

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN MECANICA AUTOMOTRIZ

**Estudio para el Diseño y Construcción de un Buggy
para la Fórmula Automovilística Universitaria**

Andrés Eduardo Treviño Andino
Jorge Andrés Salazar Zúñiga

Director: Ing. Juan Fernando Iñiguez

2012

Riobamba, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Andrés Eduardo Treviño Andino declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del graduando
Andrés E. Treviño A.
CC: 0602582124

Yo, Ing. Juan Fernando Iñiguez, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Andrés Eduardo Treviño Andino, y es el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado
Ing. Juan Fernando Iñiguez
Director
C.C.

CERTIFICACIÓN

Yo, Jorge Andrés Salazar Zúñiga declaro que yo soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del graduando
Jorge A. Salazar Z.
CC: 1803792371

Yo, Ing. Juan Fernando Iñiguez, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor Jorge Andrés Salazar Zúñiga, y es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado
Ing. Juan Fernando Iñiguez
Director
C.C.

AGRADECIMIENTO

Queremos en esta oportunidad agradecer en primer lugar a Dios todo poderoso que nos ha conservado con vida, con salud, que nos dio inteligencia, ha guiado y cuidado hasta el día de hoy.

A aquellas personas que han colaborado para el desarrollo y culminación de nuestra tesis. De manera muy especial al Ing. Juan Fernando Iñiguez, Director del Proyecto por su asesoramiento y consejo en el momento oportuno.

A nuestros profesores por impartirnos el conocimiento necesario para lograr la culminación de nuestra Carrera.

Andrés y Forge

DEDICATORIA

Para todas aquellas personas que estuvieron junto a nosotros para incentivarlos y apoyarnos

Un reconocimiento muy especial a mi Padre Eduardo Treviño, quien fue, es y continuará siendo mi inspiración a pesar que no se encuentra físicamente quiero compartir este triunfo con él.

De igual manera a mi Madre por su rectitud y amor que supo guiarme en todo momento y mi Esposa por su apoyo incondicional y paciencia.

Andrés Treviño

DEDICATORIA

Para todas aquellas personas que estuvieron junto a nosotros para incentivarlos y apoyarnos

Un reconocimiento muy Especial:

A mis Abuelitos Sergio y Piedad por ser mi ejemplo e inspiración a cada momento

A mis Padres Jorge e Isabel por su apoyo y perseverancia en formarme como una persona de bien

A mi hermana Isabel por su paciencia y compañía en estos años de estudio

Jorge Salazar

ÍNDICE GENERAL

		pág.
	<u>CAPITULO 1:</u>	
1	INTRODUCCION.....	1
1.1	Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema...	2
1.2	Objetivos de la Investigación.....	2
1.2.1	Objetivo General.....	2
1.2.2	Objetivos Especificos	3
2	HISTORIA FAU	4
2.1	Reglamento de la Fórmula Automovilística Universitaria (FAU).. Objetivo de la competencia de la Fórmula Automovilística	5
2.1.1	Universitaria	5
2.1.2	Objetivos de diseño de vehículo	6
2.1.3	Buenas prácticas de la ingeniería.....	6
2.1.4	El participar en la competencia	7
2.1.5	Intento de violación del reglamento	7
2.1.6	Derecho a confiscar.....	7
2.1.7	Autoridad general	8
2.2	FAU Y Autoridades.....	8
2.2.1	Reglamento	8
2.2.2	Validez del reglamento.....	8
2.2.3	Comprensión del reglamento	8
2.2.4	Participación en la competencia	9
2.2.5	Derecho a imputer	9
2.2.6	Elegibilidad.	9
2.2.6.1	Requisitos individuales del participante	9
2.2.6.2	Estado de estudiante:	9
2.2.7	Renuncia de la responsabilidad	10
2.2.8	Seguro médico	10
2.2.9	Asesor de la facultad	10
2.2.10	Requisitos del registro	11
2.2.10.1	Elegibilidad del vehículo	11
2.3	REQUERIMIENTOS GENERALES DEL DISEÑO.....	12
2.3.1	Carrocería y estilo	12
2.3.2	Distancia entre ejes y configuración del vehículo.....	12
2.3.3	Trocha del vehículo	12
2.3.4	Acceso visible.....	12
2.3.5	Peso.....	13
2.4	REGLAS DEL CHASIS	13
2.4.1	Suspensión	13
2.4.2	Distancia al piso.....	14

2.4.3	Neumáticos y aros.....	14
2.4.3.1	Aros	14
2.4.3.2	Neumáticos.....	14
2.4.4	Dirección.....	14
2.4.5	Sistema de frenos.....	15
2.4.5.1	Luz de freno.....	15
2.4.6	Ganchos de remolque.....	16
2.4.7	Requerimientos estructurales.....	16
2.4.8	Definiciones.....	16
2.4.9	Equivalencia estructural	17
2.4.10	Requerimientos mínimos de materiales.....	18
2.4.10.1	Material base acero.....	18
2.4.10.2	Alternativas en tubos y materiales.....	18
2.4.11	Barra antivuelco.....	19
2.4.12	Arcos principal y frontal – Requerimientos generales.....	19
2.4.12.1	Arco principal.....	20
2.4.12.2	Arco frontal.....	20
2.4.13	Soportes de los arcos.....	21
2.4.13.1	Soportes del arco principal.....	21
2.4.13.2	Soporte del arco frontal.....	22
2.4.13.3	Otros requisitos de los soportes.....	22
2.4.14	Estructura de impacto frontal	22
2.4.14.1	Atenuadores de impacto.....	22
2.4.14.2	Elementos no deformables.....	23
2.4.14.3	Carrocería delantera	23
2.4.14.4	Estructura de impacto lateral	23
2.4.14.5	Protecciones laterales	23
2.4.15	Agujeros de inspección	25
2.4.16	Conductor y equipo de la cabina	25
2.4.16.1	Sistema de seguridad para el conductor.....	25
2.4.16.2	Casco	27
2.4.16.3	Overol	27
2.4.16.4	Guantes.....	28
2.4.16.5	Anteojos o caretas protectoras	28
2.4.16.6	Zapatos	28
2.4.16.7	Restricciones de los brazos	28
2.4.16.8	Balaclava.....	28
2.4.16.9	Collarín.....	28
2.4.17	Visibilidad del conductor	28
2.4.17.1	Requisito general	28
2.4.17.2	Espejos.....	29
2.4.17.3	Acolchado del arco principal	29
2.4.17.4	Protección del piso y techo	29

2.4.17.5	Parabrisas y aberturas laterales.....	30
2.4.18	Volante.....	29
2.4.18.1	Volante de Forma circular	31
2.4.18.2	Desconexión rápida.....	31
2.4.18.3	Salida del conductor	31
2.4.19	Interruptores principales	31
2.4.19.1	Interruptor principal primario	32
2.4.20	Protección contra los incendios	33
2.4.20.1	Cortafuego	33
2.4.21	Extintores	34
2.4.22	Baterías	34
2.4.23	Accesibilidad de controles	34
2.4.24	Asiento.....	34
2.4.25	Protección de la pierna del conductor	35
2.5	TREN DE POTENCIA.....	35
2.5.1	Motor y transmission.....	35
2.5.1.1	Limitaciones del motor	35
2.5.1.2	Inspección del motor	36
2.5.1.3	Sistema de Transmisión	36
2.5.1.4	Protecciones en el sistema de transmisión	36
2.5.1.5	Limitaciones del líquido refrigerante	37
2.5.1.6	Combustibles.....	38
2.5.1.7	Cambio de la Temperatura de combustible - Prohibido	38
2.5.1.8	Aditivos de combustible - Prohibido	38
2.5.2	Sistema de combustible	38
2.5.2.1	Tanque de combustible	38
2.5.2.2	Líneas de combustible, Atadura de la Línea y Protección	39
2.5.3	Requisitos del Sistema Inyección de combustible	39
2.5.3.1	Requisitos de la Entrada de aire y localización del sistema de combustible.....	40
2.5.4	Estrangulador, Accionamiento del estrangulador y restrictor de admisión.....	40
2.5.4.1	Requerimientos del Carburador/Cuerpo de estrangulación.....	40
2.5.4.2	Accionamiento del estrangulador.....	40
2.5.4.3	Restrictor del sistema de admisión.....	41
2.5.4.4	Turbo.....	41
2.5.4.5	Sistema de escape.....	41
2.5.4.6	Silenciador.....	41
2.5.5	Identificación del vehículo.....	42
2.5.5.1	Numero de vehículo.....	42
2.5.5.2	Nombre de la escuela	42
2.5.6.1	General.....	42
2.5.6.1	Aerodinámica.....	42
2.5.6.2	Presupuesto.....	43

2.5.6.3	Número de vehículos admitidos.....	43
---------	------------------------------------	----

CAPITULO 2

	<u>DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL BASTIDOR TUBULAR</u>	44
2.1	BASTIDOR.....	44
2.1.1	Estructura principal del bastidor	44
2.2	SELECCIÓN DE PROCESOS DE CORTE Y SOLDADURA.....	44
2.2.1	PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	44
2.3	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	46
2.3.1	Materiales	46
2.3.2	Marcado del Tubo.....	47
2.3.3	Corte por Acerrado	48
2.3.4	Preparación de los tubos antes de Soldar.....	49
2.3.5	Curvado de Tubos	49
2.3.6	Soldadura de la Estructura.....	52
2.3.6.1	Posiciones a soldar y secuencias de soldadura.....	52
2.3.6.2	Uniones soldadas.....	53
2.3.6.3	Soldadura en T, de doble chaflán:	54
2.3.6.4	Soldadura de bisel sencillo.....	54
2.4	DISEÑO DE BASTIDOR.....	55

CAPITULO 3

	<u>DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE SUSPENSION DEL BASTIDOR</u>	64
3.1	REQUERIMIENTO DEL DISEÑO.....	64
3.1.1	Los movimientos relativos de la rueda respecto a la carrocería:...	64
3.1.1.1	Adherencia.....	64
3.1.1.2	Control direccional.....	65
3.1.1.3	Reaccionar a las fuerzas de control producidas por los neumáticos.....	65
3.1.1.4	Soportar la carga.....	65
3.1.1.5	Resistir el balanceo del vehículo.....	65
3.1.1.6	Resistir el cabeceo del vehículo.....	65
3.1.1.7	Confort	65
3.1.2	Generalidades del sistema de suspensión:	66
3.1.2.1	Sistemas independientes	66
3.1.2.2	Sistemas dependientes.....	67
3.1.2.3	Suspensiones Posteriores.....	67
3.1.2.4	Suspensiones Delanteras.....	70
3.2	MATERIALES DE UNA SUSPENSION:	74
3.2.1	Muelles helicoidales:	74
3.2.2	Amortiguadores:	75

3.2.3	Neumático:	76
3.2.3.1	Funciones del neumático:	77
3.2.4	Llanta.....	77
3.2.5	Geometría del Sistema.....	79
3.2.5.1	Trocha o Vía.....	80
3.2.5.2	Centro de balanceo.....	81
3.2.5.3	Movimiento de cabeceo:	81
3.2.5.4	Centro instantáneo de rotación.....	87
3.2.5.5	Batalla.....	82
3.2.5.6	Angulo de Caída.....	82
3.2.5.7	Angulo de avance.....	83
3.2.5.8	Convergencia.....	85
3.3	DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN:	85
3.3.1	Alternativa 1: Suspensión independiente de paralelogramo deformable.....	86
3.3.2	Alternativa 2: Suspensión Independiente tipo McPherson.....	87
3.4	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	88
3.4.1	Criterio Económico.....	88
3.4.2	Criterios Técnicos.....	88
3.4.2.1	Ergonomía.....	88
3.4.2.2	Peso.....	88
3.5	EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS:	89
3.5.1	Selección de la Alternativa Óptima.....	91
3.6	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	92
3.6.1	Fijación de las trochas.....	93
3.6.2	Altura del chasis.....	93
3.6.3	Elección de la mangueta.....	94
3.6.4	Altura del centro de balanceo (roll)	95
3.6.5	Centro instantáneo de rotación.....	96
3.6.6	Trazado de los brazos de suspensión y soportes de los mismos al chasis.....	97
3.6.7	Ángulo de avance (caster)	98
3.6.8	Geometría de la suspensión para un anti-dive\.....	99
3.6.9	Forma de establecer los pesos no suspendidos y suspendidos del vehículo.....	101
3.6.10	Peso suspendido.....	102
3.6.10.1	Peso no suspendido en la rueda delantera.....	105
3.6.10.2	Peso no suspendido en la rueda posterior.....	105
3.6.11	Fijación de los amortiguadores.....	107
3.6.12	Número de espiras (vueltas) del espiral.....	108
3.7	CÁLCULOS:	109
3.7.1	Cálculos para la suspensión delantera.....	109
3.7.1.1	Cálculo de la fuerza del espiral:	110
3.7.1.2	Cálculo para encontrar el número de espiras.....	110

3.7.1.3	Radio de amortiguamiento.....	113
3.7.2	Cálculos para la suspensión para la suspensión.....	117
3.7.2.1	Cálculo de la fuerza en el espiral.....	117
3.7.2.2	Cálculo para encontrar el número de espiras.....	118

CAPITULO 4:

	<u>INSTALACION DEL SISTEMA DE DIRECCION Y FRENO</u>	119
4.1	SISTEMA DE DIRECCIÓN.....	119
4.1.1	Función:	119
4.1.1.1	Reversibilidad controlada.....	120
4.1.1.2	Suavidad.....	120
4.1.1.3	Precisión	120
4.1.1.4	Estabilidad.....	121
4.1.2	Generalidades del Sistema de Dirección:	122
4.1.2.1	Sistema piñón cremallera:	122
4.1.2.2	Constitución de la dirección por cremallera:	123
4.1.2.3	Sistema de bolas recirculantes:	124
4.1.3	Elementos de la Dirección.....	125
4.1.3.1	Árbol o columna de la dirección.....	125
4.1.3.2	Volante.....	126
4.1.3.3	Elección de Materiales.....	128
4.1.3.4	Rotulas.....	129
4.1.3.5	Mangueta.....	130
4.2	SISTEMA DE FRENO.....	131
4.2.1	Generalidades del sistema de freno.....	131
4.2.2	Funcionamiento.....	132
4.2.2.1	Funcionamiento General.....	132
4.2.3	Tipo de freno.....	133
4.2.3.1	Freno de disco.....	133
4.2.3.2	Freno Hidráulico.....	134
4.2.4	Adaptación del sistema de freno.....	135
4.2.4.1	Cálculo de la fuerza de frenado.....	137
4.2.4.2	Porcentaje de Eficiencia del frenado.....	139
4.2.4.3	Cálculo para presión de Frenado.....	140
4.3	TREN DE POTENCIA.....	145
4.3.1	MOTOR	156
4.3.2	Curvas de funcionamiento del motor.....	150
4.3.3	Cálculo de momentos bases Motor y Caja de Cambios.....	150
4.3.4	Transmisión.....	151
4.3.4.1	Caja de Cambios	151
4.3.4.2	Características del sistema de transmisión por cadena	153
4.3.1	Generalidades del tren de potencia.....	154

4.3.1.1	Distribución de pesos.....	154
4.3.2	Adaptación del tren de potencia.....	155
	CONCLUSIONES.....	157
	RECOMENDACIONES.....	159
	BIBLIOGRAFIA.....	160
	ANEXOS.....	161

ÍNDICE DE CUADROS

		pág.
TABLA 1.1	Tabla de Tubos	16
TABLA 2.2	Tabla de Valores del Acero	43
TABLA 3.1	Ventajas y Desventajas llantas de acero.....	76
TABLA 3.2	Ventajas y Desventajas llantas de aluminio.....	77
TABLA 3.3	Comparación de pesos entre las dos alternativas.....	87
TABLA 3.4	Evaluación Económica.....	88
TABLA 3.5	Evaluación Técnica.....	89
TABLA 3.6	C.I.R.	95
TABLA 3.7	Relación de los brazos de suspensión.....	96
TABLA 3.8	Complementos del Peso no Suspendido.....	103
TABLA 3.9	Complementos del Peso No Suspendido.....	104
TABLA 4.1	Coefficientes de rozamiento de adherencia.....	137
TABLA 4.2	Aprovechamiento de valor de adherencia.....	138
TABLA 4.3	Tabla de Coeficientes de fricción.....	145
TABLA 4.4	Diámetro de Discos de Freno.....	145
TABLA 4.5	Cálculo caja Buggy.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

		pág.
Figura 1.1	Barra antivuelco.....	17
Figura 1.2	Protecciones Laterales.....	23
Figura 1.3	Angulo del cinturón.....	24
Figura 1.4	Angulo del hombro del arnés.....	25
Figura 1.5	Puntos de Arnés de hombro.....	25
Figura 1.6	Interruptor.....	31
Figura 2.1	Flujo grama del Proceso.....	43
Figura 2.2	Acero ASTM A36.....	44
Figura 2.3	Marcación de un tubo.....	46
Figura 2.4	Corte por aserrado.....	46
Figura 2.5	Maquina dobladora de tubos utilizada en el proyecto.....	47
Figura 2.6	Doblado de tubos por presión.....	48
Figura 2.7	Máquina de soldadura (MIG)	48
Figura 2.8	Características Máquina de soldadura (MIG)	49
Figura 2.9	Soldadura circular a 360°.....	50
Figura 2.10	Soldadura circular a 180°.....	50
Figura 2.11	Soldadura vertical ascendente.....	51
Figura 2.12	Vista lateral y frontal de bastidor y pedales.....	53
Figura 2.13	Vista frontal de bastidor y triangulación del sistema de suspensión.....	54
Figura 2.14	Diseño de brazos de suspensión.....	54
Figura 2.15	Vista frontal de bastidor completo y sistema de suspensión de accionamiento.....	55
Figura 2.16	Vista lateral de bastidor.....	55
Figura 2.17	Vista posterior de chasis y suspensión posterior y frontal.....	56
Figura 2.18	Vista superior de bastidor y suspensión.....	56
Figura 2.19	Vista frontal de bastidor y triangulación de suspensión frontal/posterior.....	57
Figura 2.20	Vista lateral frontal.....	58
Figura 2.21	Vista Inferior.....	58
Figura 2.22	Vista Superior.....	58
Figura 2.23	Puntos de Unión Costado Bastidor.....	59
Figura 2.24	Vistas punto de unión costados.....	59
Figura 2.25	Vista lateral superior.....	59
Figura 2.26	Vista proceso de soldadura.....	60

Figura 2.27	Vista proceso de soldadura.....	60
Figura 2.28	Vista de Unión Panel de Fuego.....	60
Figura 2.29	Vista lateral compartimiento motor.....	61
Figura 3.1	Suspensión posterior de eje rígido.....	66
Figura 3.2	Suspensión posterior de brazos tirados o arrastrados	68
Figura 3.3	Suspensión delantera de eje rígido.....	69
Figura 3.4	Suspensión delantera tipo McPherson.....	71
Figura 3.5	Amortiguador.....	73
Figura 3.6	Neumático.....	74
Figura 3.7	Llanta y neumático	75
Figura 3.8	Vía de un vehículo.....	78
Figura 3.9	Centro instantáneo de rotación.....	80
Figura 3.10	Ángulo de caída de un neumático.....	81
Figura 3.11	Suspensión independiente de paralelogramo deformable.....	84
Figura 3.12	Suspensión independiente McPherson posterior y delantera.....	85
Figura 3.13	Centro de balanceo.....	93
Figura 3.14	Caster.....	97
Figura 3.15	Proyección de los brazos de suspensión en vista lateral	98
Figura 3.16	Vehículo completo vista frontal.....	101
Figura 3.17	Pesado del vehículo completo	102
Figura 3.18	Pesos no Suspendidos.....	104
Figura 3.19	Diferentes casos de radio de amortiguamiento.....	112
Figura 4.1	Piñón cremallera.....	121
Figura 4.2	Constitución de la cremallera.....	121
Figura 4.3	Columna de la Dirección.....	124
Figura 4.4.	Volante.....	125
Figura 4.5	Brazo de acoplamiento de la dirección	125
Figura 4.6	Rotula de la dirección	128
Figura 4.7	Mangueta.....	128
Figura 4.8	Sistema de Frenos.....	129
Figura 4.9	Adaptación del Sistema de Frenos.....	133
Figura 4.10	Sistema de Frenos.....	134
Figura 4.11	Motor y partes importantes.....	145
Figura 4.12	Motor.....	147
Figura 4.13	Tramo de Cadena.....	151
Figura 4.14	Tren de Potencia.....	154

SUMARIO

El presente proyecto trata de diseñar y construir un vehículo tipo buggy para la Formula Automovilística Universitaria FAU.

Siendo esta Fórmula uno de los pilares fundamentales para este proyecto desarrollándose a través de cada uno de sus capítulos y su construcción en la que utilizó todos los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas de la Ingeniería Automotriz.

Este trabajo, cuenta con cuatro Capítulos desde la fase de la normativa hasta llegar a finalizar la fase de construcción y los cuales se detallan a continuación, en el capítulo I, Historia de la FAU, tenemos el marco teórico con todas las Reglamentaciones de construcción de este tipo de vehículos así como también conceptos básicos. El capítulo II Diseño y Construcción del Bastidor como se fabricó la base de este proyecto con una Estructura Tubular.

