la pedalera y sobre el piso, como se aprecia en la figura 1.2.4.:

²⁷ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

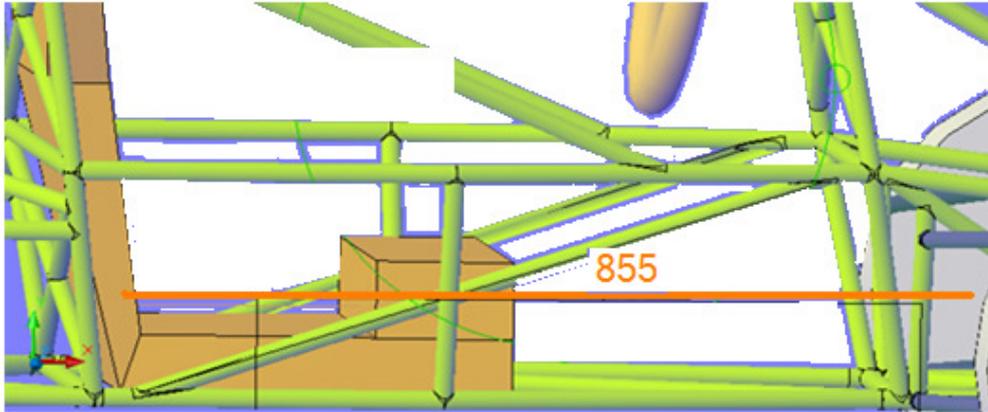


Fig. 1.2.4. Vista de la ubicación de la pedallera con respecto al asiento en formato 3D²⁸

Al tener ubicadas las piezas que controlan la operación del automóvil, se define la ubicación del piloto, y posteriormente se ubica las protecciones para el mismo. El habitáculo para el piloto debe estar compuesto por un arco principal y un arco frontal, ambos deben estar contruidos en material más resistente que el resto del vehículo por motivos de seguridad, y por ello se ha decidido usar tubería redonda de acero de 2 pulgadas con pared de 1.5 mm de espesor. En la normativa se requiere el uso de tubería de 1 pulgada con pared de 2.5 mm, pero una vez analizada la resistencia del material, se comprobó que este material es más apropiado para los fines requeridos.

Estos arcos de protección para el piloto, son los que van a limitar el habitáculo. Ambos deben tener una inclinación con la vertical que permita al chasis proteger la salud y vida humana de manera más eficiente en caso de accidente, toda vez que frente a una colisión la disipación de energía causada por el golpe es mejor repartida debido a la conservación de momento.

Aplicando la norma establecida, el arco principal debe tener una inclinación de 8 grados con la vertical, debe estar ubicado justamente por detrás del piloto, y a su misma altura. Debe llegar a proteger la cabeza del conductor en caso de viraje. Al utilizar las tablas del ANEXO II, sobre la base de que la altura del hombre sentado es de 973 mm, teniendo en cuenta el alto del asiento que aumentan 100 mm, mas el casco del piloto da una altura total de la persona de 1233 mm sobre el piso del automóvil. La inclinación del arco y las medidas y forma del arco principal se diseñaron como se muestra a continuación:

²⁸ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

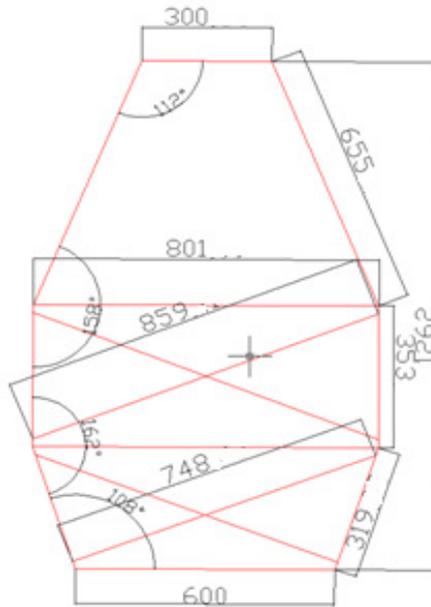


Fig. 1.2.5. Plano del arco principal con medidas²⁹

El arco secundario se diseñó con una inclinación de 10 grados sobre la vertical, en cumplimiento de la normativa impuesta. Se encuentra ubicado a 150 mm por delante del volante, aplicando la norma correspondiente (VER ANEXO I, Sección arco frontal). Este es construido en material de tubería de acero de 2" con 1.5 mm de espesor, y esta constituido por un perfil en forma de pentágono, más una cruz interna que ayuda al soporte estructural del arco en caso de accidente. Permite el paso de la columna de la dirección por el espacio creado entre ellos; el arco frontal sirve como protección para que en caso de accidente o viraje, las manos, el volante y ninguna parte del cuerpo del conductor, se encuentren por fuera del vehículo. El plano del arco frontal se muestra en la figura 1.2.6. a continuación:

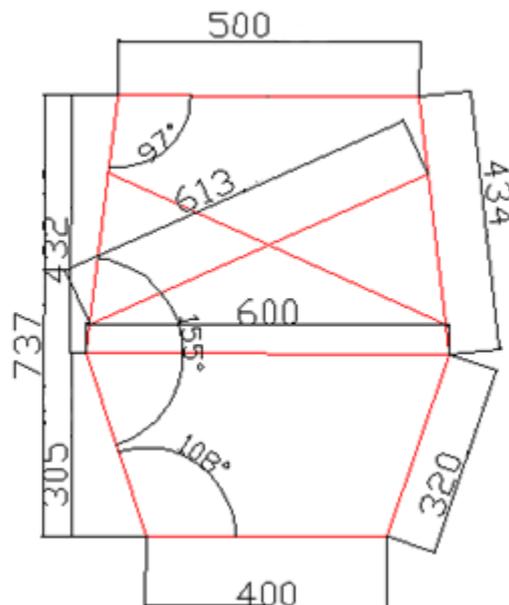


Fig. 1.2.6. Plano del arco frontal con medidas³⁰

²⁹ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

³⁰ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

El arco frontal y el arco principal están sujetos fijamente en la parte inferior al piso del chasis, el mismo que es considerado y construido como una sola pieza; sobre ésta pieza conformada por el piso y los dos arcos (principal y secundario), se van a acoplar y ensamblar todos los implementos necesarios para el buen funcionamiento del vehículo, constituyendo el alma del automóvil, cumpliendo la función de proteger, y sostener a todo el resto de partes del automotor. La distribución de los arcos y los espacios queda como se observa en la figura 1.2.7. que sigue:

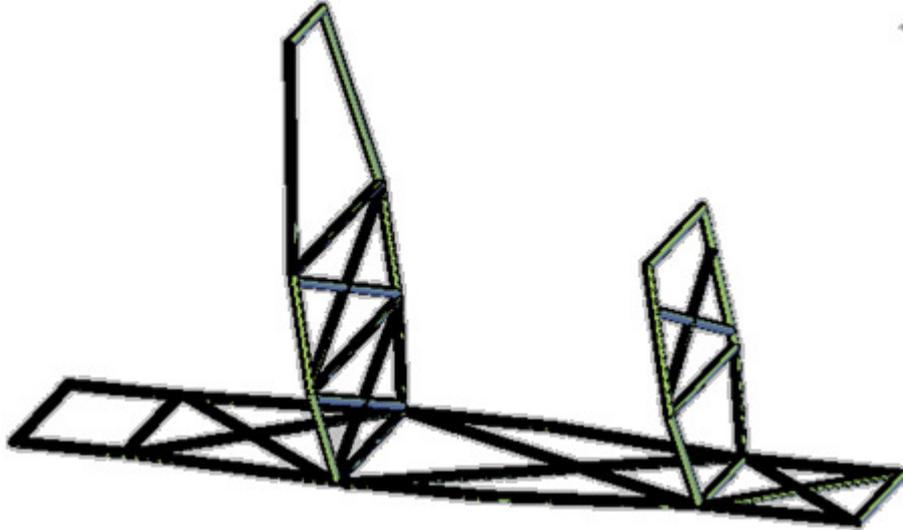


Fig. 1.2.7. Vista del alma del chasis en perspectiva y con imágenes de formato real³¹

Una vez que se ha obtenido la ubicación del piloto y la distribución de las partes del automóvil, se puede acoplar los espacios a los diferentes sistemas que se necesitan incluir en el chasis. Para ello se ha dispuesto que en la parte frontal se encuentre la dirección del vehículo.

Existe la limitación dada por la normativa, de que la dirección este únicamente aplicada en dos ruedas (VER ANEXO I, Sección dirección). En cumplimiento a ello, se ha decidido ubicarla en las dos ruedas delanteras. El implementar la dirección en esta ubicación permite emplear el espacio creado entre el arco frontal y la parte delantera del vehículo para montar un sistema sencillo conformado por una cremallera mecánica, brazos y columna de dirección y rótulas.

La mayoría de vehículos cuentan con un sistema de dirección aplicado a las ruedas delanteras, lo que facilitó el diseño de la parte frontal del chasis. Las ruedas deben girar al moverse el volante comandado por el conductor. El funcionamiento del sistema de dirección se muestra en la figura 1.2.8. y consiste en un volante que está conectado a una columna de dirección que es la encargada de transmitir el movimiento desde el habitáculo hacia la parte frontal, donde posee convertidores de ángulo que permiten que la columna se conecte con el mando de la cremallera al mover un piñón. Este piñón permite que la cremallera se desplace hacia ambos lados como un movimiento lineal. El desplazamiento de la cremallera es transmitido a las

³¹ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

puntas de la dirección mediante dos barras, que poseen libertad de movimiento vertical para acoplarse a las mesas de suspensión. Por lo tanto, la parte frontal del chasis debe contar con el espacio necesario para colocar todas estas piezas sin restringir su movimiento.

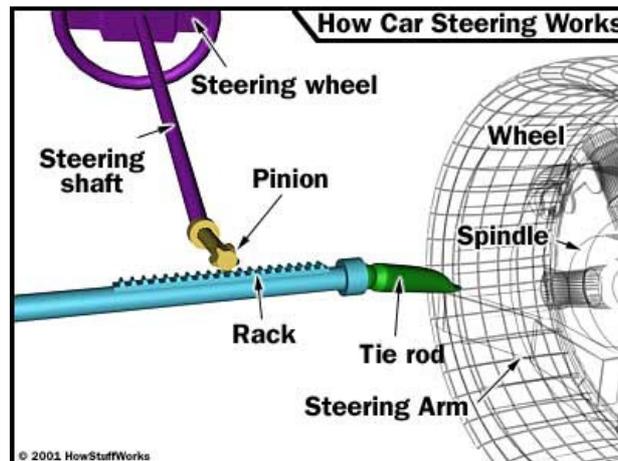


Fig. 1.2.8. Partes de un sistema de dirección piñón y cremallera³².

Es importante definir la posición de las llantas, a fin de diagramar la ubicación de la cremallera y del volante como determinantes de la colocación de la columna de la dirección.

No se profundiza en la explicación del diseño de los sistemas de dirección puesto que serán explicados en el siguiente capítulo.

En primer lugar, se ha definido la utilización de puntas de eje de un vehículo marca Suzuki modelo Forsa Uno. Éstas tienen una distancia de 127 mm, desde el centro de rotación de la llanta, hasta la punta de dirección. Por contar con un chasis de longitud máxima igual a 2600 mm, se puede ubicar las llantas delanteras lo más adelante posible; así el centro de la llanta está a 155 mm por detrás de el punto delantero del piso en la parte frontal. Por consiguiente la posición de la cremallera será a 25 mm por detrás del punto delantero del piso del vehículo. La altura a la que estará ubicada la cremallera no es de importancia para el diseño del chasis, puesto que se cuenta con el espacio suficiente para que exista libertad de movimiento.

Se ha supuesto la utilización de doble mesa en cada llanta, en las que se sujetará las puntas de eje, que según datos obtenidos del modelo tienen una altura de 240 mm aproximadamente. La punta de conexión de la dirección se encuentra ubicada a 100 mm de altura medidos desde el punto inferior de la mesa. Lo que determina la ubicación en el plano del vehículo de las puntas de dirección y por lo tanto de la cremallera.

El diseño exclusivo de este tipo de automóviles monoplazas requiere la adaptación de la cremallera para conseguir que el mando se encuentre lo más central

³²<http://auto.howstuffworks.com/steering2.htm>

posible y poder ubicarlo en la mitad de la parte frontal del vehículo, sin que esto altere la disposición de espacio en la parte frontal del automóvil para el sistema de la dirección.

Para tener firmeza y seguridad, es necesario reforzar la sujeción de este sistema de la mejor manera posible, y es por ello que se debe colocar barras laterales que permitan sujetar bien la cremallera para que esta no recorra hacia atrás en caso de que por cualquier circunstancias se presentase algún golpe fuerte en la llanta y además permiten repartir las fuerzas de impacto de mejor manera, estas barras se observan en la figura 1.2.9. a continuación.

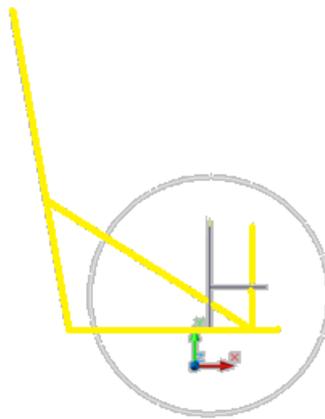


Fig. 1.2.9. Vista lateral del diseño de la parte frontal del vehículo³³

Por otro lado, las mesas deben ser diseñadas de tal forma que la mesa superior tenga menor longitud que la mesa inferior, (se explicará mas detalladamente en el capítulo de Diseño de Suspensión); Es necesario que los puntos de acoplamiento de las mesas con respecto al chasis sean inclinados con cierto ángulo, en este caso se ha decidido que las mesas inferiores tengan una longitud de 450 mm y las mesas superiores de 330 mm en la parte frontal. La distancia entre la mesa superior e inferior en el eje lateral es de 75 mm. como se muestra en la figura 1.2.10.:

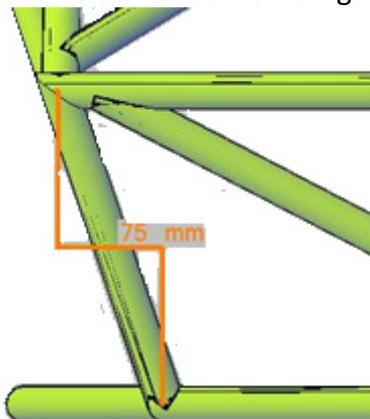


Fig. 1.2.10. Vista frontal de la parte delantera derecha³⁴

³³ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

³⁴ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

Una vez que se tiene la diferencia de longitudes de ambas mesas con respecto a los conectores que serán utilizados para sujetar las llantas de forma vertical, se debe tomar en cuenta otro aspecto: los puntos de conexión de las mesas al chasis deben estar horizontalmente alineados, esto quiere decir que los cuatro bujes donde se conectarán deben tener el mismo sentido de orientación para que puedan girar libremente con respecto a un eje de rotación, como se aprecia en la figura 1.2.11., para ello es necesario incorporar otras tuberías que permitan sujetar las mesas en estos puntos.

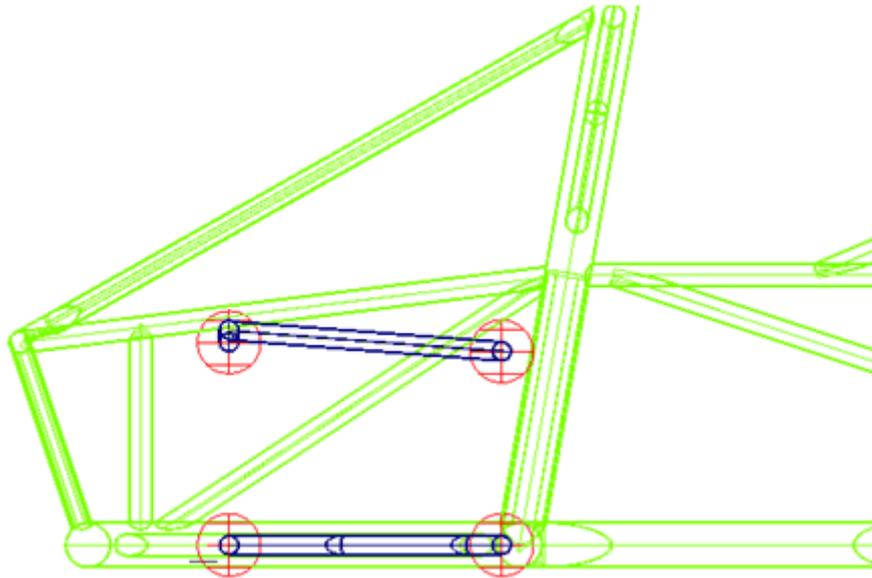


Fig. 1 .2. 11. Sentido de orientación de bujes de las mesas³⁵

Determinado el ángulo de inclinación de la sección lateral de la parte frontal del vehículo, (ver figura No. 1.2.10) se procede a ubicar los conectores de tal forma que se pueda asentar las bases de las mesas sobre la tubería, fácil y fijamente. Se conecta la tubería lateral superior de la parte frontal al punto ubicado en el arco frontal donde se conecta la parte superior de la cruz conforme se muestra en la figura 1.2.6 (diseño del arco frontal). Se debe tratar de crear la menor cantidad de nodos posibles en el diseño, para poder distribuir de mejor manera la fuerza en caso de impacto. La parte frontal se construirá, de acuerdo al plano que se muestra en la figura 1.2.12. a continuación:

³⁵ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

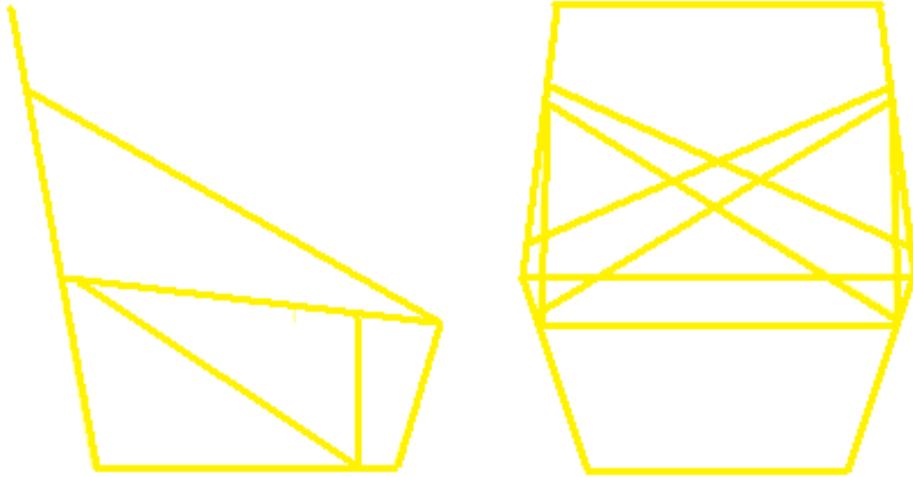


Fig. 1.2.12. Vista lateral y frontal de la parte delantera del chasis³⁶.

Teniendo en cuenta que las mesas necesitan tener puntos fijos que se apoyen directamente sobre una estructura estable, es necesario colocar tubería que permita sujetar al sistema de la suspensión, cuya función no solamente es permitir a las mesas sujetarse mas firmemente, sino también generar una mejor dispersión de la fuerza provocada por el golpeteo producido por las malformaciones del suelo. Entonces, ubicamos dos tuberías más que ayudarán a soportar las mesas en esas circunstancias, son las que se muestran en color rojo en la figura 1.2.13. mostrada a continuación:

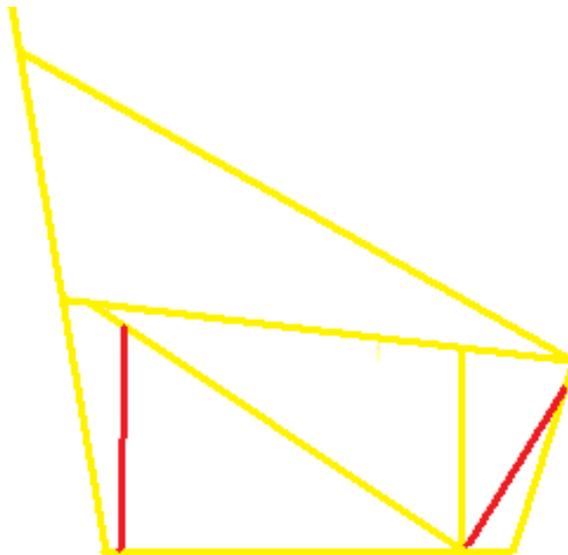


Fig. 1.2.13. Vista lateral definitiva de la parte frontal del vehículo en modelo lineal³⁷

Ubicado entre ambos arcos, principal y secundario, se encuentra **el habitáculo** que es el lugar donde el conductor se va a sentar, punto desde el que tendrá la capacidad de controlar el movimiento de todo el automóvil, por lo que los mandos deben estar accesibles desde el mismo.

³⁶ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

³⁷ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

Para el diseño del habitáculo se debe tomar en cuenta que las medidas requeridas según la normativa (VER ANEXO I), contiene algunos parámetros a describirse a continuación:

- Debe poseer una estructura de impacto lateral de mínimo tres miembros tubulares. Estos tres miembros deben estar separados el superior del inferior por 300 mm y a 350 mm de la parte inferior del chasis, y el inferior debe estar ubicado entre la parte baja de ambos arcos frontal y principal. Aparte un conector diagonal. (Ver PROTECCIONES LATERALES, ANEXO I)
- Debe tener una barra antivuelco y conectores entre las partes superiores del arco frontal y el arco principal, tomando en cuenta la distancia de 50 mm de esta tubería conectora con la cabeza del piloto incluido casco. (Ver BARRA ANTIVUELCO, ANEXO I)

Al tener definidos los planos del arco principal y frontal, se debe unir estas partes con un soporte que vaya desde la parte mas alta del arco principal hasta la parte mas alta del arco frontal, teniendo en cuenta que se debe respetar la distancia con el piloto considerando la altura especifica en posición sentado, antes indicada. Se debe implementar un pequeño techo que permita cumplir todas estos requerimientos y así la parte superior del habitaculo toma la forma que se observa en la figura 1.2.14:

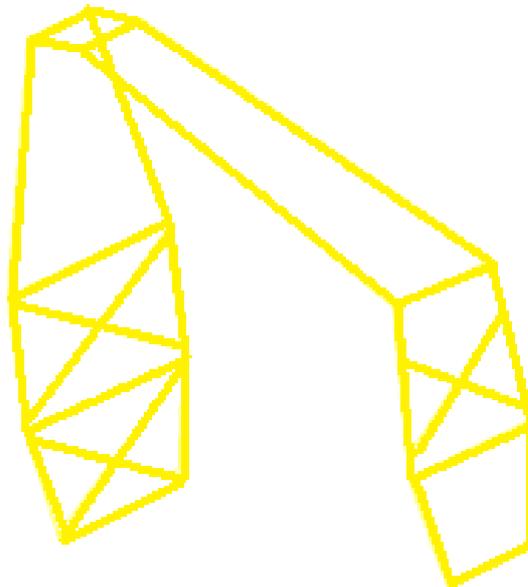


Fig. 1.2.14. Vista en perspectiva de los arcos con la unión superior³⁸

La parte inferior debe cumplir las normas de la protección lateral anteriormente explicadas, para lo que se ha colocado tres tuberías. La primera une al arco principal con el frontal a una altura de 300 mm medidos desde el eje del piso, el mismo que mantiene una curvatura paralela con las líneas del piso; la segunda, es un soporte vertical para este tubo que está colocado a una distancia de 450 mm medidos desde la base trasera del habitaculo. Por otro lado, se ha colocado un soporte diagonal que apoya el sistema, estos están colocados entre la parte inferior del arco

³⁸ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

principal y el punto ubicado a 300 mm. de altura en el arco frontal; la geometría de éstos, permite que no sean cortados ni unidos para poder incrementar el nivel de resistencia al impacto frontal y / o lateral, líneas que se muestran con color azul en la figura 1.2.15., se muestran con color rojo los soportes del arco principal que dan mayor apoyo y resistencia al arco principal en caso de viraje, conforme se puede apreciar a continuación:

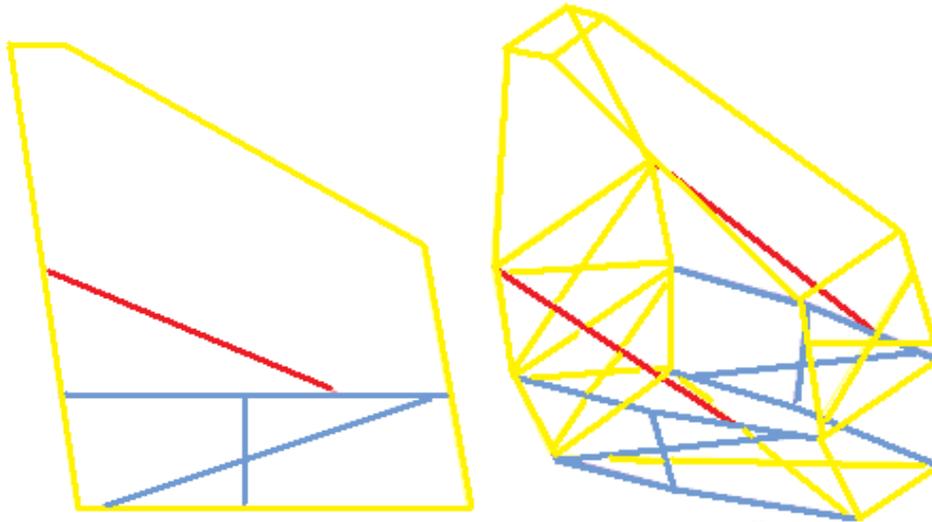


Fig.1.2.15. Vista lateral y perspectiva del habitáculo³⁹

Para concluir, en la parte trasera del vehículo se va a ubicar el sistema de transmisión, el tanque de combustible, el radiador, las conexiones de los mandos y la suspensión trasera, lo que hace necesario un espacio significativo con respecto al tamaño del vehículo. Se ha definido en primer lugar que desde la parte inferior trasera el 40% del tamaño total sea destinado a esta utilidad, para tener espacio suficiente para colocar las piezas de tracción y suspensión trasera sin complicaciones.

El motor, escogido es un Kawasaki ZXR 400, el mismo que no requiere espacios grandes. Se debió sacar las medidas y los puntos de sujeción del motor al chasis de la moto, para poder reutilizar los mismos puntos y poder ubicarlos en el nuevo chasis; para esto, se debió primeramente, retirar al motor del chasis de la motocicleta, posteriormente, diagramar el punto de ubicación del motor en el vehículo a construirse determinando los puntos de sujeción al motor.

Una vez que se puede determinar el espacio que el motor Kawasaki requiere para ser acoplado en el vehículo, se procede a su colocación en el chasis, teniendo en cuenta la altura, el largo y el ancho que requiere la implementación de los soportes y conectores de los mandos. El motor debe estar ubicado en una posición lo más central y baja posible dentro del chasis, para tener el peso y el centro de masa mejor ubicado y a buena altura. En la figura 1.2.16. se muestra con color rojo la ubicación del motor.

³⁹ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

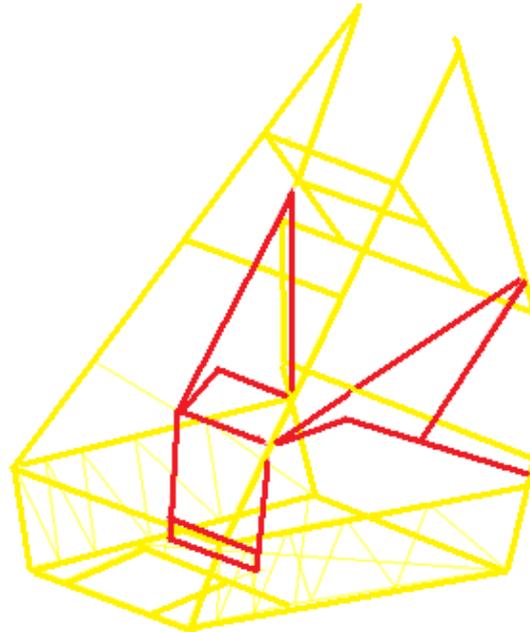


Fig. 1.2.16. Parte trasera del chasis⁴⁰

El resto de piezas necesarias se las implementará conforme sean ubicadas las piezas más grandes e importantes, tales como el motor y el eje de transmisión. Se debe prever la ubicación de otras partes necesarias para el funcionamiento del motor: el radiador, el ventilador, el tanque de combustible, la cadena de transmisión y los mandos del motor.

Por otro lado la suspensión trasera utiliza un sistema de doble mesa (será ampliamente explicado en el siguiente capítulo), en el cual se pueda sujetar y alinear las puntas de eje de tal manera que se obtenga la mayor estabilidad posible. Para esto, una vez definida la posición del motor y por consiguiente del piñón y la cadena que va a enviar la transmisión al vehículo. Es necesario definir la posición del centro de rotación de la llanta con respecto al eje longitudinal; con referencia a la ubicación del piñón, se ha determinado un espacio de 100 mm para la rotación de la cadena, a fin de que tenga espacio suficiente para poder ser templada y no oscile.

El eje de transmisión debe estar colocado alineado con las puntas de eje de los neumáticos traseros, razón por la cual se requiere que todo el sistema esté ubicado en lugares específicos predeterminados.

Una vez definidos los puntos de sujeción de la llanta con respecto al chasis se puede definir la forma de las mesas, que será explicada en el sistema de la suspensión, las mesas se sujetarán en unas barras laterales con refuerzos triangulares que permitan sujetar las mesas de la suspensión como se observa en la figura 1.2.17. con líneas de color naranja.

⁴⁰ Figura sacada del modelo original sacado de Auto CAD

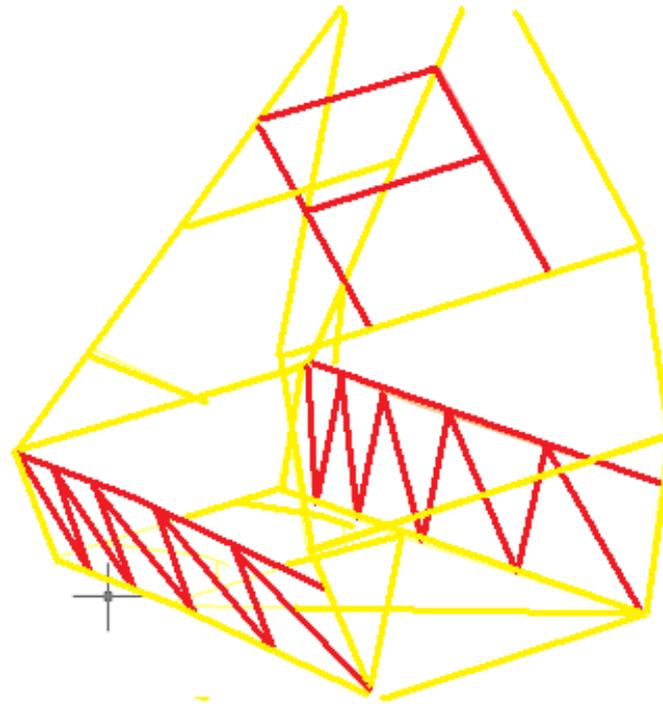


Fig. 1.2.17. Soportes de las mesas y del radiador ⁴¹

Dentro de la parte trasera se deberá implementar una estructura que permita sujetar al sistema de transmisión y al resto de piezas menores necesarias para el funcionamiento, tales como: el tanque de combustible, módulos del motor, cables de freno, aceleración y embrague, palanca de cambios, radiador y ventilador.

