

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO



SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR
MONOPLAZA TIPO BUGGY PARA LA PARTICIPACION DE LA
ESPE-L EN LA FORMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ**

**MOLINA SALAZAR JORGE LUIS
TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO**

Latacunga, Julio del 2009

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, MOLINA SALAZAR JORGE LUIS
TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR MONOPLAZA TIPO BUGGY PARA LA PARTICIPACION DE LA ESPE-L EN LA FORMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, julio del 2009.

MOLINA SALAZAR JORGE LUIS

CI. N° 0401468095

TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO

CI. N° 0502657216

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, MOLINA SALAZAR JORGE LUIS
TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca Virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR MONOPLAZA TIPO BUGGY PARA LA PARTICIPACION DE LA ESPE-L EN LA FORMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, julio del 2009.

MOLINA SALAZAR JORGE LUIS
CI. N° 0401468095

TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO
CI. N° 0502657216

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

CERTIFICADO

ING. OSCAR ARTEGA (DIRECTOR)
ING. GUIDO TORRES (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR MONOPLAZA TIPO BUGGY PARA LA PARTICIPACION DE LA ESPE-L EN LA FORMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA.**” , realizado por el señor MOLINA SALAZAR JORGE LUIS y el señor TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimiento y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de **UN** empastado y **UN** disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil. Autorizan al señor MOLINA SALAZAR JORGE LUIS y el señor TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Coordinador de la carrera.

Latacunga, julio del 2009.

MOLINA SALAZAR JORGE LUIS
CI. N° 0401468095

TOVAR TOBAR JOSÉ FERNANDO
CI. N° 0502657216

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Molina Salazar Jorge Luis y Tovar Tobar José Fernando, bajo nuestra supervisión.

ING. OSCAR ARTEAGA
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. GUIDO TORRES
CODIRECTOR DEL PROYECTO

Dedicatoria

La culminación de este trabajo dedico a mis padres, ya que con su sacrificio, sus virtudes, valores y apoyo incondicional pude culminar este proyecto y la vez obtener una profesión donde esta dará el sustento diario a mi familia.

Fernando Tovar.

Agradecimiento.

A dios y a ti virgen santísima, por brindarme salud, vida, y cuidarme cada día de mi existencia.

A ustedes papás, José y Blanca; su fortaleza, sus alientos, su manera de resolver problemas, fueron el ejemplo de superación y empuje, que me hizo triunfar durante todos estos años de estudio.

A mis hermanos, tíos, primos, amigos; por su apoyo durante mi carrera universitaria.

Fernando Tovar

Dedicatoria.

El éxito de este proyecto se debió a la colaboración y ayuda de muchas personas pero en especial quiero dedicar el éxito y culminación de este proyecto a Dios por darme la bendición de tener una familia tan buena a mi lado.

A mis padres, abuelita y hermanos y todos y quienes forman parte de mi familia por la confianza y amor depositados en mí. Para ustedes esta dedicado este triunfo en mi vida, el cual no considero mío sino de todos ustedes.

Y a una persona importante en mi vida, Albania, este es un paso más en busca de nuestros sueños.

Jorge Luis

Agradecimiento

Mi agradecimiento a Dios por permitirme cada día ir en busca de mis ideales y sueños, por estar cada momento a mi lado haciendo que cumpla un paso más dentro de mis objetivos. Pero sobre todo un agradecimiento por el haber puesto en mi camino personas tan buenas durante todo este tiempo.

A mi familia por ser el pilar fundamental en el cumplimiento de este proyecto, gracias por su apoyo incondicional, a mis padres por apoyar a cada instante mis sueños, por darme la oportunidad de seguir mis ideales, por hacer que en el transcurso de todo este tiempo nunca me falte nada, sobre todo amor y cariño, gracias por depositar toda esa confianza en mi y por sentirse orgullosos de quien soy. Y en si gracias a todas quienes considero parte de familia por su apoyo, cariño y por creer en mi, sin todos ellos el cumplimiento de este objetivo hubiese sido realmente imposible.

Un agradecimiento especial a mis hermanos con quienes compartí momentos realmente inolvidables, por permitir conocerlos un poco más pero sobre todo por hacerme sentir ese calor de hogar a la distancia, y aquellas personas que me demostraron su amistad sincera durante todo este tiempo.