El capítulo III corresponde al Diseño de la Suspensión del vehículo siendo este el más importante del trabajo, se realiza cálculos de los diferentes parámetros de diseño; el capítulo IV se refiere al Cálculo y Construcción del Sistema de Frenos y Dirección, en donde además indicamos el Tren de Potencia del vehículo prototipo finalizando con las Conclusiones y Recomendaciones basadas en los objetivos planteados para la elaboración de este tipo de vehículos.

S U M M A R Y

This project aims to design and build a buggy type vehicle for Formula Car University FAU

Since this formula one of the cornerstones for this project to develop through each of its chapters and its construction in which he used all the knowledge acquired in the different areas of Automotive Engineering.

This paper has four chapters from the phase of the legislation to actually finish the construction phase and which are detailed below, in Chapter I, History of the FAU, we have the framework with all building regulations such vehicles as well as basic concepts. Chapter II Design and Construction of the frame and was made the basis of this project with a tubular structure.

Chapter III is for the design of the suspension of the vehicle being the most important work is carried out calculations of the various design parameters, Chapter IV deals with the calculation and construction of Brake System and Management, where he also indicated the vehicle powertrain prototype ending with the Conclusions and Recommendations based on the objectives for the development of such vehicles

CAPITULO 1:

1. INTRODUCCION

El objetivo de este proyecto es diseñar un chasis tubular de un buggy con sus elementos complementarios (suspensión, frenos, dirección) con todos los conocimientos adquiridos durante la carrera Universitaria.

Este diseño busca obtener un chasis ligero, resistente y económicamente posible, todo ello teniendo en cuenta el presupuesto ya establecido, además se ha utilizado el diseño manteniendo las normas establecidas por la Fórmula Automovilística Universitaria FAU.

Complementamos a nuestra Investigación con Cursos de Especialización en Diseño y Construcción de Estructuras Tubulares y Suspensión para vehículos de Competencia – Gustavo Donadio –Octubre 2011

Con todo lo expuesto se presenta el proyecto “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BUGGY PARA LA FORMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA**” cuyo objetivo principal es vincular a la universidad con la FAU a través de este vehículo como representante de la misma y pretende incentivar la investigación, desarrollo y competitividad en esta rama del Automovilismo que en nuestra sociedad no es muy conocida, formando a futuros Profesionales en la Ingeniería Mecánica Automotriz de nuestro país con conocimientos afianzados.

Tema de investigación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BUGGY PARA LA FORMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA

1.1. PLANTEAMIENTO, FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

La creciente competitividad entre universidades obliga a los estudiantes a desarrollar sus capacidades en cuanto a diseño para la construcción de un vehículo tipo tubular que preste un alto desempeño deportivo, el cual permita incursionar en la formula automovilística universitaria FAU creada netamente para este propósito.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo General

- Diseño y construcción de un buggy para la formula automovilística universitaria

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Analizar el reglamento técnico de la formula automovilística universitaria
- b) Diseñar y construir un bastidor tubular
- c) Diseñar y construir el sistema de suspensión para el bastidor

- d) Instalar un sistema de dirección y frenos para el bastidor
- e) Determinar las características del tren de potencia a instalar
- f) Determinar los sistemas de protección a usarse en el buggy

2. HISTORIA FAU

Los primeros datos existentes sobre buggies, provienen del estado de California, Estados Unidos, a mediados de los años 50. Inicialmente, los vehículos eran fabricados a nivel personal como "hobby". Estos se diseñaban individualmente en garajes particulares sobre un modelo de coche ya comercializado en el mercado. Principalmente, eran conducidos por las largas playas durante los fines de semana. De aquí proviene la palabra "Beach Buggies". Más adelante, ya en los años 60, empezó a popularizarse el buggy. Las familias preparaban los vehículos durante toda la semana en sus propios garajes de casa y cuando llegaba el fin de semana, toda la familia se desplazaba a la playa a pasar el día con sus máquinas y amigos.

A partir de 1970, se forman los primeros clubes para competir en las playas y siempre sobre superficies blandas y planas. Mientras tanto, una nueva variante se iba creando: el "Dune Buggy". Esta modalidad, consistía en subir montañas arenosas tipo dunas. Fue entonces, cuando empezaron a aparecer modelos con chasis tubulares completos, al estilo jaula, por su excelente seguridad ante volcadas ocasionales y también equipados con ruedas traseras más grandes.

Finalmente, en 1975 aparecieron los modelos más conocidos en Europa, con motor de Volkswagen Beetle y carrocería en fibra de vidrio.

Estos vehículos se popularizaron, por todo el mundo como un vehículo de aventura y a la vez de uso diario. Actualmente, el buggy tipo "chasis tubular", se sigue fabricando por empresas especializadas bajo pedido.

En Ecuador desde 2009 surgió la idea de parte de un grupo de alumnos de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para desarrollar un plan de tesis que uniera a varias Universidades que cuenten con Ingeniería Automotriz, en el ámbito del rally y las carreras de autos en sí.

Este plan consiste en la creación de una Fórmula Automovilística Universitaria, con el diseño y construcción de un vehículo de estructura tubular y cilindrada no mayor a 600 cc con los cuales los centros de estudio participantes se establecen un reto de sana competitividad demostrando así en el campo práctico los conocimientos adquiridos durante la carrera.

Las Universidades participantes en el proyecto son:

- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Escuela Superior Politécnica del Ejército.
- Universidad Internacional del Ecuador.
- Universidad San Francisco de Quito.

- Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Universidad Internacional SEK
- Universidad Tecnológica América

2.1. REGLAMENTO DE LA FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA (FAU)

NOTA: Estas normas están en vigencia para todas las competencias de Fórmula Automovilística Universitaria.

REGLAMENTO FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA "FAU" FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA - DESCRIPCIÓN Y COMPETENCIA

2.1.1. 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 que 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.

2.1.2. 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)

2.1.3. Buenas prácticas de la ingeniería

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

2.1.4. 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 ingresan hasta que salen.

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

2.1.5. 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 AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA o por los organizadores de la competencia.

2.1.6. Derecho a confiscar

La FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA 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.

2.1.7. Autoridad general

La FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA se reserva el derecho de revisar el horario y 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 AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA en conjunto. ¹

2.2. REGLAMENTO FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA Y AUTORIDADES

2.2.1. Reglamento

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

2.2.2. 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.

2.2.3. 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 <http://biblioteca.esPOCH.edu.ec>

2.2.4. 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.

2.2.5. 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.

2.2.6. Elegibilidad

2.2.6.1. Requisitos individuales del participante

La elegibilidad se limita al estudiante o 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 de edad, licencia de conducir y ser estudiantes, egresados o graduados

2.2.6.2. 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.

a. Edad

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

b. Licencia de conducir

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

2.2.7. Renuncia de la responsabilidad

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

2.2.8. Seguro médico

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

2.2.9. 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.

2.2.10. Requisitos del registro

2.2.10.1. Elegibilidad del vehículo

Los vehículos para entrar en competencias de la FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA 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 un intento para 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.

2.3. REQUERIMIENTOS GENERALES DEL DISEÑO

2.3.1. 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.

2.3.2. 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.

2.3.3. Trocha del vehículo

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

2.3.4. 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.

2.3.5. 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.

2.4. REGLAS DEL CHASIS

2.4.1. 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: Libre

Ancho: Libre

Altura: 1.400mm.

Todos los elementos de la suspensión deben estar por fuera del copit.

2.4.2. 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.

2.4.3. Neumáticos y aros

2.4.3.1. 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.

2.4.3.2. 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.

2.4.4. 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. Está permitido un juego libre total en la dirección de 7 grados, medido en el volante.

No está permitido el giro de los neumáticos posteriores.

2.4.5. 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.

2.4.5.1. 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.

2.4.6. 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.

2.4.7. 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.

2.4.8. 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.

2.4.9. Equivalencia estructural

El uso de materiales alternativos o tamaños de tubería como los especificados en la Sección 1.5.10.1. Material base acero, proporciona a los jueces encargados de la revisión técnica una propiedad igual o superior que los especificado en la Sección 1.5.10.1

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.

2.4.10. Requerimientos mínimos de materiales

2.4.10.1. 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 1.5.10.2

TABLA 1.1: Tabla de Tubos

ITEM, DIAMETRO EXT, PARED	
ARCO FRONTAL Y PRINCIPAL, BARRA DE ANCLAJE DE ARNECES	1.0 inch (25.4 mm) x 0.095 inch (2.0 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 (1.25mm)

2.4.10.2. Alternativas en tubos y materiales

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 que cumplen con el mínimo de resistencia de los tubos especificados

2.4.11. 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 1.1

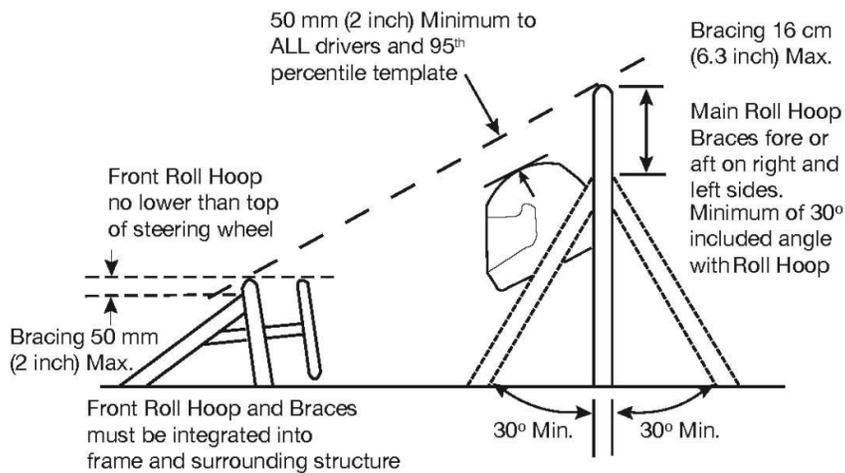


Figura 1.1 Barra antivuelco

(Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria, 2008)

2.4.12. Arcos principal y frontal – Requerimientos generales

Con el piloto sentado normalmente, 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%.

2.4.12.1. 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 1.5.10.

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 a la estructura monocasco usando pernos de 8mm grado 8.8.

2.4.12.2. Arco frontal

El arco frontal debe ser construido por una sección de tubo cerrado de la sección 1.5.10.

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.

2.4.13. Soportes de los arcos

2.4.13.1. Soportes del arco principal

Los soportes del arco principal constituyen un segmento de tubo especificado en la Sección 1.5.10

El uso de aluminio, titanio, materiales compuestos en 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 más alejada del bastidor.

2.4.13.2. Soporte del arco frontal

Los soportes del arco frontal se deberán construir del material especificado en la Sección 1.5.10.

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

2.4.13.3. 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.

2.4.14. 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.

2.4.14.1. 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.

2.4.14.2. Elementos no deformables

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

2.4.14.3. 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.

2.4.14.4. Estructura de impacto lateral

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

2.4.14.5. 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 1.5.10 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.

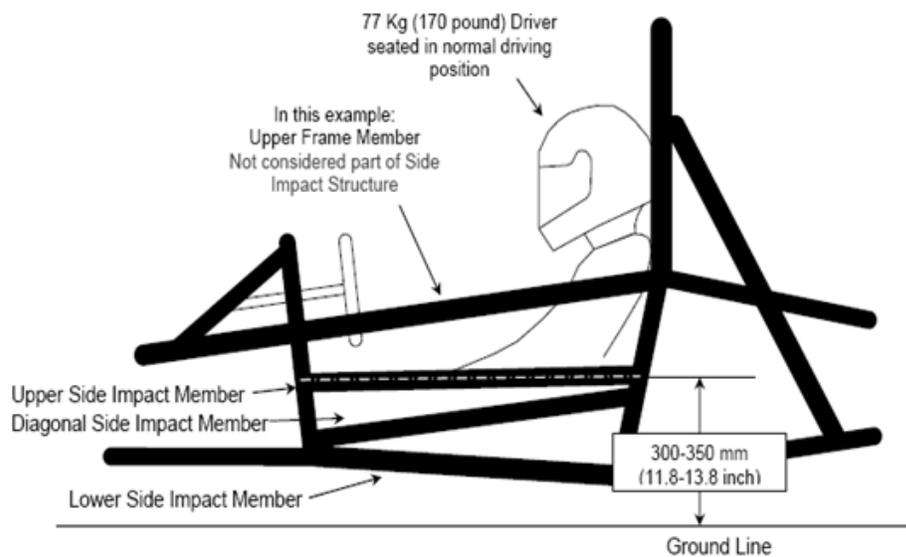


Figura 1.2 Protecciones Laterales
(Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria, 2008)

2.4.15. 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 **1.5.10**. 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 por medio de un calibrador, es decir debe haber el acceso suficiente para poder realizar las medidas.

2.4.16. Conductor y equipo de la cabina

2.4.16.1. 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.

❖ 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 debe ser fijado como se indica a continuación:

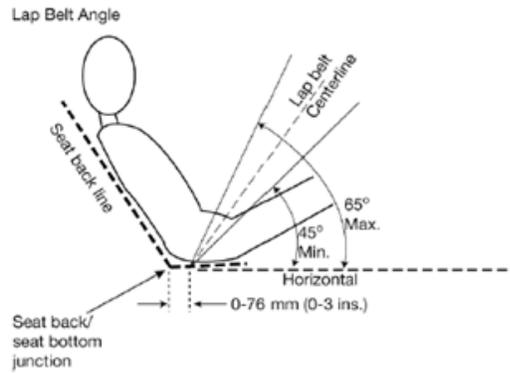


Figura 1.3 Angulo del cinturón

(Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria, 2008)

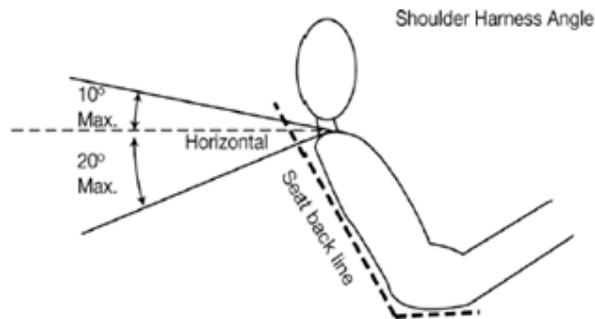


Figura 1.4 Angulo del hombro del arnés

(Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria, 2008)

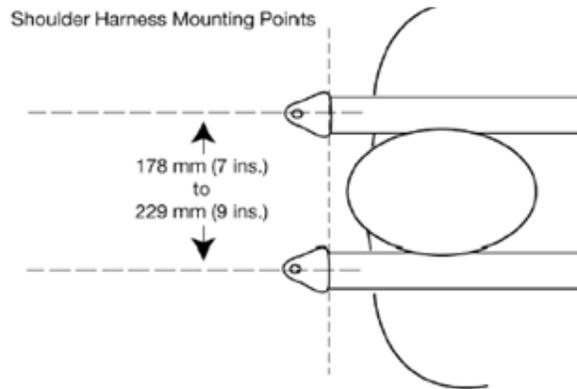


Figura 1.5 Puntos de Arnés de hombro

(Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria, 2008)

- ✓ Equipo de seguridad debe ser usado por el conductor siempre que él o ella estén en la cabina con el motor en funcionamiento.

2.4.16.2. 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.

2.4.16.3. 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.

2.4.16.4. 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.

2.4.16.5. Anteojos o caretas protectoras

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

2.4.16.6. Zapatos

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

2.4.16.7. 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.

2.4.16.8. Balaclava

Es obligatorio el uso de la balaclava para el conductor. 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.

2.4.16.9. Collarín

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

2.4.17. Visibilidad del conductor

2.4.17.1. 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.

2.4.17.2. 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.

2.4.17.3. 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.

2.4.17.4. 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.

2.4.17.5. 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.

2.4.18. Volante

2.4.18.1. 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.

2.4.18.2. 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.

2.4.18.3. 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.

2.4.19. 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.

2.4.19.1. 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 pueda actuar en condiciones normales de manejo.
- 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.



Figura 1.6: Interruptor

(Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria, 2008)

2.4.20. Protección contra los incendios

2.4.20.1. 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.

2.4.21. 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.

2.4.22. 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.

2.4.23. 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.

2.4.24. Asiento

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

2.4.25. 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 filamentos 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.

2.5. TREN DE POTENCIA

2.5.1. Motor y transmisión

2.5.1.1. Limitaciones del motor

Los motores usados para accionar el coche deben ser 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 1.6.4.3, el "sistema del producto Restrictor.") Los trenes de potencia híbridos que utilizan almacenaje de energía a bordo no se permiten.

Para el año 2009 la versión de motor más moderna admitida será la del MODELO 2008.

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.

No se permite la sustitución de las piezas originales por elementos tipo racing por ejemplo el piston original uno forjado para competición.

2.5.1.2. Inspección del motor

El motor podrá entrar en un periodo de investigación si el comisario técnico considera que está 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.

2.5.1.3. Sistema de Transmisión

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

2.5.1.4. 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.

- 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.

- 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 un borde de 1.7 veces el espesor de la banda.
- Fijación – Todos los pernos para la fijación de las protecciones tendrá un diámetro mínimo de 6mm grado 8.8
- Fijación lateral – Todos los escudos destinados al cubrir la cadena o banda de transmisión deben mantenerse alineados con los mismos bajo cualquier condición.

2.5.1.5. 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.

2.5.1.6. Combustibles

El combustible será proporcionado por el organizador.

El combustible será Gasolina Super.

Durante el evento los automóviles no podrán repostar con otros combustibles.

No puede agregarse aditivos a los combustibles.

Esta prohibición incluye el óxido nitroso o cualquier otro agente oxidante.

2.5.1.7. Cambio de la Temperatura de combustible - Prohibido

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

2.5.1.8. Aditivos de combustible - Prohibido

Ningún agente que no sea combustible (gasolina), y el aire pueden inducirse en la cámara de la combustión, por ser elementos que mejorarían el rendimiento del motor.

2.5.2. Sistema de combustible

2.5.2.1. 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.

2.5.2.2. Líneas de combustible, Atadura de la Línea y Protección

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

Si se usan mangueras de caucho deben estar fijadas por abrazaderas meticas tanto en el tanque como en el motor.

2.5.3. Requisitos del Sistema Inyección de combustible

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

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

2.5.3.1. 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.

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

2.5.4. Estrangulador, Accionamiento del estrangulador y restrictor de admisión

2.5.4.1. Requerimientos del Carburador/Cuerpo de estrangulación

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

2.5.4.2. 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.

2.5.4.3. 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

2.5.4.4. Turbo

Prohibido

2.5.4.5. 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 (120 dBA)

2.5.4.6. 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), medidos a 1m detrás de la salida del escape.

2.5.5. Identificación del vehículo

2.5.5.1. 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

2.5.5.2. Nombre de la escuela

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

2.5.6. General

2.5.6.1. 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.

2.5.6.2. 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.

2.5.6.3. 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.

CAPITULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL BASTIDOR TUBULAR

2.1. 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.

2.1.1. 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

2.2. SELECCIÓN DE PROCESOS DE CORTE Y SOLDADURA

2.2.1. PLANIFICACION DEL PROCESO

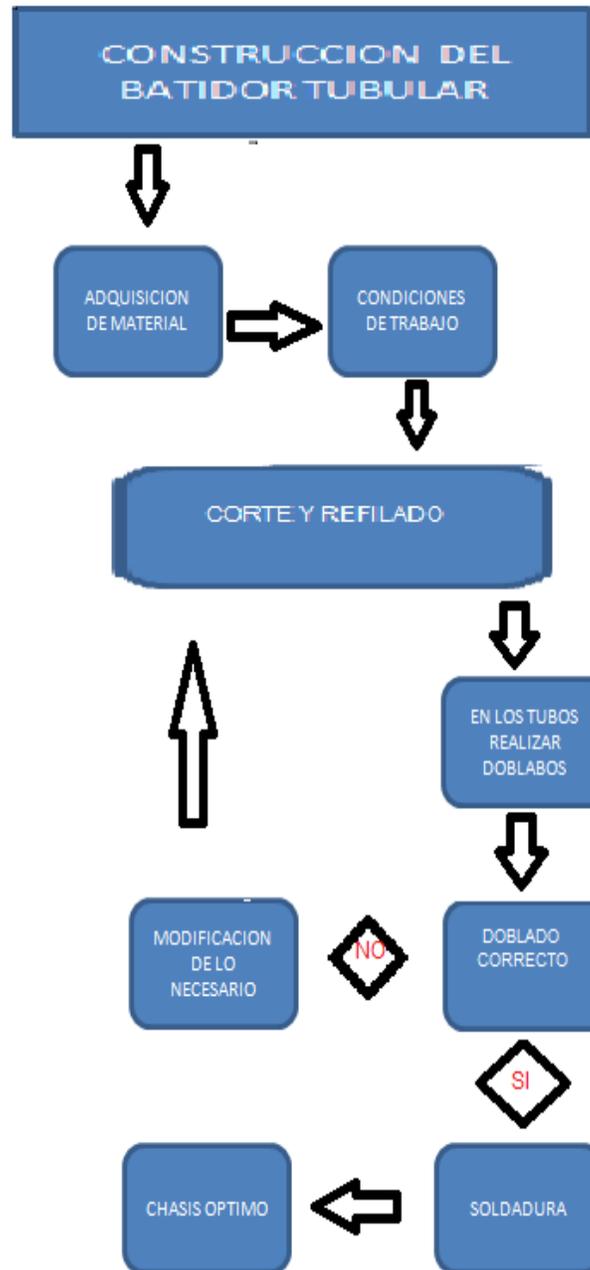


Figura 2. 1 Flujo grama del Proceso
(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

2.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

2.3.1. Materiales

Los materiales usados están de acuerdo a las especificaciones dadas por la FAU, se empleo tubos de dos pulgadas con espesor de 2 mm para la construcción del bastidor



Fig. 2. 2 Acero ASTM A36

También se lo conoce como tubo de acero negro en el mercado con las siguientes características:

Tabla 2.1 Tabla de Valores del Acero

Nombre:	ASTM A36 Acero
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
Límite elástico:	2.5e+008 N/m ²
Límite de tracción:	4e+008 N/m ²
Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0.26
Densidad:	7850 kg/m ³
Módulo cortante:	7.93e+010 N/m ²

Todo el proceso de fabricación debe ser planificado de tal forma que el material que entre al taller este predestinado en la fabricación del chasis con un avance y el desarrollo en lo posible sea unidireccional de acuerdo a los siguientes procesos de construcción:

- a) Marcado y selección de dimensión del tubo
- b) Corte del tubo utilizando un proceso de aserrado.
- c) Curvado de los tubos.
- d) Preparación de los bordes de los tubos para soldar
- e) Soldadura
- f) Granallado
- g) Proceso de preparación y pintado.