El arco principal debe estar soportado con tuberías por detrás con la parte trasera del vehículo de tal forma que estos tubos protejan a todas las piezas del automóvil que se encuentran en esta sección. Para esto se ha unido la parte superior del arco principal con el extremo trasero superior del vehículo como se muestra en la figura 1.2.18. con líneas de color rojo:

⁴¹ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

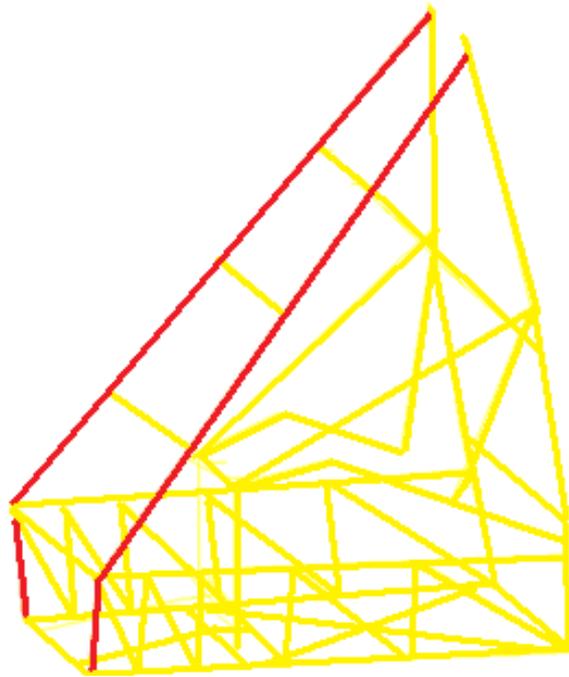


Fig. 1.2.18. Conexión del arco principal con el piso del chasis⁴²

Queda así definido el chasis, su forma y contextura, se ha utilizado para su ensamblaje tubería de dos tipos:

- para los arcos principal, secundario y el esqueleto del piso: tubería de acero de dos pulgadas de diámetro con un milímetro y medio de espesor.
- Para el resto de partes que conforman: el piso, la cruz del arco frontal, los soportes y protecciones superiores y laterales del piloto, la protección frontal del vehículo y los soportes de las mesas delanteras y traseras: tubería de una pulgada de diámetro con un milímetro y medio de espesor.

Sobre la tubería, se ha colocado planchas de acero: en la parte inferior, con el objeto de que permita proteger al piloto y aisle al vehículo de factores externos, esto es que impida la entrada de material del terreno en el habitáculo; en la parte frontal, para proteger las piezas de la dirección y las cañerías de los mandos del embrague, acelerador y freno; y en los laterales para proteger el piloto de posibles golpes.

⁴² Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

1.3. Suspensión Y Dirección.

Los sistemas de suspensión y dirección serán diseñados simultáneamente puesto que ambos comparten algunas de sus piezas y están correlacionados.

1.3.1. Bases Teóricas.

Los parámetros principales dentro del diseño de la dirección son: el ángulo de Ackerman, el camber, el caster, toe-in y toe-out.

1.3.1.1. Angulo de Ackerman

El objetivo de los mecanismos de la dirección es que las llantas curven alrededor de un mismo punto, a pesar de tener diferente radio de curvatura, es decir que las cuatro llantas tengan al momento de curvar el mismo centro instantáneo de curvatura. Si los radios no convergen en un mismo punto, se generaría fuerzas de fricción que provocarían pérdida de energía y control del vehículo, además de un desgaste excesivo en los neumáticos delanteros. En la figura 1.3.1 se aprecia un diagrama en el que se nota el principio y los diferentes radios de curvatura.

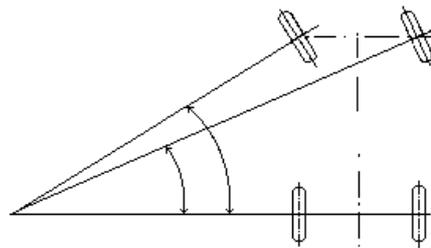


Fig. 1.3.1. Principio de Ackerman y radios de curvatura⁴³.

Cumplir con esta hipótesis implica que las ruedas delanteras giren en ángulos diferentes; la del lado interior de la curva gira un ángulo mayor a la del exterior; lo que es conocido como el principio de Ackerman. Para lograr esto, se debe ubicar correctamente el punto de contacto entre el mecanismo de la dirección y el portamasas⁴⁴, es decir, se varía la posición de la punta de la dirección⁴⁵ en el portamasas se conectan con la barra principal de dirección (que va a la cremallera); el punto aproximado se lo encuentra mediante el método grafico mostrado a en la figura 1.3.2.

⁴³

<http://www.3.8mustang.com/forum/attachment.php?attachmentid=126976&stc=1&d=1203561%20%20666>

⁴⁴ Portamasas es la pieza que sostiene y controla la ubicación de la llanta

⁴⁵ Punta de la dirección es el brazo ubicado en la punta de eje que sirve para manejar el ángulo de rotación de la llanta.

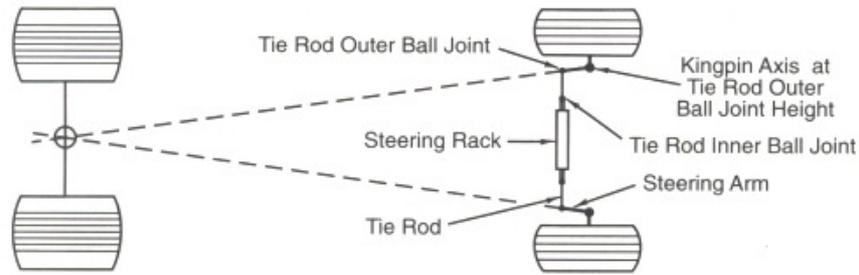


Fig. 1.3.2. Principio de Ackerman, Angulo de punta de dirección⁴⁶.

Para definir la dirección de los brazos de dirección en los portamasas se traza una línea recta desde el centro de rotación de la llanta delantera hasta el centro del eje trasero. La longitud que este brazo requiera para cumplir el principio de Ackerman, deberá variar dependiendo del radio de giro deseado. [18]

Cabe recalcar que los resultados de la aproximación grafica de los ángulos de Ackerman antes expuesta, son aproximaciones que para un mecanismo de cuatro barras es considerada la forma más precisa, siendo utilizada en la actualidad en los vehículos de serie.

1.3.1.2. Camber

Se define al Camber como el ángulo que existe entre las llantas y la vertical cuando éstas son observadas desde la parte frontal. En la figura. 1.3.3. siguiente se puede apreciar los tipos de camber que existen.

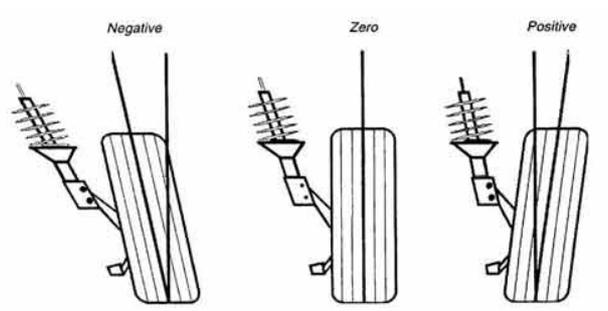


Fig. 1.3.3. Camber⁴⁷

El trabajo del camber es hacer que el neumático del vehículo tenga total y permanente contacto con la carretera. Este contacto varía según la curvatura y la posición de la suspensión; por lo tanto se intenta que en momentos extremos de curvatura los neumáticos tengan camber de cero; es decir un contacto completo, habilitando la maniobrabilidad. [19]

⁴⁶ Race Car Vehicle Dynamic, Milliken & Milliken , SAE 1995

⁴⁷ <http://www.automecanico.com/auto2029/susp7.html>

1.3.1.3. Caster

Se define como el ángulo de inclinación entre la vertical y el eje vertical del portamasas, desde una proyección lateral. En la figura 1.3.4. Se explica esto más claramente:

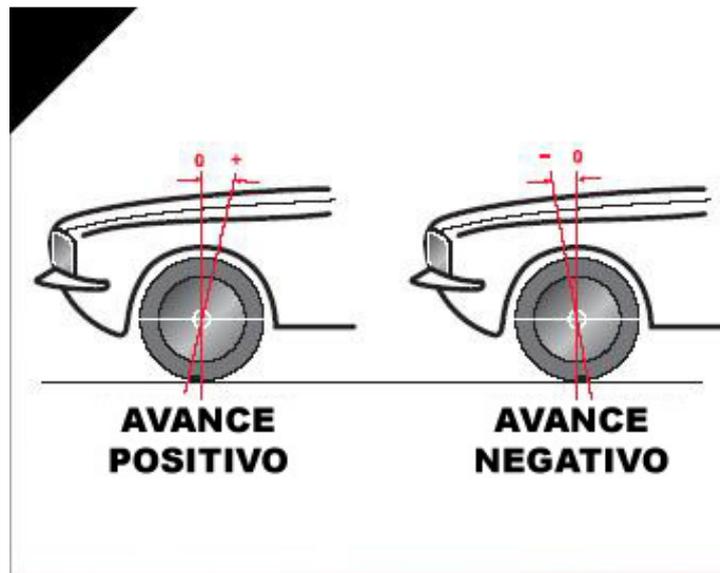


Fig. 1.3.4. Caster⁴⁸.

El caster positivo ayuda a recuperar la dirección en línea recta de las llantas más rápidamente, imparte a las ruedas la tendencia a mantenerse orientadas con la fuerza direccional del vehículo⁴⁹. El caster tiene una relación directa con el camber, ya que, estando el auto en movimiento, al girar la dirección a un lado, la rueda externa de la curvatura aumenta en su caster y a su vez la interna disminuye. Esto permite aumentar la maniobrabilidad del vehículo en curva. [20]

El caster recomendado en un vehículo es entre 3 y 6 grados positivos con la vertical.

1.3.1.4. Convergencia (Toe-in y Toe-out)

El toe se define como el ángulo que forman las llantas, sean delanteras o posteriores, proyectadas desde arriba con respecto al eje longitudinal del vehículo, como se muestra en la figura 1.3.5.

⁴⁸ <http://www.drifting.es/2007/454/modificando-la-direccion/>

⁴⁹ <http://automecanico.com/auto-2029/susp6.html>

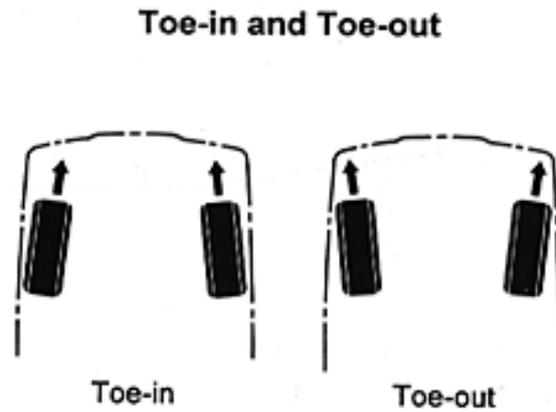


Fig.1.3.5. Toe-in y Toe-out⁵⁰.

Lo óptimo es tener un toe valor cero para el vehículo en movimiento, evitando la resistencia en marcha y el desgaste de las llantas. La alineación de la convergencia de las llantas hacia fuera o hacia adentro, tiene sus propósitos específicos: el caso de toe-in (convergencia hacia adentro) es utilizado en vehículos de propulsión trasera, sirve para aumentar la estabilidad, permite una corrección del ángulo de Ackerman y ayuda al autocentrado de la dirección; en el otro caso, el toe-out se utiliza para vehículos con tracción delantera, sirve para que en aceleración las llantas tiendan a adquirir un toe de cero y de esta manera obtener mayor estabilidad del automotor.[21]

1.3.2. Suspensión

La primordial finalidad de los sistemas de suspensión, es brindar comodidad y confort a los pasajeros, proteger todos los elementos del vehículo y dar estabilidad al automotor, especialmente en curvas.

La figura 1.3.6. corresponde a los principales tipos de suspensión que existen en el mercado automotor en la actualidad.

⁵⁰ [www.yokohama.co.za/Technical_3.htm]

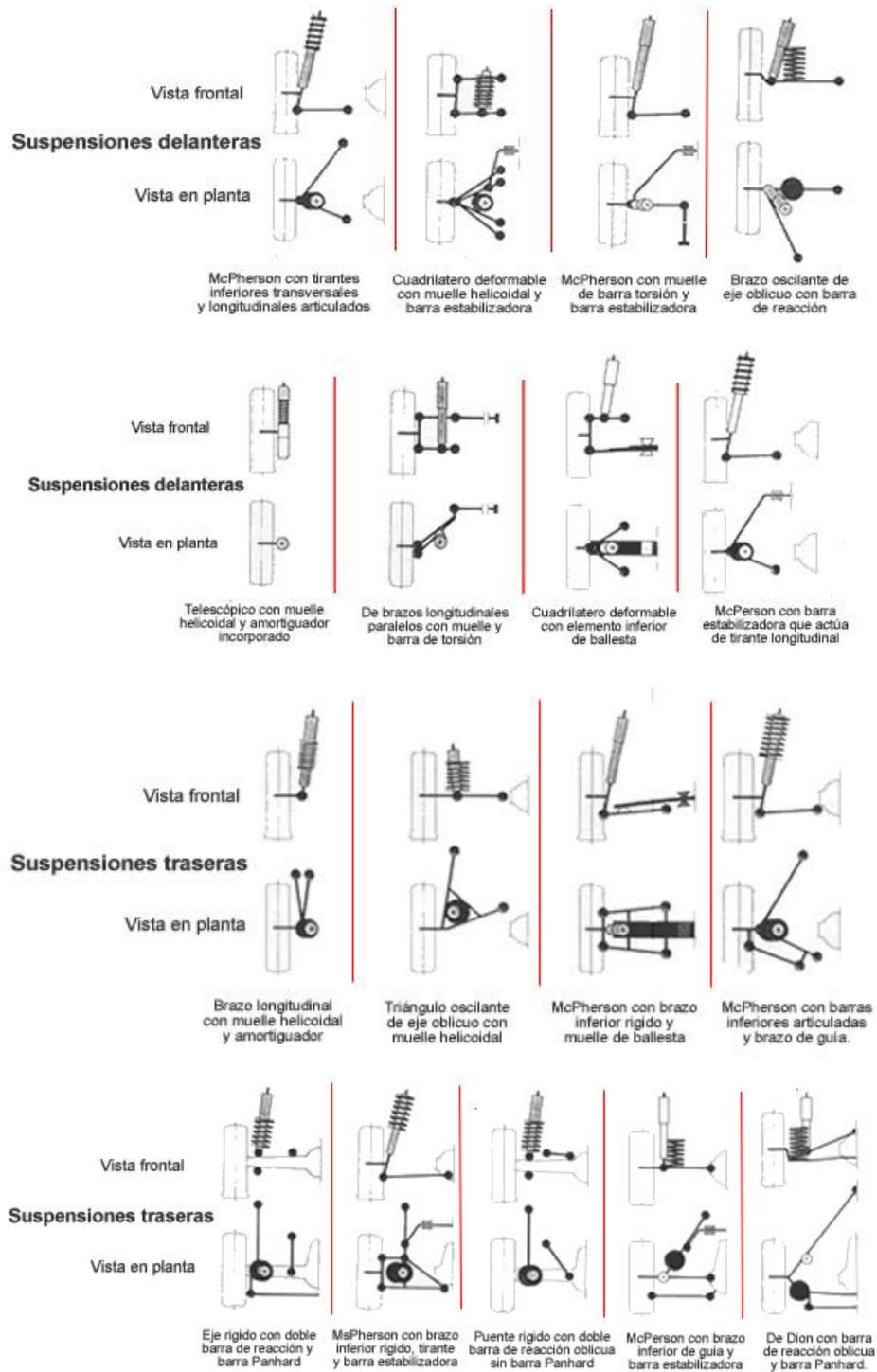
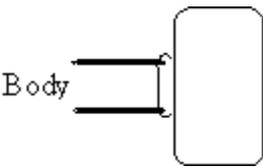
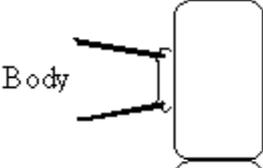
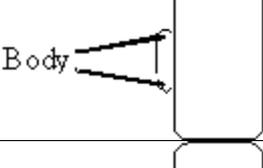
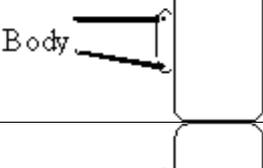
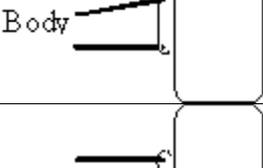


Fig.1.3.6. Tipos de Suspensiones⁵¹.

⁵¹ <http://mecanicavirtual.iespana.es/suspension-tipos.htm>

Revisados los tipos de suspensión que existen, se decidió que para este proyecto se implementaría un sistema independiente de suspensión a las cuatro ruedas, y el elegido fue el sistema de cuadrilátero deformable con muelle helicoidal también llamado como sistema de doble mesa (segundo diagrama del grafico). Se eligió este por la facilidad de construcción y por la cantidad de parámetros variables en el mismo (como son la alineación del camber y el toe).

La geometría de las mesas de suspensión describe el comportamiento del vehículo al trabajar el sistema de suspensión. Un criterio importante para la selección es el del roll center, el cual se define como el centro instantáneo de rotación del chasis. En la figura 1.3.7. se encuentra las principales geometrías.

Suspension Set-Up	Wheel Displacement	Camber	Roll Center
	↑ ↓	None	Negative Positive
	↑ ↓	↑ ↓	Always Negative
	↑ ↓	↑ ↓	Always Positive
	↑ ↓	↓ ↓	Always Positive
	↑ ↓	↓ ↑	Positive Majority of the Displacements
	↑ ↓	↑ ↓	Always Negative

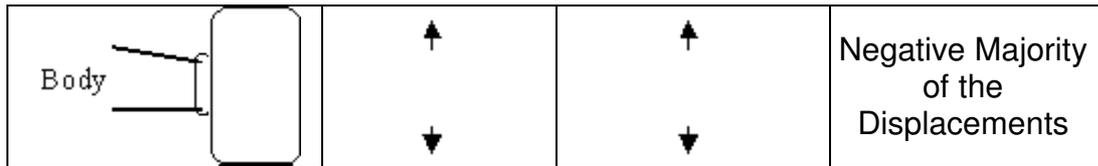


Fig. 1.3.7. Esquema de las mesas⁵².

Se seleccionó la quinta opción, ya que permite tener un centro instantáneo de giro por debajo del chasis, lo que proporciona mayor estabilidad.

Para diseñar la suspensión del vehículo se debe tomar en cuenta la restricción impuesta por la FAU referente al ancho máximo del mismo, que es de hasta 1600 mm. Se escogió el tamaño de llantas a usar y por consiguiente, los portamasas correspondientes, los mismos que para esas llantas deberían mantener una distancia entre las rotulas (superior e inferior) de 244 mm y una inclinación de 12 grados, dejando un espacio de 125 mm para el disco de freno y mordaza. Una vez modelados los portamasas en el software Auto CAD y sus puntos de contacto (tanto de suspensión como de dirección) se procedió a diseñar las mesas. Teniendo en cuenta el bosquejo básico de las mesas se calculó el centro instantáneo de rotación⁵³ en un diseño bidimensional utilizando el mismo software, como se observa a continuación en la figura 1.3.8.

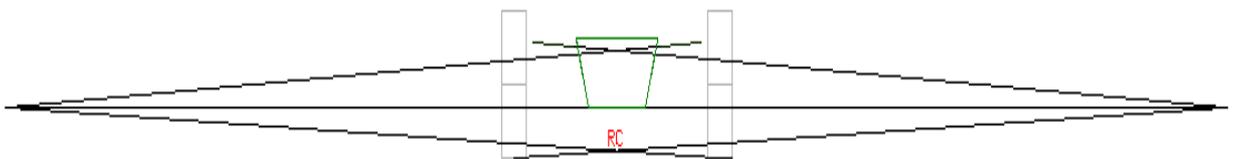


Fig.1.3.8. Roll center, vista Frontal⁵⁴.

⁵² 2000-2001 FORMULA SAE RACECAR

⁵³ Centro instantáneo de rotación es llamado también roll center, y es el punto en el que el vehículo concentra las fuerzas para permitir o impedir su viraje, es la clave de estabilidad del automotor.

⁵⁴ Figura sacada del modelo original de Auto CAD.

Según el análisis del gráfico, se cuenta con un Roll Center del vehículo ubicado por debajo del chasis, lo que representa una ventaja al generar estabilidad, esta determinación permite proceder a diseñar las mesas. [22]

En el capítulo 1. 2 de este trabajo, se indica la forma de diseñar las mesas en su relación con el chasis, habiendo determinado que en las mesas delanteras se necesita que exista un camber positivo para cuando la suspensión se accione, y se mantenga el contacto entre el neumático y el piso; lo que se logra haciendo las mesas superiores más cortas que las inferiores, a continuación se observa en la figura 1.3.9. los puntos de anclaje de las mesas y las longitudes tanto de la mesa superior como de la mesa inferior desde una proyección frontal del vehículo:

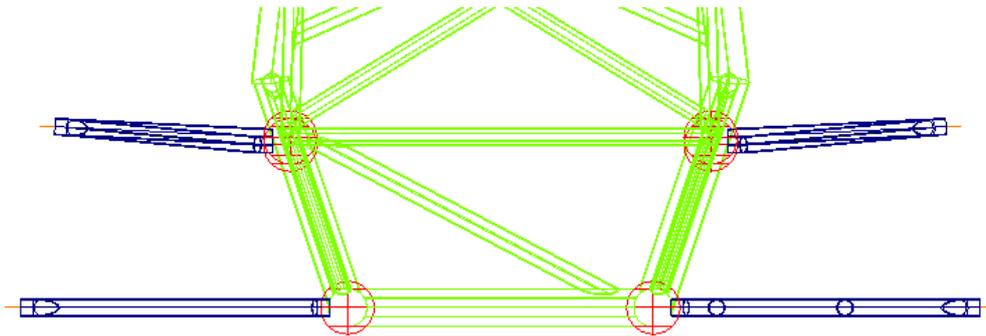


Fig.1.3.9. Vista frontal del anclaje y de las mesas delanteras⁵⁵.

En el diseño de las mesas, se determinó que los puntos de anclaje de las mismas al chasis mantendrán un cierto grado de inclinación para permitir que en un eventual momento de impacto la suspensión pueda absorber más eficientemente el golpe al accionarse el amortiguador. Este ángulo y la disposición indicada se observa en la figura 1.3.10. a continuación.

⁵⁵ Figura sacada del modelo original de Auto CAD.

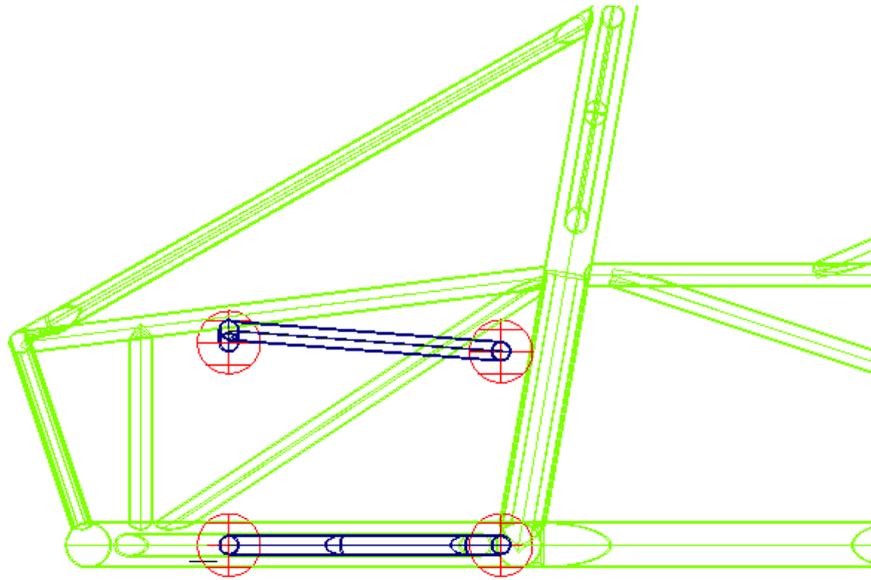


Fig. 1.3.10. Vista lateral de anclaje de mesas⁵⁶.

Una vez definidas las posiciones de las mesas, se procede a su diseño, conforme consta en la figura 1.3.11.

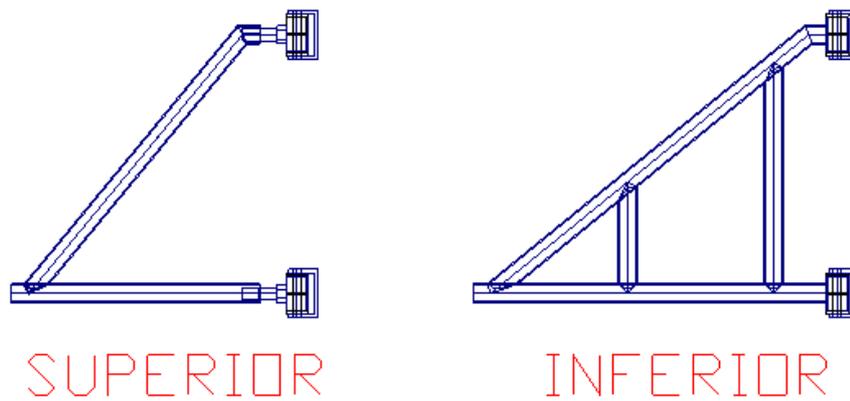


Fig. 1.3.11. Mesas delanteras⁵⁷.

Las mesas delanteras superiores tienen la forma de un triángulo rectángulo, colocado de tal manera que el tubo perpendicular al chasis se ubique en la parte frontal, lo que sirve para respetar el espacio necesario para la implementación del mecanismo de dirección, que se explicará posteriormente.

⁵⁶ Figura sacada del diseño original creado en Auto CAD,

⁵⁷ Figura sacada del diseño original creado en Auto CAD

Las mesas delanteras inferiores deben ser diseñadas en forma similar al de las superiores, con la diferencia de que éstas requieren refuerzos de barras transversales colocadas en dos posiciones a lo largo de la mesa, para soportar los golpes o impactos de agentes externos, la colocación de estas barras debe realizarse como se observa en la figura 1.3.11.

Con la misma funcionalidad operan las mesas traseras, al tener diferentes longitudes las superiores de las inferiores, como se demuestra a continuación en la figura 1.3.12.

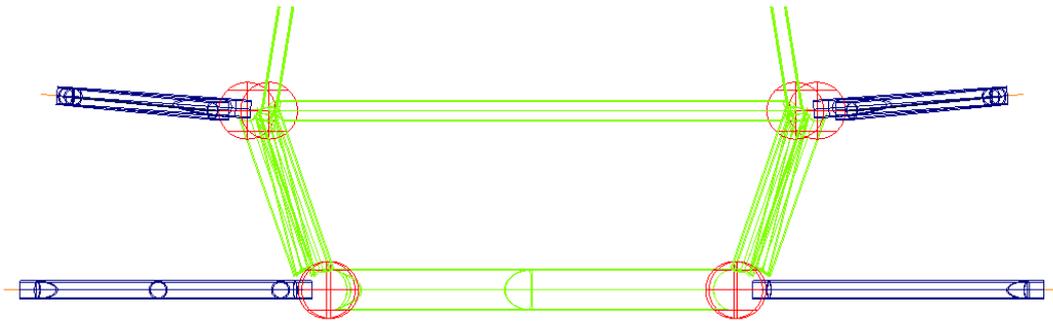


Fig. 1.3.12. Anclaje mesas posteriores, vista posterior⁵⁸.

A diferencia de las mesas delanteras, en las mesas posteriores no necesitamos el ángulo de corrección de caster, por lo tanto los anclajes son paralelos. Esto se puede apreciar en la figura 1.3.13.

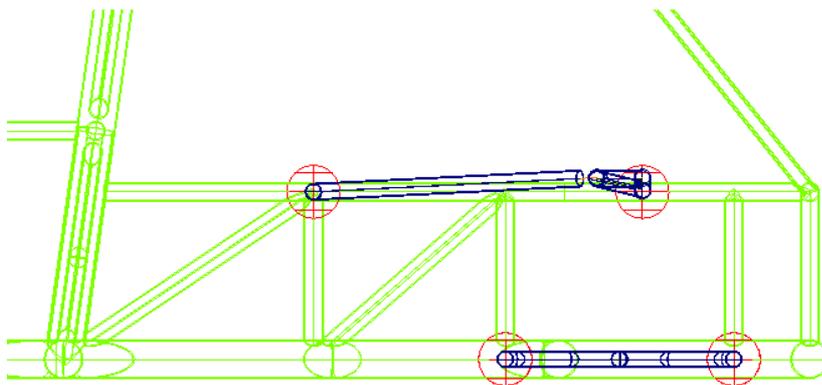


Fig. 1.3.13. Anclaje mesas posteriores, vista lateral.⁵⁹

⁵⁸ Figura tomada del original en Auto CAD

⁵⁹ Figura sacada del diseño original de Auto CAD.

Para el diseño de las mesas posteriores, se necesita una configuración diferente a las delanteras, esto se da ya que las ruedas posteriores sirven de arrastre del automotor y no altera su dirección, la forma de estas se encuentra en la figura 1.3.14.

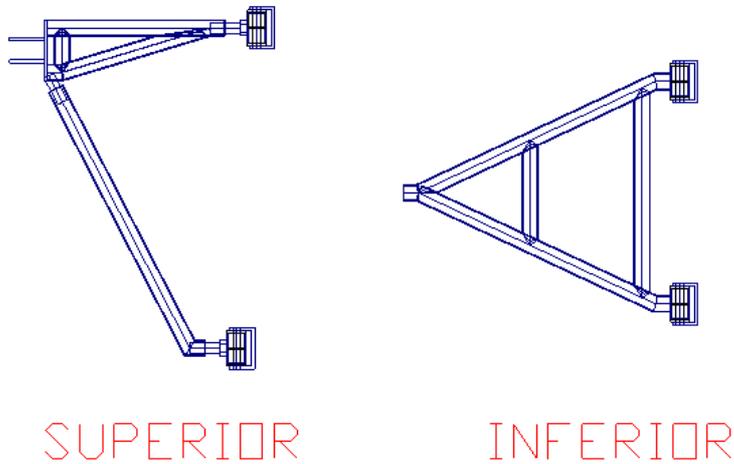


Fig. 1.3.14. Vista superior de las mesas posteriores⁶⁰.