A la persona que en los últimos dos años estuvo incondicionalmente a mi lado, quien me ayudo a crecer, a ver las cosas diferentes, y a caminar junto a mí, por su amor y apoyo, y sobre todo por querer siempre lo mejor para mí, gracias a ti Abby, gracias por ser quien eres.

Jorge Luis

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
CERTIFICADO.....	iv
CERTIFICACIÓN	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN	xix
PRESENTACIÓN.....	xxi

CAPITULO 1

I. MARCO TEÓRICO	1
1.1. GENERALIDADES.....	1
1.1.1. RALLY: INICIOS	1
1.1.2. HISTORIA DE LOS BUGGIES.....	2
1.2. REGLAMENTACIÓN SAE.	2
1.2.1. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO	2
1.2.1.1. Objetivo de diseño del vehículo.	2
1.2.1.2. Configuración del vehículo.....	3
1.2.1.3. Dimensiones máximas del vehículo.	3
1.2.1.4. Capacidad de todo terreno.....	3
1.2.1.5. Puntos para grúas.....	3
1.2.1.6. Punto de alzada frontal.	4
1.2.1.7. Caja de vuelco.	4
1.3.REGLAMENTACIÓN FAU.	5
1.3.1 FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA - DESCRIPCIÓN Y COMPETENCIA.....	5
1.3.1.1.Objetivo de la competencia de la Fórmula Automovilística Universitaria	5
1.3.1.2.Objetivos de diseño de vehículo	5
1.3.2.DISEÑO	6
1.3.2.1.Requerimientos generales de diseño.....	6
1.3.2.1.1.Carrocería y Estilo.....	6

1.3.2.1.2. Distancia entre ejes y configuración del vehículo.....	6
1.3.2.1.3. Trocha del vehículo.....	6
1.3.2.1.4. Acceso visible	7
1.3.2.1.5. Peso.....	7
1.3.2.2. Reglas del chasis.....	7
1.3.2.2.1. Distancia al piso.....	7
1.3.3. REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES	8
1.3.3.1. Definiciones.....	8
1.3.3.2. Requerimientos mínimos de materiales	9
1.3.3.2.1. Material base acero.....	9
1.3.3.2.2. Alternativas en tubos y materiales	9
1.3.3.3. Barra antivuelco	10
1.3.3.4. Requerimientos generales del arco principal y frontal.....	10
1.3.3.4.1. Arco principal	11
1.3.3.4.2. Arco frontal.....	11
1.3.3.5. Soportes de los arcos.....	12
1.3.3.5.1. Soportes del arco principal.....	12
1.3.3.5.2. Soporte del arco frontal.....	12
1.3.3.6. Otros requisitos de los soportes.....	13
1.3.3.7. Estructura de impacto frontal	13
1.3.3.8. Atenuadores de impacto	13
1.3.3.9. Elementos no deformables.....	13
1.3.3.10. Carrocería delantera	14
1.3.3.11. Estructura de impacto lateral.....	14
1.3.3.12. Protecciones laterales.....	14
1.3.4. CARTA DE HOMOLOGACIÓN	15
1.4. CHASIS.....	16
1.4.1. CHASIS TUBULAR.....	16
1.4.2. CARROCERÍA.....	16
1.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	17
1.5.2. CRITERIOS DE RIGIDEZ.....	18
1.5.1.1. Rigidez axial.....	19
1.5.1.2. Rigidez flexional.....	19
1.5.1.3. Rigidez torsional.....	20
1.6. CRITERIOS DE ESPACIO.....	21

1.7.CRITERIOS DE ESTABILIDAD	21
------------------------------------	----

CAPITULO 2

II.- SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO PREVIO DEL MODELO DE CHASIS TUBULAR.	23
2.1.-CARACTERÍSTICAS GENERALES	23
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL TREN DE POTENCIA.....	24
2.2.1. MOTOR.....	24
2.2.1.1 Curvas de funcionamiento del motor.....	26
2.2.2. TRANSMISIÓN.	26
2.2.2.1. Caja de Cambios.....	26
2.2.2.2 Características del sistema de transmisión por cadena	27
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	28
2.4.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE FRENOS.....	30
2.5. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.	30
2.6. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGURIDAD.....	31
2.6.1. CARROCERÍA DE SEGURIDAD.	32
2.6.2. ZONAS DE ABSORCIÓN DE IMPACTO.	32
2.6.3. CINTURÓN DE SEGURIDAD.	33