2.3.2. Marcado del Tubo

En este proceso se lo realizó considerando las dimensiones en los planos del chasis y teniendo muy en cuenta el espacio desprendido por la sierra en el corte; de tal forma que al cortar el tubo éste tenga las mismas medidas que en los planos. Las medidas se lo toman en centímetros y el instrumento a utilizar para determinar esta medida es un flexómetro, y el marcado de esta medida se lo realizó con un rayador



Figura 2. 3 Marcación de un tubo

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

2.3.3. Corte por Acerrado

La fabricación de la estructura empieza con la preparación de los extremos de los tubos, y para esto se utiliza el corte por medio de aserrado. El corte de los tubos se realizo dependiendo de los tubos a unir y de las formas que se quiere conseguir en la estructura, por eso se tiene muy en cuenta las diferentes formas la estructura, para proceder al corte.



Figura 2. 4 Corte por aserrado

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

2.3.4. Preparación de los tubos antes de Soldar

Una vez cortado los tubos con la dimensión exacta se hace un perfilado de tubos para que se unan de una forma adecuada, y tome una forma exacta con relación al otro tubo a soldar de manera que al momento del soldado no se utilice un exceso de soldadura y por lo tanto se realice un cordón bueno y una excelente suelda. El perfilado que se da a los tubos existen dos tipos el uno se lo denomina silla de montar el cual es un perfil circulado y el otro perfil es de intersección multiplanares, que se utilizaron dependiendo de la configuración de los tubos en los planos.

2.3.5. Curvado de Tubos

Para dar la forma del chasis es vital e importante el curvado correcto de los tubos, en el cual si no se realiza un buen curvado simplemente no va a dar la forma ni la medida correcta que debe tener este tubo. El método utilizado es el curvado mediante el curvado por presión.



Figura 2. 5 Maquina dobladora de tubos utilizada en el proyecto.

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

Las matrices de doblado están en función del diámetro del tubo y el ángulo de doblado. En el chasis tubular se utilizo diferentes tipos de matrices siguiendo las curvaturas dadas en los planos.



Figura 2. 6 Doblado de tubos por presión
(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

2.3.6. Soldadura de la Estructura

Para la fabricación de la estructura es muy importante seleccionar el proceso de soldadura y las soldadura que se utilizan para soldar los perfiles tubulares son los de tipo de soldadura de fusión, para la construcción se utilizó el proceso (MIG carrete 8mm Solid Steel Wire AWSER705-S)²



Figura 2. 7 Máquina de soldadura (MIG)
(<http://www.eastwood.com/>)

² (<http://www.eastwood.com/>)

Para nuestra aplicación de esta suelda, la utilizaremos de forma manual ya que es un trabajo que no se puede automatizar y no es de mayor complejidad.

Se detalla las características en el siguiente cuadro de la máquina de soldadura.

SUGGESTED SETTINGS FOR WELDING													
PROCESS	WELDING WIRE	SHIELDING GAS	STEEL THICKNESS										
			24 ga 0.04 in 0.00mm	22 ga 0.30 in 0.80mm	20 ga 0.36 in 1.0mm	18 ga 0.48 in 1.2mm	16 ga 0.60 in 1.6mm	14 ga 0.75 in 2.0mm	12 ga 1.05 in 2.5mm	10 ga 1.35 in 3.5mm	3/16 in 1.5mm	1/4 in 6.0mm	5/16 in 8.0mm
MIG DC(+)	.025 in (0.6mm) DIA. SOLID STEEL WIRE	CO ₂	E-2.5	E-3	F-4	F-4.5	G-5	J-6	---	---	---	---	---
		C20 or C25 (75-80% ARGON, 25-20% CO ₂)	C-2.5	D-3	E-4	F-5.5	G-6.5	H-7	J-8	---	---	---	---
	.030 in (0.8mm) DIA. SOLID STEEL WIRE	CO ₂	---	E-3	F-3.5	F-4	G-4.5	H-4.5	---	---	---	---	---
		C20 or C25 (75-80% ARGON, 25-20% CO ₂)	---	D-3	E-3.5	E-4	F-4.5	G-4.5	J-5.5	---	---	---	---
GASLESS FLUX- CORED DC(-)	.035 in (0.9mm) DIA. Flux Core	NONE	---	---	C-1	D-1.5	E-2	F-2.5	G-3	G-3	G-3	G-3	G-3
Note: (1) Maximum output setting-Do not use unless connected to a 25 amp branch circuit.													

OUTPUT POLARITY		DRIVE ROLL ORIENTATION			
		INSTALL DRIVE ROLL WITH THE REQUIRED STENCILED SIZE FACING OUT			
		MIG DC(+)		GASLESS FLUX-CORED DC (-)	
MIG DC(+)		.025 in (0.6mm) DIA. SOLID STEEL WIRE	.030 in (0.8mm) DIA. SOLID STEEL WIRE	.035 in (0.9mm) DIA. Flux Core	
GASLESS FLUX-CORED DC(-)					
035 Anusmed drive roll					

Figura 2. 8 Características Máquina de soldadura (MIG)

(<http://www.eastwood.com/>)

2.3.6.1. Posiciones a soldar y secuencias de soldadura.

Para conseguir una estructura soldada correctamente, se debe seguir unas secuencias apropiadas de soldadura, sino de lo contrario ocurrirá contracciones, tensiones residuales y deformaciones indeseables en la estructura. En el procedimiento de soldadura de tubos utilizamos cuatro posiciones para soldar la estructura tubular, y con sus secuencias de soldado que se muestran a continuación:

1. Se realiza la soldadura plana hacia abajo, girando la sección los 360°

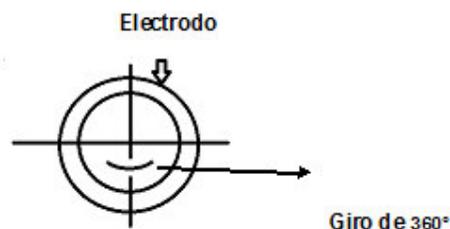


Figura 2.9 Soldadura circular a 360°

(Grupo Editorial CEAC, 2003)

2. La soldadura se realiza en la parte plana mientras se gira la sección 180° hasta completar con la sección.

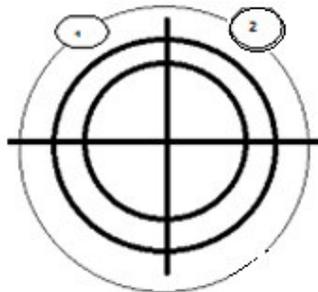


Figura 2. 10 Soldadura circular a 180°

(Grupo Editorial CEAC, 2003)

3. Esta soldadura es vertical ascendente y la sección no se puede girar.

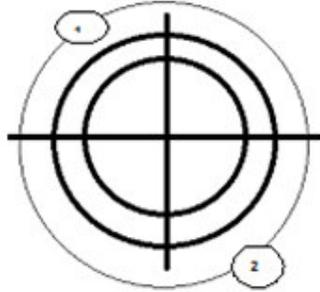


Fig. 2. 11 Soldadura vertical ascendente

4. Esta soldadura es horizontal y se realiza cuando las secciones son verticales y estas secciones no se mueven.

2.3.6.2. Uniones soldadas

Las uniones soldadas utilizadas para unir la estructura son las siguientes:

a) Soldadura de penetración parcial con bisel en v sencilla, soldada en un solo lado

Características:

- El espesor efectivo de la garganta es de las tres cuartas partes del espesor de la parte más delgada que se une.
- No es usada cuando la raíz de la soldadura esté sujeta a tensión o a dobléz.
- La preparación y la soldadura son relativamente baratas.

2.3.6.3. Soldadura en T, de doble chaflán

Características:

- a) La eficacia está determinado por el tamaño de la soldadura
- b) Cuando se necesite una mayor resistencia hay que usar una unión biselada.
- c) Se puede usar una soldadura de chaflán sencillo cuando la raíz de la soldadura no esté sujeta a cargas tanto de tensión como de flexión.

2.3.6.4. Soldadura de bisel sencillo

Soldada en ambos lados, con el ángulo de desviación no menor de 45°.

Características:

- a) Adecuada para la mayoría de cargas
- b) Para obtener una máxima resistencia se debe esmerilar la raíz del primer cordón hasta llegar al metal limpio antes de depositar el primer cordón del otro lado.
- c) Es difícil lograr una soldadura buena debido a la cara perpendicular del surco.

2.4. DISEÑO DE BASTIDOR

Se da inicio al diseño mediante gráficos básicos de cómo será la estructura de bastidor del buggy.

Para lo cual se utilizó medidas reales tomando la proporción hombre 90%, también se tomo en cuenta el espacio a utilizarse en los siguientes sistemas como es suspensión, motor, dirección y freno.

También se tomó en cuenta los procesos de soldadura y la unión de los tubos en nodos con el fin de tener eficiencia estructural

En base a nuestro bosquejo básico se procede a diseñar los planos en AUTOCAD en 2D³ con las medidas ya indicadas (Ver Anexo IV)

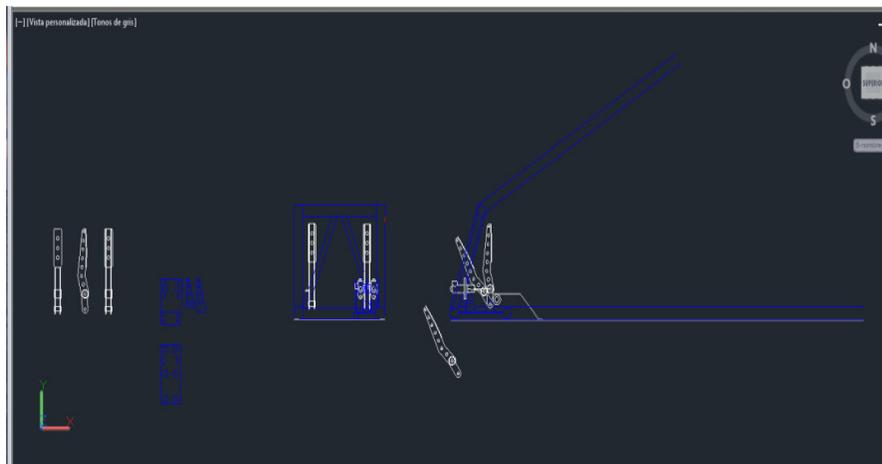


Figura 2. 12 Vista lateral y frontal de bastidor y pedales

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

³ AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education Community

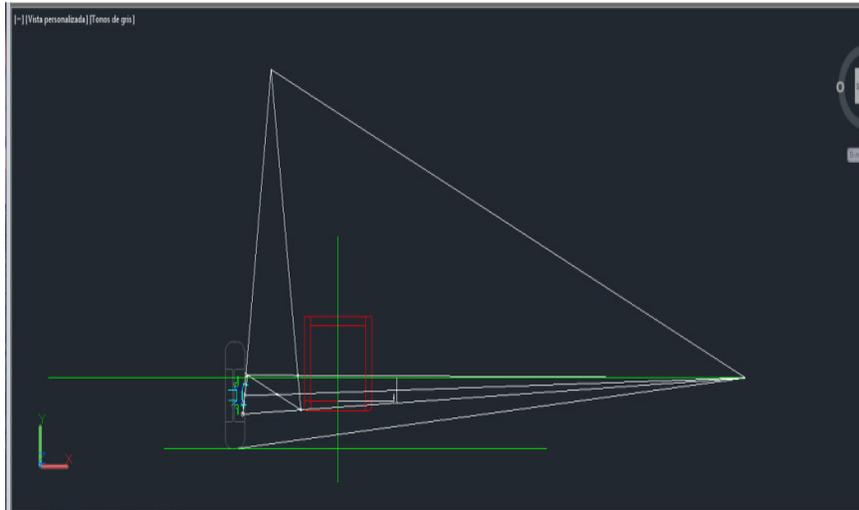


Figura 2. 13 Vista frontal de bastidor y triangulación del sistema de suspensión

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

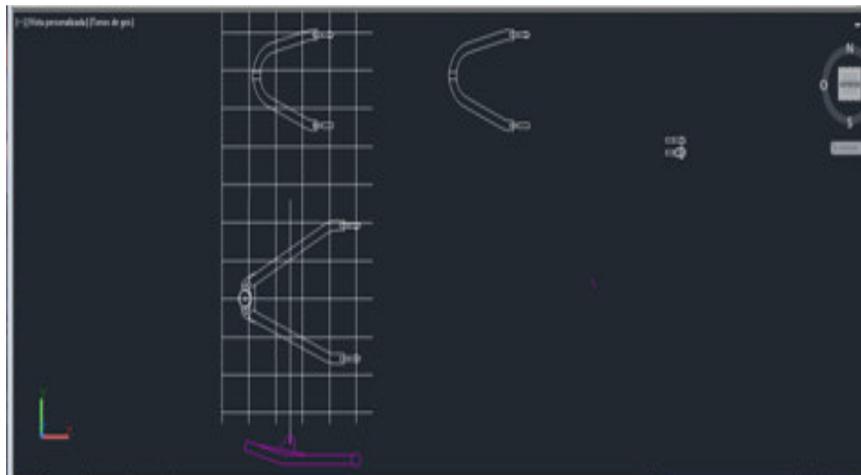


Figura 2. 14 Diseño de brazos de suspensión

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

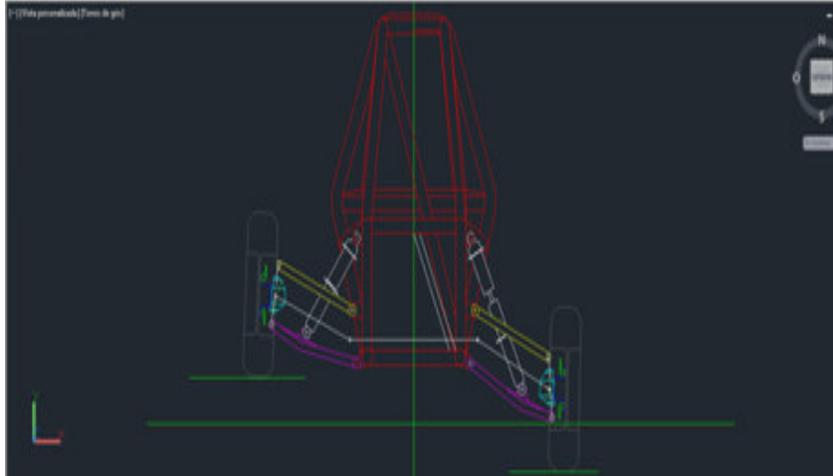


Figura 2. 15 Vista frontal de bastidor completo y sistema de suspensión en accionamiento

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

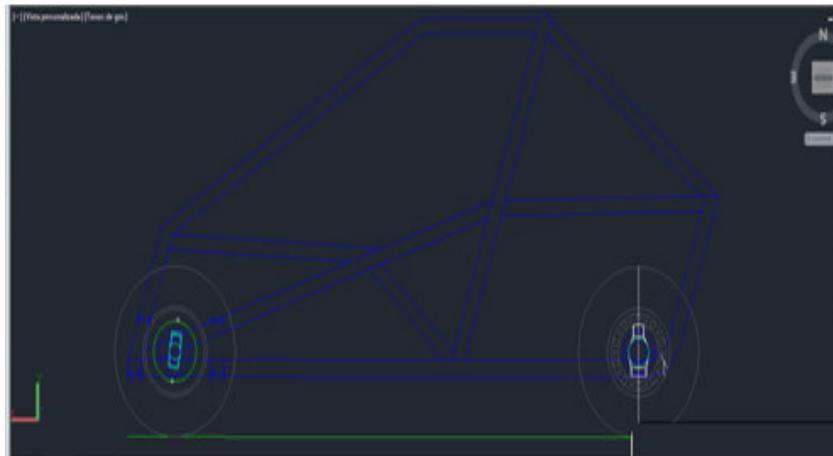


Figura 2. 16 Vista lateral de bastidor

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

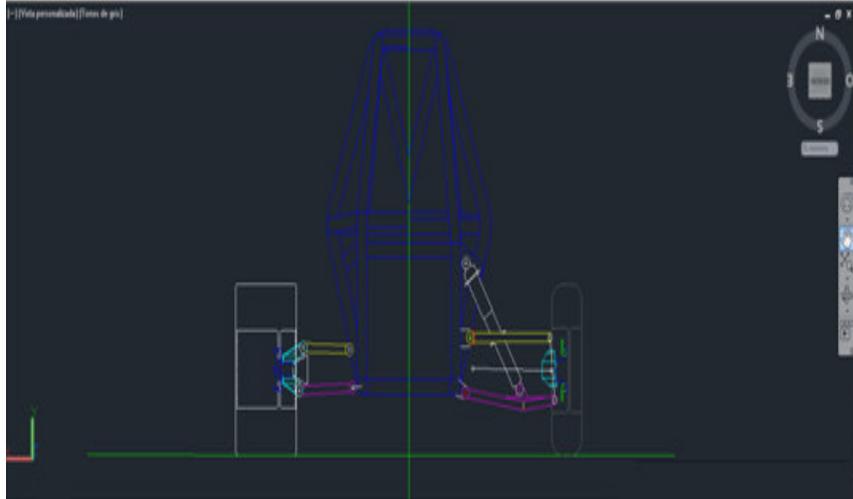


Figura 2. 17 Vista posterior de chasis y suspensión posterior y frontal

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

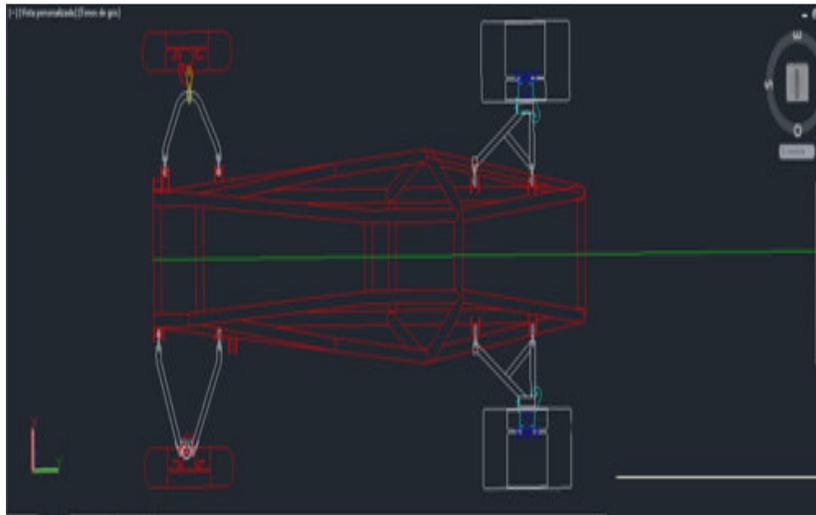


Figura 2. 18 Vista superior de bastidor y suspensión

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

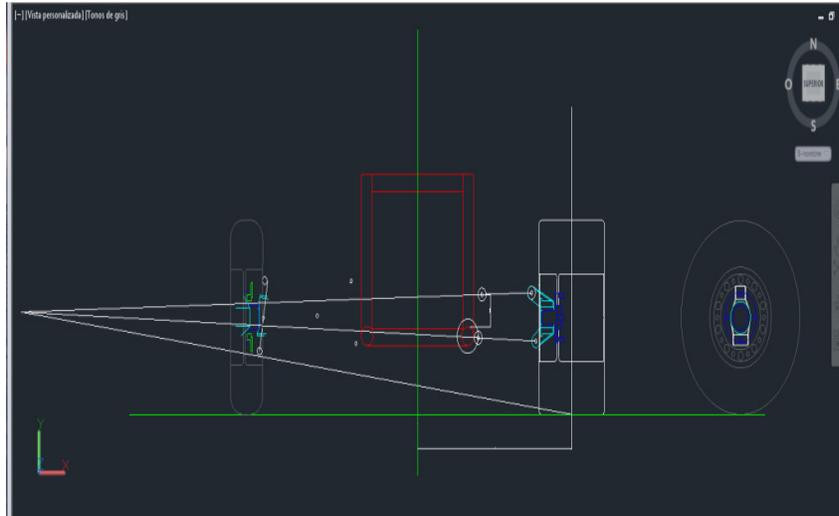


Figura 2. 19 Vista frontal de bastidor y triangulación de suspensión frontal / posterior

(Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education)

El diseño previo de Autocad se reforzó en el programa SolidWorks, en el cual se realizó la estructura del chasis en 3D para la obtención de los cálculos de fuerzas, momentos y tensión en la estructura, es así como se detalla en el informe obtenido por este software y confirma que su diseño es seguro. (Ver anexo I ⁴)

Se continúa con el procedimiento hasta dar forma al bastidor, siguiendo el proceso con la soldadura y unión de nodos estructurales como se refleja en las fotos⁵ reales de la construcción del chasis.