La mesa inferior tiene la forma de una A con barras de refuerzo transversales, lo cual proporciona rigidez, y una mejor distribución de esfuerzos, esta mesa se encuentra conectada fijamente al chasis a través de dos bujes por cada una.

La mesa superior en cambio se compone por dos cuerpos, el primer cuerpo en forma de A invertida permite controlar fácilmente la alineación de camber y a su vez proporcionar una sujeción adecuada al portamasas; el segundo cuerpo corresponde a un tirante el cual permite la alineación de caster más fácilmente; esta mesa posee regulaciones en ambas piezas para facilitar la calibración del camber, del caster y la convergencia.

Todas las mesas van sujetas tanto al chasis mediante bujes, y al portamasas con una rotula que permite el movimiento con tres grados rotacionales de libertad y a su vez un grado traslacional (el cual es el que nos permite la calibración de los diferentes parámetros de alineación como es el camber, caster y toe).

1.3.3. Dirección.

Para el caso de la dirección, de acuerdo con la forma de los portamasas y el diseño de las mesas de suspensión, es necesario que la dirección sea del tipo piñón y cremallera.

⁶⁰ Figura sacada del diseño original de Auto CAD.

El sistema de dirección está compuesto por: un volante, una columna de dirección, un brazo con rótulas, la cremallera, los brazos de la cremallera y las puntas de dirección ubicadas en los portamasas.

El conductor gira el volante, que está directamente conectado a la columna de la dirección, encargada de sujetar y permitir el movimiento del volante en una misma posición; la misma que está conectada a un brazo con crucetas en ambos lados, la cual transmite la rotación desde la columna de dirección a la cremallera. La cremallera se encarga de convertir el movimiento rotatorio en movimiento lineal, provocando que los brazos de dirección, conectados con rotulas en ambos extremos, apliquen este movimiento hacia ambos portamasas, y por ende, girando las llantas.

La posición del volante se basa en las bases de la normativa de confort de manejo. La columna sale del volante con un ángulo de 90 grados, por lo tanto es necesaria, como se indica en la Fig. 1.3.15, la necesidad de una segunda columna de dirección con juntas cardanes entre la primera columna y la cremallera.

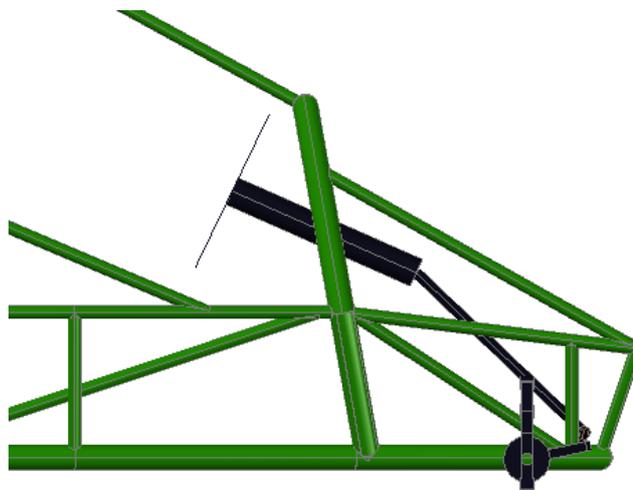


Fig. 1.3.15. Vista lateral configuración Volante, barra de dirección⁶¹.

El sistema de dirección mostrado en la figura 1.3.16. Permite apreciar más claramente el funcionamiento. La rotación en la columna de dirección genera movimiento traslacional en la cremallera, ésta a su vez transmite el movimiento a las barras de dirección que mueven los portamasas redireccionando las ruedas.

⁶¹ Figura sacada de un bosquejo 3D graficado en Auto CAD.

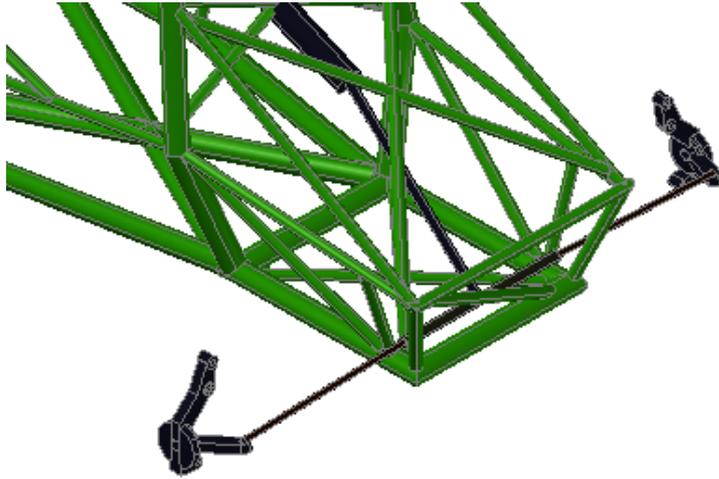


Fig. 1.3.16. Esquema de sistema de dirección⁶².

⁶² Figura sacada de un bosquejo 3D graficado en Auto CAD

1.4 Frenos.

1.4.1. Clasificación

EL sistema de frenos de un vehículo se clasifica según el modo de frenado y según el tipo de accionamiento. Según el tipo de frenado hay los frenos de tambor y los frenos de disco; según el tipo de accionamiento hay los frenos con mando de cable (o dispositivo mecánico) y los de mando hidráulico.

1.4.2. Clasificación según el modo de frenado:

1.4.2.1. Frenos de tambor.

Es un tipo de freno compuesto por 2 zapatas colocadas en configuración circular, de tal forma que al accionar el freno, estas aumentan el diámetro del círculo y entran en contacto con el tambor, generando fricción y frenado. Este puede ser accionado por cable o en forma hidráulica. La figura 1.4.1. representa el mecanismo más típico de los frenos de tambor. [23]

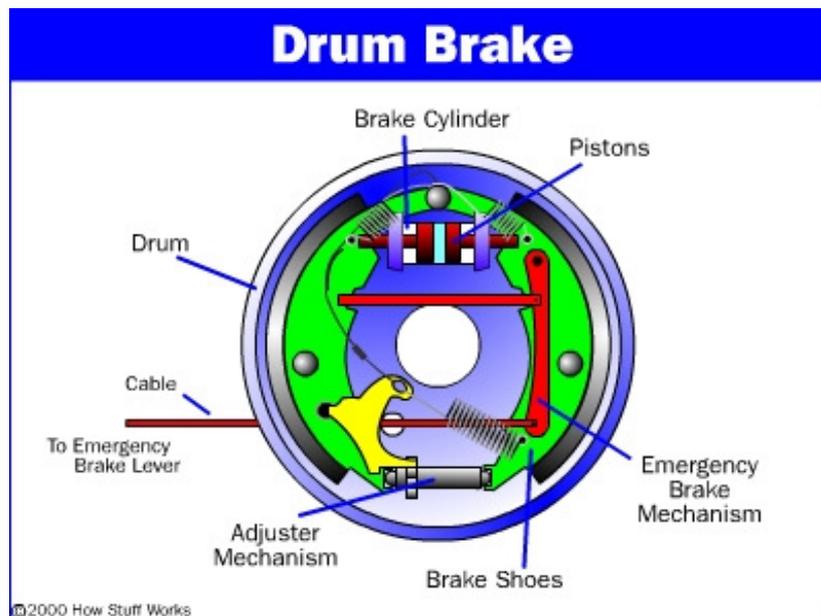


Fig. 1.4.1. Imagen Frenos de Tambor⁶³.

El accionamiento se da específicamente por un cilindro de freno, que al recibir la presión (hidráulica o por cable), empuja los pistones horizontalmente, y estos a las zapatas que presionan el tambor, se cuenta con un mecanismo de regulación que

⁶³ [<http://auto.howstuffworks.com/drum-brake1.htm>]

permite reajustar la distancia de las zapatas al tambor conforme se produce el desgaste de las mismas.

1.4.2.2. Frenos de disco

EL freno de disco esta compuesto por dos pastillas que presionan axialmente a un disco giratorio; las pastillas están sostenidas por una mordaza fijada al portamasas; este es generalmente accionado hidráulicamente. La presión generada por el mando es aplicada sobre el pistón, éste presiona el disco encerrándolo entre las dos pastillas de freno y produciendo entonces la fricción necesaria para el frenado, la mecánica funciona como se puede apreciar en la figura 1.4.2. [24]

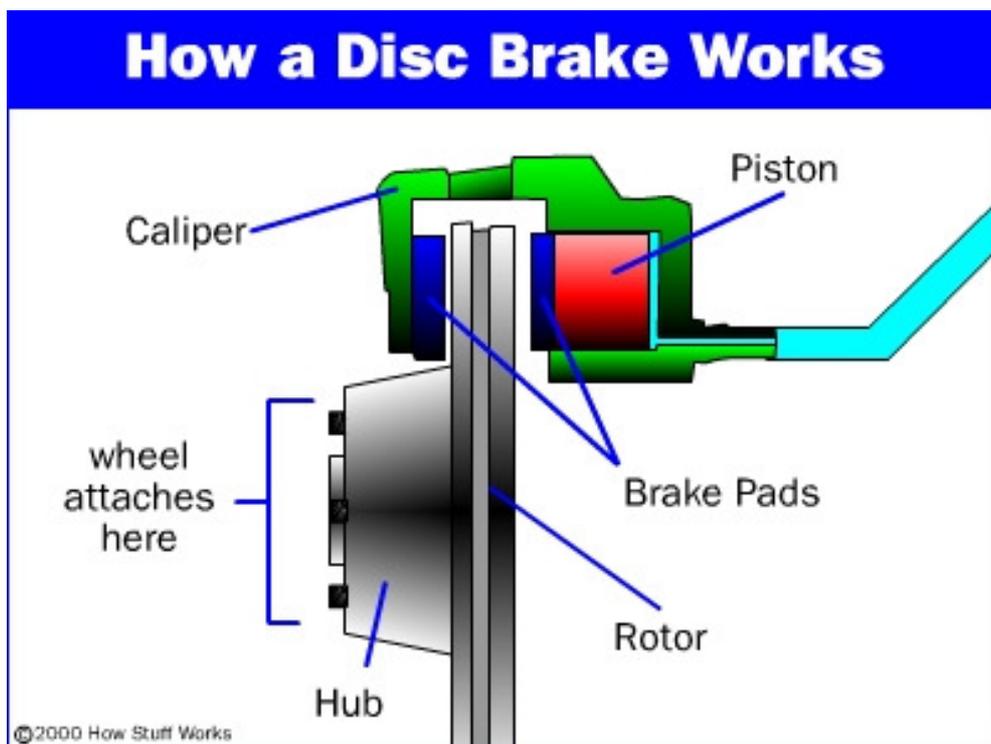


Fig. 1.4.2. Imagen Frenos de Disco⁶⁴.

La mordaza⁶⁵ puede estar compuesta de uno a ocho pistones, que se desplazan en la forma indicada, al ser accionados hidráulicamente.

1.4.3. Clasificación según el tipo de mando.

1.4.3.1. Mecanismo de frenos por cable

⁶⁴ [<http://auto.howstuffworks.com/disc-brake1.htm>]

⁶⁵ Mordaza es el mecanismo que contiene al pistón trasmisor de la fuerza y encierra al disco sosteniendo las pastillas.

Este sistema puede ser usado tanto para el freno como para el acelerador y el embrague. Por no ser el escogido para esta aplicación específica de frenado, se lo explicará más claramente al hacer referencia al sistema de aceleración y embrague.

1.4.3.2. Mecanismo de Frenos hidráulicos

Se llama hidráulico al mecanismo en el que el transmisor utilizado para enviar la fuerza aplicada es un fluido.

Los frenos hidráulicos están compuestos por un pedal, una (o más) bombas de frenado, y cañerías que conducen el líquido a las mordazas o a los pistones de freno. El líquido utilizado en este sistema se denomina líquido de frenos, el cual además de tener características de baja compresibilidad, es anticorrosivo, tiene un punto de ebullición alto y su capacidad de contener humedad es baja.

El mecanismo funciona de la siguiente manera: el conductor presiona el pedal que está directamente conectado a la bomba de freno que es la encargada de enviar mediante las cañerías la presión del líquido de frenos hacia las mordazas tanto delanteras como traseras, accionando el pistón en la forma antes indicada.

El mecanismo de freno de disco es más simple y confiable, por ello, el tipo de freno utilizado en este proyecto es el hidráulico de disco aplicado a las cuatro ruedas, debiendo los portamasas definidos en la parte de dirección y suspensión ser diseñados para este sistema de frenado.

Se utilizan 2 bombas de freno conectadas en serie: la primera está conectada directamente al pedal y es la principal encargada de enviar el líquido hacia las cuatro ruedas, esta bomba principal de freno debe tener doble salida de líquido para separar el sistema de frenos delantero del trasero. Las cañerías que forman parte del sistema trasero están conectadas a una segunda bomba que permite el frenado en caso de emergencia, esto es si por cualquier circunstancia los otros sistemas fallan.

La cañería de freno es de cobre, va desde las bombas a lo largo del chasis hasta conectarse a través de mangueras a las cuatro mordazas en forma independiente, se usa las mangueras por cuanto se necesita flexibilidad en las ruedas.

1.5. Mandos del piloto.

1.5.1. Mecanismo del acelerador y embrague.

1.5.1.1. Acelerador

El acelerador es el mecanismo mediante el cual se controla el paso de la mezcla de aire y combustible a los cilindros del motor para aumentar o disminuir la potencia producida.

Este mecanismo está compuesto de: un pedal de acelerador, cable metálico recubierto y un mecanismo receptor. El funcionamiento procede de la siguiente forma: cuando el conductor presiona el pedal, acciona el mecanismo que provoca que el cable metálico jale a través de su funda y llegue hasta el control de apertura de los carburadores colocado en el motor, como se puede observar en el bosquejo en la figura 1.5.1.

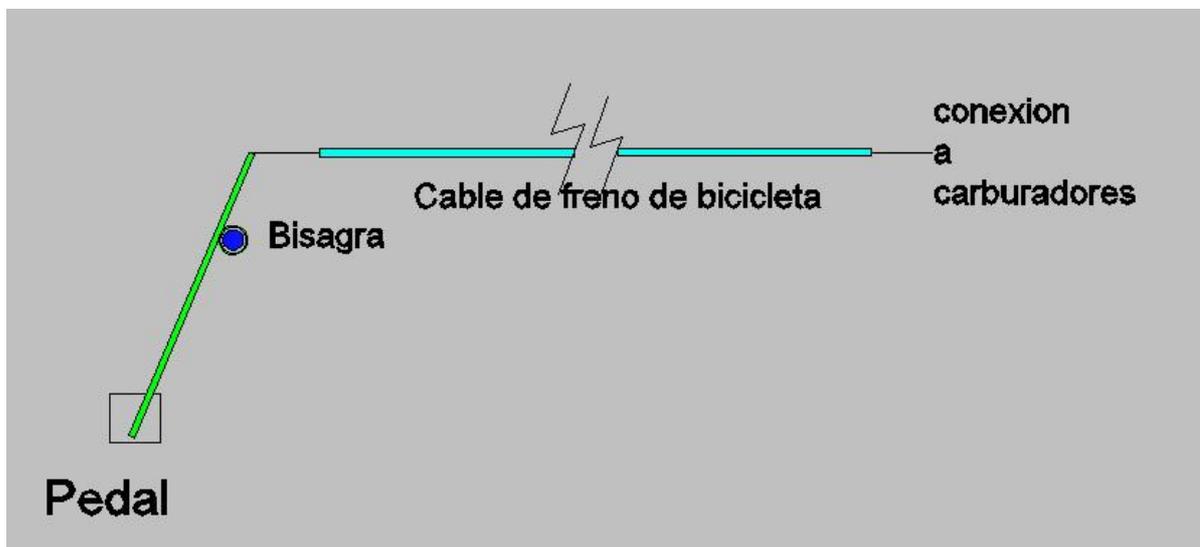


Fig. 1.5.1. Esquema de mecanismo de acelerador⁶⁶.

En el gráfico se observa en color verde el pedal, tiene una bisagra que permite el movimiento, en el extremo superior del pedal existe un agujero por donde se conecta el un extremo del cable, cuya funda cobertora está fijada al chasis a lo largo del vehículo; el otro extremo del cable, se sujeta a la base de la conexión de los carburadores.

⁶⁶ Figura sacada de un bosquejo creado en Auto CAD.

1.5.1.2. Embrague

El sistema de accionamiento del embrague, mostrado en la figura 1.5.2., es exactamente igual al del acelerador con la única diferencia de que la conexión del cable metálico se hace con el control del embrague en lugar de hacerlo con el control de los carburadores.

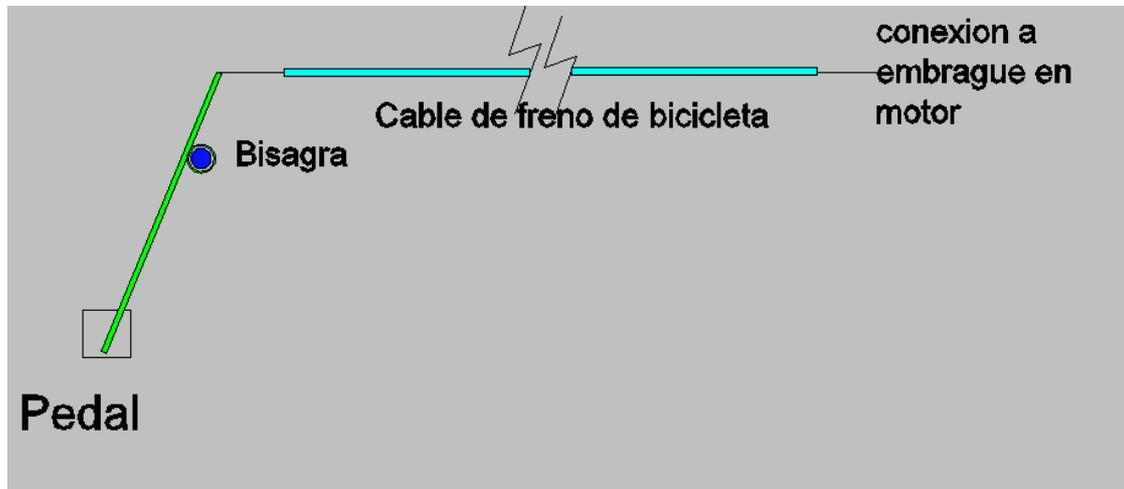


Fig. 1.5.2. Esquema de mecanismo de embrague.⁶⁷

El funcionamiento y utilidad del embrague se encuentra descrito en el capítulo 1.1 de este trabajo, al referirse al diseño de tren de potencia.

1.5.2. Mecanismo de Freno.

El elemento principal del sistema de frenado es la bomba de freno, esta se acciona tras empujar un pedal ubicado en la parte inferior de un brazo de palanca, que se conecta con un vástago colocado en forma horizontal a la bomba, de tal forma que al presionar el pedal se acciona la bomba.

⁶⁷ Figura sacada de un bosquejo creado en Auto CAD.

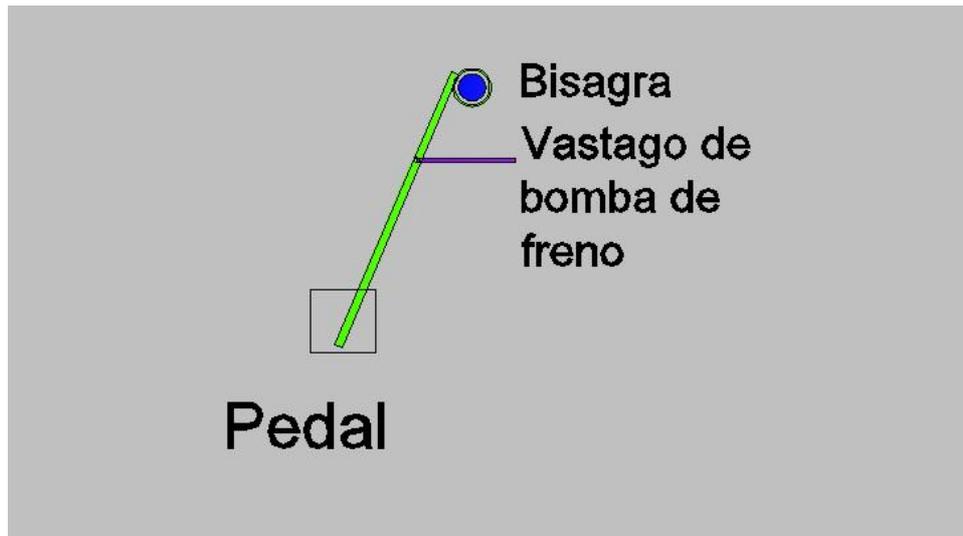


Fig. 1.5.3. Esquema de mecanismo de freno.⁶⁸

En la figura 1.5.3. se puede apreciar que el mecanismo tiene un brazo de palanca (verde), el cual gira alrededor de una bisagra (azul) y a su vez tiene un agujero que conecta al vástago de la bomba, transmitiendo así la fuerza.

1.5.3. Mecanismo de palanca de cambios.

La caja de cambios, su funcionamiento y utilidad, se tiene desarrollado en el capítulo del diseño del tren de potencia (1.1.).

En el desarrollo de este proyecto, se utilizó una caja de cambios de motocicleta, la misma que es de tipo secuencial, es accionada por un eje estriado ubicado al lado izquierdo del motor. Dado a que la palanca de cambios tiene que ser al lado derecho del conductor, se nos presenta la necesidad de implementar un mecanismo para transferir el movimiento. A continuación, en la figura 1.5.4. se presenta un bosquejo del mecanismo:

⁶⁸ Figura sacada de un bosquejo creado en Auto CAD.

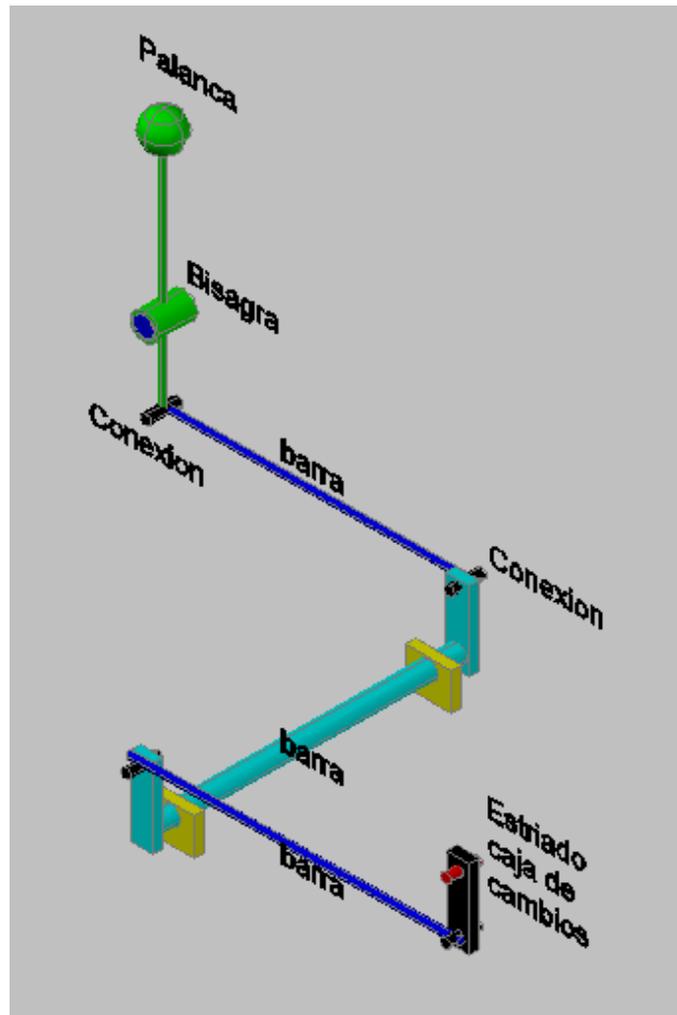


Fig. 1.5.4. Esquema de mecanismo de palanca de cambios⁶⁹.

El mecanismo funciona de la siguiente manera: la palanca de cambios (verde) es accionada y rota alrededor de la bisagra (azul), permitiendo el movimiento de la parte inferior de la misma, que está, a su vez, conectada a una barra (azul) que la interconecta a la barra rotatoria (celeste) que permite transferir el movimiento del lado derecho al lado izquierdo del vehículo, en el chasis existen 2 placas (amarillas) de sostén de la barra (celeste) que actúan como chumaceras las cuales están soldadas a la parte inferior del arco frontal del chasis. La barra celeste se conecta a la barra (azul) de tal manera que la barra azul pueda mover el mecanismo accionador del eje estriado de la caja de cambios.

1.6. Análisis mediante el método de elementos finitos.

⁶⁹ Bosquejo creado en Auto CAD.

1.6.1. Introducción.

El método de los elementos finitos es una técnica usada en la ingeniería para encontrar soluciones aproximadas a diferentes problemas de valor en la frontera. Los problemas de valor en la frontera son problemas matemáticos en los cuales una o más variables dependientes deben satisfacer las derivadas parciales de una ecuación diferencial y las condiciones específicas en la frontera del dominio. Esta técnica de solución es aplicada en un sinnúmero de campos de la ingeniería y la ciencia. [25]

1.6.2. Análisis del modelo.

Para el análisis se utiliza el paquete de elementos finitos ANSYS. Para este propósito, el modelo del chasis previamente diseñado y dibujado en AUTOCAD es exportado bajo el formato .acis al programa indicado. Luego de importar el diseño encontramos que el modelo se compone de 87 cuerpos.

En la siguiente figura 1.6.1. se muestra una imagen del modelo en el software.

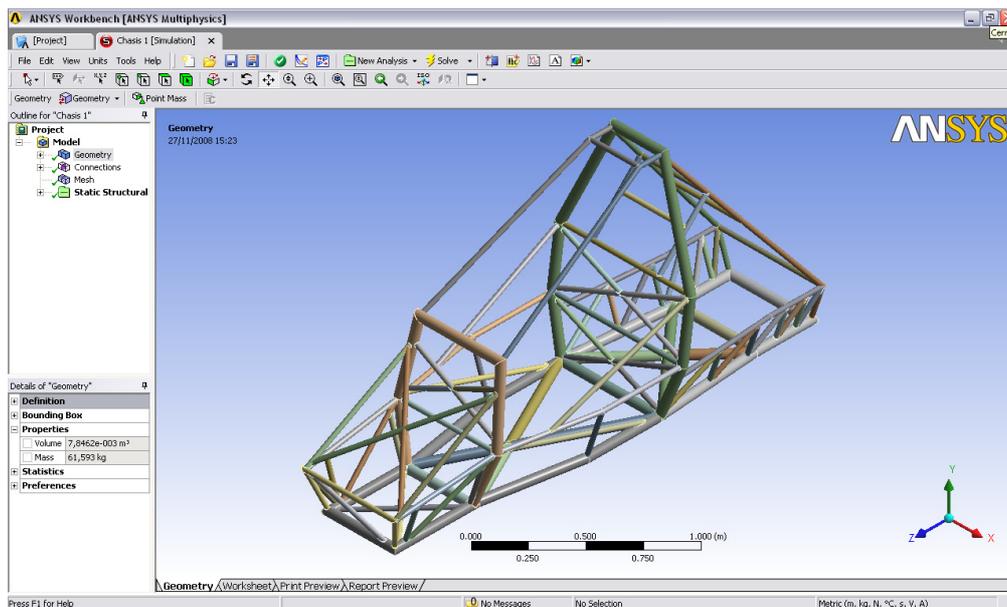


Fig. 1.6.1. Modelo del chasis representado en Ansys⁷⁰.

Una vez que el modelo ha sido importado en ANSYS, se procede a la generación de la malla, esto consiste en subdividir el cuerpo para así poder igualar las condiciones de frontera de las diferentes divisiones, y así poder calcular el comportamiento de todo el sistema de una manera continua. Los principales resultados que interesan en el estudio de una estructura son los esfuerzos y deformaciones.

⁷⁰ IMAGEN IMPRESA A PARTIR DE LA PANTALLA DEL PROGRAMA ANSYS.

Debido a la falta de capacidad del computador para el cálculo, el modelo se simplificó, desarrollándolo en dos partes y considerando que la tubería a usarse es del mismo tipo. La primera parte corresponde al diseño del arco principal hacia adelante y la segunda, desde el arco hacia atrás, como se muestra en la figura 1.6.2.

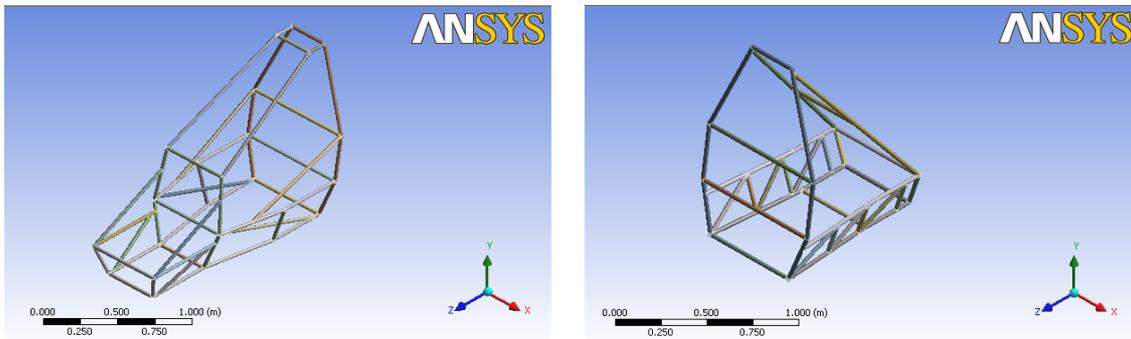


Fig. 1.6.2. Modelo simplificado de las dos secciones del chasis en Ansys⁷¹

1.6.2.1. Análisis del chasis sometido a cargas de torsión.

El chasis está siempre sujeto a cargas de torsión entre las mesetas frontales y posteriores del vehículo, según la SAE (Society of Automobile Engineers / Sociedad de Ingenieros Automotrices) un vehículo de este tipo debe resistir 3000 Nm/grado aplicada en las mesetas delanteras. [26]

Para el análisis de este requerimiento se cuenta con los siguientes parámetros:

Cargas:

4 Fuerzas de 3125 [N] que ejercen un momento de 3018 Nm. aplicadas en cada uno de los tubos donde se anclan las mesetas delanteras; toda vez que se va a hacer el cálculo dividiendo el chasis en parte frontal y posterior, se usaran 8 fuerzas de 1562,5 [N] aplicadas en los tubos donde se anclan las mesetas delanteras y posteriores.

Restricciones:

En ambas simulaciones se aplica la misma restricción, que consiste en restringir el movimiento en el arco principal.

A continuación se encuentran las figuras 1.6.3 y 1.6.2, que representan las cargas y restricciones en el modelo en ambas simulaciones:

⁷¹ Imágenes obtenidas del diseño Ansys simplificado.