CAPITULO 3

III. DISEÑO COMPUTACIONAL DEL CHASIS TUBULAR	34
3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	34
3.1.1. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO	34
3.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS QUE SOPORTA EL CHASIS.	35
3.2.1. ACELERACIÓN MÁXIMA	35
3.2.1.1 Aceleración longitudinal	35
3.2.1.2. Fuerza de inercia del piloto en los amarres del asiento	37
3.2.1.3. Fuerza de inercia del chasis en aceleración maxima.	37
3.2.2. FRENADA BRUSCA	39
3.2.2.1. Inercia del piloto en los amarres del asiento.	39
3.2.2.2. Fuerza de inercia en el chasis en frenada brusca.	40
3.2.2.3. Transferencia longitudinal del peso debido a la desaceleración.	40
3.2.3. CURVAS	41

3.2.3.1. Curva sin peralte.	41
3.2.3.2. Curva con peralte.	43
3.2.3.3. Fuerza de inercia del piloto en los amarres del asiento	45
3.2.3.4. Fuerza de inercia del chasis en curva	45
3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CHASIS CON LOS SOPORTES PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS.	46
3.4. MODELIZACIÓN EN SOLID WORKS DEL CHASIS.	48
3.4.1. CROQUIS DEL CHASIS.	49
3.4.2. CONSTRUCCIÓN MIEMBRO ESTRUCTURAL.	51
3.5. APLICACIÓN DE CARGAS EN EL CHASIS.....	53
3.6. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CHASIS MEDIANTE COSMOSWORKS DESIGNER	55
3.6.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE COSMOSWORKS	55
3.6.2. VENTAJAS DEL ANÁLISIS.....	56
3.6.3 SECUENCIA DE CÁLCULOS UTILIZADA POR COSMOSWORKS DESIGNER	56
3.6.4. ANÁLISIS ESTÁTICO	57
3.6.5. MIEMBROS ESTRUCTURALES – VIGAS.....	57
3.6.6. ANÁLISIS DEL CHASIS.....	58
3.6.6.1. Crear un estudio.....	59
3.6.6.2. Tratar los miembros estructurales como vigas y definir el material.	59
3.6.6.3. Definición de Juntas.	60
3.6.6.4. Especificar restricciones y cargas.	60
3.6.6.5. Mallado y Ejecución del Estudio.....	61
3.6.7. ESTUDIO DE APLICACIÓN DE CARGAS LATERALES.	62
3.6.7.1 Análisis de Resultados.	63
3.6.8. ESTUDIO DE APLICACIÓN DE CARGAS LONGITUDINALES.	70
3.6.8.1 Análisis de Resultados.....	70
3.6.9. ESTUDIO DE APLICACIÓN DE VERTICALES.	76
3.6.9.1 Análisis de Resultados.....	76
3.6.10. FACTOR DE SEGURIDAD.	82
3.7. ENSAMBLAJE DEL BUGGY CON TODOS SUS SISTEMAS EN SOLIDWORKS.....	83
3.7.1. ADAPTACIÓN DE BASES AL CHASIS.	83
3.7.2. MODELIZACIÓN DEL BASTIDOR PARA EL TREN DE POTENCIA.....	84
3.7.3. MODELIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.....	86

3.7.4. MODELIZACIÓN SISTEMA DE DIRECCIÓN.	87
3.7.5. MODELIZACIÓN SISTEMAS DE SEGURIDAD.	89
3.7.5.1 Estudio de los Atenuadores de Impacto.	89
3.7.6. MODELIZACIÓN CARROCERÍA.	91
3.8. ESTUDIO Y ANÁLISIS AERODINÁMICO DEL BUGGY EN COSMOS FLOWWORKS.	93