⁴ Informe de SolidWorks 2011

⁵ Fotografías – Jorge Salazar



Figura 2. 20 Vista lateral frontal

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 21 Vista Inferior

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

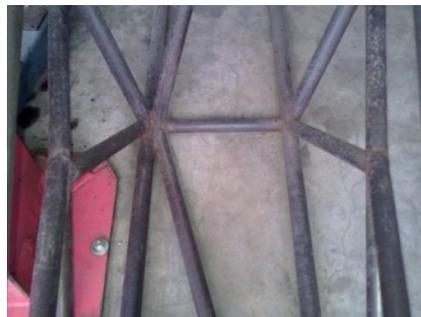


Figura 2. 22 Vista Superior

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 23 Puntos de Unión Costado Bastidor

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 24 Vistas punto de unión costados

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 25 Vista lateral superior

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 26 Vista proceso de soldadura

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 27 Vista proceso de soldadura

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 28 Vista de Unión Panel de Fuego

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)



Figura 2. 29 Vista lateral compartimiento motor

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

CAPITULO 3:

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE SUSPENSION DEL BASTIDOR

3.1. REQUERIMIENTO DEL DISEÑO

Antes de iniciar el requerimiento debemos indicar que el sistema de suspensión de un vehículo es un conjunto de dispositivos encargados de absorber los movimientos bruscos que producirán efectos indeseables en el vehículo, por efecto de las irregularidades del terreno proporcionando así una marcha estable y segura.⁶

Sus funciones básicas de la suspensión en competición se resumen en los siguientes puntos.⁷

3.1.1. Los movimientos relativos de la rueda respecto a la carrocería: estos deben ser lo más verticales posibles sin engendrar otros movimientos parásitos (variaciones de los ángulos de caída, avance, dirección, etc.).

3.1.1.1. Adherencia: mantener los neumáticos en contacto con la superficie asegurando variaciones de carga mínimas. Este es uno de los objetivos

⁶PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág.121

⁷GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.10

primordiales e introducidos en la optimización. El razonamiento es: cuanta mayor carga vertical se tenga en el neumático, mayor carga lateral puede aguantar, y, por tanto, mayor aceleración lateral puede alcanzar el vehículo.

Gracias a esta característica permite el control de la trayectoria del vehículo para así asegurar la estabilidad del vehículo en cualquier circunstancia.

3.1.1.2. Control direccional: asegurar el guiado de las ruedas durante los movimientos propios de la suspensión y los de viraje.

3.1.1.3. Reaccionar a las fuerzas de control producidas por los neumáticos: tracción, frenado, fuerzas laterales.

3.1.1.4. Soportar la carga: es decir, la suspensión es la encargada de sostener la masa suspendida sobre la masa no suspendida.

3.1.1.5. Resistir el balanceo del vehículo: para minimizar la transferencia lateral de peso en curva y tener un mejor comportamiento dinámico global.

3.1.1.6. Resistir el cabeceo del vehículo: para minimizar la transferencia longitudinal de peso en frenada, aceleración y tener un mejor comportamiento dinámico global.

3.1.1.7. Confort: en competición no prima este objetivo ya que los parámetros de diseño enfrentan las características de adherencia contra el confort.

3.1.2. Generalidades del sistema de suspensión:

Generalmente las suspensiones se clasifican en dos grandes grupos: suspensiones de eje rígido y suspensiones independientes.⁸

3.1.2.1. Sistemas independientes: En la actualidad se aplican tanto a ejes anteriores como posteriores. De forma general se puede decir que cualquier suspensión delantera independiente debe tener una geometría tal que cumpla con los siguientes requisitos.

- a) Conectar transversalmente las dos ruedas con el sistema de dirección de modo que se produzcan variaciones mínimas en la convergencia con el movimiento vertical de las ruedas.
- b) Utilizar tanto muelles helicoidales o cualquier otro elemento elástico que proporcione elasticidad (curva de carga desplazamiento) deseada.
- c) Permitir incorporar amortiguadores telescópicos.
- d) Soportar todas las fuerzas que actúan sobre ella durante la aceleración frenada o curva, permitiendo aislar el cuerpo del vehículo de ruidos y vibraciones.

⁸PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág.122

3.1.2.2. Sistemas dependientes: Un sistema dependiente es aquel en el que la situación espacial de una rueda está relacionada de manera directa con la posición de las otras ruedas del mismo eje. La dependencia debe ser esencialmente geométrica. En un sistema dependiente los cubos porta ruedas, están rígidamente unidos entre sí de tal manera que el conjunto puede ser considerado como una unidad rígida.

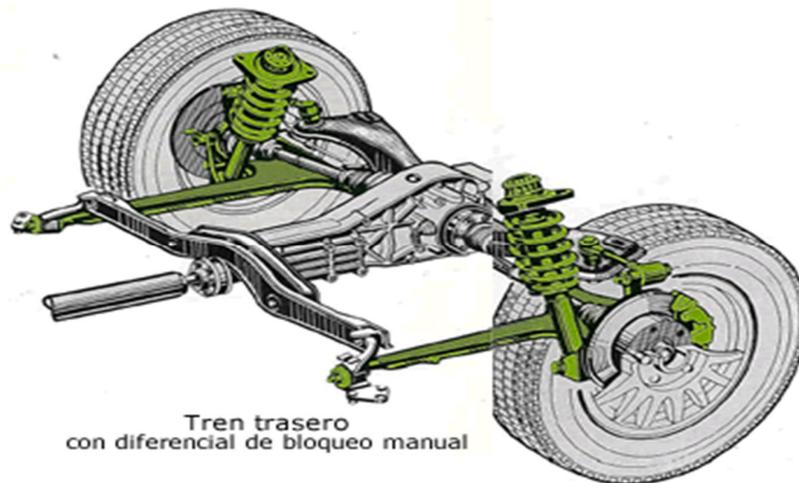
Las restricciones de movimiento del eje deben dejar libertad a los desplazamientos vertical y de balanceo respecto a la carrocería

3.1.2.3. Suspensiones Posteriores:

a) Suspensiones de eje rígido

Básicamente estas suspensiones se caracterizan porque las ruedas se encuentran permanentemente formando los mismos ángulos con los semiejes, por lo que los brazos de la suspensión no existen como tales y son los propios semiejes los que hacen las veces de brazos de la suspensión. Con esta disposición el eje trasero queda englobado dentro de las masas no suspendidas, lo que hace que aumente de forma considerable con respecto a las propias de otros sistemas de suspensión, con la consiguiente pérdida de adherencia de las ruedas traseras, figura 3.1.⁹

⁹PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág.134



1. **Grupo Diferencial**
2. **Espirales**
3. **Tubos**
4. **Amortiguador**

Figura 3.1. : Suspensión posterior de eje rígido

(Grupo Editorial CEAC, 2003)

b) Suspensiones independientes: Las suspensiones independientes en las ruedas posteriores están destinadas a vehículos de carácter marcadamente deportivo, con tracción bien a las cuatro ruedas o bien a las ruedas traseras únicamente. Si bien se engloban en una sola categoría, lo cierto es que existe una gran variedad de tipologías y soluciones técnicas diferentes dentro de lo que llamamos suspensiones posteriores independientes, determinadas por un gran número de variedades en las tiranterías utilizadas.

Los principales beneficios que cabe esperar del uso de los sistemas de suspensión posterior independiente están directamente relacionados con la mejora en las condiciones de estabilidad, manejabilidad y, en el caso de vehículos con ruedas traseras motrices, tracción. Además este tipo de suspensiones permiten un incremento notable en el espacio útil sin que la parte posterior del chasis se interfiera con el conjunto de la suspensión.

Englobadas dentro de las suspensiones posteriores independientes podemos encontrarnos con varias tipologías dependiendo de la materialización y la distribución que presenten los distintos elementos que componen la suspensión.

c) Suspensión de brazos tirados o arrastrados: Este tipo de suspensión independiente se caracteriza por tener dos elementos soporte o "brazos" en disposición longitudinal que van unidos por un extremo al bastidor y por el otro a la mangueta de la rueda.

En la figura 3.2., se muestra como los brazos tirados pueden pivotar de distintas formas: los brazos longitudinales pivotan sobre un eje de giro perpendicular al plano longitudinal del vehículo. En la figura mostrada pivotan los brazos sobre ejes que tienen componentes longitudinales, es decir sobre ejes oblicuos al plano longitudinal del vehículo.¹⁰

¹⁰PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág. 129

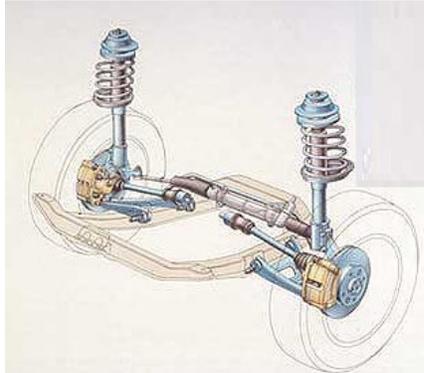


Figura 3.2.: Suspensión posterior de brazos tirados o arrastrados

(Grupo Editorial CEAC, 2003)

d) Paralelogramo deformable: Tipo de suspensión utilizado en los vehículos deportivos. Consiste en sujetar el buje de la rueda a través de dos triangulaciones paralelas, superpuestas. Una colocada entre la parte baja del buje con la carrocería, otra colocada entre la parte superior del buje y la carrocería.

El conjunto forma un paralelogramo de cuatro lados fijos pero que puede variar el ángulo entre ellos. Tiene la ventaja que mantiene la superficie de rodadura de la rueda siempre paralela al suelo. Es deformable porque la forma del paralelogramo cambia cuando la suspensión se comprime o se extiende Fig. 3.2.

3.1.2.4. Suspensiones Delanteras

a) Suspensiones Delanteras de eje rígido

En general los ejes rígidos presentan los inconvenientes de:

- Transmitir los movimientos y vibraciones de una de las ruedas a otra.
- Presentan un comportamiento brusco, cambios en los ángulos de avance en frenada y una localización muy elevada del centro de balanceo.
- Ocupación excesiva de volumen e incremento de peso en comparación con los brazos de un sistema de suspensión independiente.

Algunas de estas limitaciones e inconvenientes se pueden evitar o reducir mediante el uso de mecanismos adicionales, pero dado que los resultados son menos satisfactorios y más caros que las suspensiones independientes, la utilización de suspensiones delanteras de eje rígido en vehículos de turismo y de competencia está totalmente abandonada.

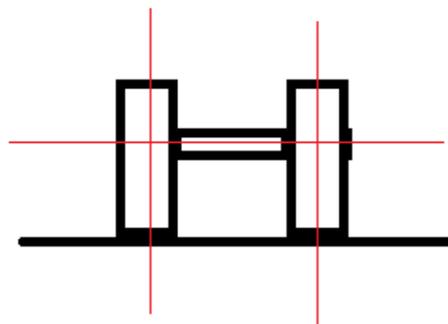


Figura 3.3.: Suspensión delantera de eje rígido

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

b) Suspensiones Delanteras Independientes: Existen varias tipologías para la materialización de las suspensiones independientes en las ruedas delanteras.

c) Paralelogramo deformable: Sistema de suspensión en el que la unión entre la rueda y la carrocería son elementos transversales, colocados en diferentes planos, figura 2.5. Toma su nombre de los primeros sistemas de este tipo, en los que hay dos elementos superpuestos paralelos que, junto con la rueda y la carrocería, forman aproximadamente la figura de un paralelogramo. Al moverse la rueda con relación a la carrocería ese paralelogramo se deforma.

El paralelogramo deformable es fácilmente visible en la suspensión delantera de un auto de Fórmula uno. El paralelogramo deformable más común inicialmente tenía como elementos de unión dos triángulos superpuestos. Hay variantes de este sistema en el que se reemplaza un triángulo por otro elemento de unión; en esta suspensión, el plano inferior lo forman un brazo transversal (que hace de soporte para el muelle) y un brazo casi longitudinal. En esta suspensión hay un brazo curvo como elemento superior y un trapecio en el plano inferior.¹¹

¹¹PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág.127

d) Suspensión delantera independiente tipo MacPherson:

Mediante el sistema de suspensión ideado por E.S. MacPherson cada rueda es guiada sobre los posibles obstáculos mediante un tirante o puntal que comprime a un amortiguador telescópico unido por un extremo a la rotula de salida de la barra transversal y por el otro a la carrocería mediante una unión flexible. En su forma original la forma más utilizada en los vehículos modernos, los muelles helicoidales de la suspensión se disponen encerrando al amortiguador en su interior mientras que la unión flexible con la carrocería tiene lugar mediante un elemento cónico de goma, figura 3.4.

Para reducir efectos de flexiones y fricción en la suspensión se suelen disponer los muelles y el amortiguador de forma que sus ejes formen un cierto ángulo, para de esta forma contrarrestar la tendencia de la rueda a oscilar hacia dentro durante la marcha en línea recta del vehículo.

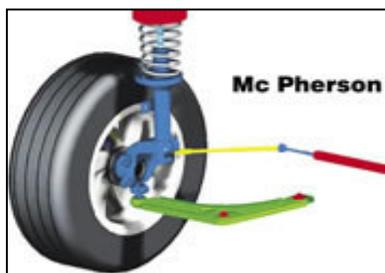


Figura 3.4: Suspensión delantera tipo McPherson

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

3.2. MATERIALES DE UNA SUSPENSIÓN:

La suspensión es un sistema del automóvil con un comportamiento elástico y dispositivo al mismo tiempo, cuyo resultado dinámico se puede definir como vibratorio amortiguado. Se compone, por tanto, de elementos elásticos, que almacena energía e idealmente la devuelven de forma íntegra, y disipativo, que amortiguan los movimientos.

3.2.1. Muelles helicoidales: Los resortes helicoidales son de amplia utilización hoy en día como elementos elásticos acumuladores de energía frente a otros más convencionales como las ballestas. Si bien los primeros diseños aplicados suponían diámetros de hélice paso y sección transversal constante, lo cual asegura una flexibilidad aproximadamente constante, hoy en día también se implementan, cada vez con mayor profusión, diseños variables, en un intento de adaptarse mejor al comportamiento y prestaciones de los vehículos modernos, la fórmula que permite obtener el número de espiras es:¹²

$$n = \frac{G \cdot d^4 \cdot f}{8 \cdot D_m^3 \cdot F} \quad (3.1)$$

Donde:

¹²PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág.148

F	Fuerza en el resorte; [N]; [Kg]
f	Desplazamiento elástico; [mm]
d	Diámetro del alambre; [mm]
G	Modulo de deslizamiento transversal; [kg/mm ²]
D_m	Diámetro medio de la espira; [mm]
n	Número de espiras

3.2.2. Amortiguadores: La función de los amortiguadores consiste en almacenar energía, en el momento propicio, que será liberada más tarde. En ausencia de ellos la carrocería y la suspensión oscilarían con una frecuencia correspondiente a la natural de la masa no suspendida.

En los vehículos, la función más importante es controlar que las ruedas mantengan el máximo contacto con el suelo para obtener la mayor tracción posible, la dureza de éstos debe ser muy elevada comparándola con los vehículos de calle. Los amortiguadores convierten la energía cinética en calor, ya que el paso de líquido por orificios y válvulas que suelen ser pequeñas láminas metálicas, es restringido y a su vez esto genera rigidez a la amortiguación.

Los amortiguadores más utilizados en competición actualmente son los de gas. Figura 3.5 estos consisten, básicamente en un tubo que contiene un pistón libre. En un lado de ese pistón encontramos aceite y en el otro gas que se llena a una determinada presión.

El vástago y el pistón, que sube y baja en el tubo trabajando como en un amortiguador hidráulico, obligan al líquido a desplazarse hacia uno u otro lado, pasando por las válvulas y los orificios cuidadosamente situados en el pistón a ambos lados del mismo controlando así el bump y rebump (amortiguación y retroceso) .¹³

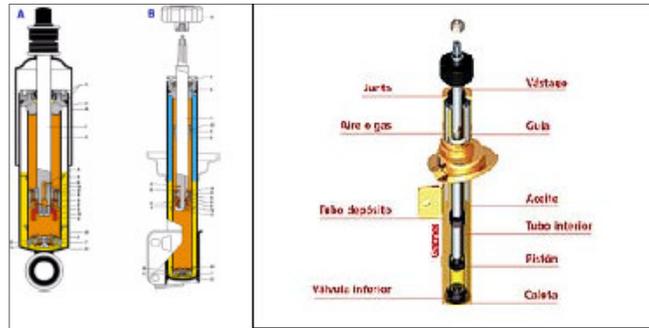


Figura 3.5: Amortiguador

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

3.2.3. Neumático: El neumático es un elemento de forma toroidal figura 3.6., que mantiene el aire a presión para dar sustentación al vehículo, siendo la unión intermedia entre éste y el pavimento.



Figura 3.6: Neumático

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

¹³PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. Pág. 151

3.2.3.1. Funciones del neumático:

Las ruedas, mantienen el contacto del vehículo con el suelo, y ejercen las siguientes funciones¹⁴:

- Contribuyen al confort, para ello participan en cierta medida en la amortiguación.
- Soportan el peso del vehículo. De ahí que todos los vehículos no deben llevar el mismo tipo de neumáticos, en especial, los flancos deben diferenciarse puesto que son los receptores directos de la carga.
- Transmiten los esfuerzos de tracción.
- Dirigen el vehículo y lo mantienen en la trayectoria requerida por el conductor.

3.2.4. Llanta: La llanta es la pieza normalmente metálica, sobre la que se asienta un neumático ver figura 3.7.



Figura 3.7: Llanta y neumático

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

¹⁴Tecnología del automóvil. Ruedas y neumáticos. Pág.8.2

- a. **Llantas de acero:** Son las más universales y comunes.

Tabla3.1 Ventajas y Desventajas Llantas de Acero

<i>Ventajas:</i>	<i>Desventajas:</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Gran robustez ante golpes. • Mismo modelo de llanta con diferentes diseños gracias a un tapacubos (o embellecedor) de plástico. • Costo de fabricación reducido. • Repuesto rápido y económico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado peso y por consiguiente peor comportamiento del vehículo. • Peor refrigeración de los frenos • Mayor consumo de combustible

- b. **Llantas de aleación ligera o de aluminio:** Suelen instalarse en vehículos más potentes.

Tabla3.2 Ventajas y Desventajas Llantas de Aluminio

<i>Ventajas:</i>	<i>Desventajas:</i>
<ul style="list-style-type: none"> · Peso reducido debido a la aleación (se emplea acero aleado, aluminio, incluso magnesio). · Mejor comportamiento de vehículo, pues se reducen las masas no suspendidas. · Los diámetros suelen ser superiores de 14 pulgadas, lo que mejora la direccionalidad y estabilidad del vehículo en curva. · Correcta disipación del calor proveniente de los frenos. 	<ul style="list-style-type: none"> · Más frágiles que las de acero ante posibles golpes. · Precio elevado. · Posibles dificultades en la búsqueda de recambio. · Empleo de alta tecnología para su diseño.

3.2.5. Geometría del Sistema

El trucaje y construcción del sistema de suspensión y dirección para un vehículo de la formula automovilística “FAU”, deberá estar en función de la configuración del sistema de suspensión, asegurando un buen control direccional y una adecuada estabilidad. Para lograr una dirección con estas cualidades es imprescindible que el eje respecto al cual pivota el conjunto mangueta-rueda con relación al vehículo adopte una posición espacial

conveniente, que se caracteriza por ciertos ángulos que reciben los nombres de caída, avance. Aparte de estos ángulos existe otro, el ángulo de convergencia, que también influye en la estabilidad y control del vehículo.

3.2.5.1. Trocha o Vía: La trocha es la distancia entre los puntos de contacto del plano medio de las ruedas de un mismo eje.¹⁵ Una trocha ancha permite que las transferencias de masas en curvas sean inferiores y dota al vehículo de mayor estabilidad, sin embargo aumenta la superficie aerodinámica de éste, aumenta su inercia en el eje z (vertical) a la vez que disminuye su maniobrabilidad por trazados estrechos.