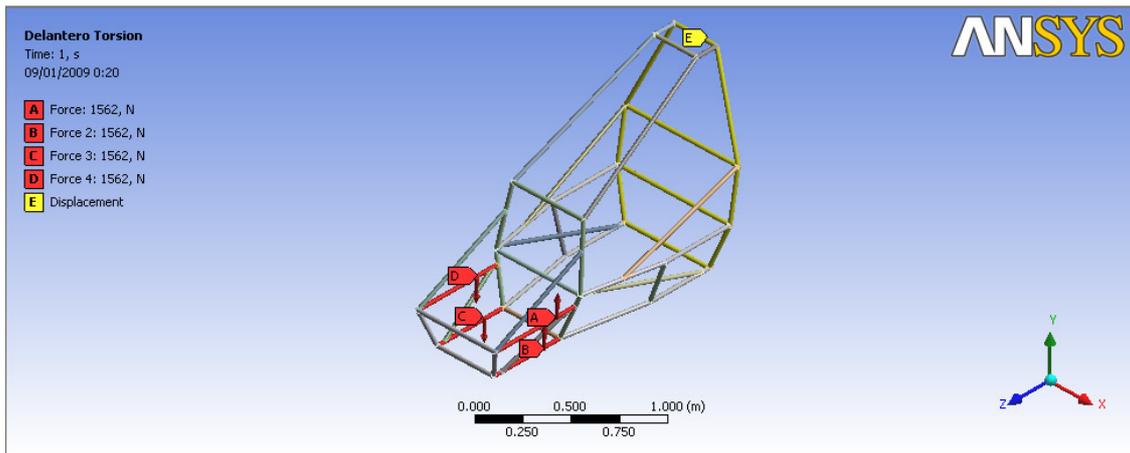


Fig. 1.6.3 Fuerzas y restricciones para cargas a torsión en la parte delantera⁷²

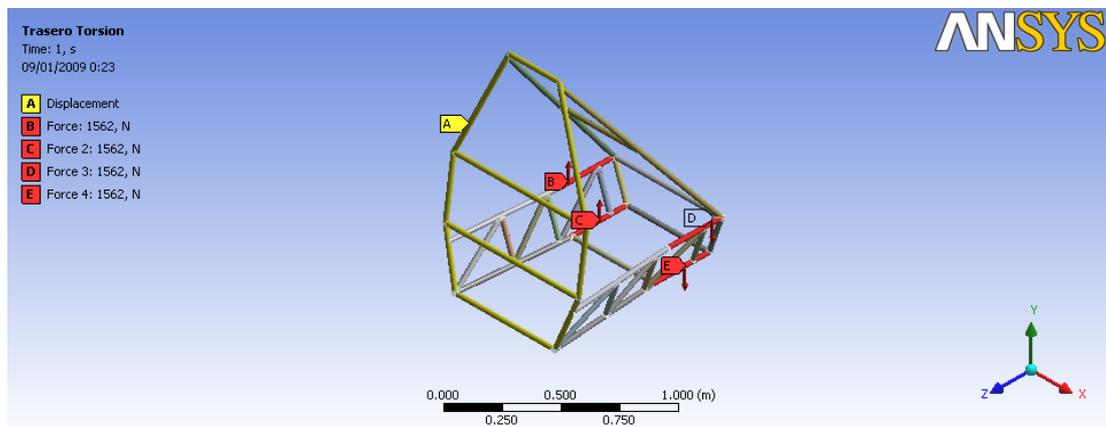


Fig. 1.6.4. Fuerza y restricciones para cargas a torsión en la parte posterior⁷³.

Resultados:

A continuación se aprecian las figuras 1.6.5, 1.6.6, 1.6.7 y 1.6.8; que representan los resultados de las simulaciones, los gráficos elegidos son los de Esfuerzo de Von Mises y de Deformación.

⁷² Imagen obtenida del diseño simplificado de la parte frontal en el software Ansys.

⁷³ Imagen obtenida del diseño simplificado de la parte frontal en el software Ansys.

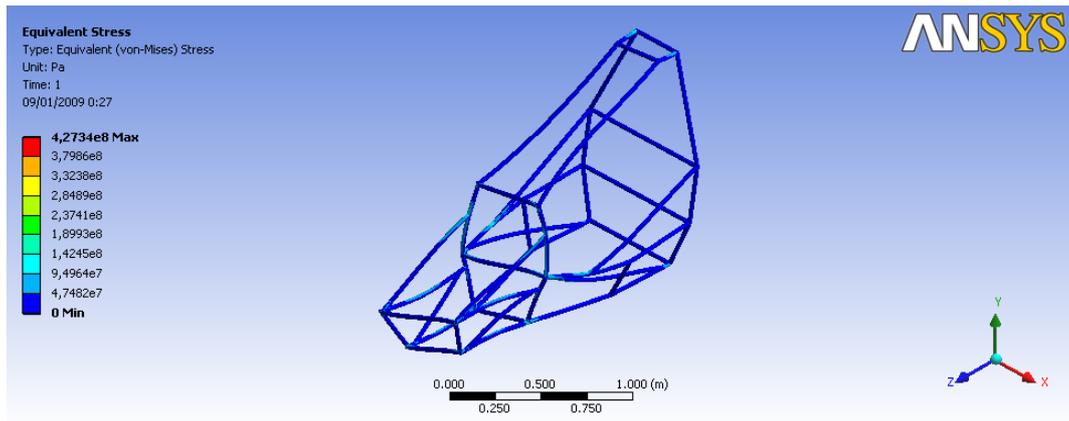


Fig. 1.6.5. Resultado de esfuerzos de Von Mises para cargas a torsión en la parte delantera⁷⁴.

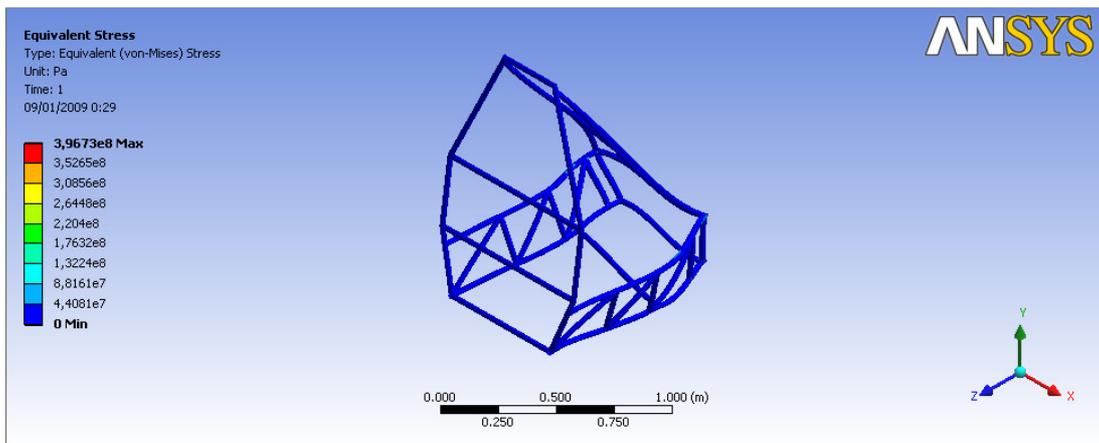


Fig. 1.6.6. Resultado de esfuerzos de Von Mises para cargas a torsión en la parte posterior⁷⁵

En las figuras 1.6.5. y 1.6.6. Se encuentran los resultados de los esfuerzos de Von Mises del modelo a Torsión, como resultado crítico se obtiene el esfuerzo máximo de $4.27E8$ Pa., el mismo que se acerca al límite plástico del material; interpretando este resultado, se deduce que el diseño original al tener refuerzos de material como triángulos en partes críticas, y material más resistente en la estructura principal detallada en el capítulo 1.2. disminuirá los esfuerzos obtenidos en este proceso.

⁷⁴ Imagen representativa de los resultados de esfuerzos del diseño simplificado de la parte frontal en el software Ansys.

⁷⁵ Imagen representativa de los resultados del diseño simplificado de la parte trasera en el software Ansys.

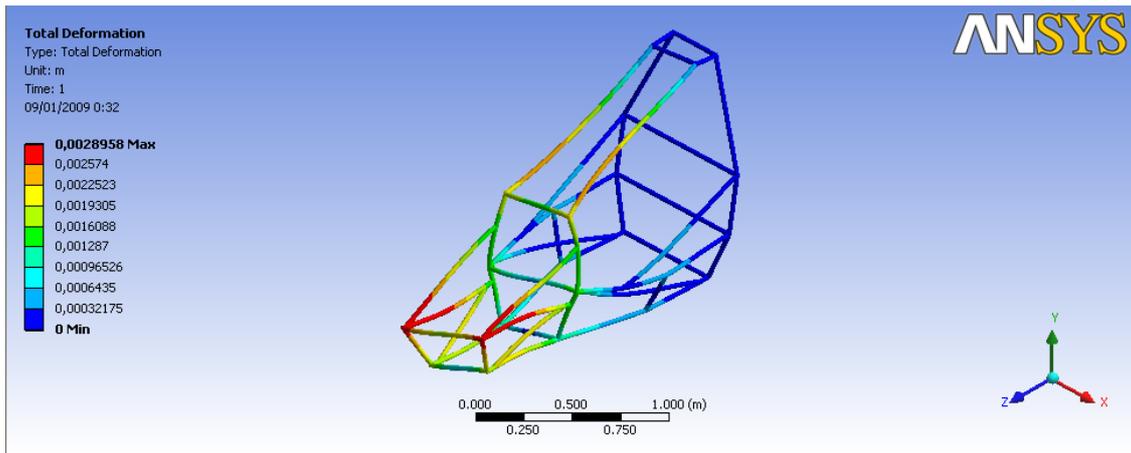


Fig. 1.6.7. Resultado de deformación para cargas a torsión en la parte delantera⁷⁶.

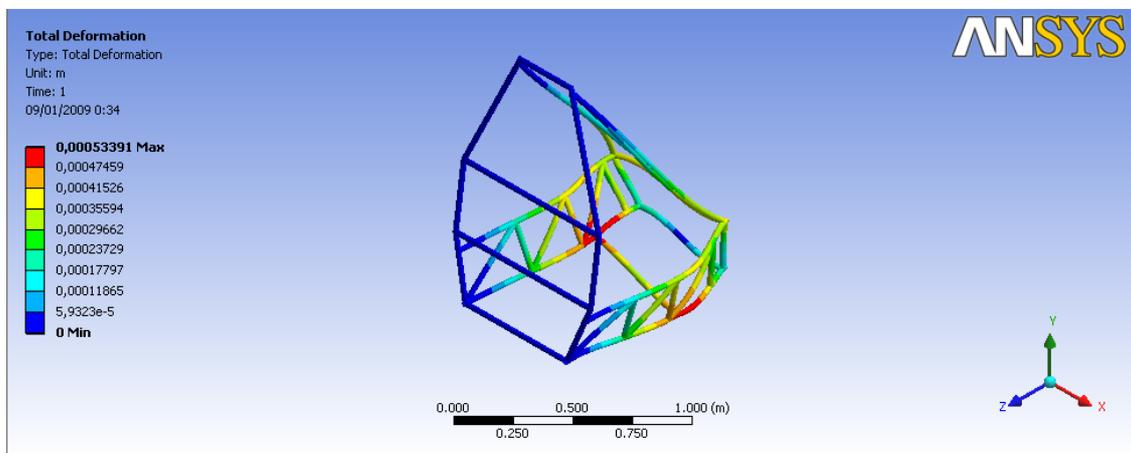


Fig. 1.6.8. Resultado de deformación para cargas a torsión en la parte posterior⁷⁷.

En el caso de las deformaciones, (Figuras 1.6.6 y 1.6.7.), se encuentra la deformación máxima es de 2.8 mm., siendo ésta aceptable para el tipo de uso que se dará al vehículo.

1.6.2.2. Análisis del chasis sometido a cargas de Flexión.

El chasis está sujeto a fuerzas producidas por el peso del motor y por el peso del piloto, además se considera que recibe una fuerza equivalente a cuatro veces su peso en las bases de las mesas; lo que corresponde a un salto de 50 cm. de alto. Para el análisis de esta sollicitación tenemos los siguientes parámetros: [26]

⁷⁶ Imagen representativa de los resultados de deformación de la parte frontal del software Ansys

⁷⁷ Imagen representativa de los resultados de deformación por cargas de torsión en la parte trasera del software Ansys.

Cargas:

- Fuerza de 755 N. hacia abajo aplicada en las bases del asiento.
- Fuerza de 784 N. hacia abajo aplicada en donde se fija el motor.
- 8 fuerzas de 1725 N. en cada uno de los tubos donde se acoplan las mesas delanteras y posteriores.

Restricciones:

Como se tiene indicado, se restringe el movimiento del arco principal.

A continuación se aprecian las figuras 1.6.9 y 1.6.10, que representan las cargas y restricciones en el modelo en ambas simulaciones:

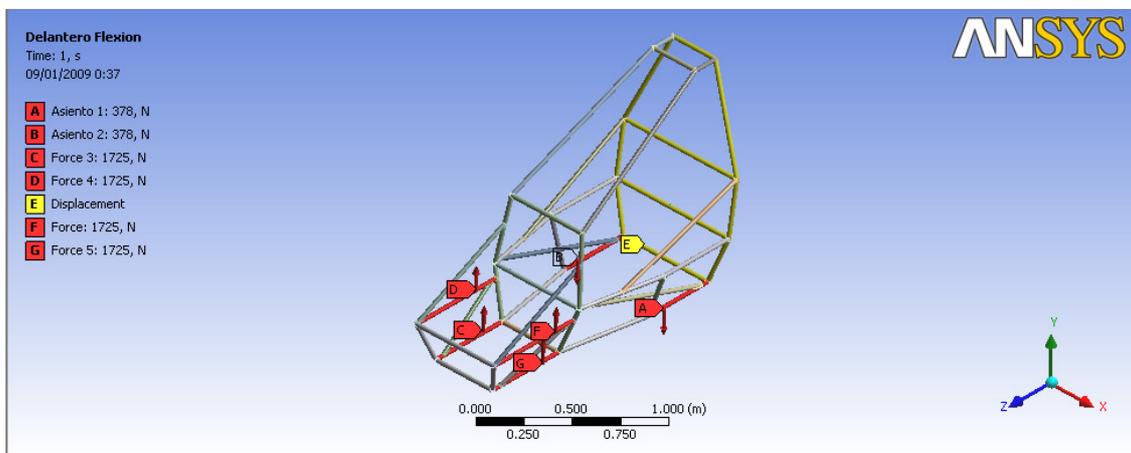


Fig. 1.6.9. Fuerzas y restricciones para cargas a flexión en la parte delantera⁷⁸.

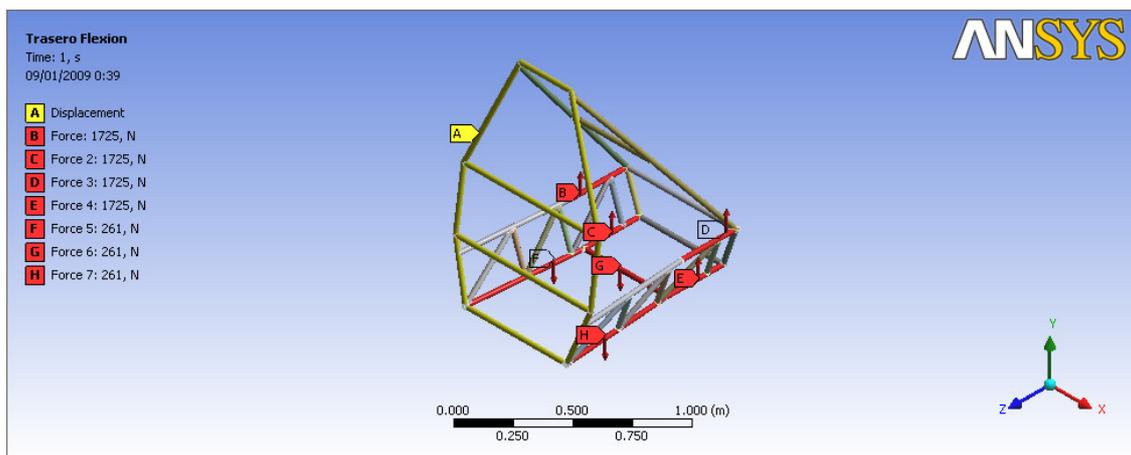


Fig. 1.6.10. Fuerzas y restricciones para cargas a flexión en la parte posterior⁷⁹.

⁷⁸ Imagen representativa de las cargas de flexión previas a la simulación de la parte delantera obtenida del software Ansys.

⁷⁹ Imagen representativa de las cargas de flexión en la parte trasera previas a la simulación del software Ansys.

Resultados:

A continuación se aprecian las figuras 1.6.11, 1.6.12, 1.6.13 y 1.6.14; en las cuales se representan los resultados de las simulaciones, los gráficos elegidos son los de Esfuerzo de Von Mises y de Deformación.

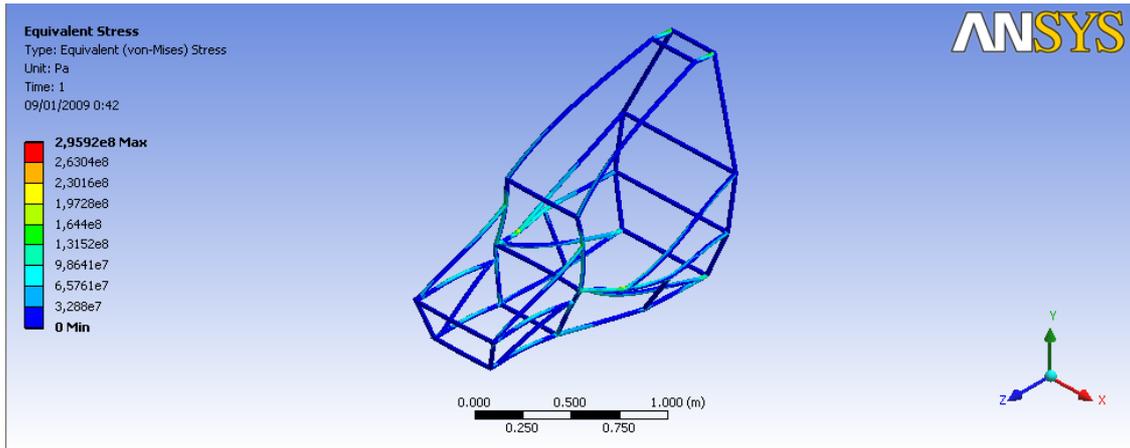


Fig. 1.6.11. Resultado Esfuerzo de Von Mises para cargas a flexión parte delantera⁸⁰.

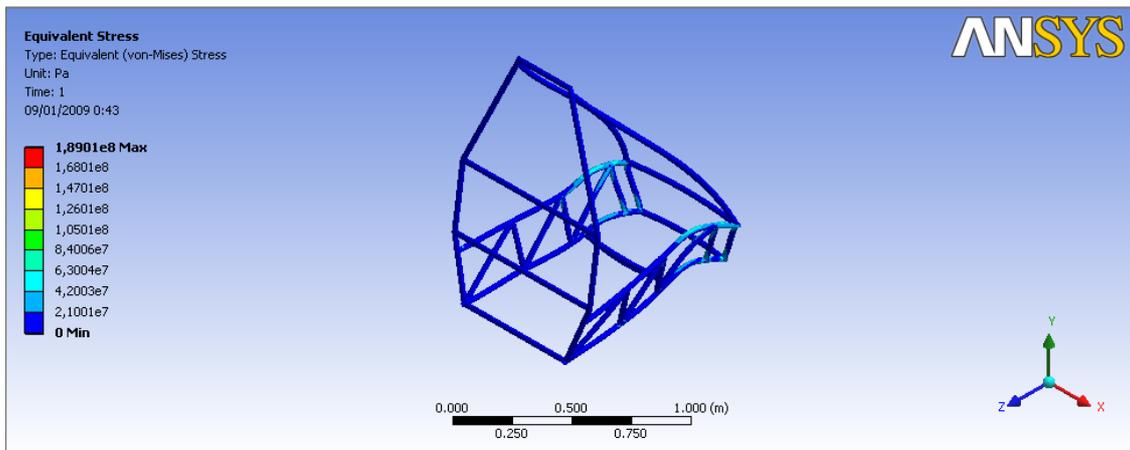


Fig. 1.6.12. Resultado de esfuerzo de Von Mises para cargas a flexión parte posterior⁸¹.

⁸⁰ Imagen representativa de los resultados de esfuerzos por flexión en la parte delantera obtenida en el software Ansys.

⁸¹ Imagen representativa de los resultados de esfuerzos por flexión en la parte trasera obtenida en el software Ansys.

En las figuras 1.6.11. y 1.6.12. se encuentran los resultados de los esfuerzos de Von Mises del modelo sometido a cargas de Flexión, como resultado critico se obtiene el esfuerzo máximo equivalente a $2.95E8$ Pa., el mismo que se acerca al límite elástico del material, considerando esta información, se establece que el diseño original tiene refuerzos de material más resistente así como estructuras de triángulos en las partes criticas. [27]

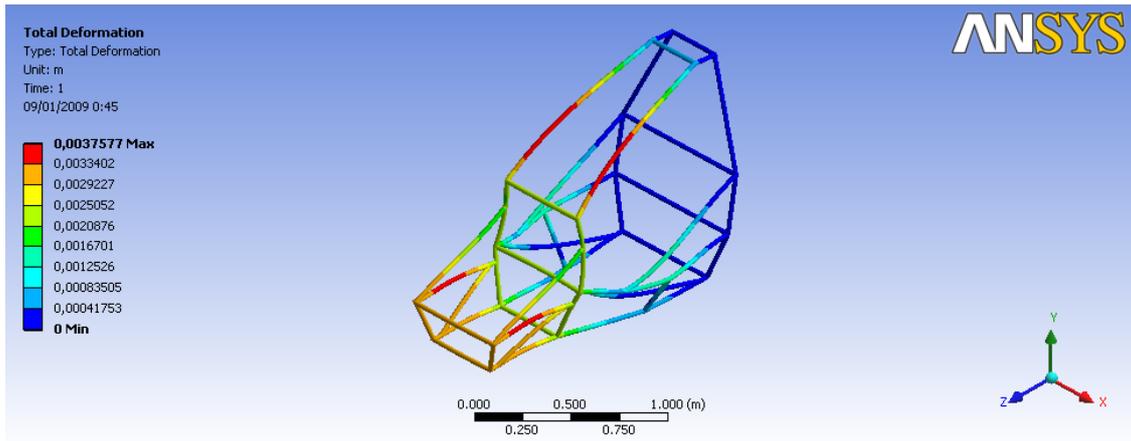


Fig. 1.6.13. Resultado de deformación para cargas a flexión en la parte delantera⁸².

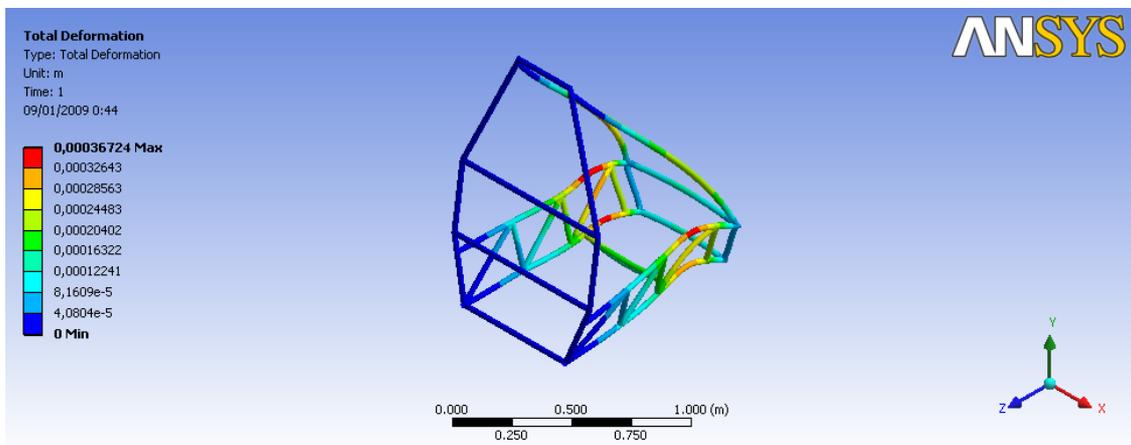


Fig. 1.6.14. Resultado de deformación para cargas a flexión en la parte posterior⁸³.

Con respecto a las deformaciones, encontramos una deformación máxima de 0.3 mm. lo que es muy aceptable para este tipo de vehículos.

⁸² Imagen representativa de los resultados de deformaciones por flexión en la parte delantera obtenidas en el software Ansys.

⁸³ Imagen representativa de los resultados de deformaciones por flexión en la parte posterior obtenida en el software Ansys

CAPITULO 2

2. CONSTRUCCION

Para el desarrollo del proyecto de construcción del vehículo, objeto de este trabajo, se debió contar con varios auspiciantes, considerando que el presupuesto otorgado por la USFQ es insuficiente para la construcción del vehículo. El primer paso a darse, fue justamente la búsqueda de personas naturales o jurídicas que por apoyar el desarrollo del ingenio estudiantil, confíen en invertir algo de dinero en este tipo de proyectos; el mercado de posibles inversores, se debió restringir a empresas de alguna manera involucradas con el tema automovilístico.

2.1. CHASIS.

Tomando los datos del diseño del vehículo USFQ-FAU, realizado en Auto CAD, se pudo obtener datos aproximados de la cantidad y variedad de materiales a utilizarse en la construcción del vehículo. Teniendo en cuenta que en la construcción de estos sistemas un hay un alto porcentaje de material desperdiciado.

Novacero S. A. es una empresa que provee servicios y materiales en acero, y se vinculó con la elaboración del proyecto apoyando con la donación del material necesario para la construcción del chasis. Para el vehículo se decidió utilizar dos tipos de tuberías, como queda explicado en capítulos anteriores, en el mercado se encuentra este material en piezas de 6 metros de longitud, por lo que las tuberías debieron ser cortadas en diferentes formas y medidas para posteriormente soldarlas entre sí dando la forma diseñada para el chasis, en este proceso (de cortado y soldado) se genera una gran cantidad de desperdicios, los que sumados al material utilizado en las piezas que no cumplen la forma deseada o se dañan en el proceso, constituyen la totalidad de material excedente que debió adquirirse para la elaboración del vehículo. Por estas razones se adquirió un 25% más de material en relación con la longitud total calculada. (Ver tabla de anexos VI)

La construcción del chasis se desarrolló en colaboración con el taller de mecánica industrial Mecánicas Olmedo, ubicado en la Avenida 6 de Diciembre y Avenida Los Pinos, en el que se realizaron los trabajos de corte, dobles y soldadura de piezas en acero, en general, la construcción del chasis del vehículo.

Se utilizó dos tipos de tubería de acero y tres tipos de planchas de acero durante la construcción. La tubería principal de 2 pulgadas de diámetro y con 1.5 mm de espesor fue utilizada en el piso y en los arcos principal y frontal. Estas piezas son consideradas de mayor importancia debido a que estas soportan el habitáculo, y a su vez separan las partes frontal y trasera del vehículo.

El piso está conformado por dos tubos de 1800 mm de largo cada uno, doblados de tal forma que sobre el mismo se define la parte frontal, habitáculo y parte trasera. Cada una de ellas posee diferente ancho. Se ha colocado una cruz con la misma tubería por debajo de la parte del habitáculo, para evitar efectos de torsión provocados por la aceleración y frenado bruscos del vehículo.

Los arcos principal y frontal deben ser de mayor resistencia al resto de tuberías, ya que deben proteger al piloto en caso de accidente, pues, entre ambos arcos se encuentra el habitáculo, lugar dentro del que debe permanecer el piloto íntegramente. No debe sobresalir ningún miembro del conductor de este espacio mientras el vehículo se encuentre en funcionamiento, razón por la que debe estar bien reforzado en caso de cualquier eventualidad.

Para la construcción de estas piezas, primeramente se realizó el despiece en los planos, sacando del diseño original, creado en Auto CAD, cada una de las barras partes y se añadiendo las cotas necesarias para la construcción. Fue importante fijar las medidas necesarias y los ángulos respectivos de cada uno de los tubos utilizados e irlos acoplando unos a otros para que se pueda obtener el chasis completamente construido.

Los tres primeros planos sacados fueron: el arco principal, el arco frontal y el piso. Estas partes que fueron construidas con tubería de 2". Los tres planos con sus medidas se pueden apreciar a continuación en las figura 2.1.2 y 2.1.3.

La tubería debe ser cortada de acuerdo a las medidas que se obtienen de los planos, teniendo en cuenta que la forma en las puntas debe tener la llamada boca de pescado, que es un corte de la tubería en forma angular para que se acople de mejor manera a una superficie circular, como se observa en la figura 2.1.1. mostrada a continuación:



Fig. 2.1.1. Vista 3D de una Boca de Pescado⁸⁴

⁸⁴ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

En primera instancia se construyó el piso, conformado por cuatro tubos en el contorno, una cruz central y soportes para separar el cockpit de la parte frontal y trasera. Los dos tubos principales del contorno fueron doblados en los ángulos diseñados, y posteriormente soldados a los tubos delantero y trasero. Una vez realizado este trabajo, fue necesario prensar el piso por la irregularidad causada por los dobleces de los tubos. En la figura 2.1.2. se observa el plano utilizado.

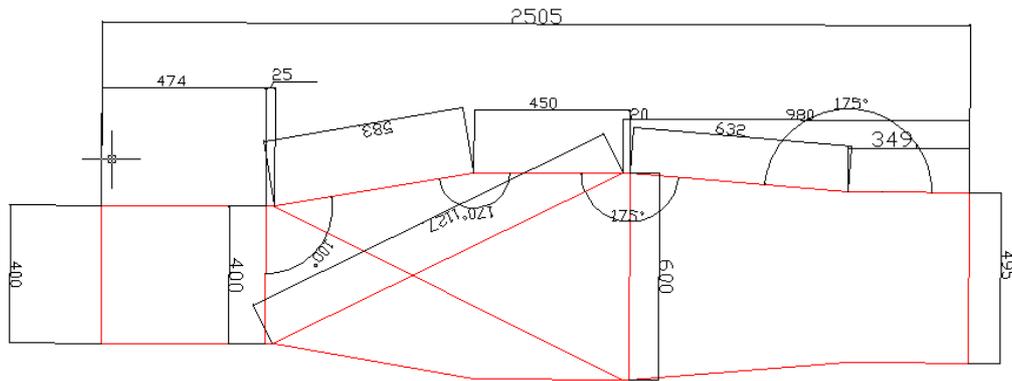


Fig. 2.1.2 Plano acotado al piso⁸⁵

Una vez construido el piso, se procedió con los dos arcos: el principal y el frontal. En base a los planos con medidas de longitudes y ángulos se adecuaron los tubos para darles la forma que consta en la figura 2.1.3; el arco principal tiene en su parte media dos cruces que son las que ayudan a contrarrestar las fuerzas torsionales del vehículo, a la vez que divide el habitáculo de la parte trasera del vehículo. El arco frontal de igual manera posee una cruz que tiene dos funciones, ayuda a las fuerzas torsionales y a su vez sujeta la columna de dirección.