CAPITULO 4

IV. CONSTRUCCION Y MONTAJE CHASIS TUBULAR	96
4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN	96
4.1.1. DIAGRAMA DE PROCESOS.	97
4.2.1. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO	98
4.2.2. MARCADO DEL TUBO	98
4.2.3. CORTE POR ACERRADO.	99
4.2.4. PREPARACIÓN DE LOS TUBOS ANTES DE SOLDAR.	100
4.2.5. CURVADO DE TUBOS.	101
4.2.6. SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA.	102
4.2.6.1. Características de las maquinas de soldar GMAW utilizada.	102
4.2.6.2. Selección del electrodo y condiciones de soldado.	103
4.2.6.3. Posiciones a soldar y secuencias de soldadura.	104
4.2.6.4. Uniones soldadas.	105
4.2.6.4.1. Soldadura de penetración parcial con bisel en v sencilla, soldada en un solo lado.	105
4.2.6.4.2. Soldadura en T, de doble chaflán:	106
4.2.6.4.3. Soldadura de bisel sencillo, soldada en ambos lados, con el ángulo de desviación no menor de 45°.	106
4.3. ARMADA DEL CHASIS.	107
4.4. CONTROL DE CALIDAD.	109
4.4.1. VERIFICACIÓN DE SOLDADURAS.	110
4.5. MONTAJE DEL TREN DE POTENCIA.	111
4.6. MONTAJE DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.	113
4.7. MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS.	115
4.8. MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN	117
4.9. MONTAJE DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD.	120
4.10. MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.	121

4.11. FABRICACIÓN DE LA CARROCERÍA.....	122
4.11.1. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	123
4.12. PROCESO DE PINTURA.....	125
4.12.1. EQUIPO BÁSICO Y MAQUINARIA UTILIZADA.	125
4.12.1.1. Pistolas de Pintado.....	125
4.12.1.2. Lijadora Rotobital.	125
4.12.2. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.	125
4.12.2.1. Lavado y Desengrasado.	126
4.12.2.2. Masillado.	126
4.12.2.3. Aparejo.....	127
4.12.2.4. Lijado.....	128
4.12.2.5. Enmascarado.	128
4.12.3. PINTURA	129
4.12.3.1. Verificaciones Previas.....	129
4.12.3.2. Posición de la pistola con respecto a la superficie a pintar.	129
4.12.3.3. Pintura al agua, Proceso de pintado del Chasis Tubular.....	130
4.12.4. PROCESO DE PINTURA; CARROCERÍA.....	131
4.12.5. CONTROL DE CALIDAD DE PINTURA Y ACABADOS	131
4.13. PRUEBAS DE CAMPO.	132

CAPITULO 5

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
5.1. CONCLUSIONES.	136
5.2. RECOMENDACIONES.	138
BIBLIOGRAFÍA.	140

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Fig. 1. 1 Requerimientos del arco frontal y principal.	10
Fig. 1. 2 Protecciones Laterales.....	15
Fig. 1. 3 Ejemplo de un chasis tubular utilizado para competencia.....	16
Fig. 1. 4 Estudios aerodinámicos realizados en una carrocería.....	17

CAPITULO 2

Fig. 2. 1 Motor KZ550 (Esquema de sus partes internas).....	25
Fig. 2. 2 Diagrama apertura y cierre de válvulas Motor KZ 550	26
Fig. 2. 3 Foto e Imagen de un tramo de Cadena de Rodillo.....	27
Fig. 2. 4 Sistema de suspensión independiente.....	29
Fig. 2. 5 Bomba de doble tándem	30
Fig. 2. 6 Mecanismo de cremallera.	31
Fig. 2. 7 Jaula de seguridad de un automovil.....	32
Fig. 2. 8 Zonas de absorción de impactos de un vehiculo parte frontal.	32
Fig. 2. 9 Cinturón de seguridad de cuatro arneses utilizados en los autos de competición.....	33