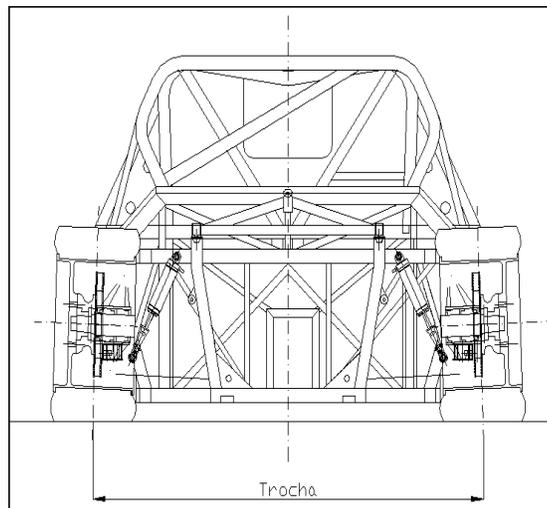


Figura 3.8: Vía de un vehículo

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

¹⁵GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.25

3.2.5.2. Centro de balanceo: Una de las propiedades más importantes de la suspensión, está relacionada con la localización del punto en el que son aplicadas las fuerzas laterales desarrolladas por las ruedas, y que son transmitidas a las masas suspendidas. El punto al que podemos referir estos efectos, conocido como centro de balanceo, afecta tanto al comportamiento de las masas suspendidas como al de las masas no suspendidas, repercutiendo de forma directa en el giro del vehículo.¹⁶

Cada sistema de suspensión tiene su propio centro de balanceo, definido como el punto en el plano vertical que cruza transversalmente los centros de las ruedas en el cual pueden ser aplicadas las fuerzas laterales sobre las masas suspendidas sin producir un balanceo de la suspensión.

3.2.5.3. Movimiento de cabeceo: Cuando aumentan las sollicitaciones verticales en el eje trasero, se considera que la transferencia longitudinal es positiva, y produce, por tanto, un cabeceo positivo. El efecto contrario producirá un cabeceo negativo.

3.2.5.4. Centro instantáneo de rotación: Este es el punto donde se cortan las prolongaciones de las rectas que forman las parrillas de suspensión visto de frente, figura 3.9. Se llama centro pues es un punto de intersección, instantáneo pues cambia permanentemente con el trabajo de las suspensiones y de rotación pues es el lugar de rotación de la suspensión.¹⁷

¹⁶GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.27

¹⁷GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.45



Figura 3.9: Centro instantáneo de rotación
(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

3.2.5.5. Batalla: La batalla es la distancia entre el eje anterior y posterior del vehículo, es decir la distancia en el sentido longitudinal del vehículo entre el punto de contacto de las ruedas delanteras y las traseras.¹⁸

Según las características de los circuitos en las competiciones de rally, es importante dotar al vehículo de una batalla corta debido a los frecuentes cambios de dirección del vehículo que se presentan

3.2.5.6. Ángulo de Caída: Es el ángulo formado entre el plano medio de la rueda y el eje normal al plano de rodadura. Se define como positivo si la rueda esta inclinada hacia afuera del vehículo y negativo si lo hace hacia el interior, figura 3.10.

¹⁸GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.46

Por norma general este valor límite está en torno a los 6 grados y la fuerza generada por un grado de ángulo de deriva equivale aproximadamente a 6 grados de ángulo de caída.¹⁹

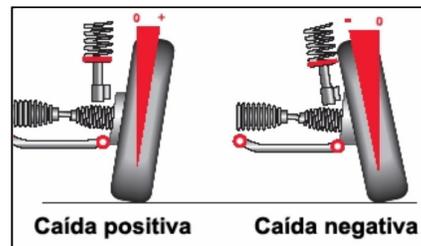


Figura 3.10: Ángulo de caída de un neumático
(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

El ángulo de caída varía debido a los movimientos de compresión y extensión de la suspensión. Cuando un coche realiza una curva las ruedas que más trabajan son las exteriores, debido a que la masa se desplaza sobre estas haciendo que se compriman sus suspensiones y que la rueda se mueva hacia arriba respecto al chasis. Por lo que interesa que al comprimirse la suspensión el ángulo de caída se haga más negativo con la finalidad de aumentar la fuerza lateral disponible, es conveniente que al girar las ruedas delanteras la rueda exterior gane caída negativa.

3.2.5.7. Ángulo de avance: Es el que forma el eje vertical (z), con la proyección del eje de la articulación sobre el plano xz.

¹⁹GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.49

Cuando el pivote está inclinado de tal manera que su proyección sobre el suelo encuentre a este antes del punto teórico de contacto de los neumáticos con él, el avance es positivo. Si la proyección se encontrase por detrás del punto teórico de contacto (en el sentido de la marcha) el avance es negativo. Lo más general es que sea positivo, no dándose casos de avance negativo más que prácticamente en coches pesado.

El fenómeno de avance tiene por finalidad estabilizar el vehículo sobre una trayectoria rectilínea. Cuando el empuje del vehículo buggy y en general de todos los vehículos se realiza desde las ruedas trasera (propulsión), el eje delantero es empujado hacia atrás, lo que supone una inestabilidad en la dirección.

Esto desaparece dando al pivote un cierto ángulo de avance, de manera que la proyección del eje del pivote corte a la línea de desplazamiento un poco por delante del apoyo de la rueda.

Con ello aparece una acción de remolque en la propia rueda que da fijeza a la dirección, haciendo que el punto de apoyo, tienda a esta siempre en la línea recta y por detrás del punto de impulsión. Al girar la dirección la rueda se orienta sobre el punto fijado para el avance. Suele estar comprendida entre 0 y 4º positivos para vehículos de motor delantero y de 6 a 12º con motor trasero.²⁰

²⁰GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág. 51

3.2.5.8. Convergencia: El ángulo de convergencia puede definirse como el formado por los planos medios de las ruedas con el eje longitudinal del vehículo

La convergencia puede ser de signo positivo o negativo. En el caso de que los planos medios de las ruedas tiendan a juntarse en la parte delantera del automóvil se dirá que existe una convergencia. En el caso contrario, es decir, cuando los planos medios de las ruedas tiendan a juntarse en la parte posterior del vehículo, se dirá que la convergencia es de signo negativo, más comúnmente conocido como divergencia.²¹

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN:

Las alternativas para desarrollar el sistema de suspensión son: El sistema de suspensión independiente y dependiente, este último sistema se lo descartó por las diversas desventajas que proporciona en relación con un sistema de suspensión independiente, entre las cuales enfatizo las más importantes.

En la suspensión con eje rígido o dependiente, las ruedas van unidas entre sí mediante un eje, el cual va unido a la estructura del vehículo mediante los sistemas de suspensión (resortes, amortiguadores, ballestas, etc.) esto suponen interacciones inevitables en los movimientos de una y otra rueda.

²¹GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág. 53

En la suspensión independiente cada rueda va unida a la estructura mediante brazos articulados, lo que permitiría movimientos autónomos en cada rueda.

En lo que respecta a costos y peso; el sistema de suspensión dependiente resultaría económico por su simplicidad, pero aumentaríamos peso no suspendido. Por las razones expuestas nos inclinamos por el sistema de suspensión independiente a las cuatro ruedas. Ahora bien dentro de la suspensión independiente existe una variedad de sistemas, entre los cuales mencionaremos dos alternativas:

3.3.1. Alternativa1: Suspensión independiente de paralelogramo deformable

En este tipo de sistema de suspensión cada rueda es guiada mediante un brazo superior (corto) y otro inferior (largo) figura 3.11, el otro extremo de los brazos van unidos al chasis. Aquí no hay una unión rígida entre las ruedas de un mismo eje.

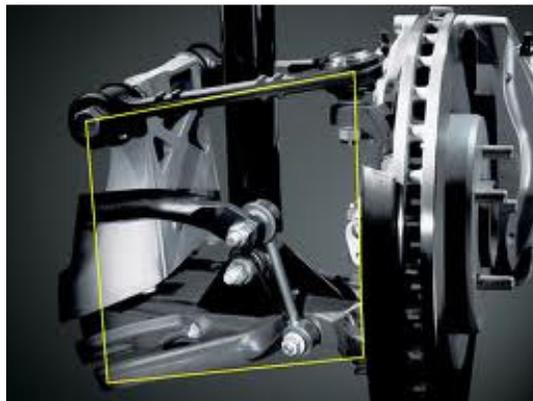


Figura 3.11: Suspensión independiente de paralelogramo deformable

(GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición)

3.3.2. Alternativa 2: Suspensión Independiente tipo McPherson

Se puede distinguir una suspensión tipo McPherson porque el amortiguador es solidario con la mangueta, bien porque va integrado dentro, o sujeto con pernos. La suspensión McPherson se usa en los dos ejes, figura 3.12, pero es más frecuente en el delantero. Cuando una suspensión de tipo McPherson está en el eje de la dirección tiene como sujeción inferior bien un triángulo o dos brazos que forman un triángulo. Cuando hay una suspensión McPherson en un eje que no tiene dirección, lo normal es que haya tres elementos inferiores de unión: dos brazos transversales y uno oblicuo o longitudinal.

Si bien tiene como ventajas su simplicidad, tiene un problema geométrico, ya que debido a su configuración no es posible que el movimiento de la rueda sea vertical, sino que el ángulo vertical varía algunos grados durante su movimiento. Además transmite el movimiento directamente del suelo al chasis, lo que provoca movimientos indeseables de la rueda, y molestias en el habitáculo.



Figura 3.12: Suspensión independiente McPherson posterior y delantera
(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

3.4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

3.4.1. Criterio Económico:

Se debe orientar hacia un estable sistema de suspensión, con el menor costo de adaptación y construcción posible.

3.4.2. Criterios Técnicos:

3.4.2.1. Ergonomía

En toda competencia automovilística se busca optimizar el espacio es decir reducir a lo máximo, sin que afecte a la conducción del piloto. La no intromisión que tenga el sistema de suspensión en el vehículo sería una ventaja importante.

3.4.2.2. Peso

El peso en las masas no suspendidas es muy importante tener en cuenta en el vehículo de competencia cuando se habla de adaptaciones y construcciones, buscar un óptimo rendimiento de la suspensión sin sacrificar agarre, estabilidad, o capacidad de aislamiento de las irregularidades del circuito, razón por la cual se busca elementos livianos. La Tabla 3.3 muestra una comparación de pesos, la alternativa 1 consta la mangueta más rotula mas terminal, manzana mas Disco de freno, brazos de suspensión en la alternativa 2 consta la mangueta que es de considerable peso, manzana, brazo inferior de la suspensión mas rotula.

Tabla 3.3: Comparación de pesos entre las dos alternativas

	ALTERNATIVA1	ALTERNATIVA2
Mangueta+ rotula+ terminal	3 kg	4.5 kg
Manzana + Disco de freno	3 kg	4.5 kg
Brazos de suspensión	1 kg	3 kg
PESO	7 kg	12 kg

3.5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS:

Las alternativas planteadas serán sometidas a una evaluación en base a los criterios técnicos y económicos.

Existen diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor entre (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención, siendo 1 malo y 5 excelente. A los puntos de comparación también se les asignara un peso de (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de importancia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible.

TABLA 3.4 Evaluación Económica

PUNTOS DE EVALUACIÓN	FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)		
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1 Materiales	3	4	3	5
2 Fuentes de energía	2	4	3	5
3 Costos de adaptación	3	4	3	5
4 Mantenimiento	3	4	4	5
Total = $\sum(fi \times pi)$		44	36	55
Coeficiente Económico = P total/P ideal		80%	65%	100%

Según lo mostrado en la tabla 3.4, en lo que respecta a materiales la alternativa 1 nos brindara un ahorro en material, más allá de los dos brazos de suspensión, mientras que en la alternativa 2 tenemos el brazo inferior de la suspensión mas una base superior estructurada al chasis, todo este conjunto de la base superior ocuparía más espacio en la estructura del vehículo.

TABLA 3.5: Evaluación Técnica

PUNTOS DE EVALUACIÓN		FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)		
			ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1	Estabilidad	3	4	3	5
2	Seguridad	3	4	4	5
3	Confort	2	3	3	5
4	Movimientos indeseables	3	4	3	5
5	Peso	3	5	3	5
6	Apariencia	1	4	3	5
Total = $\sum (fi \times pi)$			61	48	75
Coeficiente Económico = P total/P ideal			81%	64%	100%

3.5.1. Selección de la Alternativa Optima

La alternativa más adecuada será la opción que además de tener los coeficientes técnicos y económicos apropiados, nos brinde un equilibrio entre estas.

Según el análisis realizado anteriormente se seleccionó la alternativa uno, la cual ofrece estabilidad, bajo peso no suspendido y seguridad de la suspensión.

3.6. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El primer paso en el desarrollo de las suspensiones, es la consideración de índole reglamentaria. Esta fijará las normas y límites entre los cuales podremos trabajar para desarrollar el proyecto según el Reglamento "FAU"

Seguidamente debemos pensar en la elección de las llantas y neumáticos que vamos a utilizar para el buggy, establecer sus dimensiones sin descuidar el reglamento, los aros y neumáticos con los que trabajamos son de cuadrón y sus dimensiones son:

Neumático delantero maxis :	21x7x10 (in)
Neumático posterior maxis razr::	20x11.00x9
Llanta delantera :	10x7
Llanta posterior :	9x11

Se eligió estos aros por su bajo peso en comparación con los de autos de serie, también esta decisión se basó en la necesidad de espacio para introducir en él la mangueta y el sistema de frenos, para el resto del desarrollo del proyecto se decidió trabajar con piezas de autos, la razón es obviamente el costo, reducir precios de adaptación pero sin descuidar las prestaciones y seguridad que tendrá el vehículo.

Con los aros y neumáticos ya adquiridos podremos trazar trochas, distancias entre ejes, y longitud de brazos de suspensión.

3.6.1. Fijación de las trochas.- Si nosotros necesitamos un vehículo con optimas aptitudes aerodinámicas, o sea que compita en la mayoría de circuitos con máxima velocidad, debemos considerar que a mayor trocha, aumenta la resistencia aerodinámica del automóvil, debido a la mayor área frontal. Si por otro lado deberá competir en circuitos trabados con curvas de baja velocidad, donde se da prioridad a la maniobrabilidad del mismo, el ancho máximo del vehículo permitido por el reglamento nos brindara la mejor maniobrabilidad necesaria para este tipo de circuitos debido a la menor transferencia de pesos.

Según el ancho máximo permitido por el reglamento, nos dio una trocha de 1425 mm., para el vehículo

3.6.2. Altura del chasis.- Es conveniente que la mayoría de las masas estén lo más cerca del suelo, ya que así se disminuye la altura del centro de masa del vehículo, lo cual impacta positivamente en el comportamiento en curva, frenado y aceleración, pues disminuye el torque que produce el balanceo o cabeceo (inclinaciones longitudinales o transversales, según sea el caso) la altura del chasis respecto al suelo es de 270 mm. La transferencia de peso del vehículo depende principalmente de la altura del centro de gravedad y para evitar dicha transferencia que trae conjuntamente una deformación del

neumático, el centro de gravedad deberá estar ubicado lo más bajo posible, esta es una premisa fundamental.

3.6.3. Elección de la mangueta.- Antes de continuar con el trazado de la suspensión (definir brazos, Centro Inmediato de Recuperación y el centro de balanceo) se debe decidir la mangueta a utilizar en el proyecto y nos basamos en lo siguiente:

La mangueta será seleccionada haciendo hincapié en los siguientes criterios:

- a) La mangueta a utilizar será de un vehículo que sea de tracción posterior.
- b) Que tenga un ángulo de salida adecuado.
- c) Que sea de un material mecanizable (por razones de espacio para el sistema de frenos. Ejemplo para el caliper de freno).
- d) Menor volumen de material.
- e) Bajo peso.
- f) Económica.

Teniendo en cuenta todos estos parámetros se eligió una mangueta artesanal con las siguientes características:

1. Vehículo de tracción posterior.
2. Material plancha de acero
3. Suelta MIG EASTWOOD 135 8 mm Solid Steel Wire AWS ER705-6
4. Peso equivalente de la mangueta de 1Kg.
5. Punta de Eje de acero de transmisión torneado a forma

3.6.4. Altura del centro de balanceo (roll).- En centro de balanceo es un punto sobre el cual el vehículo se balancea cuando sufre una aceleración lateral. Su posición está determinada por la geometría de los trapecios figura 3.13.

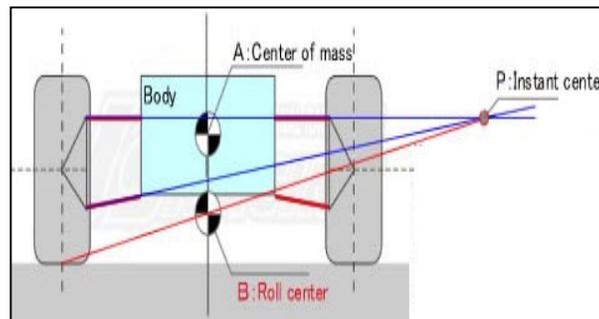


Figura 3.13 Centro de balanceo

(GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición)

Cuando tomamos una curva el peso del vehículo tiende a desplazarse hacia el exterior de la misma por la fuerza centrífuga, comprimiendo los muelles de los amortiguadores de la parte exterior de la curva y haciendo que se extiendan los de la parte interior, lo que hace que el vehículo tienda

a balancearse lateralmente alrededor del centro de balanceo, es decir el tomar una curva origina una rotación del chasis que debe ser compensada por la suspensión para mantener la estabilidad del vehículo. Esta rotación se produce porque por un lado tenemos la fuerza centrífuga aplicada sobre el CG, mientras que por el otro la adherencia de las ruedas aplica otra fuerza igual y en sentido contrario sobre el CB, lo que da lugar a un par de fuerzas opuestas que obliga al chasis a rotar

Para evitar el balanceo del vehículo buggy la solución sería poner unos muelles duros que rápidamente compensaran el balanceo y nos permitieran conseguir una mayor estabilidad del chasis, pero esto puede ser perjudicial porque el suelo donde el buggy compite es irregular, donde necesitamos de unos muelles blandos que permitan que nuestras ruedas estén el mayor tiempo posible en contacto con el terreno.

En los automóviles de competición modernos con los neumáticos actuales (baja relación de aspecto), el centro de balanceo está ubicado generalmente entre 0-50 mm., por encima del piso.²²

3.6.5. Centro instantáneo de rotación.- Para seguir definiendo puntos de la suspensión, seguimos con el centro instantáneo de rotación (CIR). Este eje parte desde el punto medio de contacto del neumático y cruza por el centro de balanceo, el largo de este eje virtual, en una suspensión para un

²²GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.12

vehículo de competición debería situarse entre 1.25 y 2.25 veces la trocha de la suspensión analizada.²³

Para nuestro caso hemos ubicado este eje a 1,75 veces la trocha como indica la tabla 3.6.

TABLA 3.6: C.I.R.

CENTRO INSTANTANEO DE ROTACIÓN (C.I.R.)			
C.I.R.= Trocha*(1,25 a 2,25)	Trocha	Rango	C.I.R. (mm)
	1425	1,25	1781,25
		1,5	2137,5
		1,75	2493,75
		1,8	2565,00
		2	2850,00
		2,25	3202,25

3.6.6. Trazado de los brazos de suspensión y soportes de los mismos al

chasis.- Los brazos de suspensión tienen una relación de longitud de 1.4:1 y 1.6:1 entre el superior y el inferior, este se obtiene dividiendo la longitud del brazo de suspensión inferior para el brazo de suspensión superior

Se une el punto de articulación superior de la mangueta con el CIR y lo mismo para el punto inferior de la mangueta. Al mismo tiempo que se

²³GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.12

obtiene la ubicación de los soportes de los brazos de suspensión al chasis tanto inferiores como superiores.

Para la relación de longitud de los brazos de suspensión se ubico la rotula inferior y la superior, para obtener un dimensionamiento real de los brazos de suspensión. La siguiente tabla 3.7 muestra la relación de longitud de los brazos de suspensión.

TABLA 3.7 Relación de los brazos de suspensión

Relación de los brazos de suspensión	BRAZO INFERIOR (mm)	RANGO	BRAZO SUPERIOR
	410	1,4	230.26
1.52		250	
1,6		263.16	

3.6.7. Ángulo de avance (caster).- En los vehículos actuales, su mayor peso sobre el tren delantero determina un ángulo de avance relativamente pequeño (entre 3º y 6º); en cambio en los de peso más repartido entre los dos trenes, como la tracción posterior que es nuestro caso, se proporciona un valor superior que está entre los (6º-12º).²⁴

²⁴GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de

Por lo que en esta situación se opto por el promedio de este rango, que sería de 9° . Lo que importa, desde el punto de vista de la competición, es el hecho de que el ángulo de avance hace que al girar la dirección se incremente el ángulo de caída estático; el de caída con la dirección girada depende del valor del de avance; evidentemente, todo afecta a la dinámica del vehículo.



Figura 3.14: Caster

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

3.6.8. Geometría de la suspensión para un anti-dive.- Dotando a los brazos de la suspensión de inclinaciones adecuadas en su acoplamiento al chasis, se consigue reducir el cabeceo de la parte delantera del vehículo, un hundimiento en frenada y un levantamiento en aceleraciones.

Será necesario hacer converger los brazos de suspensión de tal manera que el punto de intersección se encuentre por detrás del centro de la rueda. El porcentaje anti-dive oscila entre 0% y 100%; es la resistencia que ofrece la suspensión por su geometría al movimiento vertical del tren que estamos

estudiando. En la práctica no se utiliza la configuración 100% anti hundimiento, sino que rara vez sobrepasa el 50%.²⁵

Si hablamos del 100 % de anti-dive decimos que la suspensión tiene la máxima resistencia al pitch o cabeceo. Si por el contrario hablamos del 0 % decimos que la resistencia es nula. En la figura 3.5 (Vista en lateral) se muestra el porcentaje de anti-dive para nuestro vehículo, este parámetro de reglaje de la suspensión delantera se mide en función del centro de gravedad del vehículo.