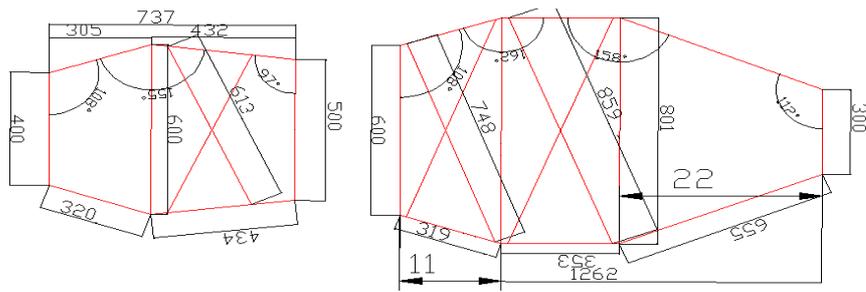


Fig. 2.1.3 Planos del arco principal y secundario⁸⁶

Los arcos principal y frontal se construyeron sin contratiempos, siguiendo el diseño planificado. En la figura 2.1.4. se puede apreciar cómo se fue dando forma a los arcos referidos.

⁸⁵ figura obtenida del original del diseño realizado en Auto CAD

⁸⁶ Imagen sacada del diseño de Auto CAD



Fig. 2.1.4 Fotografía del plano principal y frontal⁸⁷

Una vez construidas las tres piezas en forma independiente, se las debe unir, y para esto es preciso colocar ambos arcos sobre el piso con ángulos de 8 grados y 10 grados inclinados hacia atrás con respecto a la vertical para el arco principal y secundario respectivamente. Ángulos, que en caso de impacto, como se explicó en el capítulo anterior, lo disipan de una mejor manera. Una vez ensambladas ambas piezas

⁸⁷ Fotografía tomada del vehículo en construcción

se puede apreciar la forma del vehículo, y los lugares donde se ubicará el motor, el piloto y la parte delantera. En las figuras 2.1.5 y 2.1.6 se observa el plano y la parte ya armada del chasis:

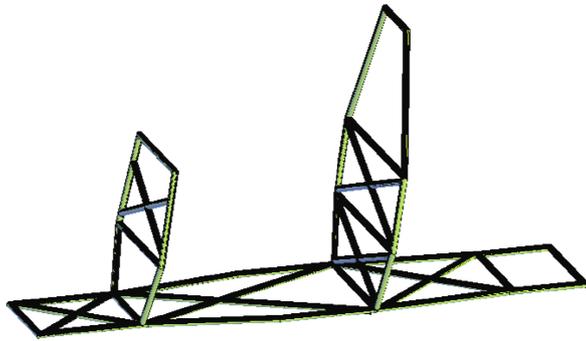


Fig. 2.1.5 Vista 3D del soporte principal del chasis⁸⁸

Fig.2.1.6 Fotografía del soporte principal del chasis armado⁸⁹

Una vez construido el soporte principal sobre el cual se asentará el vehículo, se va acoplando poco a poco cada una de las tuberías necesarias para la completa construcción del chasis del vehículo, lo primero que se construyó fue la parte del habitáculo del piloto. En este lugar se han colocado las protecciones suficientes a ambos lados para evitar que el piloto sufra lesiones frente a impactos laterales, la forma de la tubería colocada en los laterales del habitáculo son como se muestra a en la figura 2.1.7.

⁸⁸ Sacada del modelo original creado en Auto CAD

⁸⁹ fotografía tomada del vehículo en construcción

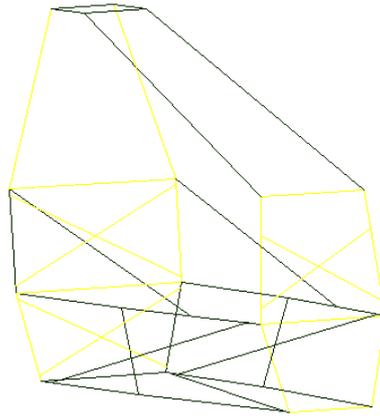


Fig. 2.1.7. Vista en perspectiva del diseño del habitáculo⁹⁰

Tras realizar los cortes y soldaduras de todos los tubos que conforman el habitáculo, éste toma forma, como se muestra en las figuras 2.1.8 y 2.1.9.



Fig. 2.1.8. Fotografía del habitáculo⁹¹

⁹⁰ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD.

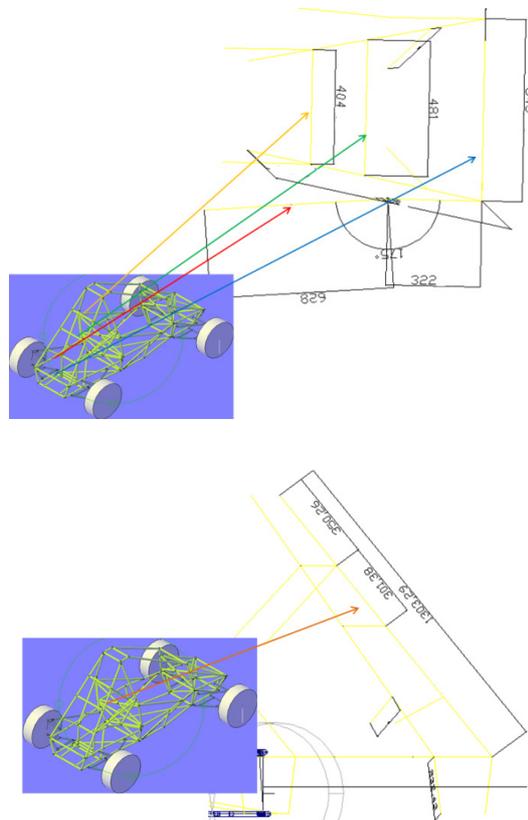
⁹¹ Fotografía tomada de la construcción del chasis.



Fig. 2.1.9. Fotografías del habitáculo⁹²

Una vez ubicado y construido el habitáculo, se debe proceder a cortar las tuberías para armar la parte frontal y posterior del vehículo.

Para la sección trasera se debió tomar las medidas especificadas en los planos mostrados a continuación en la figura 2.1.10.



⁹² Fotografía tomada de la construcción del chasis.

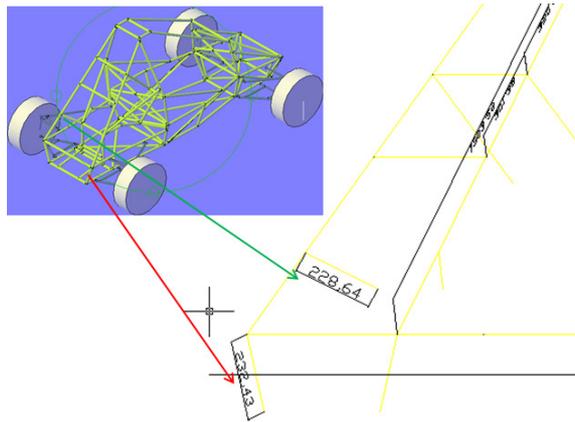


Fig. 2.1.10. Planos de la parte trasera del vehículo⁹³

Debido a la complejidad de la construcción del soporte para el motor, se utilizó el mismo chasis original de la moto Kawasaki ZXR400, cortado en las posiciones específicas y posteriormente adaptado al vehículo tipo Kart Cross.

Para esto se debió desmontar completamente el motor del chasis de la moto, cortándolo estratégicamente, de tal forma que se pueda utilizar la pieza donde se asienta el motor.

Una vez cortada la motocicleta se utilizó los mismos pernos y se construyó soportes en el vehículo para la fijación de la parte de chasis de la motocicleta, proceso que se muestra en las figuras 2.1.11., 2.1.12 y 2.1.13.



⁹³ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD

Fig. 2.1.11. Parte trasera del vehículo⁹⁴



Fig. 2. 1. 12. Soporte para la parte del chasis de la motocicleta⁹⁵



Fig. 2. 1. 13. Soportes para el chasis cortado de la motocicleta⁹⁶

En el proceso de ejecución de diseño se evidenció la necesidad de reforzar ciertos puntos en la parte de sujeción de las mesas traseras del vehículo a fin de mejorar la disipación de esfuerzos causados por golpes en la suspensión, lo que efectivamente se realizó.

Para el montaje de la parte frontal del vehículo, se repitió el proceso. En los planos mostrados a continuación, se visualiza en perspectiva lateral y superior la tubería que conforma esta sección, los planos ayudaron a realizar los cortes y ubicación de todas las piezas antes de su soldadura final.

⁹⁴ fotografía del vehículo en etapa de producción

⁹⁵ Fotografía del soporte para la parte del motor de la moto

⁹⁶ fotografía tomada de la construcción del chasis

Se dio inicio al proceso de construcción de la parte frontal cortando los tubos laterales que encierran el cubículo frontal. Seguido de esto, se ubicó los tubos necesarios para aumentar la resistencia y mejorar la disipación de los golpes como aprecia en las figuras 2.1.14. y 2.1.15.



Fig. 2.1.14 Fotografía del proceso de soldadura en la parte frontal del vehículo⁹⁷



Fig. 2.1.15. Parte frontal del vehículo⁹⁸

Para concluir, después de fijar toda la tubería que conforma el chasis, se procede a soldar planchas de acero en el piso, el frente y en las paredes laterales bajas y traseras del habitáculo. La plancha de acero de 2 mm de espesor utilizada en el piso fue soldada sobre los tubos del habitáculo y de la parte frontal para que resista el peso de la butaca y para que sirva como protección contra cualquier objeto que pueda entrar en el vehículo. En el frente del chasis se colocó planchas de acero de 1 mm de

⁹⁷ Fotografía tomada de la construcción del chasis

⁹⁸ Fotografía tomada de la construcción del chasis

espesor para protección del piloto, de la cremallera, de las cañerías, de los pedales y del resto de partes que se encuentran dentro del automotor; también se instalaron planchas de acero de 1 mm de espesor en las paredes laterales bajas del habitáculo y en la pared divisoria entre el habitáculo y la parte trasera, la misma que se ubica sobre el arco principal y fue colocada para proteger al piloto del calor producido por el motor. En las figuras 2.1.16 y 2.1.17 se muestran las sueldas de las planchas:



Fig. 2.1.16. Soldadura de la plancha lateral⁹⁹



Fig. 2.1.17. Habitáculo del vehículo con paredes de acero¹⁰⁰

2.2. TREN DE POTENCIA

El tren de potencia consiste en un mecanismo cuya función es que el vehículo pueda generar y transmitir la fuerza necesaria para su movimiento, como se ha mencionado en capítulos anteriores, las partes principales de éste son: el motor, embrague, caja de cambios, sistema de transmisión de potencia, que para efectos del

⁹⁹ Fotografía tomada de la construcción del chasis.

¹⁰⁰ fotografía tomada de la construcción del chasis.

proyecto será una cadena, catalina, el eje de transmisión y por último las juntas homocinéticas.

El motor, embrague y caja de cambios de la motocicleta Kawasaki ZXR 400 fueron acoplados al vehículo en construcción, íntegramente, como se dejó dicho en el capítulo 2.1. que corresponde a la construcción del chasis, debiendo implementarse todas las demás piezas necesarias para el funcionamiento adecuado de estas partes. Este se puede distinguir en la figura 2.2.1.



Fig. 2.2.1. Motor, embrague y caja de cambios de la motocicleta utilizada¹⁰¹.

La caja de cambios entrega el movimiento y la potencia a través de un piñón de 15 dientes ubicado en la parte lateral izquierda trasera del motor, a partir del que se lo transmitirá mediante una cadena hacia una catalina de mayor diámetro (48 dientes) fijamente sujeta al eje de transmisión. La catalina utilizada es la encargada de reducir lo mayor posible la velocidad y aumentar el torque de giro del piñón saliente de la caja de cambios. La figura 2.2.2. corresponde al mecanismo antes descrito.

¹⁰¹ Fotografía tomada del motor de la motocicleta.



Fig. 2.2.2. Piñón de la caja de cambios conectada a la catalina mediante cadena¹⁰²

Para la sujeción de la catalina fue necesario acoplar un disco de acero de diámetro suficiente para embonar en el centro de la misma, sujetándola firmemente y conectándola con el eje de transmisión en su parte interior con la utilización de 4 pernos prisioneros (ver figura 2.2.3.), constituyéndose en la pieza transmisora del movimiento.



Fig. 2.2.3. Piñón de la caja de cambios conectada a la catalina mediante cadena¹⁰³

Una vez que el eje de transmisión posee el movimiento, lo transporta hacia los lados del vehículo en donde se requiere interconectarlo con las puntas de eje ubicadas

¹⁰² Fotografía del piñón y catalina conectadas por una cadena.

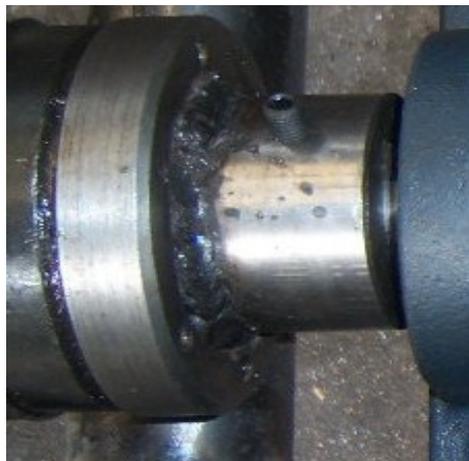
¹⁰³ Fotografía del eje de transmisión con todas sus piezas.

en las llantas, para la conexión del eje de transmisión con las puntas de eje se utilizó dos juntas homocinéticas a cada lado: la primera que sujeta directamente al eje, es proveniente de un vehículo Volkswagen y la segunda de un vehículo Suzuki Forsa I; las dos homocinéticas se interconectan a través de un eje de transmisión, el que por un lado requiere acoplarse a la primera junta y en su parte terminal a la otra junta. Para conseguir los resultados deseados, fue necesario trabajar en la construcción de un eje que tenga estas características, este eje fue fabricado con dos piezas obtenidas del proceso de la corte de los ejes de transmisión requeridos, para ser luego acopladas y soldadas entre sí. Así constituyendo la pieza deseada antes indicada. El ensamble de esta se aprecia en la figura 2.2.4.



Fig. 2.2.4. Conexión de los homocinéticos para transmisión del torque¹⁰⁴.

El eje de transmisión, a su vez, está conectado con los homocinéticos indicados mediante dos piezas cilíndricas construidas (ver fig. 2.2.5.) de tal forma que por un lado se ajuste con prisioneros al eje de transmisión y por el otro se emperne a la junta homocinética del Volkswagen.



¹⁰⁴ Fotografía de las juntas homocinéticas empleadas.

Fig. 2.2.5. Pieza conectar el homocinético y el eje de transmisión¹⁰⁵.

La punta de eje es la pieza encargada de sostener al neumático y transmitir la potencia y el torque generado por el motor, al piso.

¹⁰⁵ Fotografía de la pieza construida para conectar el homocinético y el eje de transmisión.

2.3. Suspensión.

La construcción de la suspensión, específicamente de las mesas de suspensión, comienza por la elaboración de los planos de construcción de cada pieza acotada en forma individual, como se mostrará más adelante, esto es hacer un minucioso despiece de todos los elementos, para que el ensamble sea correcto y objetivo.

La tubería utilizada para las mesas fue tubería de acero estructural de 7/8" de diámetro con 1.5 mm. de espesor. Una vez cortados y adecuados los tubos con la boca de pescado se procedió a la soldadura de las estructuras básicas de las cuatro mesas.

El siguiente paso en la construcción del vehículo fue el anclaje de las mesas al chasis y al portamasas, en la forma como se detalla a continuación.

2.3.1. Suspensión Delantera

2.3.1.1. Mesa Delantera Superior.

En razón de que la mesa delantera superior (A) tiene la capacidad de permitir alinear las ruedas delanteras, es decir regular las distancias y ángulos de ésta con respecto al chasis, se adaptó un mecanismo que permita calibrar la posición de las ruedas. Este mecanismo consiste en soldar una tuerca en cada extremo de la mesa en dirección al chasis. Esta tuerca, la cual se puede apreciar en la figura 2.3.2. va enroscada a un perno que permite la regulación, calibrage o alineación de los neumáticos; para asegurar la posición del perno, se utiliza una doble tuerca. A más de esta función, el perno permite la unión entre la mesa y el chasis y debe estar soldado a un buje que permite la rotación.

Antes de soldar los pernos, se necesita que la tubería de las mesas se encuentre a la misma altura en sus dos extremos y con un ángulo recto. Después se fijan las mesas con pernos y tuercas, se revisa que el alineado esté correcto utilizando un pequeño punto de suelda, de ser necesario se corrige y se suelda definitivamente.

En la figura 2.3.1. que se encuentra a continuación, se puede apreciar el despiece de la estructura de la mesa, correspondiendo los puntos importantes a los siguientes:

- A.- Estructura básica de la mesa.
- B.- Pernos
- C.- Tubo para el buje

D.- Bujes

E.- Soporte de la mesa

F.- Rótula

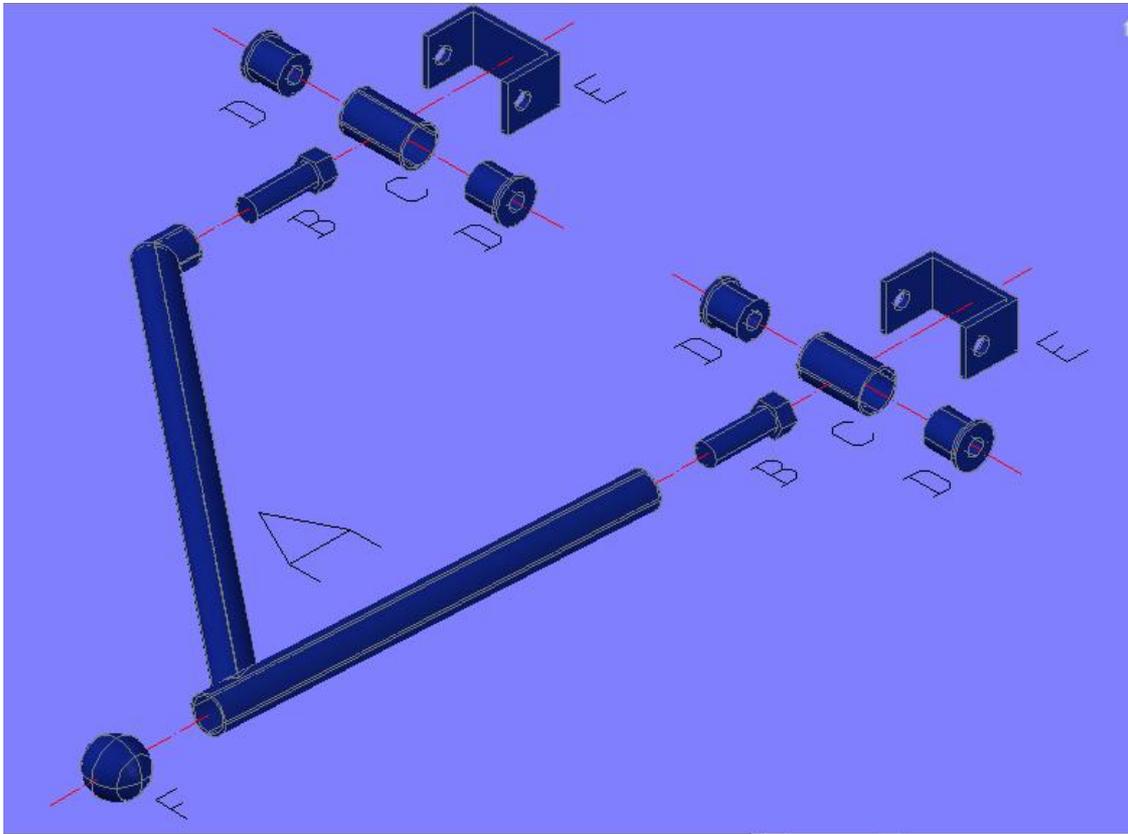


Fig.2.3.1. Despiece mesa delantera superior¹⁰⁶.

Los bujes están formados de tubo (C) del tipo ISO II de 7/8 y 40 mm. de largo y caucho vulcanizado (D). EL corte de estos tubos se la hace con la ayuda de un torno, para aprovechar su precisión, y refrentar las caras de los tubos. Los bujes de caucho vulcanizado permiten el movimiento rotatorio alrededor del eje y además pequeños movimientos en otras direcciones, mecanismo que ayuda a reducir los esfuerzos de los bujes. El soporte de las mesas constituye una platina de 4mm de espesor (E) doblada en forma de U con la ayuda de una dobladora neumática y soldada al chasis.

¹⁰⁶ Figura sacada del modelo original creado en Auto CAD.



Fig.2.3.2. Extremo de la mesa que permite alineación¹⁰⁷.

Al otro extremo de la mesa, se debe soldar una pieza de hierro de 10 mm. de espesor cortada de tal forma como se muestra en la figura 2.3.3. para que permita sujetar una rótula (F) cuyo trabajo es sujetar el portamasas permitiendo que esta gire.



Fig.2.3.3. Rótula de la mesa superior delantera¹⁰⁸.

A fin de conseguir que el portamasas gire, se diseñó e instaló una pieza compuesta de dos platinas paralelas de 4 mm de espesor unidas con pernos al portamasas, éstas a su vez están soldadas a una platina de 10 mm, de espesor con un agujero cónico en la cual se acopla la rótula, como se observa en la figura 2.3.4. presentada a continuación:

¹⁰⁷ Fotografía tomada directamente de la construcción de las mesas.

¹⁰⁸ Fotografía tomada directamente de la construcción de las mesas



Fig.2.3.4. Sistema de sujeción del portamasas delantero a la mesa superior.¹⁰⁹

2.3.1.2. Mesa Delantera Inferior.

La mesa delantera inferior, como se muestra en la figura 2.3.5. Posee las mismas características que la mesa delantera superior con la diferencia de que no tiene la capacidad de calibrar la alineación (Ver figura 2.3.6). Por lo tanto, se construye en primer lugar la mesa inferior con las medidas y forma diseñadas, luego se suelda el tubo (C) en los extremos de la mesa, dentro del tubo se utilizan 2 bujes de caucho vulcanizado (D), y la platina doblada (E) soldada al chasis al igual que en la otra mesa.

Lo que diferencia la mesa delantera superior de la inferior es la forma y las medidas, y la existencia del perno que permite la regulación de la alineación de las ruedas.

En la figura que se encuentra a continuación, se puede apreciar el despiece de la estructura de esta mesa, correspondiendo los puntos importantes a los siguientes:

- A.- Estructura básica de la mesa.
- C.- Tubo para el buje,
- D.- Buje
- E.- Soporte de la mesa
- F.- Rótula

¹⁰⁹ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

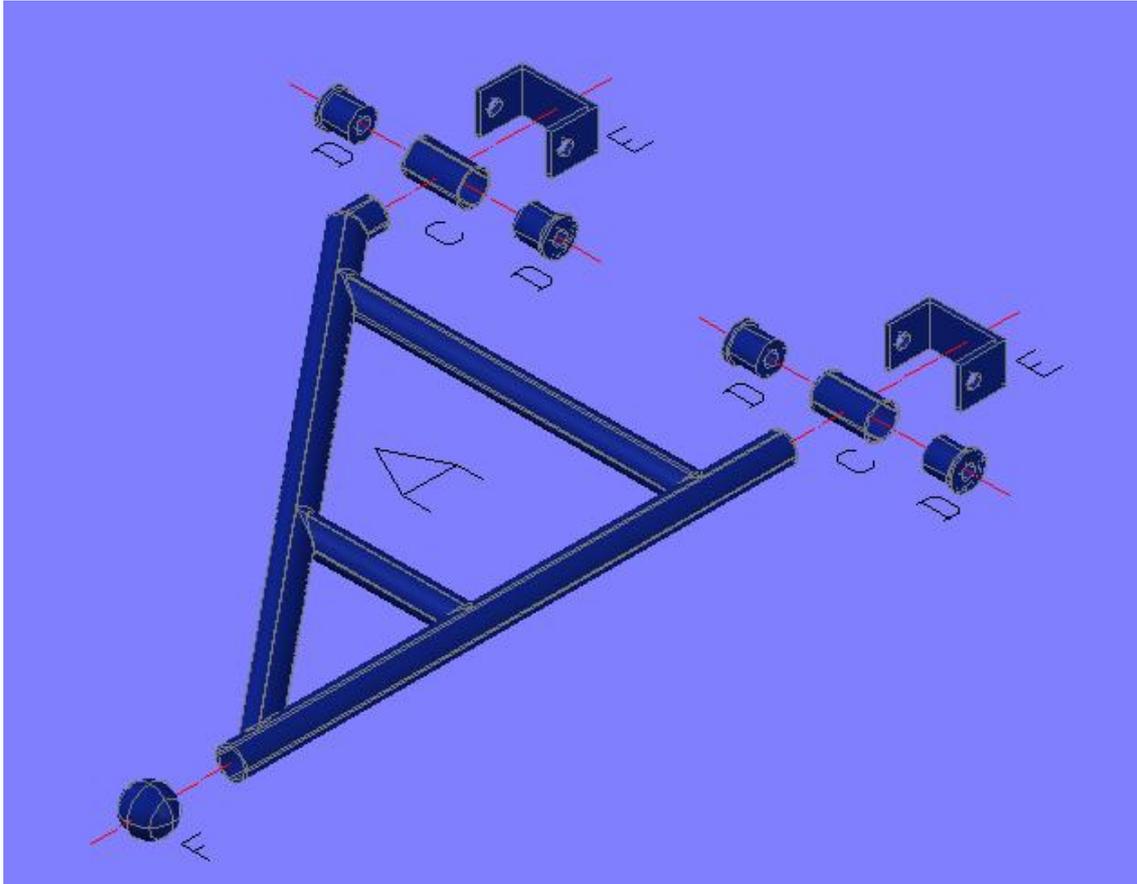


Fig.2.3.5. Despiece mesa delantera inferior¹¹⁰.

En el otro extremo se soldó una pieza de 10 mm. de espesor cortada y soldada en ángulo, en la cual se coloca la rótula de Suzuki Forsa (F) para permitir que el portamasas gire.



Fig.2.3.6. Extremo donde van los bocines sin opción de alinear¹¹¹.

¹¹⁰ Figura sacada del diseño original realizado en Auto CAD

2.3.1.3. Sistema de amortiguación delantera.

Para la instalación de los amortiguadores, se hizo una elección bajo dos supuestos: que exista en el mercado local y que cumpla los requerimientos del proyecto, definiendo el uso de amortiguadores Monroe con espiral incluido y orejas en ambos extremos.

Para el acoplamiento del sistema de amortiguación se debió soldar dos soportes sobre la pieza ubicada en la mesa delantera superior que soporta la rótula, estos soportes estaban conformados por platinas de 50mm de largo, 35mm de ancho y 4mm de espesor, las que se agujeraron en un diámetro de 10mm., para sujetar con un perno la parte inferior del amortiguador, como se observa en la figura 2.3.7.:



Fig.2.3.7. Mecanismo y anclaje amortiguador delantero¹¹².

Se fijó el amortiguador por el extremo superior utilizando tres tubos de 1" de diámetro que convergen en un mismo punto, lo que se muestra en la figura 2.3.8., y sobre la tubería se suelda una plancha de acero con dos soportes que permitirán la fijación del amortiguador.

¹¹¹ fotografía tomada del vehículo en construcción

¹¹² Fotografía tomada del vehículo en construcción.



Fig.2.3.8. Base superior de amortiguador delantero¹¹³.

A esta platina se le soldó al igual que en la parte inferior platinas para sujeción del amortiguador, tal como se aprecia en la figura 2.3.9.



Fig.2.3.9. Base superior de amortiguador delantero y platinas¹¹⁴.

Los dos tubos sobre los cuales está ubicado el soporte del amortiguador forman una U invertida, el tercer tubo conecta el punto de unión al centro del chasis, como se observa en la figura 2.3.10. y 2.3.11., aumentando así la rigidez del soporte.

¹¹³ Fotografía tomada del vehículo en construcción

¹¹⁴ Fotografía tomada del vehículo en construcción.



Fig.2.3.10. Soporte transversal¹¹⁵.



Fig.2.3.11. Vista frontal mecanismo suspensión delantera¹¹⁶.

2.3.2. Suspensión Posterior.

2.3.2.1. Mesa Posterior Superior.

La mesa posterior superior está compuesta por dos estructuras de tubo, como se observa en la figura 2.3.12. lo que permite la alineación de las ruedas traseras.

¹¹⁵ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

¹¹⁶ Fotografía tomada del vehículo en construcción

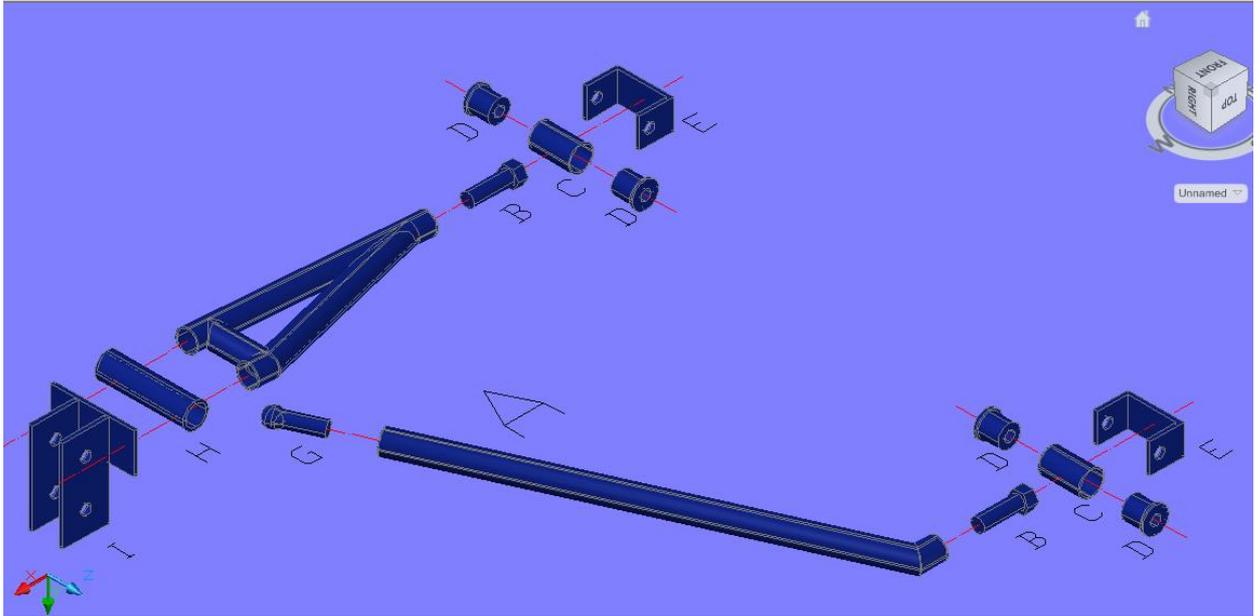


Fig.2.3.12. Despiece mesa posterior superior¹¹⁷.