CAPITULO 3

Fig. 3. 1 Diseño Geométrico previo del Chasis	46
Fig. 3. 2 Bosquejo Chasis Tubular	47
Fig. 3. 3 Diseño a mano Buggy Monoplaza.	48
Fig. 3. 4 Método de elementos finitos utilizado por SolidWorks.	49
Fig. 3. 5 Croquis 3D.	49
Fig. 3. 6 Croquis 3D en construcción del Chasis Tubular.	50
Fig. 3. 7 Croquis 3D terminado, incluido cotas.....	51
Fig. 3. 8 Croquis 3D terminado.	51
Fig. 3. 9 Construcción Miembro Estructural.	52
Fig. 3. 10 Chasis Tubular terminado con sus dimensiones principales.....	53
Fig. 3. 11 Infograma de las Funciones de CosmosWorks.....	55
Fig. 3. 12 Modelado de un miembro estructural.....	58
Fig. 3. 13 Pasos para crear un estudio de tipo estático.	59
Fig. 3. 14 Edición de Juntas para el Estudio.	60
Fig. 3. 15 Ejemplo de Aplicación de Fuerzas y Restricciones.....	61
Fig. 3. 16 Mallado y Visualización de Resultados.	62
Fig. 3. 17 Aplicación de cargas laterales en el chasis.....	63
Fig. 3. 18 Adaptación de Bases al Chasis para los elementos a ser instalados....	84
Fig. 3. 19 Elementos principales del Tren de Potencia.	85
Fig. 3. 20 Tren de potencia.	86
Fig. 3. 21 Sistema de Suspensión.....	87
Fig. 3. 22 Sistema de Dirección.	88
Fig. 3. 23 Buggy con sus diferentes sistemas.	88

Fig. 3. 24 Estudio de los Absorbedores de Impacto.....	90
Fig. 3. 25 Buggy con sus Sistemas de Seguridad.....	90
Fig. 3. 26 Carrocería	91
Fig. 3. 27 Vista Trimétrica modelo terminado.....	92
Fig. 3. 28 Vista Posterior Buggy.....	92
Fig. 3. 29 Secuencias de flujo de aire por la carrocería.	95

CAPITULO 4

Fig. 4. 1 Acero estructural tubular.	96
Fig. 4. 2 Marcación de un tubo.....	99
Fig. 4. 3 Corte por aserrado	99
Fig. 4. 4 Tipo de uniones para soldar tubos.	100
Fig. 4. 5 Maquina dobladora de tubos utilizada en el proyecto.	101
Fig. 4. 6 Doblado de tubos por presión.	101
Fig. 4. 7 Máquina de soldadura GMAW utilizada.	102
Fig. 4. 8 Soldadura circular a 360°	104
Fig. 4. 9 Soldadura circular a 180°.....	104
Fig. 4. 10 Soldadura vertical ascendente.	105
Fig. 4. 11 Soldadura horizontal.	105
Fig. 4. 12 Unión a tope sencilla en v	105
Fig. 4. 13 Unión en T doble chaflán.	106
Fig. 4. 14 Unión de bisel sencillo con ángulo de desviación.	106
Fig. 4. 15 Arco principal y base principal del chasis.....	107
Fig. 4. 16 Base frontal y arco frontal.	108
Fig. 4. 17 Parte delantera del chasis.....	108
Fig. 4. 18 Refuerzos elaborados en el chasis.	109
Fig. 4. 19 Fallas en la soldadura	110
Fig. 4. 20 Construcción de bastidor para el tren de potencia.	111
Fig. 4. 21 Montaje del Eje en el Bastidor para el Tren de Potencia.....	112
Fig. 4. 22 Ensamblaje total del Tren de Potencia.....	113
Fig. 4. 23 Sistema de Suspensión Delantera Independiente a ser instalada	114
Fig. 4. 24 Sistema de Suspensión delantera del Buggy.....	114
Fig. 4. 25 Instalación de Sistema de Suspensión Trasera.	115
Fig. 4. 26 Circuito Hidráulico a ser instalado en el vehículo.....	116
Fig. 4. 27 Montaje de la bomba y pedal de freno	116
Fig. 4. 28 Sistema de Frenos instalado tanto en la parte delantera como en la trasera.....	117
Fig. 4. 29 Sistema de Dirección Fiat Uno.....	118
Fig. 4. 30 Fijación de la barra de dirección.	118
Fig. 4. 31 Corrección del mecanismo de cremallera	119
Fig. 4. 32 Fijación del Mecanismo de Cremallera.	119
Fig. 4. 33 Buggy con sus principales sistemas y protecciones laterales de seguridad.	120
Fig. 4. 34 Instalación de los absorbedores de impacto.	120
Fig. 4. 35 Base para los sistemas eléctricos del motor	121
Fig. 4. 36 Bases para los faros delantero y posterior.	121
Fig. 4. 37 Tablero de Control del Buggy.....	122