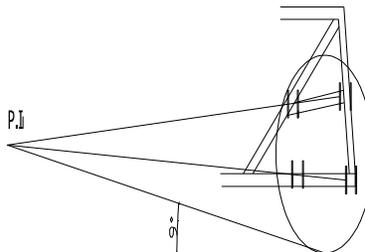


Figura 3.15 Proyección de los brazos de suspensión en vista lateral

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

²⁵PABLO LUQUE, DANIEL ALVAREZ, CARLOS VERA Ingeniería del automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico Pág. 232

$$\% \text{ anti - dive} = (\% \text{ frenada sobre el eje delantero}) \cdot (\text{tang } \theta) \cdot \left(\frac{l}{h}\right) \text{ Ec. (3.2)}$$

Donde:

% de frenada sobre el eje delantero: es el repartimiento de frenada; 60-40%.

$\text{tang } \theta$ Ángulo de la recta que une el centro de contacto de la rueda con el punto de intersección; 9°

h Altura del centro de gravedad; 270 [mm]

l Distancia entre el eje delantero y posterior 1880 [mm]

$$\% \text{ anti - dive} = (60) \cdot (\text{tang } 9) \cdot \left(\frac{1880}{270}\right)$$

$$\% \text{ anti - dive} = 66.16 \%$$

3.6.9. Forma de establecer los pesos no suspendidos y suspendidos del

vehículo.- Los pesos no suspendidos serían las suspensiones y los suspendidos serían el chasis y todo lo que en él se fija. En esta definición hay partes que son dudosas pues son intermedias por lo tanto se clasifican estrictamente por definición.

a) Masa no suspendida: Llanta, Neumático, Portamasas (mangueta), Manzana, Caliper de freno, Disco de frenos.

b) Masa suspendida: Chasis, Carrocería, Motor, Transmisión.

El inconveniente esta en los elementos que unen estas dos. Por definición se toma de esta manera:

Los elementos que unen ambas masas que son:

- a) Brazos de suspensión (superior e inferior)
- b) Rotulas que se unen a la mangueta
- c) Amortiguadores
- d) Espirales
- e) Brazos de dirección

Sus pesos pasan a ser 50% de cada parte, representando que el 50% del peso de estos elementos será masa no suspendida y el restante 50 % será masa suspendida.²⁶

El procedimiento para calcular ambas masas es el siguiente:

3.6.10. Peso suspendido: Se procedió a pesar el vehículo completo como muestra la figura 3.6 con todos sus aditamentos (motor, líquidos, piloto y combustible) sobre cuatro balanzas en las esquinas del vehículo, esto se lo hace en un piso nivelado, y anotamos los pesos, la cual nos dio como resultado.

²⁶GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág.35



Figura 3.16 Vehículo completo vista frontal

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

Peso total por rueda delantera : 57 kg.

Peso total por rueda trasera : 80.4 kg.

Peso total del vehículo : 274.80 kg.

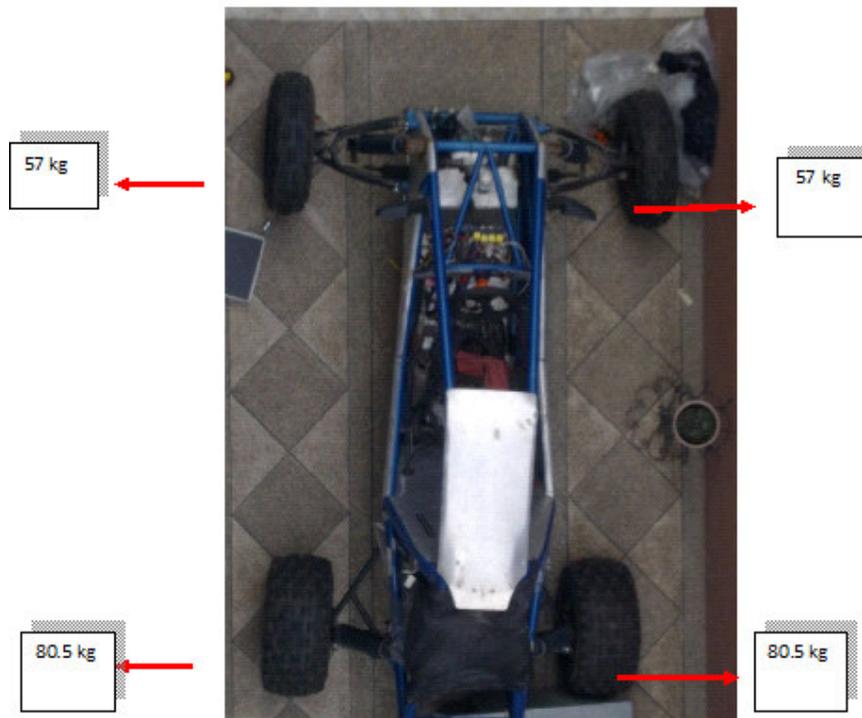


Figura 3.17: Pesado del vehículo completo

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

Porcentaje de peso en el eje delantero : 41%

Porcentaje de peso en el eje posterior : 59%

Luego hallaremos los pesos no suspendidos. Para ello debemos desarmar las suspensiones y pesar por separados todos los elementos.

3.6.10.1. Peso no suspendido en la rueda delantera: El peso de la rueda delantera completa con todos los elementos (rueda, neumático, mangueta, manzana, caliper de freno y disco de freno) es de 12.71 Kg, adicionalmente tomamos en cuenta los complementos como muestra la tabla 3.8.

TABLA 3.8 Complementos del Peso no Suspendido

ELEMENTO	PESO Kg. (al 100%)	PESO Kg. (al 50%)
Brazo superior	0.5	0.25
Brazo inferior + rotula	0.75	0.375
Brazo de la dirección	0.5	0.25
Amortiguador	2	1
Espiral	1	0.5
	$\Sigma = 4.75$	$\Sigma = 2.37$

Luego encontramos el peso no suspendido total que va ser igual a:

Peso total de la rueda delantera + Suma de los pesos al 50% de los complementos.

$$(12.71 + 2.37)Kg. = 15.08 Kg.$$

3.6.10.2. Peso no suspendido en la rueda posterior.- El peso de la rueda posterior completa con todos los elementos (rueda, neumático,

manzana) es de 15 Kg., cabe recalcar que las dimensiones del neumático-rueda posterior son mayores a la delantera. La tabla 3.9 muestra los complementos del peso no suspendido.

TABLA 3.9: Complementos del Peso No Suspendido

ELEMENTO	PESO Kg. (al 100%)	PESO Kg. (al 50%)
Brazo de suspensión	1.25	0.625
Amortiguador	2	1
Espiral	1	0.5
	$\Sigma = 4.25$	$\Sigma = 2,125$

Luego encontramos el peso no suspendido total que va ser igual a:

Peso total de la rueda posterior + Suma de los pesos al 50% de los complementos.

$$(15 + 2,13)Kg. = 17,13 Kg.$$

Seguidamente se encontró el peso total del eje delantero y posterior, esto se lo realizo con el valor del peso total del vehículo en cada esquina que se obtuvo al pesarlo, menos el peso total no suspendido:

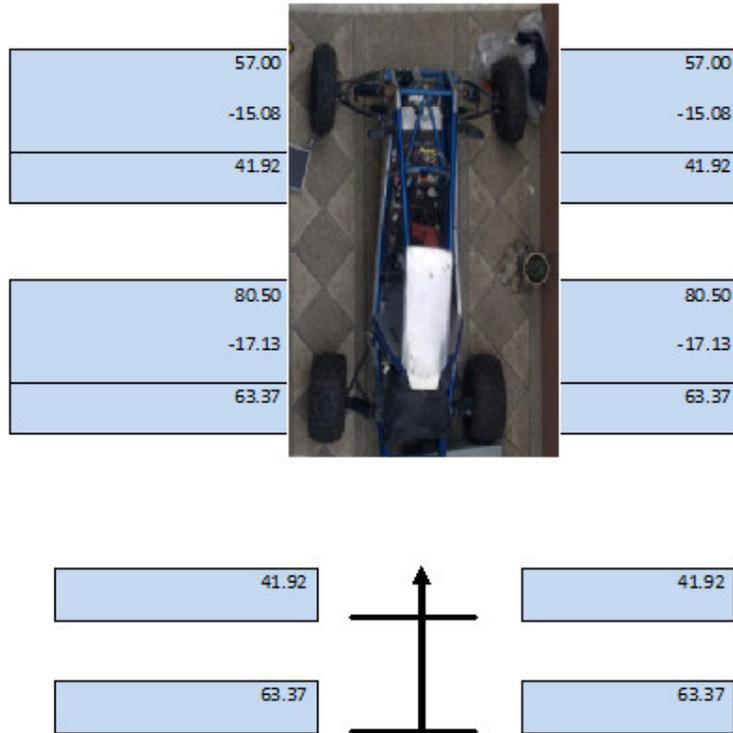


Figura 3.18: Pesos No suspendidos

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

3.6.11. Fijación de los amortiguadores.- El sistema de suspensión del vehículo lleva incorporados unos amortiguadores ajustables según la carga con un valvulado que se ajusta automáticamente a las condiciones extremas de la carretera para proporcionar uniformidad y una suspensión estable, de fabricación Monroe Sensatrac con tecnología PSD (amortiguación sensible a la posición) y cargados con gas nitrógeno, además lleva muelles incorporados coaxialmente,

Tal y como está construida la suspensión, el recorrido libre del amortiguador coincide con el desplazamiento de ésta, es decir que los

amortiguadores hacen de tope tanto a compresión como a extensión de la suspensión, de esta manera los límites ponen los amortiguadores.

Para fijar los amortiguadores al chasis primero se estableció el recorrido o la carrera que van a tener estos en cada etapa tanto a compresión como a extensión. El recorrido de un amortiguador para un vehículo de rally debería ser del 60% en compresión y 40 % en extensión.²⁷

Midiendo el recorrido libre del amortiguador nos dio 200 mm., la cual sería un 60 % para compresión y un 40% para extensión. Dando como resultado 80 mm., para la etapa de compresión; 120 mm., para la etapa de extensión.

Luego se ubicó el amortiguador en el brazo inferior de los brazos de suspensión delantera tomando en cuenta el recorrido que va a tener en sus etapas.

De la misma manera que se realizó para el amortiguador delantero se procedió a la ubicación del posterior.

3.6.12. Número de espiras (vueltas) del espiral.- Es imprescindible conocer el número de espiras que debería tener el espiral, porque va a ser el peso total del vehículo soportado por éste en cada esquina, para ello se calculó la constante del espiral, conociendo las sollicitaciones que tendría éste en estado estacionario se calculó el número de vueltas que servirán para mantener al vehículo en equilibrio a la altura elegida previamente.

²⁷GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. Suspensión Pág. 20

3.7. CÁLCULOS:

3.7.1. Cálculos para la suspensión delantera:

a) Constante del espiral:

$$kte = \frac{d^4 \cdot G}{8 n D_m^3} \quad (3.3)$$

Datos:

kte Constante del espiral; [kg/mm] ; [N/mm]

d Diámetro del alambre 9 [mm]

G Modulo de elasticidad 780000 [kg/cm²] 7800 [kg/mm²]

n Número de vueltas útiles = (vueltas totales – 2) = (18 – 2) = 16

D_m Diámetro medio del alambre=diámetro exterior – d = (80-9)=
71 [mm]

$$kte = \frac{9^4 \cdot 7800}{8 \cdot 16 (71)^3}$$

$$kte = \frac{51175800}{45812608}$$

$$kte = 1,11 \text{ Kg/mm} = 62.03 \frac{\text{lb}}{\text{in}}; 11.10 \text{ N/mm}$$

3.7.1.1. Cálculo de la fuerza del espiral:

Diagrama de cuerpo libre de un cuarto de vehículo:

En el diagrama tenemos un peso P_n que es el peso de un cuarto del vehículo en el neumático, F_r es la fuerza del espiral para mantener la altura deseada al vehículo.

Datos:

F_r Fuerza del espiral

P_n Peso sobre el neumático; 57[kgf]

$\Sigma MA = 0$ sentido Anti horario (+)

$$P_n \cdot 533.40 - F_r \cdot 352 = 0$$

$$P_n \cdot 533.40 - F_r \cdot \text{Sen } 30^\circ \cdot 352 = 0$$

$$57 \cdot 533.40 - F_r \cdot 176 = 0$$

$$F_r = \frac{30403.8}{176} = 172.74 \text{ [kgf]}; 1692.94 \text{ [N]}$$

3.7.1.2. Cálculo para encontrar el número de espiras:

Fórmula según normas DIN (Instituto Alemán de Normalización) para encontrar el número de espiras.

$$n = \frac{d^4 \cdot G \cdot f}{F_r \cdot 8 \cdot (D_m)^3} \quad (3.4)$$

a) Deflexión del espiral con carga estática:

Aplicando la Ley de Hooke

$$Fr = Kte \cdot x \quad (3.5)$$

$$x = \frac{Fr}{Kte}$$

$$x = \frac{1692.94}{11.10}$$

$$x = 152.52 \text{ [mm]}$$

Para efectos prácticos, en el comportamiento dinámico, la máxima carga que puede soportar un espiral de un vehículo en carrera será del orden del doble de la carga estática.²⁸. Entonces como referencia tendríamos un valor 352 mm., de desplazamiento máximo del espiral, pero como tenemos que el recorrido del amortiguador es de 200 mm., partimos con este valor de desplazamiento, utilizando la ecuación 3.3 tenemos

f Desplazamiento del espiral; 200 [mm].

$$n = \frac{d^4 \cdot G \cdot f}{Fr \cdot 8 \cdot D_m^3}$$

$$n = \frac{(9)^4 \cdot 7800 \cdot 200}{172.74 \cdot 8 \cdot (71)^3}$$

²⁸PABLO LUQUE, DANIEL ALVAREZ, CARLOS VERA Ingeniería del automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico Pág. 179

$$n = \frac{1,02 E10}{494604369.1}$$

$$n = 20.69$$

Debido a estas 20 espiras de resultado y contando que el espiral originalmente viene con 18 espiras, se decidió reducir el desplazamiento de la suspensión pasando de los 200 mm., a 150 mm., obteniendo como resultado lo siguiente:

$$n = \frac{(9)^4 \cdot 7800 \cdot 150}{172.74 \cdot 8 \cdot (71)^3}$$

$$n = \frac{7676370000}{494604369.1}$$

$$n = 15.52$$

Se eligió trabajar con este resultado de las 16 espiras y 150 mm., de recorrido de la suspensión, dejando 150 mm., libres esto se lo realizo para que los amortiguadores no trabajen a tope y así evitar un desgaste prematuro, luego se procedió a cortar las espiras restantes según lo elegido.

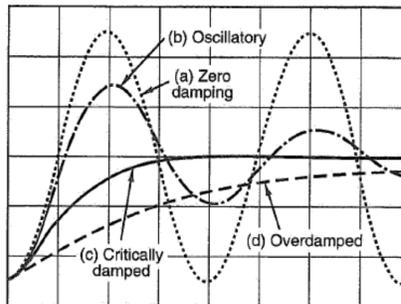
3.7.1.3. Radio de amortiguamiento (ζ): Es imprescindible saber cómo se va a comportar el sistema ante las diferentes sollicitaciones que se presenten en el rally. En los vehículos la suspensión presenta un amortiguamiento subamortiguado²⁹, o sea que $\zeta < 1$.

$\zeta < 1$ El sistema se dice que es subamortiguado, que oscilará sobre la referencia, pero con una amplitud decreciente, hasta llegar al estado de equilibrio.

$\zeta > 1$ El sistema se dice que está sobreamortiguado, la masa retornará lentamente hasta el estado de equilibrio, pero más lentamente que en el caso críticamente amortiguado.

$\zeta = 1$ El sistema se dice que está críticamente amortiguado, la masa retornará lentamente hasta el estado de equilibrio.

Por lo que se expone en el libro, sería necesario que el sistema estuviera trabajando con un valor de $\zeta < 1$, para asegurar que el sistema actúe decrecientemente, como muestra el caso b de la figura 3,19.



²⁹PABLO LUQUE, DANIEL ALVAREZ, CARLOS VERA Ingeniería del automóvil, El Sistema de suspensión Pág. 173

Figura 3.19: Diferentes casos de radio de amortiguamiento

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

El cálculo se realizó en base a la fórmula 3,5 homologada por SAE³⁰, para conocer el tipo de amortiguamiento, dando lo siguiente:

$$\zeta = \frac{1}{2} \frac{C_s}{\sqrt{K_s \cdot m}} \quad (3.6)$$

Donde:

ζ Radio de amortiguamiento

C_s Constante de amortiguamiento del amortiguador; [lb/(in/sec)]

K_s Rigidez del espiral; 62,15 [lb/in]

m Masa no suspendida del vehículo; 13 [Kg]; 0,89 slug [pie-libra-segundo]

$$C_s = \frac{F a}{v} \quad (3.7)$$

Donde:

³⁰WILLIAM F. MILLIKEN AND DOUGLAS L. MILLIKEN, Stability and Control, Page. 237

C_s Constante de amortiguamiento; [lb/(in/sec)]

F_a Fuerza sobre el pistón del amortiguador; 65 [Kg];

143,30 [lb]

V Velocidad de accionamiento; [in/sec]

Este valor de la constante de amortiguamiento C_s , se dedujo, que la velocidad de amortiguamiento es al momento en que la rueda del vehículo entra en contacto con el suelo después de la caída libre del mismo. Se supone que en el momento de contacto, la rueda cambia rápidamente su velocidad.

En el momento en que se produce el contacto, la rueda pasa a tener velocidad cero mientras que, instantáneamente y por la inercia, la masa suspendida mantiene su velocidad de caída libre. Bajo tal hipótesis, la velocidad de accionamiento del amortiguador coincide con la velocidad de caída del vehículo.

$$V_c = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_c} \quad (3.8)$$

Donde:

V_c Velocidad de caída libre; [in/sec]

g Gravedad; 385,82 [in/sec²]

hc Altura de caída libre; 1 [m]; 39,37 [in]

En vehículos buggy para competición en rally como es nuestro caso asumimos que se puede alcanzar valores de hasta 1 metro de caída libre del vehículo en casos muy extremos.

$$V = \sqrt{2 \cdot 385,82 \cdot 54.7}$$

$$V = \sqrt{42208.708}$$

$$V = 205.44$$

$$C_s = \frac{143,30}{205.44}$$

$$C_s = 0,697$$

3.7.2. Cálculos para la suspensión:

La constante del espiral ya calculada es.

$$kte = \frac{9^4 \cdot 7800}{8 \cdot 16 (71)^3}$$

$$kte = \frac{51175800}{45812608}$$

$$k_{te} = 1,11 \text{ Kg/mm} = 62.03 \frac{\text{lb}}{\text{in}}; 11.10 \text{ N/mm}$$

3.7.2.1. Cálculo de la fuerza en el espiral:

En el diagrama tenemos un peso P_{n_2} que es el peso en la rueda soportando al vehículo; una fuerza Fr_2 que es la fuerza del espiral para mantener a la altura fijada el vehículo.

Datos:

P_{n_2} Peso sobre el neumático; 80.50 [Kg]

$$\Sigma MB = 0$$

$$P_{n_2} \cdot 508 - Fr_2 y \cdot 352 = 0$$

$$80.50 \cdot 558,63 - Fr_2 \cdot \text{Sen } 35^\circ \cdot 324 = 0$$

$$44969.72 + Fr_2 \cdot 185.84 = 0$$

$$Fr_2 = \frac{44969.72}{185.84} = 241.98 \text{ [Kg]}; 2371.41 \text{ [N]}$$

3.7.2.2. Cálculo para encontrar el número de espiras:

De esto se nota que existe muy poca diferencia de desplazamiento estático entre la suspensión delantera y la posterior.

Se tomo el valor de desplazamiento de la suspensión delantera (150mm), para la suspensión posterior, por las razones descritas anteriormente, obteniendo el mismo número de espiras.

CAPITULO 4:

INSTALACION DEL SISTEMA DE DIRECCION Y FRENO

4.1. SISTEMA DE DIRECCIÓN

Se conoce como el sistema de dirección de un vehículo a todos los órganos que permiten orientar las ruedas directrices, en función de las maniobras realizadas por el piloto sobre un mando de accionamiento.³¹

4.1.1. Función:

La función del sistema de dirección es permitir un control direccional, suficientemente preciso para realizar el trazado en las curvas, las acciones de adelantamiento o de evasión ante obstáculos presentes en la carretera y las maniobras a baja velocidad.

En la adaptación del sistema de dirección se buscará un buen asilamiento de las perturbaciones procedentes de la carretera, al mismo tiempo que asegure un contacto adecuado neumático-calzada y que logre un compromiso aceptable entre esfuerzos reducidos en el mando de la dirección en maniobras a baja velocidad y una adecuada estabilidad a velocidades elevadas.

La dirección, conjuntamente con los frenos, es el mecanismo de seguridad de mayor importancia del automóvil. Una avería de este mecanismo durante la marcha del vehículo puede ocasionar las más fatales circunstancias por representar para el conductor la pérdida del más importante órgano de control que posee en su automóvil. De ahí que la dirección debe recibir un trato especial.