Una de las estructuras está conformada por un triángulo (A) que posee el mismo tipo de conexión al chasis utilizado en las mesas delanteras superiores (B,C,D,E) y que por el otro lado está comprendido por dos placas paralelas empernadas entre sí, que permiten la alineación con la utilización de rodela, lo que se puede observar en construcción en la figura 2.3.13.

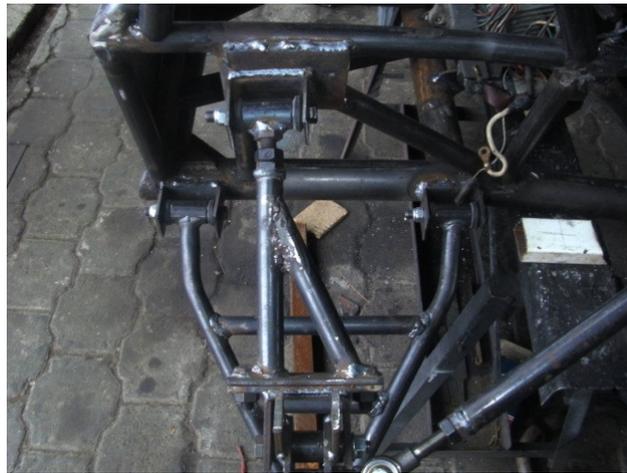


Fig.2.3.13. Vista superior del mecanismo de alineación del toe posterior¹¹⁸.

¹¹⁷ figura sacada del diseño original realizado en Auto CAD.

¹¹⁸ Fotografía tomada del vehículo en construcción

La otra estructura está conectada al chasis de igual manera que las mesas delanteras superiores, y está conformada por un tubo recto soldado en forma angular al buje para llegar a conectarse al mecanismo anteriormente mencionado con un terminal del tipo de dirección (G) al otro extremo de la mesa, donde se conecta a una pieza con agujero cónico.

Las placas explicadas a continuación conforman una pieza que sujeta al bocín mostrado en la figura 2.3.14., que es el encargado de permitir la rotación del portamasas con respecto a la mesa.



Fig.2.3.14. Bocín de bronce del mecanismo posterior de anclaje del portamasas¹¹⁹.

La llanta ubicada en esta mesa, no debe girar, por ello, para evitar que esto suceda, se utilizó un mecanismo hecho a base de dos platinas cortadas (I), como se muestra en las figuras 2.3.15 y 2.3.16 y un bocín hecho a base de tubo del tipo ISO II de 7/8" y bronce fosfórico de 60mm de largo (H), igual al mostrado en la figura 2.3.14, que restringe el giro de la llanta, pero permite la rotación de las mismas en el eje paralelamente al avance del vehículo.

¹¹⁹ Fotografía tomada del vehículo en construcción



Fig. 2.3.15. Ensamble del mecanismo¹²⁰.



Fig.2.3.16. Mecanismo de alineación del toe posterior (vista posterior)¹²¹.

2.3.2.2. Mesa Posterior inferior.

La mesa posterior inferior diseñada como se muestra en la figura 2.3.17. y construida en la figura 2.3.18., tiene las mismas características que la delantera inferior, diferenciándose de ésta en la forma y en las medidas.

¹²⁰ Fotografía tomada del vehículo en construcción

¹²¹ Fotografía tomada del vehículo en construcción

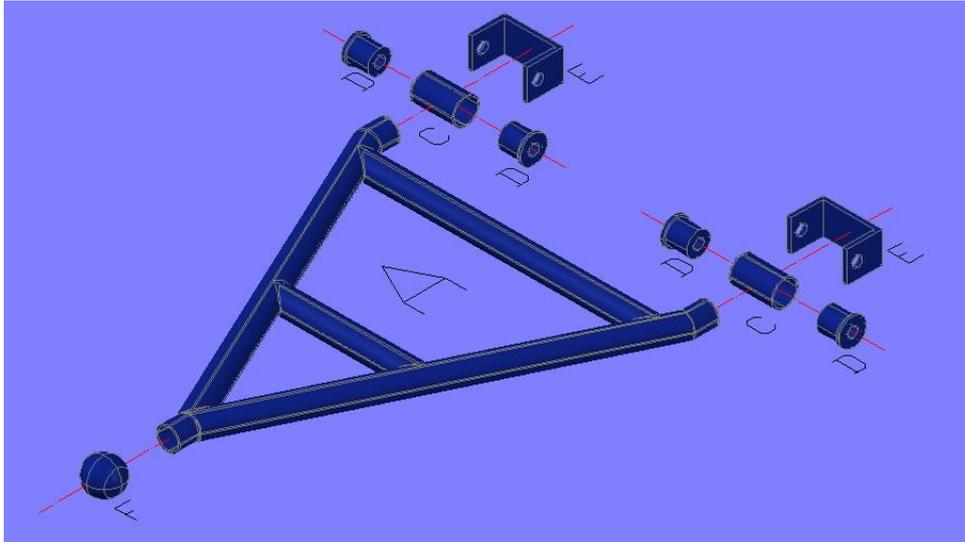


Fig.2.3.17. Despiece mesa posterior superior¹²².



Fig.2.3.18. Mesa posterior inferior sin rotula¹²³.

De igual manera que en la mesa delantera se fijó una platina de 10 mm de espesor, en la cual entra a presión la rotula del Suzuki Forsa I (F) apreciada en la figura. 2.3.19, en este punto se necesita permitir que el portamasas suba y baje sin perder la conexión con la mesa inferior.

¹²² Figura sacada del diseño original realizado en Auto CAD.

¹²³ Fotografía tomada del vehículo en construcción



Fig.2.3.19. Mesa inferior con rótula¹²⁴.

2.3.2.3. Sistema de amortiguación posterior.

El sistema de amortiguador y espiral posterior conserva las características y requerimientos del anterior, por ello, se utilizaron amortiguadores Monroe Sensatrac con espiral incluido. De igual forma, en la pieza donde se encuentra el bocín se dispuso, los soportes inferiores del amortiguado utilizando platinas de 4 mm de espesor agujereadas para asegurar el amortiguador como se aprecia en la figura 2.3.20.



Fig.2.3.20. Platinas que conforman la base posterior para amortiguador¹²⁵.

Para el anclaje superior del amortiguador, se doblo un tubo de 1" de diámetro haciendo una U invertida, en el extremo de esta U se le cortó y soldó 2 tubos que sirven de soporte, uno de ellos conecta el soporte del amortiguador con el tubo que constituye el soporte del otro lado del vehículo convergiendo en un punto central

¹²⁴ Fotografía tomada del vehículo en construcción

¹²⁵ Fotografía tomada del vehículo en construcción

posterior a fin de aumentar la rigidez de estas bases. El otro tubo conecta el soporte del amortiguador con el tubo principal de protección de la parte trasera del vehículo. Ésta estructura se puede apreciar en la figura 2.3.21.



Fig.2.3.21. Vista general de anclaje superior de amortiguador posterior¹²⁶.

En el punto de convergencia de los cuatro tubos del soporte del amortiguador se suelda una placa que va a soportar las dos platinas que asegurarán al amortiguador, conforme se observa en la figura 2.3.22. a continuación:



Fig.2.3.22. Anclaje superior de amortiguador posterior y platinas¹²⁷.

2.4. Dirección.

La dirección está compuesta por el volante, la columna de la dirección, la barra de crucetas, cremallera, brazos de dirección, y la punta de dirección.

La primera etapa de la construcción de la dirección es hacer el mecanismo para el rápido desacople del volante, este se lo hizo utilizando dos tuercas grandes soldadas

¹²⁶ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

¹²⁷ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

entre si y a su vez al extremo superior de la columna de dirección. Como se indica en la figura 2.4.1.



Fig. 2.4.1. Pernos en columna de dirección¹²⁸.

Para sujetar el volante se lo empernó a una platina de forma circular a la cual va a estar soldada la pieza que acople en las tuercas antes mencionadas, esta pieza fue construida a base de una platina doblada con la forma del entorno de las tuercas antes mencionadas. Como se observa en la figura. 2.4.2.



Fig. 2.4.2. Volante con conexión hembra¹²⁹.

El mecanismo completamente armado se lo aprecia más claramente en la figura 2.4.3.

¹²⁸ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

¹²⁹ Fotografía del volante empleado en el vehículo en construcción.



Fig. 2.4.3. Conexión del volante a la columna¹³⁰.

La columna de dirección utilizada corresponde a una de un vehículo comercial, fue elegida por la facilidad de montaje, ya que tiene los rodamientos incluidos dentro de la base, esta columna fue adaptada a las características del vehículo en construcción. Tomando los parámetros de posicionamiento del volante se la soldó al chasis.

El extremo inferior de la columna de dirección se conecta a la barra encargada de transmitir el movimiento giratorio a la cremallera, también llamada barra de crucetas, ésta tiene juntas cardan a ambos extremos. La columna de dirección con juntas cardanes, se acortó de tal manera que alcance la distancia adecuada. A su vez, es muy importante que los ángulos de las juntas no sean muy cerrados, ya que esto provocaría que las juntas se traben.

La cremallera utilizada corresponde a la de un vehículo Mini Austin que fue acortada al menor tamaño posible para que quepa en la parte delantera del vehículo, ésta se sujetó al vehículo con abrazaderas de dirección, que están soldadas a un perfil cuadrado que se fijó al chasis.

La cremallera se ubicó en alineación con las puntas de dirección de ambos lados. Para definir la altura se observó la máxima inclinación posible de los brazos de la dirección y en el eje horizontal se la colocó de tal forma que no interfiera con ningún otro sistema ubicado en la parte frontal del vehículo. En la figura 2.4.4. Se observa la cremallera montada en el vehículo.

¹³⁰ Fotografía tomada del vehículo en construcción.



Fig. 2.4.4. Cremallera de dirección¹³¹.

Los brazos de dirección debieron ser alargados; debido a que la cremallera fue acortada y no existe en el mercado un vehículo del ancho del desarrollado en este proyecto. Las extensiones colocadas en los brazos se construyeron acoplando en un extremo al brazo de dirección original de la cremallera utilizada y el otro extremo a un terminal acorde a la punta de dirección. Al no estar centrada la cremallera fue necesario construir extensiones de diferentes medidas para cada lado. El brazo de dirección extendido se puede observar en la figura 2.4.5. El lado derecho se alargó más que el lado izquierdo ya que la cremallera no fue montada centrada, como se explicó anteriormente.



Fig. 2.4.5. Brazo de dirección alargado.¹³²

¹³¹ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

¹³² Fotografía tomada del vehículo en construcción.

2.5. Frenos.

El sistema de frenos se compone principalmente por una bomba de freno, conectada mediante tuberías, como se observa en la figura 2.5.1, a las cuatro llantas. Estas tuberías, en el extremo de las llantas, se conectan a mangueras flexibles, y estas, a su vez, a las mordazas de freno.

El accionamiento de la bomba es mediante el pedal del freno, para alinear el pedal con la bomba se debió abrir un agujero cuadrado en la parte frontal del vehículo, que permita la colocación del líquido de frenos necesario para el funcionamiento del sistema.



Fig. 2.5.1. Bomba de freno y tuberías de cobre¹³³.

La tubería utilizada para los frenos es de cobre de 5/16" de diámetro, fácil de doblar manualmente, lo que permitió interconectar todos los sistemas dentro del vehículo fácilmente. Se utilizó el sistema compuesto por dos circuitos, que permite enviar la presión de frenado en circuitos independientes a la parte delantera y a la parte trasera.

Para el circuito frontal, se dobló la cañería saliente de la bomba de tal manera que descienda al piso para luego conectarla a una unión tipo T que distribuye la presión de freno para ambas llantas. La figura 2.5.2. Indica el circuito de las cañerías para la parte frontal.

¹³³ Fotografía tomada del vehículo en construcción.

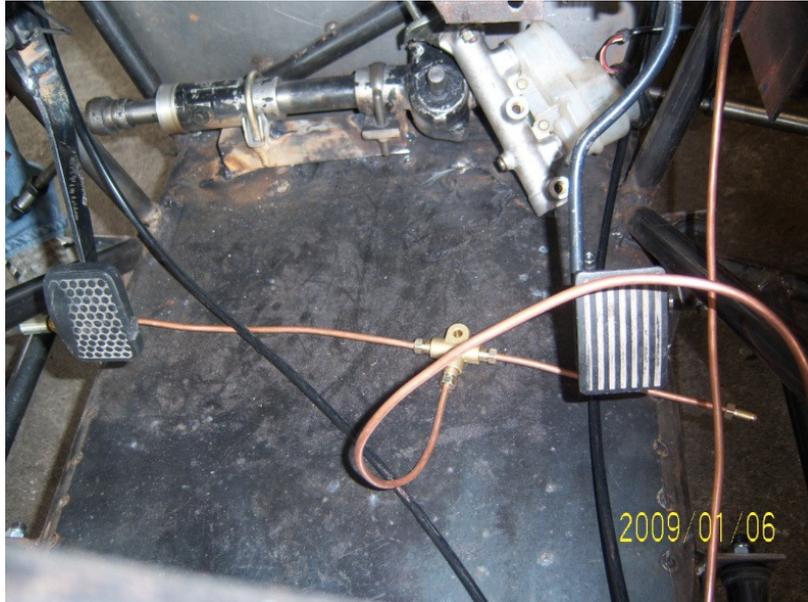


Fig. 2.5.2. T de distribución de presiones¹³⁴.

Para el circuito posterior se conectó la cañería saliente de la bomba principal de freno en serie con una segunda bomba que permitirá el accionamiento de un freno auxiliar manual en caso de emergencia; la cañería de salida de la bomba transmite la presión hacia la parte trasera donde se conecta con una unión tipo T, para repartir el líquido de frenos hacia las dos mordazas posteriores.

El método de unión es el siguiente; primero se corta la tubería utilizando una cortadora de tubo rotativa, a continuación se introduce el neplo de unión y se prosigue creando el extremo cónico de la tubería, utilizando una herramienta especial diseñada para este propósito.

Una vez teniendo la conexión de cobre en cada llanta del vehículo, estas se conectan a mangueras de alta presión las cuales son flexibles y permiten el movimiento de la suspensión y dirección, mostradas en la figura 2.5.3. Las mangueras son fijadas con seguros a presión al chasis.

¹³⁴ fotografía tomada de las cañerías de freno en construcción



Fig. 2.5.3. Conexión de la cañería con la manguera de freno¹³⁵.

Como se distingue en la figura 2.5.4. al otro extremo las mangueras se conectan a las mordazas de Suzuki Forsa I. Estas mordazas tuvieron que ser arregladas. El arreglo consistió en desarmar los pistones de frenos y cambiar los empaques circulares entre los pistones y los cilindros, además de limpiar todos los conductos internos.



Fig. 2.5.4. Mordaza de freno¹³⁶.

2.6. Mandos del Piloto.

El conductor de este tipo de vehículos de competencia necesita que todos los mandos de control del automotor se encuentren a su alcance y con fácil disposición.

¹³⁵ Fotografía tomada de las mangueras de freno en proceso de ensamblaje.

¹³⁶ Fotografía tomada de las mordazas con mangueras de freno en proceso de ensamblaje.

Esta característica debe ser tomada en cuenta tanto en el momento de diseñar el vehículo como en el momento de construirlo.

Los mandos del piloto son principalmente, el volante, el acelerador, el freno, el embrague, y la palanca de cambios.

2.6.1. Mecanismo del Acelerador.

El sistema de aceleración está compuesto por un pedal ubicado en la parte frontal del chasis, de tal forma que sea fácilmente presionado por el conductor. Este está conectado directamente con el sistema de cable metálico recubierto que transmite el mando hasta el control de aceleración del motor ubicado en la parte posterior.

Para la instalación del pedal se adaptó uno de otro vehículo cortado y doblado de tal manera que sea adecuada a la altura del chasis (Ver figura 2.6.1.), procurando proveer de comodidad al conductor.

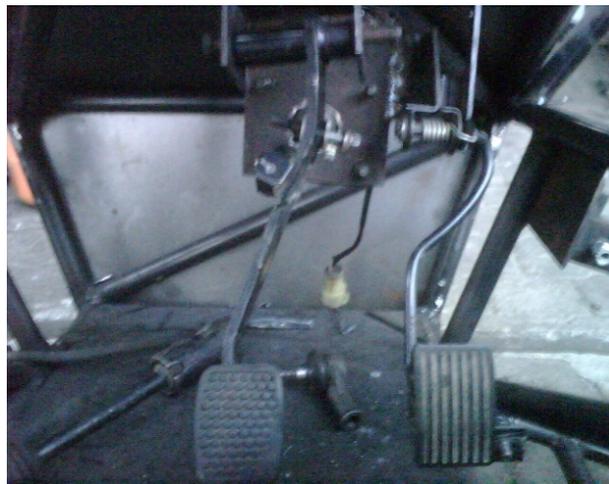


Fig. 2.6.1. Vista general del pedal de freno y acelerador¹³⁷.

Posteriormente se hizo varios agujeros pequeños en el extremo de la palanca del pedal, para sujetar al cable a través de éstos, también se debió colocar un soporte para fijar la funda protectora al chasis y permitir el movimiento del cable a través de ella.

En la figura 2.6.2 se puede apreciar el pedal del acelerador con su sistema de accionamiento.

¹³⁷ Fotografía del pedal de freno y acelerador en construcción.



Fig. 2.6.2. Base de acelerador y agujeros para el paso del cable¹³⁸.

2.6.2. Mecanismo de la palanca de cambios.

Para la instalación del mecanismo de cambios, se debió en primer lugar construir la palanca, utilizando tubo de hierro de 20mm de diámetro. Cortado en una longitud de 45 cm de largo. En la parte superior se soldó perpendicularmente otro tubo del mismo espesor de aproximadamente 10 cm de largo, para una mejor manipulación de los cambios. En la parte inferior de la palanca de cambios, se perforaron huecos que permitan la calibración del brazo de palanca y el recorrido de la misma. Como se observa en la figura 2.6.3.

¹³⁸ Fotografía del mecanismo del pedal del acelerador.



Fig. 2.6.3. Palanca de cambios¹³⁹.

Para conectar la palanca de cambios con el mando ubicado en la caja de cambios situada en la parte posterior del vehículo se utilizó una platina que conecta la palanca de cambios con el mecanismo encargado de transmitir el giro necesario para el cambio de marcha de un lado del vehículo al otro ya que el mando de la caja de cambios está ubicado en el lado contrario al de la palanca.

La figura 2.6.4., indica la el mecanismo que transmite el movimiento de la palanca de cambios para llegar a la caja de cambios.

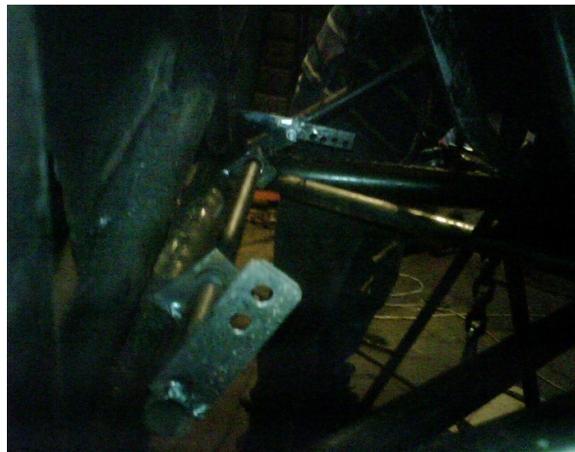


Fig. 2.6.4. Mecanismo posterior¹⁴⁰.

El mecanismo de cambios puede ser regulado en su totalidad gracias a los agujeros ubicados a diferentes distancias en los elementos de dicho mecanismo.

¹³⁹Fotografía de la palanca de cambios en proceso de construcción.

¹⁴⁰ Fotografía del mecanismo utilizado en el mando de la palanca de cambios

Para la construcción de este mecanismo, se tomó en cuenta el ángulo en que gira la palanca de cambios del motor, y el ángulo en que gira la palanca de mandos, toda vez que estas dos piezas trabajan simultáneamente, existen bastantes puntos de calibración, que ayudan a cuadrar de forma correcta su utilización.

2.6.3. Mecanismo del freno.

Al igual que el pedal del acelerador, se utilizó un pedal de un vehículo de serie. Éste se cortó, dobló y soldó de tal manera que quede a la altura adecuada para el manejo. La posición de este pedal es cercana a la del acelerador, para permitir el accionamiento simultáneo de ambos mandos necesario en este tipo de conducción.

Luego se debió acoplar el vástago de la bomba de freno mostrado en la figura 2.6.5. de tal forma que éste sea aplicado en forma perpendicular ya que se requiere de una precisa aplicación para evitar el desgaste de las paredes de la bomba y por consiguiente, la fuga del líquido de freno.



Fig. 2.6.5. Vista lateral bomba de freno¹⁴¹.

La bomba de freno es montada en una platina de 4 mm de espesor, la cual fue agujereada como se indica en la figura 2.6.2. permitiéndose que el vástago ingrese en el centro y ésta pueda ser apernada a la misma.

¹⁴¹ Fotografía de la bomba de freno en proceso de construcción.



Fig. 2.6.6. Base de bomba de freno¹⁴².

2.5.4. Mecanismo del embrague.

La construcción del mecanismo de pedal de embrague es similar al de acelerador, ya que también es controlado por cable. Este va al extremo izquierdo de la pedalera como se ve en la figura 2.6.7. El montaje de éste, se realizó en la misma forma que al del acelerador.



Fig. 2.6.7. Pedal de embrague¹⁴³.

Adicionalmente, como se muestra en la figura 2.6.8., se soldó una platina que permite regular la altura del pedal.

¹⁴² Fotografía de la base para la bomba de freno.

¹⁴³ Fotografía del pedal de embrague en proceso de construcción



Fig. 2.6.8. Vista lateral de pedal de embrague y regulación altura del pedal¹⁴⁴.

¹⁴⁴ Fotografía del pedal de embrague con sus características y diseño.

2.7. Sistemas Adicionales.

2.7.1. Tanque de Gasolina.

Para la adaptación del tanque de gasolina se utilizó uno de gas de refrigeración de 12 litros. Se realizó un agujero de 2" para ubicar en este la entrada de combustible, posteriormente se reubicó en la parte inferior la válvula original del tanque, que se puede observar en la figura 2.7.1. Se requirió realizar una prueba hidráulica, la misma que consiste en el llenado del tanque con agua y la presurización del sistema para observar las posibles fugas.



Fig. 2.7.1. Tanque de gasolina con la tubería de llenado¹⁴⁵.

El tanque debe estar colocado por encima del motor por lo que se lo localizó en un espacio por detrás encima del motor.

2.7.2. Radiador.

El radiador está ubicado en la parte posterior por encima del tanque de gasolina y de tal forma que a través de él exista buena aireación. En la figura 2.7.2. se puede observar la ubicación del radiador.

2.7.3. Luz de freno.

La luz de freno utilizada fue la original de la moto, la misma que fue agujereada y soldada al chasis, como se ve en la figura 2.7.2.

¹⁴⁵ Fotografía tomada del tanque de combustible en su posición definitiva.



Fig. 2.7.2. Vista posterior de luz de freno¹⁴⁶.

2.7.4. Montaje del asiento.

El asiento montado es del tipo de competencia, por lo tanto no tiene ningún tipo de regulación, para el montaje del mismo se utilizó 2 perfiles cuadrados de 4 cm de ancho con una longitud igual al ancho del asiento, soldados al piso, unidos al asiento por 4 pernos. El asiento montado se puede apreciar en la figura 2.7.3.



Fig. 2.7.3. Asiento del vehículo¹⁴⁷

CAPÍTULO 3

¹⁴⁶ Fotografía de la parte posterior de la luz de freno

¹⁴⁷ Fotografía tomada del asiento colocado en el vehículo.

3. ANALISIS COMPARATIVO

Para concluir el proyecto es necesario hacer un análisis de comparación entre lo proyectado y lo ejecutado, esto es una relación entre lo que se planificó al iniciar el proyecto y lo que se ejecutó en el desarrollo del mismo.

El primer problema por afrontar, constituyó el tema económico, pues, el valor presupuestado para el desarrollo del vehículo, es insuficiente, haciéndose necesaria la búsqueda de auspiciantes, personas que creyendo en el proyecto puedan realizar algún tipo de inversión, lo que requirió de esfuerzo, tiempo y dedicación.

El proceso de diseño del vehículo permite conocer todos los requerimientos necesarios para dotar al automotor de las cualidades mínimas y máximas posibles, para el cumplimiento del fin u objetivo para el que esta máquina va a ser creada. Así, en tratándose de un vehículo de competencia, se analizó el entorno de seguridad para el conductor, ya que, la ausencia de una de las medidas o principios de seguridad, podrían implicar la integridad del piloto, y hasta la vida misma.

Por otro lado, en esta etapa se conoce al detalle todos los sistemas, funcionamiento y utilidad de cada elemento, lo que permite identificar las fallas o daños que se podrían presentar cuando el vehículo se encuentre operativo, adquiriendo por tanto, la capacidad de solucionarlos con un abanico de opciones.

EL CHASIS:

El proceso de diseño del chasis, podría dividirse en varias etapas, la primera de ellas con resultados bastante errados, pues, los cálculos, diagramas y planos realizados, no cumplían con los parámetros regulares de un vehículo de uso personal. En segunda instancia, el pulir lo propuesto, implicó esquematizar el vehículo como si existiese en la realidad, para con esta base continuar deduciendo y analizando los puntos a cambiarse. Por último, como una tercera etapa, se realizó la adecuación de los sistemas en conjunto, esto es el acoplamiento de todas las piezas requeridas y la correspondiente comprobación de factibilidad.

En el proceso de construcción del chasis, se generaron problemas de diversa índole, uno de ellos el del profesional mecánico diestro en construcción de vehículos que pudiera compartir sus conocimientos y asesorar en la producción del automotor. Se evidenció que la ingeniería mecánica automotriz, en la ciudad de Quito, se limita a proveer de servicio de mantenimiento y reparación de daños de vehículos, no hay una

empresa productora o diseñadora de vehículos posicionada en el mercado. Este hecho, fue una limitante para el desarrollo del proyecto, pues, los talleres visitados no poseían el suficiente conocimiento para colaborar con profesionalidad en el proceso. Lo que hizo que se realice el trabajo en un taller de mecánica industrial escogido por otros factores como costos accesibles y equipamiento suficiente para el momento del proceso.

Debido a los problemas indicados el resultado inicial no respondió a la planificación. La falta de herramientas técnicamente apropiadas, por ejemplo una cortadora para bocas de pescado, hicieron que las medidas del automotor en construcción, difieran del diseño causando así que se deban improvisar y adaptar piezas que según el diseño estaban determinadas, o, según el caso, reubicar la colocación de las mismas, para adecuarlas a las medidas reales con que se cuenta.

Al armar el chasis del vehículo, fue evidente la complejidad de la construcción de un soporte para el motor debido a la precisión y fuerza de sujeción que éste debe tener, es por ello, que tras haber iniciado este proceso con el objetivo de fijar directamente el motor al chasis, se hizo imposible su adecuación. En uso del ingenio e iniciativa se decidió adaptar el chasis del motor de la motocicleta.

EL TREN DE POTENCIA:

En aplicación del conocimiento teórico existente; durante el diseño del tren de potencia se dispuso la utilización de piezas y materiales determinados, para lo que se obtuvo un resultado relativamente certero. En el diseño se supuso el uso de tuberías específicas como soporte del sistema principal de transmisión, sin tomar en cuenta ciertas piezas necesarias para la sujeción del eje de transmisión y las áreas que este iba a requerir.

Para la implementación del sistema de transmisión se presentó la complicación de la obtención de piezas adecuadas para la ejecución de lo anteriormente planeado. En el mercado local, es difícil conseguir piezas y materiales que tengan características específicas, por lo que el ensamblaje de este mecanismo se debió realizar utilizando básicamente la técnica de adaptación. Es el caso de los ejes de las juntas homocinéticas, las que por no haber en el mercado debieron ser construidas en razón de la longitud requerida, para poder mantener el esquema en este proceso, variando las características de las piezas y materiales.

EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN:

Para el diseño de la suspensión se tomó en cuenta la ubicación y forma de las mesas a utilizar. Se supuso la adaptación de mecanismos que permitan obtener el comportamiento deseado. Intencionalmente no se diseñó los mecanismos despiezados ni acotados ya que se desconocía los resultados del mismo. Esta decisión fue totalmente asertiva ya que conforme se avanzó con la implementación de las diferentes piezas se fueron presentando problemas a ser resueltos.

En la construcción de este sistema, se debió tomar decisiones a cada momento, un ejemplo de ello, es la forma de adecuar las bases para los amortiguadores: los tubos en U fueron diseñados después de tener las mesas acopladas, la razón por la que se ejecutó de esta manera, es porque se desconocía las características de los amortiguadores a utilizarse, pues, se decidió probar una serie de amortiguadores para elegir el más óptimo. Una vez adquiridos los amortiguadores, se procedió a doblar paso a paso los tubos del soporte y a reforzarlos basándose en experiencia y no en cálculos.

LA DIRECCIÓN:

En el diseño de la suspensión se definió la posición del volante, en base a las medidas estimadas del hombre al 95% y la ubicación aproximada de la cremallera en base a la posición de la punta de dirección en conexión con el neumático.

En la construcción de la dirección se ha aplicado el esquema de piezas propuesto en cuanto a la estructura, habiendo diferencias en cuanto a la ubicación, las cuales se definieron en el momento de la instalación.

EL SISTEMA DE FRENOS:

El diseño y la construcción del sistema de frenos, fue concordante, teniendo en cuenta la sencillez del esquema planteado. En la etapa de construcción, fue necesario resolver la distribución del espacio físico, es decir, durante el diseño se designó un espacio a la bomba y a las cañerías, pero en la etapa de la construcción se la debió ubicar de manera práctica.

La implementación del freno de mano, responde a otra de las piezas implementadas sin previa programación, respondiendo básicamente a la experiencia de los técnicos en la materia. Este freno funciona básicamente a través de una bomba secundaria conectada en serie con el circuito de cañerías del freno trasero. Esta bomba

es aplicada por una palanca diseñada y construida experimentalmente en el momento de implementarla al lado derecho del volante.

LOS MANDOS DEL PILOTO:

Los mandos del piloto, esto es, acelerador, embrague, pedal de freno y palanca de cambios, fueron diseñados en cuanto al mecanismo, y al área en la que se ubicarían, más no en cuanto a la ubicación específica y determinada de éstos en el habitáculo del automotor. Los sistemas respondieron al diseño, por lo tanto, su planificación fue exitosa y aplicada en su totalidad; los pedales debieron ser adquiridos en talleres deshuesaderos de autos y modificados para su instalación.