Fig. 4. 38 Muestra de fibra de vidrio.....	123
Fig. 4. 39 Molde de la carrocería en cartón.....	123
Fig. 4. 40 Carrocería en fibra de vidrio terminada.....	124
Fig. 4. 41 elementos para la preparación de la masilla	126
Fig. 4. 42 Proceso de masillado.....	127
Fig. 4. 43 Aplicación de pintura de fondo (aparejo	127
Fig. 4. 44 Etapas de lijado.....	128
Fig. 4. 45 Enmascarado de algunas partes del Vehículo.....	129
Fig. 4. 46 Forma correcta de pintar. Obsérvese que la pistola se mantiene siempre en posición perpendicular y siempre a la misma distancia de la superficie que se pinta.....	130
Fig. 4. 47 Proceso de Pintura al Agua del Chasis Tubular	130
Fig. 4. 48 Proceso de pintura.....	131
Fig. 4. 49 Vehículo terminado.....	132
Fig. 4. 50 Sustitución de rotulas inferiores.....	135

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 2

Tabla 2. 1 Características de los amortiguadores seleccionados	29
Tabla 2. 2 Características de las partes seleccionadas	29

CAPITULO 3

Tabla 3. 1 Propiedades Físicas Chasis Tubular.....	54
--	----

CAPITULO 4

Tabla 4. 1 Características técnicas K14020-1.....	102
Tabla 4. 2 Condiciones de soldado para proceso GMAW.....	103

RESUMEN

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, diferenciándose dos etapas importantes durante la ejecución de este proyecto: la parte inicial como la modelización y análisis del chasis mediante la ayuda de paquetes informáticos, y en una segunda parte la fase de construcción en la que utiliza todos los conocimientos adquiridos en las diferentes áreas de la ingeniería automotriz.

Este trabajo cuenta con cinco capítulos desde la fase desde la fase de normativa hasta llegar a tener las conclusiones una vez llegado a finalizar la fase de construcción y pruebas y los cuales se detallan a continuación:

En el capítulo I tenemos el marco teórico con todas las reglamentaciones de construcción de este tipo de vehículos así como también conceptos básicos propios de un análisis estructural, que posteriormente servirán para comprender los resultados obtenidos durante la fase de estudio.

El capítulo II describe todos los sistemas que poseerá el vehículo, estos son: tren de potencia, sistemas de suspensión, frenos, dirección, seguridad, de los cuales se habla de su funcionamiento, ventajas, desventajas y la razón por las cuales estos fueron elegidos, todo esto siempre basándose en lo estipulado por la FAU.

El diseño computacional del chasis está presente en el capítulo III; siendo este el más importante del trabajo, se realiza cálculos de los diferentes parámetros de diseño seguidamente se realiza un bosquejo del chasis para luego modelizar mediante solid Works, en este modelo se aplican las cargas calculadas en el inicio de este capítulo, para finalmente realizar un ensamblaje con todos los sistemas

que posee el vehículo, obteniendo en esta parte del proceso en esta parte los planos y un modelo en tres dimensiones del vehículo a construir.

El capítulo IV se enfoca al proceso de fabricación, basándose en los planos generados en el capítulo anterior, así como la descripción del montaje de todos los sistemas, trata además los procesos de pintura utilizados en este proyecto, para finalmente realizar las diferentes pruebas de campo y corregir los defectos producidos.

En el último capítulo se lleva a obtener las conclusiones una vez llegado a culminar con todas las etapas de diseño y fabricación y las recomendaciones para la elaboración de este tipo de vehículos.

PRESENTACIÓN.

El objetivo de este proyecto es el de establecer un método de cálculo que permita diseñar un chasis tubular de un coche de una manera en la que se puedan controlar los parámetros que conciernen al diseño para poder obtener un chasis lo más ligero, resistente y económico posible, todo ello teniendo en cuenta el presupuesto limitado.

En primer lugar es necesario saber cuándo se puede dar por válido un chasis en cuanto a su resistencia. Para ello es imprescindible conocer los criterios que utilizan los diseñadores de chasis tubulares en diferentes competiciones como pueden ser la formula SAE/ student, y la formula automovilística universitaria FAU, proyecto pionero en nuestro país y que fue el punto de partida para el desarrollo del proyecto

En la actualidad no hay una normativa específica sobre como diseñar chasis tubulares y no nos referimos a normas de competición sino el estudio se centra exclusivamente al diseño y análisis con cargas aplicadas estáticas aplicadas en el chasis.