³¹PABLO LUQUE, DANIEL ALVAREZ, CARLOS VERA Ingeniería del automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico Pág. 237

El sistema de dirección es sin duda uno de los más importantes del vehículo. De la dirección depende en gran parte la seguridad en carretera que presente el vehículo, por ello debe reunir una serie de cualidades que proporcionen al conductor, durante la marcha del vehículo, la comodidad y seguridad necesaria en la conducción; estas cualidades son las siguientes:

- ✓ Reversibilidad controlada
- ✓ Suavidad
- ✓ Precisión
- ✓ Estabilidad

4.1.1.1. Reversibilidad controlada: La reversibilidad de la dirección escrita en la consecución de un control de las ruedas y, en general de la trayectoria del vehículo por parte del usuario sin que las irregularidades del terreno afecten al control de la dirección, pero que al mismo tiempo permita la capacidad autodireccional de la misma. Esto se consigue mediante la adecuación de los elementos de transmisión de que consta el mecanismo de la dirección.

4.1.1.2. Suavidad: El mecanismo debe ser lo suficientemente ligero como para permitir una buena maniobrabilidad sin la necesidad de realizar esfuerzos excesivos sobre el volante, ello se consigue, mediante el adecuado sistema desmultiplicador.

4.1.1.3. Precisión: Si la dirección fuera excesivamente suave nos encontraríamos con una significativa pérdida de precisión, resultaría muy difícil durante la conducción evitar que el volante no se moviera ligeramente en uno u otro sentido, lo que provocaría que el vehículo circulara, en mayor o menor medida, dando bandazos de un lado a otro de la calzada. Por otro lado, si la dirección resulta excesivamente dura, la conducción resultaría fatigosa e imprecisa.

Entre las causas que pueden hacer que el sistema de dirección resulte impreciso cabe destacar:

- El excesivo juego en los órganos de la dirección.
- El alabeo o abolladura de las llantas de las ruedas.
- Un desgastes desigual en los neumáticos.
- La inadecuada presión de hinchado de los neumáticos, que si no es igual en las dos ruedas directrices provocara que el vehículo tienda a irse a uno de los lados.

4.1.1.4. Estabilidad: Es la característica básica de la dirección, se consigue como conjunción de todas las anteriores y resulta fundamental para garantizar la seguridad de la conducción, esta depende también de factores como la fiabilidad del mecanismo y la calidad de los materiales empleados.

4.1.2. Generalidades del Sistema de Dirección:

Los vehículos han utilizado soluciones basadas en mecanismos articulados, de sistemas más sencillos de un único cuadrilátero articulado de Jeantaud, a diseños complejos para vehículos con suspensión independiente.

El conductor ejerce, de forma general, su acción de control sobre un volante de dirección que está unido por medio de acoplamientos, denominados en conjunto columna de dirección, a los mecanismos de actuación sobre las ruedas. Para la unión entre la columna de dirección y el varillaje dirección se han empleado diferentes y variadas configuraciones. Las que se instalan y diseñan en la actualidad se pueden englobar esencialmente en dos grandes grupos.³²

4.1.2.1. Sistema piñón cremallera:

Este sistema consiste en el volante de dirección y la unidad de la columna de dirección, que transmite la fuerza de dirección del conductor al engranaje de dirección, la unidad del engranaje de dirección, que lleva a cabo la reducción de velocidad del giro del volante de dirección, transmitiendo una gran fuerza a la conexión de dirección, y la conexión de dirección que transmite los movimientos del engranaje de dirección a las ruedas delanteras.³³

³²PABLO LUQUE, DANIEL ALVAREZ, CARLOS VERA Ingeniería del automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico Pág. 252

³³PABLO LUQUE, DANIEL ALVAREZ, CARLOS VERA Ingeniería del automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico Pág. 253

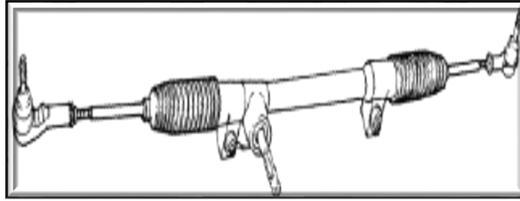


Figura 4.1: Piñón cremallera

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

4.1.2.2. Constitución de la dirección por cremallera:

Está constituida por una barra en la que hay tallada un dentado de cremallera, que se desplaza lateralmente en el interior de un cárter apoyada en unos casquillos de bronce o nailon, figura 4.2. Esta accionada por el piñón, montado en extremo del árbol del volante, engranando con la de cremallera.

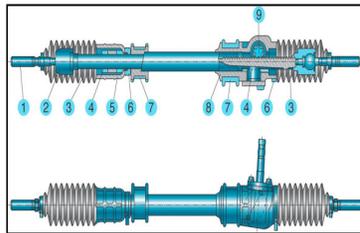


Figura 4.2: Constitución de la cremallera

(PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión)

1. Barra de dirección.
2. Rótula barra de dirección.
3. Guardapolvos de la cremallera de la dirección
4. Cremallera

5. Casquillo cremallera de dirección.
6. Fijación guardapolvos.
7. Taco elástico.
8. Caja de dirección
9. Sinfín de la dirección.

El movimiento giratorio del volante se transmite a través del árbol y llega a la caja de dirección que transforma el movimiento giratorio en otro rectilíneo transversal al vehículo. A través de barras articuladas con rotulas, el mecanismo de dirección alojado en la caja transmite el movimiento transversal a las bieletas o brazos de acoplamiento que hacen girar las ruedas alrededor del eje del pivote.

4.1.2.3. Sistema de bolas recirculantes:

En este sistema hay un gran tornillo roscado, que recibe el extremo de la barra de dirección. Este tornillo da tres o cuatro vueltas alrededor de sí mismo, produciendo el movimiento de una serie de engranajes, este desplazamiento disminuye el esfuerzo que debe realizar el conductor para mover las llantas, debe su nombre a que utiliza una serie de esferas que facilitan el movimiento, al hacerlo más suave.

4.1.3. Elementos de la Dirección

La orientación de las ruedas directrices, para que el vehículo tome la trayectoria deseada, se realiza a través de una serie de elementos

acoplados al mismo, que tienen como finalidad transmitir el giro del volante a las ruedas.

Este conjunto de elementos está constituido por un mecanismo desmultiplicador llamado columna de dirección y una serie de palancas y barras de acoplamiento, que componen lo que se llama la tirantería de la dirección.

4.1.3.1. Árbol o columna de la dirección: Este mecanismo transforma el giro del volante en movimiento de vaivén en su palanca de mando, figura 4.3. El árbol de dirección realiza una desmultiplicación de giro y la multiplicación de fuerza necesaria para poder orientar las ruedas; o lo que es lo mismo, como el esfuerzo que hay que aplicar a las ruedas para su orientación está en función del peso que sobre ellas gravita.

Este mecanismo realiza una desmultiplicación del esfuerzo a realizar en el volante para que el conductor pueda realizar la maniobra con el mínimo esfuerzo.³⁴

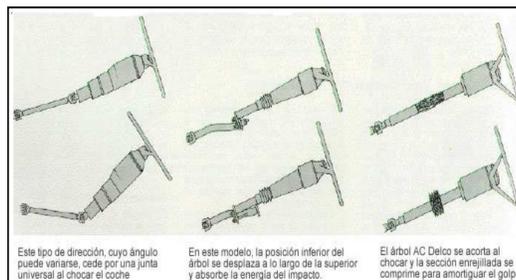


Figura 4.3: Columna de la dirección
(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

³⁴Tecnología del automóvil. Dirección. Pág.10.18

La columna de dirección tiene una gran influencia en la seguridad pasiva. Todos los vehículos están equipados con una columna de dirección retráctil, formada por dos o tres tramos con el fin de colapsarse y no producir daños al conductor en caso de colisión. Estos tramos están unidos mediante juntas cardan y elásticas diseñadas para tal fin.

4.1.3.2. Volante: Esta diseñado con una forma ergonómica con dos o más brazos, con la finalidad de obtener mayor facilidad de manejo y comodidad. Su misión consiste en reducir el esfuerzo que el conductor aplica a las ruedas.

Existen muchos estilos de volantes. El diámetro puede variar. Un volante más grande es más fácil de girar, mientras que uno más pequeño puede exigir mayor esfuerzo pero también permite sentir mejor el contacto con la calzada. A menudo los radios del volante están situados de forma que faciliten poner la mano en el lugar más lógico y para que no impidan al conductor ver el panel de instrumentos.



Figura 4.4.: Volante

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

a) **Brazos de acoplamiento:** Estos elementos transmiten a las ruedas el movimiento obtenido en la caja de la dirección y constituyen el sistema direccional para orientar las mismas. Este sistema está formado por unos brazos de acoplamiento montados sobre las manguetas de forma perpendicular al eje de las ruedas y paralelos al terreno. Estos brazos llevan un cierto ángulo de inclinación para que la prolongación de sus ejes coincida sobre el centro del eje trasero y tienen por misión el desplazamiento lateral de las ruedas directrices.³⁵

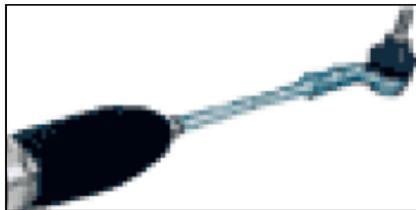


Figura 4.5 Brazo de acoplamiento de la dirección

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

4.1.3.3. Elección de Materiales: Se tomaron en cuenta varios puntos como son:

- ✓ Económico
- ✓ Peso
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Tamaño

³⁵Tecnología del automóvil. Dirección. Pág.10.23

Se eligió un sistema de piñón/cremallera sencillo marca IZUMI de igual forma la caja de dirección (IZUMI) siendo ésta la indicada debido a sus medidas que son acordes para el tamaño de este elemento. Su peso no supera los 7 kgs, se puede conseguir fácilmente y su costo es accesible.

Relación en el mecanismo de cremallera

$$i_c = \frac{2.Lpd}{d} \quad (4.1)$$

Donde:

i_c Relación en el mecanismo de cremallera de dirección

Lpd Longitud de palanca de dirección

d Diámetro del círculo primitivo del piñón

$$i_c = \frac{2.Lpd}{d}$$

$$i_c = \frac{2.38 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}$$

$$i_c = 15,2 : 1$$

Relación total media

$$i_m = \frac{\alpha_v}{\alpha_R} \quad (4.2)$$

Donde:

i_m Relación Total media

α_v Angulo de giro en el volante

α_R Angulo de giro de las ruedas

$$i_m = \frac{\alpha v}{\alpha_R}$$

$$i_m = \frac{270^\circ}{30^\circ}$$

$$i_m = 9 : 1$$

4.1.3.4. Rotulas: Están constituidas por un muñón cónico en cuyos extremos tiene, por una parte, la unión roscada que permite su desmontaje y, por otra parte, una bola o esfera alojada en una caja esférica que realiza la unión elástica, figura 4.5. Su misión consiste en realizar la unión elástica entre la caja de dirección y los brazos de acoplamiento de las ruedas, además de permitir las variaciones de longitud para corregir la convergencia de las ruedas.

Estas permiten las oscilaciones que se van a producir debido tanto al movimiento de la dirección (el movimiento de la cremallera y el de las palancas de las manguetas no están en el mismo plano) como al efecto de la suspensión (las ruedas y con ellas las palancas de las manguetas, oscilan con la suspensión mientras que la cremallera esta unida rígidamente al chasis).



Figura 4.6: Rotula de la dirección

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

4.1.3.5. Mangueta: Son las piezas que al girar alrededor del pivote hacen moverse a la rueda. Su forma en función de si el vehículo es de tracción delantera o trasera, figura 3.16. Cuando el vehículo tiene tracción delantera la mangueta tiene un agujero en el centro por el que para el palier y que le sirve de guía.³⁶



Figura 4.7: Mangueta

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

4.2. SISTEMA DE FRENO

4.2.1. Generalidades del sistema de freno

³⁶Tecnología del automóvil. Dirección. Pág.10.23

Frenos de disco: sustituyen el tambor por un disco (Fig. 4.7), que también se une a la rueda por medio de tornillos.

Este disco puede ser frenado por medio de unas plaquetas (B), que son accionadas por un émbolo (D) y pinza de freno (C), que se aplican lateralmente contra él deteniendo su giro.

Suelen ir convenientemente protegidos y refrigerados, para evitar un calentamiento excesivo de los mismos.

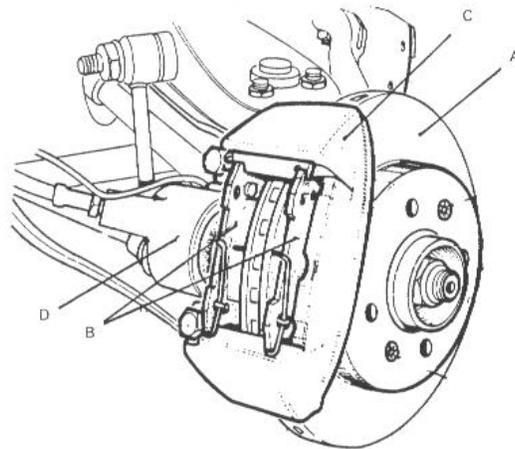


Figura 4.7: Sistema de Frenos

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

El calentamiento excesivo de los frenos disminuye la adherencia del material empleado en los forros de las zapatas, al mismo tiempo que dilata el tambor, que queda más separado de ellas, por cuyas causas aparece el fenómeno llamado “fading”, que es una pérdida temporal de la eficacia de los frenos. Una vez que se enfrían vuelve la normalidad.

Este fenómeno aparece también cuando el líquido de frenos es de mala calidad y se vaporiza parcialmente en los bombines.

4.2.2. Funcionamiento

Un freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor. Los frenos son transformadores de energía, por lo cual pueden ser entendidos como una máquina, ya que transforman la energía cinética de un cuerpo en calor o trabajo y en este sentido pueden visualizarse como “extractores” de energía.

A pesar de que los frenos son también máquinas, generalmente se les encuentra en la literatura del diseño como un elemento de máquina

4.2.2.1. Funcionamiento General

Al pisar el pedal del freno, el cilindro maestro asistido por un reforzador de vacío para frenos de potencia, envía líquido o fluido con igual presión, a cada cilindro de rueda, cuyos pistones, presionan las pastillas contra los discos

Los vehículos con tracción delantera, vienen equipados con cilindro maestro doble, y válvula distribuidora; con este sistema la acción de frenar se traslada en dos circuitos, la rueda derecha de adelante; y la izquierda de atrás en un circuito, y las otras dos, en el otro circuito. La idea es que si;

hay fallas fugas de fluido en un circuito; el otro siga funcionando sin acentuar demasiado el frenado.

4.2.3. Tipo de freno

4.2.3.1. Freno de disco

El freno de fricción está diseñado para actuar mediante fuerzas de fricción, siendo este el medio por el cual se transforma en calor la energía cinética del cuerpo a desacelerar. Siempre constan de un cuerpo fijo sobre el cual se presiona un cuerpo a desacelerar.

a) Características del freno de disco.

- Mayor refrigeración.
- Montaje y funcionamiento sencillo.
- Piezas de menor tamaño para la misma eficacia.

Los elementos se montan en el sistema de frenado para reducir el esfuerzo del conductor al realizar la frenada.

4.2.3.2. Freno Hidráulico

Según el señor Blas Pascal (1623-1662) los líquidos bajo presión ejercen una fuerza en todos los sentidos y direcciones en la misma magnitud.

Esto da por sentado que para efectos prácticos los líquidos no son compresibles, es decir, que al ser sometidos a presión no reducen su volumen, por lo que pueden ser utilizados como medio para transmitir fuerzas a través de tuberías como si fueran sólidos.

En un sistema hidráulico, se puede tener diferentes fuerzas de frenado con sólo aumentar o disminuir el diámetro de los émbolos de ruedas conservando el mismo cilindro maestro.

Para reducir el riesgo de bloqueo de las ruedas traseras, el diámetro de sus émbolos es siempre menor que el de las delanteras, de una manera proporcional y adecuada a las características de cada modelo de automóvil.

Su principal función es disminuir o anular progresivamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido.

4.2.4. Adaptación del sistema de freno

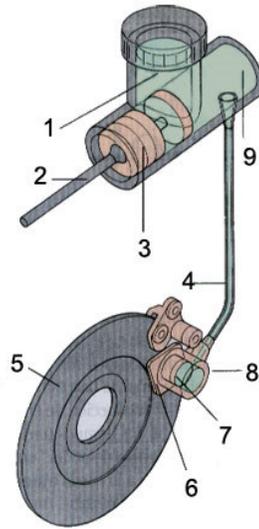


Figura 4.9: Adaptación del Sistema de Frenos
(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

1. Reservorio
2. Vástago
3. Embolo
4. Cañería
5. Disco
6. Pastilla de Freno
7. Embolo
8. Mordaza
9. Cilindro

El sistema de freno principal, o freno de servicio, permite controlar el movimiento del vehículo, llegando a detenerlo si fuera preciso de una forma segura, rápida y eficaz, en cualquier condición de velocidad y carga en las que rueda.

Un freno es eficaz, cuando al activarlo se obtiene la detención del vehículo en un tiempo y distancia mínimos.

La estabilidad de frenada es buena cuando el vehículo no se desvía de su trayectoria.

Una frenada es progresiva, cuando el esfuerzo realizado por el conductor es proporcional a la acción de frenado.



Figura 4.10: Sistema de Frenos
(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

4.2.4.1. Cálculo de la fuerza de frenado³⁷

$$F_f \max = G \cdot \mu_R \quad (4.3)$$

Donde:

$F_f \max$ Fuerza de frenado máxima

G Peso fuerza del Vehículo

μ_R Índice de fricción de adherencia neumático/calzada Tabla 4.1

Tabla 4.1 Tabla de Coeficientes de fricción

Coeficiente de rozamiento de adher		
Hormigón , asfalto		
a)	seco	0,76...0,85
b)	Húmedo	0,48...0,52
c)	Grasiento	0,35...0,40
Macadam		
a)	Seco	0,58...0,62
b)	Húmedo	0,38...0,42
c)	Grasiento	0,25...0,30
Empedrado		
a)	Seco	0,48...0,52
b)	Húmedo	0,25...0,30
c)	Grasiento	0,15...0,20
Nieve		
a)	Seco	0,15...0,20
b)	Húmedo	0,05...0,10

$$F_f \max = G \cdot \mu$$

$$F_f \max = 4000N \cdot 0.49$$

$$F_f \max = 1690 N$$

$$a \max = \mu_R \cdot g \quad (4.4)$$

Donde:

a Desaceleración máxima de frenado

³⁷³⁷ G. Hamm- G. Burk "Tablas de la Técnica Automotriz" Editorial Reverte, Barcelona,1986, pg.64

g Gravedad

μ_R Índice de fricción de adherencia neumático/calzada Tabla 4.2

Tabla 4.1 Tabla de Coeficientes de fricción

Coeficiente de rozamiento de adher	
Inst. De freno Hidraulica	0,70...0,80
Freno de aire compr.	0,50...0,75
Inst. De freno mecánico	0,60...0,80

$$a_{max} = \mu_R \cdot G$$

$$a_{max} = 0,4 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$a_{max} = 3,92 \text{ m/s}^2$$

$$z = \varepsilon \cdot \mu_R \quad (4.5)$$

Donde:

z Valor de frenado

ε Aprovechamiento del valor de adherencia, rendimiento cualitativo

μ_R Índice de fricción de adherencia neumático/calzada

$$z = \varepsilon \cdot \mu_R$$

$$z = 0,75 \cdot 0,49$$

$$z = 0,36$$

$$F_f = G \cdot z \quad (4.6)$$

Donde:

F_f Fuerza de frenado

- G Peso fuerza
- z Valor de frenado

$$F_f = G \cdot z$$

$$F_f = 4000N \cdot 0,36$$

$$F_f = 1140N$$

$$a = \frac{F_f}{m} \tag{4.7}$$

Donde:

- a Desaceleración de frenado
- F_f Fuerza de frenado
- m Peso del Vehículo (400 Kg.)

$$a = \frac{1140 N}{400 Kg.}$$

$$a = 2,85 \text{ m/s}^2$$

La máxima fuerza de frenado aplicable es de 1690 N y la Fuerza mínima del frenado del vehículo es 1140 N.