La implementación de estos mandos requirió la determinación del sitio de ubicación, cosa que no estuvo puntualmente diseñada, lo que generó la libertad de instalarlos en los sitios más apropiados en relación a distancias a mantenerse con el conductor, a fin de darle confort.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES.

- El proyecto FAU – USFQ, cumple el objetivo de incentivar a los estudiantes a desarrollar su ingenio e iniciativa en el diseño y construcción de automotores, y en la búsqueda de soluciones.
- El desarrollo del presente trabajo de “Diseño y Construcción de un Vehículo del tipo Kart Cross para Rally”, elaborado por estudiantes de ingeniería mecánica de último año de la Universidad San Francisco ha concluido con éxito, es decir que el automotor diseñado ha sido construido y ha funcionado conforme lo planificado.
- Las herramientas de software Auto CAD y ANSYS son completamente aplicables en el diseño de automotores, convirtiéndose en herramientas necesarias para optimizar el tiempo, el conocimiento y el dinero, especialmente durante la etapa previa a la construcción del vehículo. Su compatibilidad, hace que los programas sean complementarios
- El software Auto CAD, es una amplia y útil herramienta de dibujo. Permite una visualización más clara del proyecto, localizando errores de diseño a tiempo gracias a la capacidad de apreciar el modelo tanto en dos dimensiones como en tres dimensiones, característica que facilita la extracción e impresión de planos y perspectivas del modelo, para ser utilizados durante la construcción.
- El software de elementos finitos ANSYS es una herramienta para cálculo estructural. Ésta permitió la ubicación de lugares críticos, para implementar los refuerzos necesarios con oportunidad.
- El diseño del vehículo respondió a un hecho factible, por lo que la construcción del mismo, conserva el esquema.
- Los sistemas necesarios para el buen funcionamiento del vehículo construido, debieron ser adaptados.
- Este proyecto es multidisciplinario, pues, a más de permitir el aprendizaje de la aplicación de la ingeniería mecánica, obliga a aprender sistemas administrativos, de contabilidad, de mercadotecnia, organizativos y de relaciones humanas.

- El desconocimiento del manejo de herramientas mecánicas, constituye un factor negativo para el desarrollo de este tipo de proyectos, por lo que, la implementación de una asignatura que profundice esta área, potenciaría la capacidad de invención de los ingenieros mecánicos ecuatorianos.
- La adquisición de piezas nuevas en el mercado local es poco factible para este tipo de proyectos. Esto se debe a que los precios son extremadamente altos en relación con el presupuesto establecido.
- El escaso conocimiento técnico de los vendedores de repuestos automotrices, constituye una traba para el desarrollo del proyecto.
- El mercado de piezas usadas se adapta a las necesidades de estos casos, ya que presenta la posibilidad de encontrar las partes a buen costo con las desventajas de su escasez y su falta de garantía.
- Se demostró que en el país no se aplica la ingeniería mecánica creativa, la mayoría de mecánicas automotrices e industriales se ocupan de arreglar y reponer piezas, sin que se genere artículos nuevos. Además se evidenció claramente el temor a innovar y arriesgarse a construir algo nuevo en materia automotriz.
- El automovilismo local no es considerado como deporte sin que exista apoyo, lo que reflejó la búsqueda y obtención de auspicios. Pues, a pesar de ser un proyecto de una institución de renombre a nivel nacional como es la Universidad San Francisco, la obtención de patrocinios fue difícil de conseguir.
- Las empresas no demuestran interés en invertir en el automovilismo competitivo, lo que impide el crecimiento de este deporte.

BIBLIOGRAFIA

1. Motor de combustión interna. <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>
2. De Castro, Vicente, Antonio Coll y Segundo Estévez. El Motor De Gasolina. Cuarta Edición. Ediciones CEAC. Barcelona - España, 1971. Pág. 28
3. El motor de gasolina, pág. 29-31
4. MANUAL CEAC DEL AUTOMOVIL, Grupo Editorial CEAC, 2003, Barcelona España, Impreso por Graficas Mármol, Página 35
5. http://es.encarta.msn.com/encyclopedia_761553622/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna
6. Especificaciones técnicas de motocicletas. http://www.motorbikes.be/en/Kawasaki_ZXR_400_1989.aspx
7. MANUAL CEAC DEL AUTOMOVIL, Grupo Editorial CEAC, 2003, Barcelona España, Impreso por Graficas Mármol, Página 11
8. Mezquita, José y Juan Ruiz. Tratado Sobre Automóviles. Tomo I, Tecnología del Automóvil. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Pág. 175
9. Caja de cambios. <http://www.nocturnabsas.com.ar/forum/autos-y-motos/188044-caja-de-cambio.html>
10. Cajas de Cambios de motocicleta. <http://clubmotoscoyhaique.cl/files/CAJAS%20DE%20CAMBIO.doc>
11. Cajas de cambio manual de dos ejes. <http://www.mecanicavirtual.org/caja-cambios2.htm>
12. Motocicletas automáticas con y sin cambios. <http://redcamelot.com/mecanica/embrague.htm>
13. Funcionamiento Del embrague. <http://redcamelot.com/mecanica/embrague.htm>
14. Fernández, Mariano. Tipos d embrague y su funcionamiento en las motos. <http://www.tallervirtual.com/2008/12/19/tipos-de-embragues-y-sus-funcionamientos-en-las-motos/>
15. Embrague. <http://www.torremoto.com/mecembrague.htm>
16. Cuesta Ferrer, Gabriel. Camiones y Vehículos Pesados. Edición 2003. Editorial Cultural S. A. Madrid España. Pág. 36.
17. Chasis. <http://www.deperu.com/autos/mecanica/chasis.htm>

18. 2000-2001 Formula SAE Race Car. Suspension, Steering, and Engine Control System Design Final Report. May 2001. SAE Collegiate Design Series. <http://www.sae.org/students/formula.htm>
19. Rodríguez, Daniel. Fundamentos de Alineación 2005. Seminarios y Adiestramientos Técnicos. <http://www.automecanico.com/auto2029/susp7.html>
20. Battchit. Modificando la Dirección. Julio 2007. <http://www.drifting.es/2007/454/modificando-la-direccion/>
21. Hagerman, John. Pointed the right way. Camber, Caster and Toe, What do they mean?. <http://www.ozebiz.com.au/racetech/theory/align.html>
22. Mitchell. Roll Center Myths and Reality. http://www.neohio-scca.org/comp_clinic/hand_out_reprints/Vehicle%20Dynamics2007.pdf
23. Karim, Nice. How drum brakes work?. www.howstuffworks.com
24. Karim, Nice. How disc brakes work?. www.hoestuffworks.com
25. “Análisis y Diseño Mediante el Método de los Elementos Finitos”, presentación preparada por Víctor H. Guerrero, Ph.D.
26. Olmedo, Fernando. Diseño de estructuras tipo cáscara basadas en materiales compuestos laminares, utilizando el método de elementos finitos. Escuela Politécnica Nacional, 2008.
27. Shigley, Joseph, Mischke Charles y Budynas Richard. Mechanical Engineering Design. Seventh Edition. Mc. Grawn Hill Editor. Pág. 933

[Escribir el título
del documento]



REGLAMENTO DE LA FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA (FAU) 2008

NOTA: Estas normas están en vigencia para todas las competencias de Fórmula Automovilística Universitaria celebradas durante el año 2008.

REGLAMENTO FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA "FAU" 2008

1. FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA - DESCRIPCIÓN Y COMPETENCIA

1.1 Objetivo de la competencia de la Fórmula Automovilística Universitaria

Las competencias de la serie Fórmula Automovilística Universitaria desafían a los equipos de estudiantes universitarios graduados y no graduados a desarrollar, diseñar, fabricar y competir con un vehículo tipo Buggy para eventos de Rally. La Fórmula da a los equipos la flexibilidad máxima del diseño y la libertad para expresar su creatividad e imaginación, es así que las restricciones en el diseño total del vehículo son muy pocas. Los equipos pasarán alrededor de seis a ocho meses diseñando, construyendo, probando y preparando sus vehículos antes de una competencia. En las competencias ellos mismos dan al equipo la oportunidad de demostrar y de probar su creatividad y sus habilidades de ingeniería con respecto a los equipos de otras universidades del país.

1.2 Objetivos de diseño de vehículo

La empresa automotriz los ha contratado para diseñar, fabricar y demostrar un coche prototipo para la evaluación como artículo de la producción. El mercado previsto para las ventas es el corredor no profesional de rally del fin de semana. Por lo tanto, el coche debe tener rendimiento muy alto en términos de su aceleración, frenando, y las cualidades de dirección. El coche debe ser bajo en el costo, fácil mantener, y confiable. Debe acomodar a los conductores cuya estatura corresponda al hombre 95%. El desafío del equipo es el diseño de un coche prototipo que el mejor resuelva estas metas e intentos. Cada

diseño será probado en la competencia, comparado y juzgado con otros diseños determinando el mejor coche.

El presupuesto para el desarrollo del proyecto es de USD 5000 (cinco mil dólares)

1.3 Buenas prácticas de la ingeniería

Se espera que se los vehículos que se fabriquen para la FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA sean diseñados de acuerdo con las buenas prácticas de la ingeniería.

1.4 El participar en la competencia

Se considera parte de los equipos, a los miembros de equipo como individuos, a los asesores de la facultad y a otros representantes registrados en la Universidad que están presentes en sitio de la competencia a partir del momento que llegan el sitio de la competencia hasta que salgan del sitio de la competencia.

Dentro del equipo debe existir un mínimo de 5 personas y máximo 10 con un porcentaje de mujeres no inferior al 10%. Se considera parte del equipo al piloto/s, alternante/s y equipo de apoyo

1.5 Intento de violación del reglamento

El intento de violación de una regla será considerada una violación de la regla en sí. Las preguntas sobre el intento o el significado de una regla se pueden consultar al comité de reglas de la FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA o por los organizadores de la competencia.

1.6 Derecho a confiscar

La FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA se reserva el derecho de confiscar cualquier vehículo registrado en la competencia en cualquier momento durante una competencia para la inspección y exanimación de los organizadores, de los funcionarios y de los inspectores técnicos.

1.7 Autoridad general

La FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA se reserva el derecho de revisar el horario de cualquier competencia y/o de interpretar o de modificar las reglas de competencia en cualquier momento y de cualquier manera es decir, en su único juicio, requerido para la operación eficiente del acontecimiento de la FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA en conjunto.

1.8 Reglamento Fórmula Automovilística Universitaria y Autoridades

1.8.1 Reglamento

El reglamento de la FAU es responsabilidad del comité encargado del reglamento conformado por un representante de cada universidad interesada en participar en la Fórmula Automovilística Universitaria.

1.8.2 Validez del reglamento

El reglamento de la FAU tendrá validez durante el año en curso y podrá ser modificado por el comité cuando lo consideren necesario, dichas modificaciones entraran en vigencia un mes posterior a su publicación.

1.8.3 Comprensión del reglamento.

Los equipos, los miembros individuales del equipo, los asesores de la facultad, son responsables de leer y comprender las reglas vigentes para la competencia en la que van a participar.

1.8.4 Participación en la competencia.

Los equipos, los miembros individuales del equipo, los asesores de la facultad y otros representantes registrados en la universidad que estén presentes en el sitio de la competencia serán considerados participantes en la competición por lo tanto cualquier falta que cometieran en beneficio o perjuicio de cualquier participante provocaran la exclusión de la competencia.

1.8.5 Derecho a imputar

Los miembros del comité y los organizadores se reservan el derecho de imputar la participación de cualquier vehículo en cualquier momento de la competencia para una inspección técnica.

2. Elegibilidad

2.1 Requisitos individuales del participante

La elegibilidad se limita al estudiante y a los estudiantes de los últimos semestres de ingeniería automotriz, esto para asegurar que sea una competencia de ingeniería del mismo nivel. Los miembros individuales del equipo para participar en esta competencia deben satisfacer los requisitos siguientes:

2.1.1 Estado de estudiante:

Los miembros de equipo deben ser estudiantes o graduados de la universidad a la que representan. Los miembros de equipo que se han graduado durante el semestre en curso siguen siendo elegibles para participar y lo podrán seguir haciendo durante un periodo de seis meses posteriores al inicio del campeonato, siempre y cuando hayan sido parte del proyecto desde sus inicios.

2.1.2 Edad:

Los miembros de equipo deben tener por lo menos dieciocho (18) años de edad.

2.1.3 Licencia de conducir

Los miembros de equipo que conducirán el vehículo en cualquier momento durante la competencia deben tener la licencia de conducción tipo B.

2.1.4 Renuncia de la responsabilidad

Se requiere que todos los participantes del equipo, incluyendo estudiantes y los voluntarios, firmar una renuncia de la responsabilidad sobre los organizadores del evento ya que asisten al sitio por propia voluntad.

2.1.5 Seguro médico

El seguro medico es la única responsabilidad del participante, la cobertura del seguro médico debe ser individual.

2.1.6 Asesor de la facultad

Se espera que cada equipo tenga un asesor de la facultad designado por la universidad. Se espera que acompañe al equipo a la competencia y será el asesor de la facultad el considerado por los organizadores de la competencia para ser el representante oficial de la universidad. Los asesores de la facultad pueden aconsejar a sus equipos en el diseño general y los conceptos para la gestión del proyecto, pero no puede diseñar cualquier pieza del vehículo ni participar directamente en el desarrollo de cualquier documentación. Además, los asesores de la facultad no pueden ni fabricar ni montar cualquier componente ni asistir la preparación, el mantenimiento, las pruebas o la operación del vehículo. En resumen los asesores de la facultad no pueden diseñar, construir o reparar cualquier pieza del coche.

2.2 Requisitos del registro

2.2.1 Elegibilidad del vehículo

Los vehículos para entrar en competencias de la FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA, debe ser concebido, diseñado, fabricado y mantenido por los miembros del equipo de estudiantes sin la implicación directa de Ingenieros profesionales, Ingenieros Automotrices, Corredores, motoristas, etc. Los estudiantes puede utilizar cualquier literatura o conocimiento sobre el diseño del coche e información de profesionales mientras la información sea dada como discusión de alternativas con sus pros - y - contra. Los profesionales no pueden tomar decisiones de diseño, trazado y el asesor de la facultad debe firmar una declaración de la conformidad con esta restricción. La categoría FAU, es el intento de que los estudiantes palpen y experimenten en forma directa las competencias automovilísticas. Por lo tanto, los estudiantes deben realizar todas las tareas de la fabricación siempre que sea posible.

3. Diseño

3.1 Requerimientos Generales de Diseño

3.1.1 Carrocería y estilo

El auto debe ser de ruedas descubiertas y cockpit abierto. El vehículo no debe tener aperturas en la carrocería desde la parte frontal hasta la parte posterior del arco principal o pared de fuego, otras aperturas se requieren para hacer la cabina abierta. Esta permitido tener mínimas aperturas alrededor de los componentes de la suspensión delantera.

3.1.2 Distancia entre ejes y configuración del vehículo

El vehículo debe tener una distancia entre ejes no menor que 1525mm. La distancia entre ejes es medida desde el centro del punto de contacto del neumático delantero al posterior. El vehículo debe tener cuatro neumáticos no necesariamente alineados.

3.1.3 Trocha del vehículo

La troche menor (delantera o posterior) no debe ser menor que el 75% de la troche más larga.

3.1.4 Acceso visible

Todos los ítems de la Forma de Inspección deben ser claramente visibles para los inspectores técnicos.

Los accesos visibles pueden ser dotados removiendo paneles de la carrocería o por medio de paneles de acceso removibles.

3.1.5 Peso.

En ningún momento de la prueba el peso mínimo del vehículo podrá ser inferior a 310Kg sin piloto, sin combustible, sin agua en el pulverizador y en orden de marcha, El uso de lastres está prohibido.

3.2 Reglas del chasis

3.2.1 Suspensión

El vehículo debe estar provisto de un sistema de suspensión totalmente operacional con amortiguador adelante y atrás, el recorrido es libre.

Los jueces se reservan el derecho de descalificar el vehículo que no representen un intento de tener un sistema de suspensión operacional o que sea inapropiado para la competencia. Todos los anclajes de suspensión deben ser visible para el inspector técnico, ya sea directamente o desmontando algún cobertor.

Las dimensiones máximas de los vehículos, incluida la carrocería, serán las siguientes:

Longitud: 2.600mm.

Ancho: 1.600mm.

Altura: 1.400mm.

3.2.2 Distancia al piso

La distancia al piso debe ser suficiente para evitar que alguna parte del vehículo (distinto a los neumáticos) toque el piso durante la competencia, con el piloto abordo y debe tener como mínimo de 10cm.

3.2.3 Neumáticos y aros

3.2.3.1 Aros

Los aros del vehículo de tener un diámetro entre 8plg y 15plg.

Cualquier aro que tenga un sistema de anclaje de tuerca única debe incorporar un aditamento que retenga el aro en caso de que la tuerca falle.

3.2.3.2 Neumáticos

Los neumáticos de los vehículos son libres en cuanto a marca, modelo y compuesto, etc., deben ser ranurados con una profundidad mínima 2.5mm.

Dentro la competencia cada set de neumáticos debe ser del mismo compuesto, marca y dimensiones.

3.2.4 Dirección

El sistema de dirección debe afectar a tan solo dos ruedas

El sistema de dirección debe tener limitadores de movimiento para evitar que el varillaje pueda trabarse, los limitadores deben prevenir que los neumáticos topen con los elementos de la suspensión, carrocería, etc., durante la competencia. Esta permitido un juego libre total en la dirección de 7 grados, medido en el volante.

No está permitido el giro de los neumáticos posteriores.

3.2.5 Sistema de frenos

El vehículo debe estar equipado con un sistema de frenos que trabaje sobre las cuatro ruedas y operado por un solo control.

Debe tener dos circuitos hidráulicos independientes tal que: cuando uno pierda líquido o falle, el poder de frenado se mantenga en las dos ruedas restantes. Cada circuito hidráulico debe tener su propio reservorio. Una sola acción de frenado debe ser capaz de bloquear las cuatro ruedas durante el test.

El sistema de frenos por cable está prohibido.

Líneas de frenos plásticas están prohibidas.

El sistema de frenos debe estar protegido en caso de que el tren de potencia falle o por colisiones menores.

3.2.5.1 Test de frenado

El sistema de frenos será dinámicamente comprobado y debe demostrar la capacidad de actuar sobre las cuatro ruedas y detener el vehículo en línea recta al final de una aceleración especificada por el inspector de frenos.

3.2.5.2 Freno de emergencia.

Un freno de emergencia debe ser incluido en el vehículo este debe trabajar sobre las dos ruedas posteriores, puede ser de tipo hidráulico o mecánico (por cable)

3.2.5.3 Luz de freno

El vehículo debe estar equipado con una luz roja de freno, debe ser claramente visible bajo condiciones de luz solar intensa. La luz debe estar montada en el eje central del vehículo, en un lugar que dificulte su ruptura.

3.2.6 Ganchos de remolque

El vehículo debe incorporar dos ganchos de remolque de fácil acceso, uno frontal y otro posterior claramente identificados por una flecha color roja que indique su posición o de color blanco en caso de que el vehículo sea rojo.

3.3 Requerimientos estructurales

Entre otros requerimientos, la estructura del vehículo debe incluir arcos de seguridad que son. Una protección superior y un atenuador de impacto, y estructuras contra impacto laterales.

3.3.1 Definiciones

Las siguientes definiciones aplican a lo largo del reglamento:

Arco principal – Un arco localizado junto o detrás del torso del piloto.

Arco frontal – Un arco localizado sobre las piernas del piloto en la cercanía del volante.

Barra contra vuelco – los dos el arco principal y arco frontal son clasificados como barra contra vuelco

Miembro del bastidor – La mínima representación de un tubo continuo sin cortes.

Bastidor – El bastidor es un ensamble estructural que soporta todos los elementos funcionales del vehículo. Este ensamble puede ser una estructura con una sola soldadura, una estructura con varias soldaduras o la combinación de componentes y estructuras soldadas.

Estructura principal – La estructura principal está compuesta por los siguientes elementos: 1) Arco principal, 2) Arco frontal, 3) barras contra vuelco, 4) Protecciones laterales, 5) Refuerzo frontal, 6) Sistema de refuerzos frontales y 7) todos los elementos, guías y soportes que transfieran carga del sistema de protección del piloto a los elementos desde el 1 al 6.

Estructura principal del bastidor La posición del bastidor debe estar sobre lo que se ha denominado estructura principal. La parte superior del arco principal no está incluido en esta definición

Refuerzo frontal Es una placa plana en el plano frontal de la estructura principal del bastidor y su función es la de proteger los pies del piloto.

3.3.2 Equivalencia estructural

El uso de materiales alternativos o tamaños de tubería como los especificados en la Sección 3.3.3.1 Material base acero, proporciona a los jueces encargados de la revisión técnica una propiedad igual o superior que los especificado en la Sección 3.3.3.1.

La aprobación de materiales alternativos o dimensiones de los tubos se basará en el criterio técnico y la experiencia del jefe de inspectores técnicos o su delegado.

3.3.3 Requerimientos mínimos de materiales

3.3.3.1 Material base acero

La estructura principal del vehículo debe ser construido en tubo estructural negro (mínimo 0.1% de carbón), con las dimensiones mínimas especificadas en la siguiente tabla o las indicadas en la Sección 3.3.3.2.

ITEM, DIAMETRO EXT, PARED	
ARCO FRONTAL Y PRINCIPAL, BARRA DE ANCLAJE DE ARNECES	1.0 inch (25.4 mm) x 0.095 inch (2.4 mm) o 25.0 mm x 2.50 mm metric
SOPORTES DEL ARCO PRINCIPAL, ANCLAJES ,ETC	25.4 mm x 1.60 mm metric 1.0 inch (25.4 mm) x 0.049 inch (1.25)

3.3.3.2 Alternativas en tubos y materiales

3.3.3.2.1 General

Se puede utilizar una geometría de tubos y/o materiales excepto en el arco principal y sus soportes, por ejemplo el uso de tubos de aluminio o titanio o materiales compuestos está prohibido para estos elementos. Si un equipo toma la alternativa en materiales deben demostrar la equivalencia en la resistencia de dichos materiales cumplen con el mínimo de resistencia de los tubos especificados

3.3.4 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 1

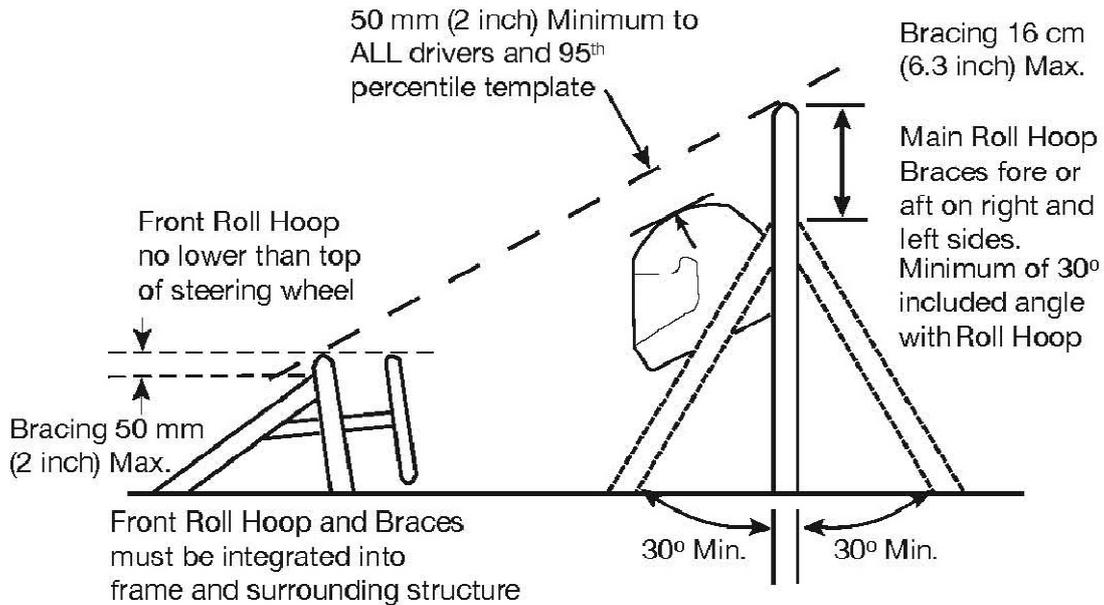


FIGURE 1

3.3.4.1 Arcos principal y frontal – Requerimientos generales

Con el piloto sentado y 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 50mm, las dimensiones del piloto y el casco de todos los pilotos del equipo deben ser dimensionados basándose el hombre 95%.

3.3.4.2 Arco principal

El arco principal debe ser construido con un segmento de tubo de una sola pieza, sin cortes ni soldaduras como los indicados en la Sección 3.3.3.

El uso de los distintos tipos de aluminio, titanio o materiales compuestos está totalmente prohibido en el arco principal.

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.

En la vista frontal del arco principal, el miembro vertical del arco principal debe tener 380 mm en la parte interior donde el arco principal se afianza al bastidor de la estructura principal.

En los vehículos en que la estructura no está hecha de tubo de acero, el arco principal debe ser continuo y extenderse en la parte baja del bastidor. El arco principal debe ser asegurado por seguridad a la estructura monocasco usando pernos de 8mm grado 8.8.

3.3.4.3 Arco frontal

El arco frontal debe ser construido por una sección de tubo cerrado de la sección 3.3.3.

El uso de materiales compuestos para el arco frontal está prohibido.

El arco frontal puede ser construido en más de una pieza.

La parte superior del arco frontal no puede estar por debajo del volante en ninguna posición angular y no debe estar a más de 250mm por delante del volante. Esta medida será tomada desde la parte posterior del arco frontal hasta la parte frontal del volante en el eje central del vehículo.

En la vista lateral, el arco frontal no puede ser inclinado más de 20° de la vertical.

3.3.5 Soportes de los arcos

3.3.5.1 Soportes del arco principal

Los soportes del arco principal constituyen un segmento de tubo especificado en la Sección 3.3.3.

El uso de aluminio, titanio, materiales compuestos el los soportes del arco principal están prohibidos.

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, este tendrá una inclinación mínima de 30° y se podrá extender hacia la porción mas alejada del bastidor.

3.3.5.2 Soporte del arco frontal

Los soportes del arco frontal se deberán construir del material especificado en la Sección 3.3.3.

El arco frontal deberá ser apoyado por dos soportes que se extiendes desde la parte alta del arco frontal hacia adelante y deberá tener una inclinación mínima de 10° respecto a la vertical.

3.3.5.3 Otros requisitos de los soportes

Cuando los soportes no han sido soldados, los soportes pueden ser fijados utilizando pernos de 8mm grado 8.8, o más resistentes.

3.3.6 Estructura de impacto frontal

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.

El arco frontal delantero debe ser un atenuador de energía del impacto.

3.3.6.1 Atenuadores de impacto

Son elemento capaces de reducir la fuerza en caso de un impacto, consiste en un recipiente relleno de espuma poliuretano, de por lo menos 200mm de espesor y de las dimensiones del frontal del bastidor (Atenuador frontal) y de 300x500mm en los atenuadores laterales. Los atenuadores deben estar separados del habitáculo por una lamina de aluminio para evitar que el atenuador se incruste en el habitáculo en caso de colisión, los atenuadores no pueden ser parte estructural del vehículo y deben ser reemplazables.

3.3.6.2 Elementos no deformables

Todos los elementos no deformables deben ubicarse detrás del atenuador de impacto.

3.3.7 Carrocería delantera

La carrocería no debe tener elementos afilados en su parte frontal, estos podrían afectar a los asistentes, los revestimientos de la nariz de la carrocería debe tener radios por lo menos un radio de 38 milímetros (1.5 pulgadas). Este radio mínimo debe extender por lo menos a 45 grados (45°) concerniente a la dirección delantera.

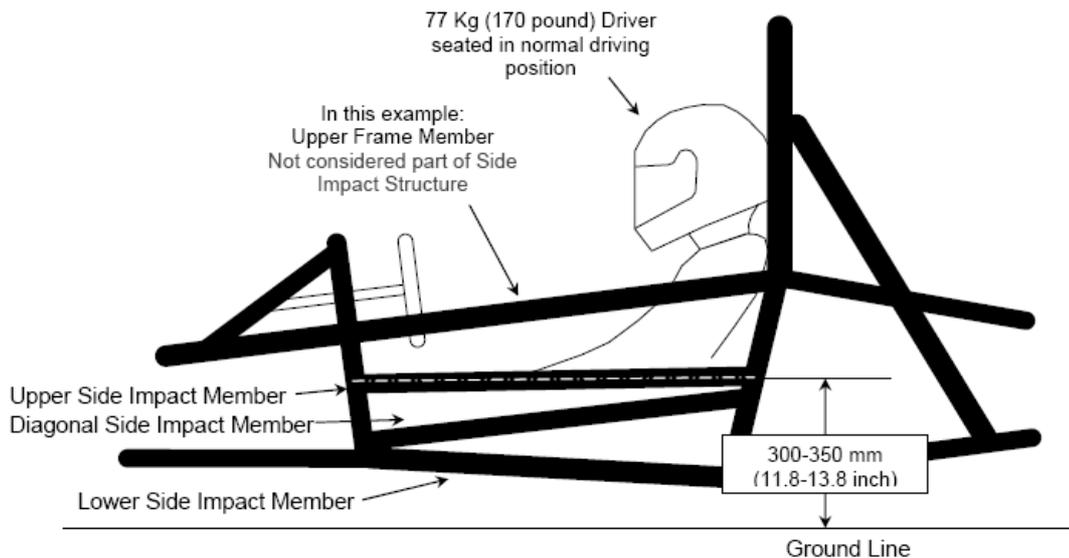
3.3.8 Estructura de impacto lateral

La estructura de impacto lateral debe cumplir los requisitos enumerados abajo.

3.3.8.1 Protecciones laterales

La estructura de impacto lateral se debe abarcar por lo menos de tres (3) miembros tubulares situados en cada lado del conductor mientras que está asentada en la posición de conducción normal, según las indicaciones del cuadro 5. Los tres (3) miembros tubulares se deben construir del material definidos por la sección 3.3.3. Las localizaciones para los tres (3) miembros tubulares son los siguientes: El miembro estructural del impacto del lado superior debe conectar el aro principal y Aro delantero en una altura entre 300 milímetros (11.8 pulgadas) y 350 milímetros (13.8 pulgadas) por encima de la parte baja del chasis.

El miembro estructural de un impacto lateral más bajo debe conectar la parte inferior del aro principal y la parte inferior del aro delantero.



3.3.9 Agujeros de inspección

Para permitir la verificación de los gruesos de pared de la tubería, los agujeros de inspección de 4.5 milímetros (0.18 pulgadas) se deben perforar adentro una localización no crítica del aro principal y del aro delantero. Además, los inspectores técnicos pueden comprobar la conformidad de otros tubos que tengan dimensiones mínimas especificadas en la Sección 3.3.3. Esto se puede hacer por la perforación de los agujeros de inspección adicionales en la petición del inspector. Los agujeros de inspección deben ser localizados para poder medir el diámetro exterior A TRAVÉS del agujero de inspección con un calibrador, es decir debe haber acceso para el calibrador al agujero de inspección

3.3.10 Carta de homologación

La carta de homologación, deberá presentar un estudio de resistencia de materiales firmado por un técnico cualificado colegiado, en el que se demuestre que dicha estructura resiste las siguientes solicitaciones:

- A) 2 veces su peso lateralmente (2P).
- B) 6 veces su peso longitudinalmente en ambos sentidos (6P).
- C) 8 veces su peso verticalmente (8P).

En dicho estudio, deberá tenerse en cuenta que P se deberá aumentar en 75Kgs. Siendo P el peso mínimo del vehículo en condiciones de carrera.

3.4 Conductor y equipo de la cabina

3.4.1 Sistema de seguridad para el conductor

Todos los conductores deben utilizar un arnés de 4 o más puntos y 3plg de grosor de las correas. La instalación de sistema de la fijación debe

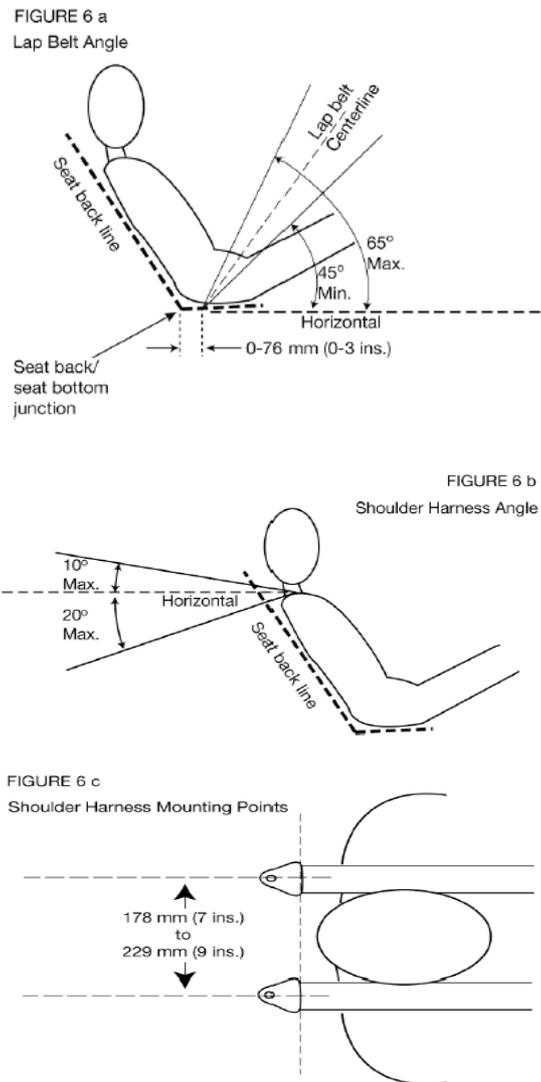
estar conforme a la aprobación del inspector técnico. El sistema de fijación se debe estar asegurado tan firmemente como sea posible.

(a) Requisitos materiales

El material de todas las correas debe ser poliéster de nylon o de Dacron y en perfectas condiciones. Deben ser de sistema de desconexión rápida.

(G) Arnés de hombro

El arnés debe ser fijado como se indica a continuación:



3.4.2 Equipo del conductor

El equipo siguiente se debe usarse por el conductor siempre que él o ella estén en la cabina con el motor en funcionamiento.

3.4.2.1 Casco

Un casco cerrado o abierto debe utilizarse, el casco debe tener mica de protección o en caso de casco abierto debe utilizarse gafas de

protección como las utilizadas en motociclismo. Los cascos deben ser presentados al momento de la revisión mecánica.

3.4.2.2 Overol

Un traje resistente al fuego que cubre el cuerpo del cuello abajo a los tobillos y a las muñecas. El traje debe estar en buenas condiciones, es decir no debe tener ningún rasgón o costuras abiertas, o las manchas de aceite que podrían comprometer su capacidad resistente al fuego.

3.4.2.3 Guantes

Guantes resistentes al fuego que están libres de cualquier agujero. Se permite el uso de guantes de motociclismo. Los guantes de cuero no son aceptables.

3.4.2.4 Anteojos o caretas protectoras

Anteojos o viseras, hechas de materiales resistentes a los choques.

3.4.2.5 Zapatos

Zapatos del material no inflamable y que están libres de cualquier agujero.

3.4.2.6 Restricciones de los brazos

Los alojamientos del brazo deben ser usados tales que el conductor puede lanzarlos y salir el vehículo sin ayuda sin importar la posición del vehículo.

3.4.2.7 Cubierta del cabello

Las barbas, los bigotes, y el pelo que resalta debajo del casco de un conductor se deben cubrir totalmente por el material no inflamable, ejemplo una máscara.

3.4.2.8 Collarín

El uso de un collarín para el cuello tipo Kart es obligatorio

3.4.3 Visibilidad del conductor

3.4.3.1 Requisito general

El conductor debe tener visibilidad adecuada al frente y a los lados del coche. Con el conductor sentado en posición de conducción normal él

debe tener un campo visual mínimo de 180 grados (180°) los 90 grados mínimos a cualquier lado del conductor.

3.4.3.2 Espejos

Un total de dos espejos deben permanecer en el lugar y ajustado para permitir la visibilidad requerida a través de todos los acontecimientos dinámicos.

3.4.4 Acolchado del arco principal

Un alojamiento principal se debe proporcionar en el coche para limitar el movimiento de la cabeza del conductor. El alojamiento debe tener un área mínima de 232 cm², se deben rellenar con un material absorción de energía con un grueso mínimo de 38 milímetros (1.5 pulgadas), y esté situado no más lejos de 25 milímetros (1 pulgada) del casco en el estado sin comprimir. El alojamiento principal debe cumplir los requisitos antedichos para todos los conductores. Cualquier parte del bastidor que pudieran entrar en contacto con el casco del conductor se debe cubrir por un material absorción de energía.

3.4.5 Protección del piso y techo

Todos los vehículos deben tener una protección del piso hecha de los uno o más paneles, capaces de resistir el impacto de un elemento extraño desde la parte baja, la protección del piso separan al conductor del suelo. La protección debe extenderse por la totalidad del piso del vehículo bajo el conductor desde el área del pie al cortafuego. Los paneles han de ser de aluminio con un espesor máximo de 4mm, o de chapa de acero con un espesor máximo de 2 mm.

La instalación de un techo rígido y opaco sobre el piloto es obligatorio.

3.4. 6. Parabrisas y aberturas laterales.

El parabrisas estará formado por una red metálica unida a la estructura del vehículo de manera segura y fija, que recubra toda su abertura. El paso de la malla estará comprendido entre 10mm. x 10mm. Y 25mm. x 25mm., siendo el diámetro mínimo del hilo con el que se ha tejido la red de 1mm. La malla en todo su perímetro deberá estar soldada a un hilo con un diámetro mínimo de 5 mm.

Las aberturas laterales estarán cubiertas por una red metálica, plástica o de cuerda fijada de forma segura a la estructura del vehículo, deberán tener un cierre de hebilla o similar. Las redes metálicas tendrán las mismas características que las utilizadas para el parabrisas. En las

redes plásticas o de cuerda su paso de malla será como máximo de 50mm. x 50mm.

3.4.7 Volante

3.4.7.1 Volante de Forma circular

El volante debe tener un perímetro circular continuo u ovalado. Los volantes en forma de “H”, “tipo 8”, o abiertos no se permiten.

3.4.7.2 Desconexión rápida

El volante puede estar fijado a la columna de dirección con sistema de desconexión rápida. El conductor debe poder operar el sistema mientras se encuentra en posición normal de conducción.

3.4.8 Salida del conductor

Todos los conductores deben poder salir al lado del vehículo en no más de 10 segundos. El tiempo de la salida comienza con el conductor en la posición de conducción, usando el equipo requerido del conductor. El tiempo de la salida parará cuando el conductor tiene ambos pies en el pavimento.

3.4.9 Interruptores principales

El vehículo se debe equipar de dos (2) interruptores principales. La impulsión de cualquier interruptor debe parar el motor. El símbolo eléctrico internacional que consiste en una chispa roja en un triángulo azul blanco-afilado se debe poner en gran proximidad a cada interruptor. Nota: Recuerdan a los equipos que cualquier hilo inductor del alternador se debe también inhabilitar por cada interruptor principal para prevenir cualquier regeneración posible a través del circuito de la bobina de campo.

3.4.9.1 Interruptor principal primario

El interruptor principal primario debe:

A. Estar situado en el lado derecho del vehículo, en proximidad al arco frontal, en una posición tal que el piloto en posición normal de manejo pueda actuar sobre él.

B. Debe neutralizar todos los circuitos eléctricos, incluyendo la batería, el alternador, las luces, los surtidores de gasolina, la ignición y los controles eléctricos. Toda la corriente de la batería debe atravesar este interruptor.

C. Sea de un tipo rotatorio y debe ser de actuación directa, es decir no puede actuar a través de un relé. Un ejemplo de un interruptor típico que cumpla estos requisitos se demuestra en la figura

D. La posición de "OFF" del interruptor principal primario debe ser marcada claramente.



Figure D

3.4.10 Protección contra los incendios

3.4.10.1 Cortafuego

Un cortafuego debe separar el compartimiento del conductor de todos los componentes del suministro de combustible, del aceite de motor y de los sistemas de refrigeración. Debe proteger el cuello del conductor más alto. Debe extenderse suficientemente lejos hacia arriba y/o hacia atrás tales que cualquier punto menos de 100 milímetros (4 pulgadas) sobre la parte inferior del casco del conductor más alto no estará en contacto con cualquier parte del sistema de carburante, del sistema de enfriamiento o del sistema de aceite de motor. El cortafuego debe ser una superficie no-permeable hecha de un material no inflamable. Los pasos para el cableado, los cables, el etc. son permisibles si los ojales se utilizan para sellar los pasos. También, los paneles múltiples se pueden utilizar para formar el cortafuego pero se deben sellar en los empalmes.

3.4.10.2 Extintores

Cada equipo debe tener un extintor químico seco de 2 kilogramos ubicado en el vehículo, con sistema de distribución a puntos claves como el habitáculo tanque de combustible y compartimiento del motor, debe ser accionado al halar el switch master o con un sistema individual.

3.4.11 Baterías

Todas las baterías, es decir fuentes de alimentación a bordo, se deben estar fijadas al bastidor. Bajo ninguna circunstancia pueden estar en contacto con el piloto y si están expuestas a altas temperaturas deben tener elementos de protección térmica. El terminal positivo debe estar aislado en todos los vehículos.

3.4.12 Accesibilidad de controles

Todos los controles del vehículo, incluyendo la palanca de cambios, debe funcionar por dentro de la cabina sin que cualquier parte del

conductor, ejemplo manos, brazos o codos, estén fuera de los planos de la estructura de impacto lateral.

3.4.13 Asiento

El punto más bajo del asiento de conductor no debe ser más bajo que el fondo del vehículo. Debe ser de tipo butaca.

3.4.14 Protección de la pierna del conductor

Para mantener las piernas del conductor lejos de los componentes móviles o agudos, todos los componentes móviles de la suspensión y del manejo, y otros filos dentro de la cabina entre el arco delantero y un plano vertical 100 milímetros (4 pulgadas) hacia atrás de los pedales, se deben blindar con un protector hecho de un material sólido. Las cubiertas sobre componentes de la suspensión y del manejo deben ser desprendibles para permitir inspección de los puntos de anclaje.

3.5 Tren de potencia

3.5.1 Motor y transmisión

3.5.1.1 Limitaciones del motor

Los motores usados para accionar el coche deben ser motores de pistón de cuatro tiempos con una cilindrada que no exceda 610cc. El motor se puede modificar dentro de las restricciones de las reglas. Si se utiliza más de un motor, la cilindrada total no puede exceder 610cc y el aire para todos los motores debe pasar a través de un solo restrictor de la toma de aire (véase 3.5.4.3, el "sistema del producto Restrictor.") Los trenes de potencia híbridos que utilizan almacenaje de energía a bordo no se permiten.

Para el año 2008 la versión de motor más moderna admitida será la del MODELO 2007.

El motor deberá contar con un sistema de puesta en marcha con los medios disponibles a bordo del vehículo. Se prohíbe expresamente el uso de baterías auxiliares exteriores

3.5.1.2 Inspección del motor

El motor podrá entrar en un periodo de investigación si el comisario técnico considera que esta fuera de reglamento o existe algún reclamo escrito de otro competidor. Si fuese necesario el desarmado del motor el denunciante correrá con los gastos que demande dicho proceso, en caso que el fraude fuese comprobado no existirá tal pago.

3.5.1.3 Sistema de Transmisión

Pueden usarse cualquier sistema de transmisión, Se prohíbe el uso de diferenciales.

3.5.1.4 Protecciones en el sistema de transmisión

Los elementos expuestos a gran velocidad, como los convertidores del torque, los embragues, las bandas y cadenas deben tener protecciones en caso de que fallaren.

A. Cadena – Las protecciones para las cadenas debe hacerse de por lo menos 2.66 mm (0.105 pulgada) de acero (ninguna alternativa se permite), y tiene un ancho mínimo igual a tres (3) veces el ancho de la cadena

B. Banda – las protecciones de las bandas debe hacerse de por lo menos 3.0 mm (0.120 pulgada) la Aleación de aluminio 6061-T6, y tiene un ancho mínimo que es igual al ancho de la banda más 35%, debe tener in borde de 1.7 veces el espesor de la banda.

C. Fijación – Todos los pernos para la fijación de las protecciones tendrá un diámetro mínimo de 6mm grado 8.8

D. Fijación lateral Todos los escudos destinados al cubrir la cadena o banda de transmisión deben mantenerse alineados con los mismos bajo cualquier condición.

3.5.1.6 Limitaciones del líquido refrigerante

Los radiadores de agua NO podrán sobresalir del perímetro del chasis ni de la carrocería y estarán situados por detrás del habitáculo del piloto, sin que puedan estar en contacto con él.

Los vehículos enfriados por agua deben usar sólo agua, puede utilizarse un inhibidor de corrosión pero en un volumen que no exceda de 0.015 litros por el litro de agua. Anticongelante a base de glicol o lubricantes de bomba de agua están totalmente prohibidos.

Se autoriza el montaje de un radiador de aceite cuando el motor no lo tenga de origen o sustituirlo por otro en caso de tenerlo, siempre que NO se modifique el motor con su instalación, sólo se permite adaptar los racores o conductos de entrada y salida del aceite.

3.5.2 Combustibles

El combustible será proporcionado por el organizador, el combustible será Gasolina Súper.

Durante el evento los automóviles deben operarse con los combustibles proporcionados por el organizador de la competición.

No puede agregarse aditivos a los combustibles. Esta prohibición incluye el óxido nitroso o cualquier otro agente oxidante.

3.5.2.1 Cambio de la Temperatura de combustible - Prohibido

La temperatura de combustible introducida en el sistema de combustible no puede cambiarse con el intento de mejorar el rendimiento.

3.5.2.2 Aditivos de combustible - Prohibió

Ningún agente que no sea combustible (gasolina), y el aire pueden inducirse en la cámara de la combustión.

3.5.3 Sistema de combustible

3.5.3.1 Tanque de combustible

Cualquier tanque de combustible puede usarse siempre y cuando su tamaño no exceda 20Lt.

El sistema de combustible debe tener una válvula para vaciar el tanque de combustible previo a la revisión mecánica.

3.5.3.2 Líneas de combustible, Atadura de la Línea y Protección

Las líneas de combustible plásticas entre el tanque de combustible y el motor (el suministro y retorno) están prohibidas.

Si se usan mangueras deben estar fijadas por abrazaderas

3.5.3.3 Requisitos del Sistema Inyección de combustible

Los requisitos siguientes aplican para los sistemas inyección de de combustible.

A. Líneas de combustible – las líneas de combustible deben ser de caucho reforzado y deben estar protegidas contra la abrasión por rozadura con otros elementos.

B. Riel de inyectores – El riel de inyectores debe estar bien sujeto a la culata, al block o múltiple de admisión, por medio de pernos, no se permite que estén fijados por abrazaderas o alambre.

C. Múltiple de admisión – El múltiple de admisión debe ser fijado al block, culata por pernos. Se permite el uso de bujes plásticos de de caucho para crear un mejor sellado de los ductos de aire pero no se lo considera una fijación.

3.5.3.4 Requisitos de la Entrada de aire y localización del sistema de combustible

Todas las partes del suministro de aire al motor y de control de combustible (incluyendo el estrangulador o carburador, entrada de aire, filtro de aire) deben estar dentro de las superficies dadas por la unión del arco principal y los neumáticos (Figura 8).

Los tanques de combustible deben estar protegidos contra colisiones y no pueden estar fuera de la estructura

3.5.4 Estrangulador, Accionamiento del estrangulador y restrictor de admisión

3.5.4.1 Requerimientos del Carburador/Cuerpo de estrangulación

El vehículo debe estar equipado con un cuerpo de estrangulación o carburador de cualquier tamaño y diseño

3.5.4.2 Accionamiento del estrangulador

El estrangulador debe ser accionado por medio mecánico, el uso de control electrónico del estrangulador está prohibido, el sistema debe constar con por lo menos dos resortes, el sensor TPS no se puede considerar como un resorte.

El cable de accionamiento debe estar a más de 50mm de cualquier elemento del sistema de escape.

3.5.4.3 Restrictor del sistema de admisión

Para limitar la potencia del motor se utilizara un solo restricto de 25mm, el restrictor estará ubicado entre en carburador/estrangulador y el filtro de aire

3.5.4.4 Turbo

Prohibido

3.5.5 Sistema de escape

El escape es libre, siempre que cumpla lo siguiente:

La salida del escape será por la parte trasera del vehículo y estará situada a un máximo de 80 cm. y un mínimo de 10cm. respecto al suelo. Se debe evitar que los gases de escape puedan perjudicar al piloto del vehículo situado detrás. Ningún elemento del escape sobrepasará el perímetro de la estructura del chasis ni de la carrocería visto desde arriba.

Es obligatorio que el escape cumpla el límite de ruido establecido en el presente reglamento.

3.5.5.1 Silenciador

El vehículo debe estar equipado con uno o más silenciadores para evitar que sobrepase el nivel de ruido aceptable, el nivel de ruido no deberá sobrepasar los 120 dBA

3.6 Identificación del vehículo

3.6.1 Numero de vehículo

A cada vehículo se le asignara un número de dos dígitos a inicio del campeonato escogido por los participantes.

Los números de los vehículos deben cumplir con los siguientes requisitos:

a) Ubicación: Tres números, uno en la parte frontal y uno a cada lado del habitáculo

b) Altura: Mínimo 15.24 cm

c) Color: Números blancos sobre fondo negro o números negros sobre fondo blanco

3.6.2 Nombre de la escuela

Cada automóvil debe tener el nombre de la universidad o sus iniciales claramente escrito sobre los números.

3.7 General

3.7.1 Aerodinámica

La aerodinámica es libre, con la limitación que los aditamentos aerodinámicos no puedan ser modificados desde el interior del vehículo y todos los elementos estén firmemente fijados.

3.7.2 Presupuesto

El presupuesto para el diseño construcción y ejecución del proyecto será de cinco mil (5000) dólares americanos

Los elementos donados tendrán un costo del el 50% del valor real calculado en función de los valores dados para el mismo elemento por el resto de participantes.

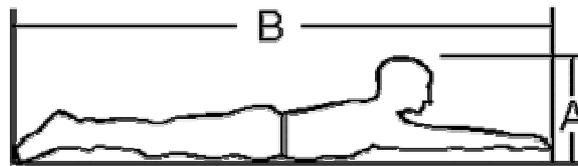
3.7.3. Número de vehículos admitidos

Se permite la participación de dos vehículos por universidad, mínimo un auto, no se permite la fusión de universidades para su participación.

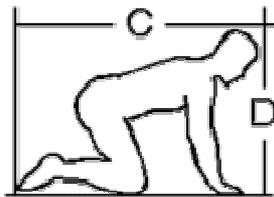
ANEXO II

Workstation Layout: Relevant Anthropometric Measures

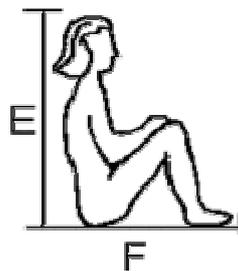
The 21 anthropometric measurements listed below are all that are needed to lay out the vast majority of workstations. The data are for the 5th-percentile female and the 95th-percentile male. The subjects are lightly clothed with no hard hat or hand tools hanging from the belt. Therefore, these values represent the minimum dimensions for each size category.



		in (cm)
A	Prone Height	18.9 (46.5)
B	Prone Length	107.9 (274.1)



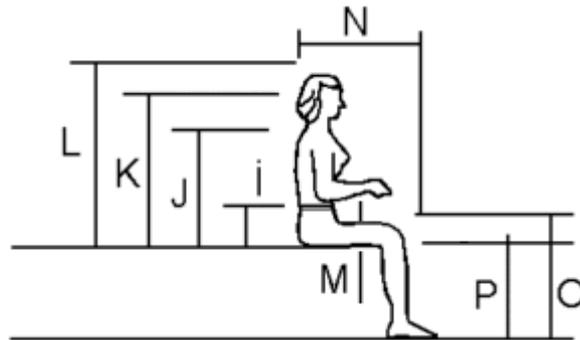
		in (cm)
C	Kneeling Length	55.5 (140.0)
D	Kneeling Height	39.4 (100.1)



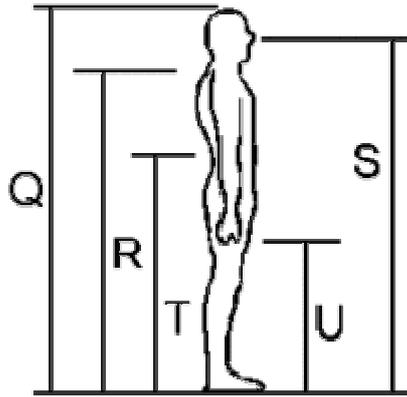
		Men in (cm)	Women in (cm)
E	Seated Height	38.3 (97.3)	33.6 (85.3)
F	Seated Length	35.4 (89.9)	34.5 (87.6)



		Men in (cm)			Women in (cm)		
		5 th	50 th	95 th	5 th	50 th	95 th
G	Shoulder Breadth	16.5 (41.9)	18.2 (46.2)	19.8 (50.3)	14.7 (37.3)	16.5 (41.9)	18.3 (46.5)
H	Hip Breadth	12.6 (32.0)	14.2 (36.1)	15.7 (39.9)	12.6 (32.0)	14.8 (37.6)	17.1 (43.4)



		Men in (cm)			Women in (cm)		
		5 th	50 th	95 th	5 th	50 th	95 th
I	Elbow Rest Height	7.7 (19.6)	9.4 (23.9)	11.2 (28.4)	7.4 (18.8)	9.4 (23.9)	10.6 (26.9)
J	Shoulder Height	21.6 (54.9)	23.8 (60.5)	25.9 (65.8)	20.3 (51.6)	22.4 (56.9)	24.6 (62.5)
K	Eye Height	29.3 (74.4)	31.7 (80.5)	38.0 (96.5)	27.2 (69.1)	29.4 (74.7)	31.5 (80.0)
L	Sitting Height	33.7 (85.6)	36.0 (91.4)	38.3 (97.3)	31.3 (79.5)	33.6 (85.3)	35.9 (91.2)
M	Thigh Clearance	5.0 (12.7)	6.0 (15.2)	7.0 (17.8)	4.1 (10.4)	5.5 (14.0)	6.9 (17.5)
N	Buttock-Knee Length	21.6 (54.9)	23.5 (59.7)	25.4 (64.5)	20.7 (52.6)	22.7 (57.7)	24.7 (62.7)
O	Knee Height	19.7 (50.0)	21.5 (54.6)	23.3 (59.2)	18.9 (48.0)	19.8 (50.3)	21.4 (54.4)
P	Stool Height (Popliteal Height)	14.6 (37.1)	16.3 (41.4)	18.1 (46.0)	13.4 (34.0)	15.0 (38.1)	16.7 (42.4)



		Men in (cm)			Women in (cm)		
		5th	50th	95th	5th	50th	95th
Q	Stature	64.6 (164.1)	68.9 (175.0)	73.3 (186.2)	59.8 (151.9)	64.0 (162.6)	68.1 (173.0)
R	Shoulder Height	52.1 (132.3)	56.2 (142.7)	60.2 (152.9)	48.0 (121.9)	52.1 (132.3)	56.3 (143.0)
S	Eye Height	60.1 (152.7)	64.5 (163.8)	68.9 (175.0)	55.1 (140.0)	59.4 (150.9)	63.6 (161.5)
T	Elbow Height	39.6 (100.6)	42.5 (108.0)	46.1 (117.1)	35.9 (91.2)	39.1 (99.3)	42.1 (106.9)
U	Fingertip Height	23.7 (60.2)	26.0 (66.0)	28.3 (71.9)	21.3 (54.1)	23.6 (59.9)	25.9 (65.8)

Additional space requirements for various items of personal protective equipment.

Item	Add to	Height in (cm)	Width in (cm)	Length in (cm)
Hard Hat	head	2.0 (5.1)	2.0 (5.1)	2.0 (5.1)
Leather Boots	foot	1.0-2.0 (2.5-5.1)	1.0 (2.5)	1.0 (2.5)
Rubber Boots	foot	0.25 (0.6)	0.25 (0.6)	0.25 (0.6)
Light Gloves	hand	-	-	0.25 (0.6)
Heavy Gloves	hand	0.25 (0.6)	0.5 (1.3)	0.5 (1.3)

ANEXO III

PRESUPUESTO SEPARADO POR PIEZAS

DESCRIPCION	COSTO	DESCRIPCION	COSTO
Susp Delantera:		Aros	100
Mesas superiores e inferiores.	250	Llantas	250
Manzanas.	100	Asiento	150
espirales	50	Corta corrientes (2)	40

Amortiguadores	80		
Dirección:		Laminas de Aluminio	120
Cremallera	50	(cortafuego, pisos, techos)	
brazos	0	Atenuador de impactos	100
Columna	40		
Volante	50	ganchos de remolque	20
Suspensión Trasera y transmisión.		espejos	20
Mesas superiores e inferiores.	250		
Eje rígido	80		
Manzanas.	100		
homocinéticos y barras	0	TOTAL	5000
Espirales	50		
Amortiguadores	80		
Frenos Delantero.			
mordazas	0		
Bomba (2)	100		
cañerías y adaptación	60		
Freno de mano	50		
Frenos posteriores.			
Disco	0		
mordazas.	0		
Chasis.	700		
Motor	1600		
Foco de freno	30		
mecanismo de aceleración.	50		
Tanque de gasolina.	50		
Radiador	100		
Cadena de transmisión	70		
Catalina de transmisión	60		
soporte de catalina y mordaza	70		
Caja de cambios	0		
- mecanismo de cambios.			
pedales	80		

ANEXO IV

Tabla de Gastos

DESCRIPCION	VALOR	TOTAL
1 CDI Motor Moto	100	100
2 Construcción Chasis	575	675
3 Pernos Suspensión	58.81	733.81
4 MOTO	1000	1733.81
5 MOTO	300	2033.81
6 Piezas Suspensión	20.89	2054.7
7 Piezas Suspensión	2.92	2057.62
8 Tubo bocines	3.31	2060.93

9	Bocines	8.19	2069.12
10	Acero transmisión	5.33	2074.45
11	Sierra y discos corte	6.65	2081.1
12	Pernos Suspensión	4.94	2086.04
13	Rotulas y terminales	29.56	2115.6
14	Rotulas inferiores	36.29	2151.89
15	Chumaceras transmisión	18.97	2170.86
16	Gasolinas	26.01	2196.87
17	Columna dirección	40	2236.87
18	Volante	30	2266.87
19	Cuchilla torno	9.2	2276.07
20	Alambre para suelda	55.41	2331.48
21	Pernos Suspensión	3	2334.48
22	Acero transmisión	10.23	2344.71
23	Disco corte y desbaste	3.37	2348.08
24	Puntas de eje delanteras	130	2478.08
25	Cremallera	0	2478.08
26	Pedalera	20	2498.08
27	Puntas de eje traseras	190	2688.08
28	Cañería de cobre para freno	88.55	2776.63
29	Reparación de mordazas de freno	50.16	2826.79
30	Manguera para toma de aire	7	2833.79
31	Disco de acero para catalina	6.05	2839.84
32	Pernos para cambios, amortiguadores	9.98	2849.82
33	Amortiguadores	147.72	2997.54
34	Alquiler taller	750	3747.54
35	Terminales	180	3927.54
36	Cables de acelerador y embrague	20	3947.54
37	Tubo de escape	60	4007.54
38	Pernos para transmisión	52.86	4060.4
39	Manguera para radiador	20	4080.4

ANEXO V

Kawasaki ZXR 400 1989: technical specifications



Rating: 9

Performance: 8.7

Reliability: 9

Appearances: 9.3

Price/Quality: 9

votes: 3

Last vote on 10 okt 2003 @ 5:48:50 PM

GENERAL

Model	Kawasaki ZXR 400 1989
Category	Sport

ENGINE

Type	398 cc, liquid cooled, 4 - cylinders in line, 4-stroke
Bore x stroke (mm)	57 mm x 39 mm
Compression ratio	12:1
Valves	DOHC, 4 valves per cylinder
Fuel system	Keihin CVK-D32
Ignition	Digital electronic
Power	59 hp (44 kW) @ 12000 rpm
Torque	40 Nm (29.5 ft. lbs) @ 10000 rpm
Lubrication system	forced lubrication (wet sump with cooler)

TRANSMISSION

Clutch	wet multi disc
Gearbox	6 speed
Ratios	1e 2.846 (37/13), 2nd 2.055 (37/18), 3th 1.631 (31/19), 4th 1.380 (29/21), 5th 1.240 (31/25), 6th 1.111 (30/27)
Final drive	Chain

CHASSIS

Frame	tubular diamond
Front suspension	telescopic forks, 120 mm travel
Rear suspension	swing arm (unitrak), 140 mm travel
Rake / Trail	24 degrees / 85 mm (3.3 inches)

WHEELS

Front tyre	120/60-17
Back tyre	160/60-17
Front brakes	dual 300 mm discs with 2-piston calipers
Rear brakes	single 240 mm disc with 1-piston calipers

DIMENSIONS

Overall length	2035 mm (80.1 inches)
Overall width	705 mm (27.8 inches)
Overall height	1125 mm (44.3 inches)
Seat height	765 mm (30.1 inches)
Wheelbase	1395 mm (54.9 inches)
Ground clearance	120 mm (4.7 inches)
Fuel capacity - reserve	16 l (4.2 gallon US)
Dry weight	163 kg (359.4 pounds)

The above specifications are subject to change without notice.
Trademarks and logos of third parties used in the Site are exclusive property of the respective owners.

http://www.motorbikes.be/en/Kawasaki_ZXR_400_1989.aspx

ANEXO VI