La máxima desaceleración de frenado es de 3,92 m/s^2 , y la desaceleración de frenado mínima es 2,85 m/s^2

4.2.4.2. Porcentaje de Eficiencia del frenado

$$f. = \frac{100\% \cdot F_{fmax}}{m \cdot g} \tag{4.8}$$

Donde:

f Frenado en %

F_fmax Fuerza de frenado máxima

m Peso del Vehículo (400 Kg.)

g Gravedad

$$f. = \frac{100\% \cdot F_fmax}{m \cdot g}$$

$$f. = \frac{100\% \cdot 1600 N}{400 kg \cdot 9,8 m/s^2}$$

$$f. = \frac{169000N}{3920 N}$$

$$f = 43,11 \%$$

La eficiencia del frenado es de 43,11%, el 56,89% se disipa por fricción, el porcentaje mínimo de eficiencia en vehículos a más de 20 Km./h debe de ser el 40%

4.2.4.3. Cálculo para presión de Frenado

$$A_P = \pi \cdot r^2 \tag{4.9}$$

Donde:

A_P Area del embolo del cilindro principal

π Pi (constante)

r^2 Radio (cilindro principal)

$$A_P = \pi \cdot r^2$$

$$A_P = 3,1416 \cdot 10mm^2$$

$$A_P = 3,1416mm^2$$

$$A_R = \pi \cdot r^2 \tag{4.10}$$

Donde:

A_R Área del émbolo del cilindro de rueda

π Pi (constante)

r^2 Radio (cilindro de rueda delantero)

$$A_R = \pi \cdot (r^2 \cdot 2)$$

$$A_R = 3,1416 \cdot 400mm^2$$

$$A_R = 2513,20mm^2$$

$$A_R = \pi \cdot r^2 \tag{4.11}$$

Donde:

A_R Área del embolo del cilindro de rueda

π Pi (constante)

r^2 Radio (cilindro de rueda posterior)

$$A_R = \pi \cdot (r^2 \cdot 2)$$

$$A_R = 3,1416 \cdot 900mm^2$$

$$A_R = 5654,88 mm^2$$

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot /_1}{/2} \quad (4.12)$$

Donde:

- F_2 Fuerza del vástago del embolo
 F_1 Fuerza del pie en el pedal de freno
 $/_1$ Brazo de palanca de la fuerza del pie
 $/_2$ Brazo de palanca de la fuerza del vástago de émbolo

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot /_1}{/2}$$

$$F_2 = \frac{200N \cdot 300mm}{50 mm}$$

$$F_2 = \frac{60000 Nmm}{50 mm}$$

$$F_2 = 1200N$$

$$F_A = \frac{F_2 \cdot A_R}{A_P} \quad (4.13)$$

Donde:

- F_A Fuerza de apriete en el cilindro de la rueda tipo de letra
 A_R Área del embolo del cilindro de rueda (delantero)
 F_2 Fuerza en el vástago del embolo
 A_P Área del embolo del cilindro principal

$$F_A = \frac{F_2 \cdot A_R}{A_P}$$

$$F_A = \frac{1200 \text{ N} \cdot 2513,20 \text{ mm}^2}{314,16 \text{ mm}^2}$$

$$F_A = 9599,69 \text{ N}$$

$$F_A = \frac{F_2 \cdot A_R}{A_P} \quad (4.14)$$

Donde:

F_A Fuerza de apriete en el cilindro de la rueda
 A_R Área del émbolo del cilindro de rueda (posterior)

F_2 Fuerza en el vástago del émbolo
 A_P Área del émbolo del cilindro principal

$$F_A = \frac{F_2 \cdot A_R}{A_P}$$

$$F_A = \frac{1200 \text{ N} \cdot 5654,88 \text{ mm}^2}{314,16 \text{ mm}^2}$$

$$F_A = 21615,28 \text{ N}$$

$$P_e = \frac{F_A}{A_R} \quad (4.15)$$

Donde:

P_e Presión en el cilindro de freno (delantero)

F_A Fuerza de apriete en el cilindro de la rueda
 A_R Área del embolo del cilindro de rueda

$$P_e = \frac{F_A}{A_R}$$

$$P_e = \frac{9599,69 \text{ N}}{25,13 \text{ cm}^2}$$

$$P_e = 382 \text{ N/cm}^2$$

$$P_e = 38,2 \text{ bar}$$

$$P_e = \frac{F_A}{A_R} \tag{4.16}$$

Donde:

P_e Presión en el cilindro de freno (posterior)

F_A Fuerza de apriete en el cilindro de la rueda
 A_R Área del embolo del cilindro de rueda

$$P_e = \frac{F_A}{A_R}$$

$$P_e = \frac{21615,28 \text{ N}}{56,54 \text{ cm}^2}$$

$$P_e = 382,30 \text{ N/cm}^2$$

$$P_e = 38,23 \text{ bar}$$

Los coeficientes de fricción típicos que presenta el acero cuando se desliza sobre otros materiales son los que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 4.3 Tabla de Coeficientes de fricción

Material 1 Vs. Material 2		M
Acero	Acero	0,62
Bronce	Acero	0,24
Grafito	Acero	0,10

Los discos de freno seleccionados para el vehículo son:

Tabla 4.4 Diámetro de Discos de Freno

	DELANTERO	POSTERIOR
DIAMETRO	7 inch	10 inch
AREA EFECTIVA	1 inch	1.5 inch

4.3. TREN DE POTENCIA

Entre los principales sistemas que conforman un automóvil se encuentra la Transmisión. Este 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.

4.3.1. MOTOR ³⁸

Un motor es una maquina 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 vapor³⁹.

Los motores de combustión interna son completamente cerrados, generan Movimiento a través de la expansión 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, 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 motriz⁴⁰

El motor es una compleja máquina de ingeniería, en la que se aplica teorías Mecánicas, dinámicas, termodinámicas, de mecanismos, electrónicas,

³⁸ Manual T-ESPEL-0623

³⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>

⁴⁰ El motor de gasolina, pag. 28

Electromecánicas, físicas en general, razón por la cual este está conformado por un sin número de piezas. En el siguiente grafico se observan algunas de las más importantes partes de un motor:

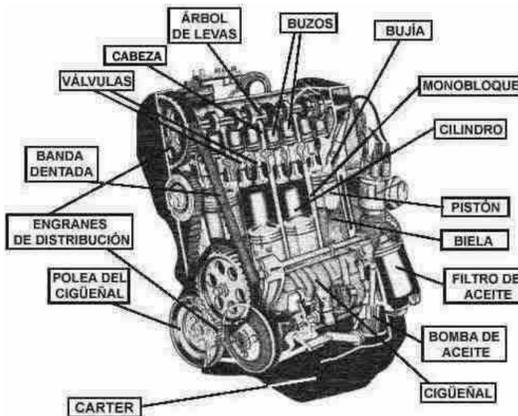


Figura 4.11: Motor y partes importantes

(<http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>)

Se ha tomado el motor de una moto Husqvarna 600 de la cual es proveniente dicho motor se puede decir que es un motor extremadamente fuerte pese a su tamaño un tanto reducido y es un motor económico en el mercado

A continuación se detallan las características técnicas de dicho motor (VER ANEXO II)

Tipo: 1 cilindro, 4 tiempos, enfriado por agua

Diámetro y Carrera: 98x 76.4 mm

Cilindrada: 572,28 c.c

Relación de compresión: 9:1

Potencia Máxima: 55 HP @ 7600 rpm

Torque Máximo: 4.9 kg – m @ 7000 rpm

Inclinación de Válvulas respecto a cilindro: Admisión: 20° Escape 20°

Apertura de Válvulas: Admisión antes del PMS 43° cierre después del PMI 78°

Apertura de la válvula de escape antes del PMI 84°, cierre después del PMS 34°

Carburador: DELLORTO PHM 40 MS con bomba de recuperación

Sistema de Lubricación: Forzada con doble bomba de lóbulo

Refrigeración: Líquida

Aceite de motor: Tipo: SE clase 10W40, 10W50 ó 20W40 20W50

Capacidad 2 litros.

Sistema de arranque: Arranque eléctrico y pedal

Sistema de encendido: Batería y bobina

Cilindros: Mono cilíndrico, cuatro tiempos, cuatro válvulas

Bujías: NGK C7E o CHAMPIO G59C

Calibración bujías > 0,6-0,7 mm



Figura 4.12: Motor

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

4.3.2. Curvas de funcionamiento del motor.

Los parámetros básicos de funcionamiento del motor como son la potencia y el torque que eroga así como también el consumo de combustible, con relación a las diferentes revoluciones del motor.

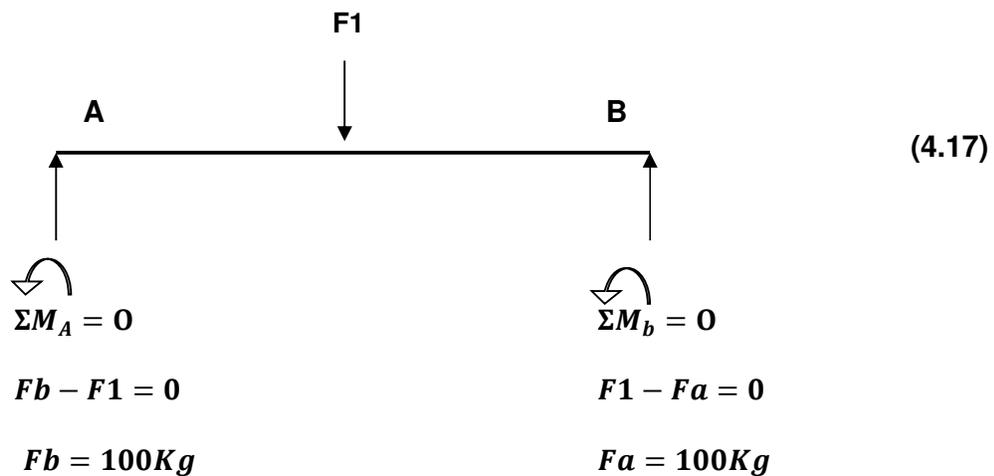
Parámetros que a lo posterior se deberá tener muy en cuenta debido a que según el reglamento establecido por la FAU existirán pruebas tanto para verificar la Potencia y el consumo de combustible, con lo cual basados en la gráfica se podrá tener una idea de las rpm a las cuales se debe mantener para obtener el máximo rendimiento

4.3.3. Cálculo de momentos bases Motor y Caja de Cambios

$$F1 = 100 \text{ Kg}$$

$$A = 100 \text{ Kg}$$

$$B = 100 \text{ Kg}$$



$$Fb - F1 = 0$$

$$Fb = 100Kg$$

$$F1 - Fa = 0$$

$$Fa = 100Kg$$

$$\Sigma F = 0$$

$$F_A + F_B = 0$$

4.3.4. Transmisión

4.3.4.1. Caja de Cambios

Tipo: 6 velocidades, engranaje constante.

Embrague: Húmedo, multidisco

Relación de marchas: 1ra 2.615 (34/13) 2da 1.812 (29/16) 3ra 1.350
(27/20) 4ta 1.091 (24/22) 5ta 0.916 (22/24) 6ta 0.769 (20/26)

Relación Final de Reducción: 3,125

Peso aproximado: 20 Kg

TABLA 4.5: Calculo caja Buggy

(GRUPO DE INVESTIGACION, 2011-2012)

Relaciones del cambio:

1ª	2.62	:1	Caja Cambios:	2.62
2ª	1.81	:1		1.81
3ª	1.35	:1		1.35
4ª	1.09	:1		1.09
5ª	0.92	:1		0.92
6ª	0.77	:1		0.77

Relacion final: 3.13 :1

Circunferencia rueda: 0.5080 m

CALCULO RELACIONES DE CAJA DE CAMBIOS

Velocidades obtenidas (km/h):

rpm	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
750	2.8	4.0	5.4	6.7	8.0	9.5
1,000	3.7	5.4	7.2	8.9	10.6	12.7
2,000	7.5	10.8	14.4	17.9	21.3	25.4
3,000	11.2	16.1	21.7	26.8	31.9	38.0
4,000	14.9	21.5	28.9	35.8	42.6	50.7
5,000	18.6	26.9	36.1	44.7	53.2	63.4
5,500	20.5	29.6	39.7	49.2	58.5	69.7
6,000	22.4	32.3	43.3	53.6	63.8	76.1
6,500	24.2	35.0	47.0	58.1	69.2	82.4
6,750	25.2	36.3	48.8	60.4	71.8	85.6
7,000	26.1	37.7	50.6	62.6	74.5	88.8
7,250	27.0	39.0	52.4	64.8	77.1	91.9
7,500	28.0	40.4	54.2	67.1	79.8	95.1

Velocidad obtenida:

Vel. Diferencial

Vel. Paller

Velocidad

Régimen rpm
6000

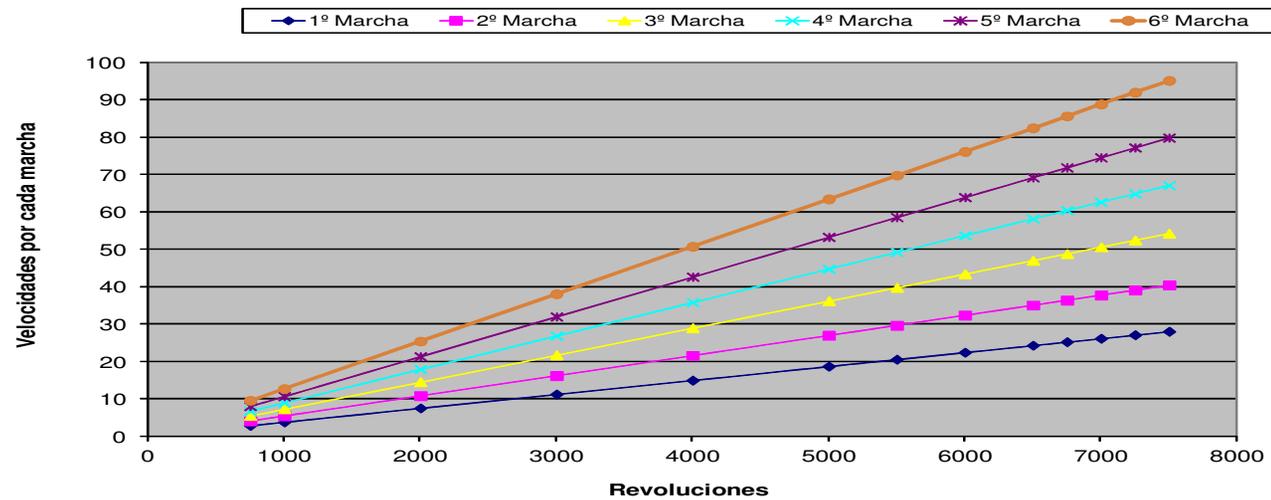
1ª	2,294.1	rpm	734.1	rpm	22.4	km/h
2ª	3,310.3	rpm	1,059.3	rpm	32.3	km/h
3ª	4,444.4	rpm	1,422.2	rpm	43.3	km/h
4ª	5,500.0	rpm	1,760.0	rpm	53.6	km/h
5ª	6,545.5	rpm	2,094.5	rpm	63.8	km/h
6ª	7,800.0	rpm	2,496.0	rpm	76.1	km/h

Velocidad max.

Régimen max:
7,500 rpm

1ª	28.0	km/h
2ª	40.4	km/h
3ª	54.2	km/h
4ª	67.1	km/h
5ª	79.8	km/h
6ª	95.1	km/h

Gráfico de velocidades



4.3.4.2. Características del sistema de transmisión por cadena

Las características básicas de las transmisiones por cadena son una relación de velocidad constante (puesto que no hay deslizamiento ni distensión), larga duración o vida útil, y la aptitud de impulsar varios ejes desde una misma fuente de potencia.



Figura 4.13: Tramo de Cadena

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

En nuestro caso utilizamos

- ✓ Cadena de paso de 1/2 pulg.
- ✓ Piñón de 16 dientes
- ✓ Catalina de 50 dientes

4.3.1 Generalidades del tren de potencia

4.3.1.1. Distribución de pesos

Distribución de pesos teórico entre ejes delantero-trasero en las siguientes configuraciones:

- 55-45%; Motor delantero / tracción trasera.
- 50-50%; Motor central delantero / tracción trasera.
- 45-55%; Motor trasero / tracción trasera.
- 50-50%; Motor central trasero / tracción trasera.

a) Ventajas

- Distribución de pesos más uniformes en las cuatro esquinas.
- Mejor maniobrabilidad al tener un peso mejor distribuido lo que ayuda en las curvas y al frenado.
- Mejor estabilidad y adherencia en caminos de asfalto o condiciones climatológicas buenas.
- Más apto con motores de mayor potencia.
- Más apto para remolques.
- Más robustos por separar las ruedas de dirección con las de impulsión.
- El túnel en el piso para la transmisión y el eje cardán permite mayor fortaleza estructural del piso.
- Mecánica más fácil.

- Reducción del diámetro de giro, mejorando su maniobrabilidad en espacios estrechos.

b) Inconvenientes

- Menor utilización del espacio total para pasajeros en el habitáculo por tener un túnel en el piso para la transmisión y el eje cardán.
- Mayor peso total del vehículo.
- Mayor consumo de combustible.
- Mayor costo de producción.

4.3.2. Adaptación del tren de potencia

Una vez elegido el motor y con las medidas correspondientes a su largo, ancho y altura y la localización de sus respectivas bases, así como la elección de los demás elementos del tren de potencia y tomando datos de tesis complementarias al presente trabajo, tenemos que diseñar un bastidor que a mas de soportar el peso y las cargas del motor sirva como punto de anclaje de elementos mecánicos como el eje y demás sistemas del motor.

Se realizará un dibujo aproximado de los elementos más sobresalientes del tren de potencia llegando a obtener los elementos descritos a continuación.

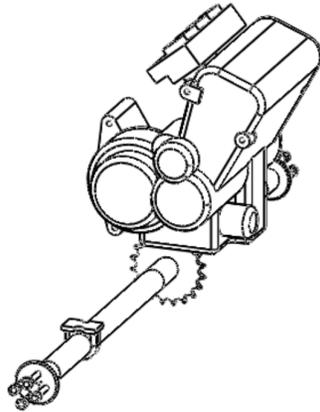


Figura 4.14: Tren de Potencia

(GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2, 1985)

De acuerdo a la selección realizada con anterioridad tenemos elementos como el eje, donde se transmitirá la potencia, dos chumaceras por medio de las cuales se fijará el eje al bastidor, el motor y sus engranajes de transmisión de potencia (piñón y catalina), además de que para una mejor visualización es oportuno la modelización del neumático con su respectivo aro con las dimensiones correspondientes de acuerdo al neumático elegido para ser utilizado.

Los procedimientos y el ensamblaje entre algunas piezas más no solo con una pieza como lo hemos venido haciendo hasta ahora y al utilizar un programa tenemos la facilidad de realizar los ensambles mencionados, agregando relaciones de posición, ahorrándonos tiempo y permitiendo que todo se realice con exactitud.

CONCLUSIONES

Según los análisis realizados y los resultados obtenidos, se destacan las siguientes Conclusiones:

- De los objetivos planteados en presente trabajo hemos podido analizar que el reglamento de la fórmula Automovilística Universitaria permite poner a prueba los conocimientos de la Ingeniería Mecánica Automotriz de las Universidades participantes, lamentablemente no se pone aun en práctica
- Para diseñar y construir un bastidor tubular se debe tomar en cuenta las fuerzas a las cuales va a estar sometido.
- Se determinó que al instalar un sistema de dirección y frenos para el bastidor se debe tomar en cuenta el Peso de la estructura y la Fuerza que se va ejercer al momento del frenado y el radio de giro que se desea obtener con respecto a la dirección para facilitar su conducción tomando en cuenta las necesidades para los cuales fue construido (rally)
- Considerar el Motor elegido debe estar acorde al Reglamento y generar una potencia suficiente para obtener un buen desempeño en competencia y una buena relación Peso - Potencia

- No olvidar la seguridad cuyos parámetros vienen dados en el mismo Reglamento como son casco, arnés de seguridad, volante de extracción rápida y swich corta corriente.

RECOMENDACIONES

Del análisis que antecede, se destacan las siguientes recomendaciones:

- Organizar con frecuencia las competencias para lo cual fue creado la Formula Automovilista Universitaria para que este sea un motivador
- Cuidar en el momento de la construcción el formar nodos de unión de tal manera que se evite en lo posible diseños con ángulos de 90 grados estructurales
- Los diferentes tipos de frenos que se pueden conseguir en el mercado dan paso a que su elección sea limitante por lo que se inclinan a utilizar de motocicletas y cuadrones pero sin olvidar considerar la seguridad del conductor en el buggy
- La disponibilidad en el Sector Automotriz es muy limitante en el sistema de frenos por lo que su escogitamiento debe darse según la disponibilidad.
- La seguridad debe considerarse en todo momento por lo que se debería usar una máscara de nones para aumentar al piloto su seguridad, de igual forma utilizar acolchonamiento tanto en la estructura en el habitáculo como en el arnés de seguridad.

BIBLIOGRAFIA

- GUSTAVO DONADIO Seminario de Automovilismo de Competición. (s.f.).
- PABLO LUQUE Ingeniería del automóvil. El sistema de Suspensión. (s.f.).
- *Grupo Editorial CEAC. (2003).*
- *GTZ Tecnología del Automovil Tomo 2. (1985). REVERTE.*
- *Reglamentos Fórmula Automovilística Universitaria. (2008).*
- Tecnología del automóvil. (s.f.)
- GRUPO DE INVESTIGACION, C. D. (2011-2012). ECUADOR.
- *<http://es.wikipedia.org/wiki/Motor>. (s.f.).*
- *<http://www.eastwood.com/>. (s.f.).*
- Community, AUTOCAD 2012 – Free Software Autodesk- Education. (s.f.).
- SOLID WORKS 2012
- CROCCLIP 2012 Versión 3.2

A N E X O S

- ANEXO I** Análisis de Estructuras SolidWorks Versión 2012
- ANEXO II** Manual para Taller Moto Husqvarna
- ANEXO III** Simulación de Diagrama Eléctrico Crocclip Versión 3.2
- ANEXO IV** Diseño Básico Auto CAD Versión 2009
- ANEXO V** Análisis de Dinamómetro Universidad Internacional del Ecuador
- ANEXO VI** Imágenes de Proyecto Terminado
- ANEXO VII** Fórmulas