Una vez que ya se conocen los límites que no deben sobrepasar hay que decidirse por las herramientas de cálculo que deben utilizarse. La teoría de elementos finitos es la ideal ya que la geometría mediante el software utilizado fue sencilla de obtener. Complementando con esto se ha utilizado estudios basados en diversas investigaciones y la experiencia, para comprobar si las barras se pandean y si las uniones soldadas resisten o no.

Con todo anteriormente expuesto se presenta el proyecto **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CHASIS TUBULAR MONOPLAZA TIPO BUGGY PARA LA PARTICIPACION DE LA ESPE-L EN LA FORMULA**

AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA” cuyos objetivos principales están de vincular a la universidad con la FAU. Ya que la Escuela Politécnica de Ejército al ser pionera y al llevar la vanguardia dentro de la Ingeniería Automotriz no podría pasar por alto la oportunidad de demostrar su alto nivel de investigación, y de la formación de líderes.

Además el proyecto trata de dar aplicaciones teóricas como practicas de todo los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera universitaria. Y siendo además una aplicación real del paquete solid Works, siendo dicho software uno de los más utilizados e imprescindibles en el diseño mecánico.

Además este proyecto pretende colaborar con la formación de futuros profesionales ya que se sumara al equipo de investigación que posee la universidad, y que servirá para impulsar y generar tecnología para el desarrollo de la industria automovilística de este país.

I. MARCO TEÓRICO.

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. RALLY: INICIOS

Desde que se inventó el motor a combustión (e incluso antes), vienen desarrollándose competencias para determinar quién tiene la mayor capacidad para controlar los vehículos, ya sea en velocidad, destreza, manejo por rutas difíciles.

La historia del rally se remonta al año 1977, cuando la FIA (Federación Mundial de Automovilismo) ya llevaba más de veinte años funcionando. A partir de este año se organizó la primera competencia en Italia la cual contemplaba terrenos bastante irregulares que salían de las carreteras. Fue en 1979 cuando finalmente se utilizó el término “Rally” para identificar este tipo de disciplina automovilística. Este mismo año se creó el primer Campeonato Mundial de Rally, especialidad exclusivamente diseñada para circuitos mixtos y terrenos de alta dificultad.

Estos rallies consisten en carreras disputadas en carreteras o caminos cerrados al tránsito. Es una de las pocas disciplinas automovilísticas que no se disputan en circuitos cerrados. También, es característica la impredecibilidad natural del circuito y de las carreras.

Aunque existe alguna prueba que permite el uso de motos, los rallyes son una especialidad específica del automóvil tal como establece la FIA en sus

formas. Pruebas como el Dakar admiten motos, pero se engloban en la categoría de Raids.

1.1.2. HISTORIA DE LOS BUGGIES.

Inicialmente, los vehículos eran fabricados a nivel personal como "hobby" durante el fin de semana. Estos, se diseñaban individualmente en garajes particulares sobre un modelo de coche ya comercializado en el mercado. Principalmente, eran conducidos por las largas playas de la costa del Pacífico durante los fines de semana.

A partir de 1970, se forman los primeros clubes para competir 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 obtenidas de los tractores de aquella época. Adicionalmente, se emplearon filtros de aires sobredimensionados y amortiguadores más robustos y de largo recorrido.

1.2. REGLAMENTACIÓN SAE.

1.2.1. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO

1.2.1.1. Objetivo de diseño del vehículo.

El diseño del vehículo deberá ser atractivo para los constructores y/o propietarios por su apariencia visual, rendimiento y confiabilidad y fácil operación y mantenimiento. Deberá ser fabricado de una manera predominante y con

herramientas de maquina estándar. La operación segura debe ser una consideración esencial en su diseño.

1.2.1.2. Configuración del vehículo

El vehículo deberá tener cuatro ruedas o más en línea recta. Los vehículos de 3 llantas están prohibidos para competición. El vehículo debe ser capaz de ocupar a una persona de 1.90 centímetros (6'3") y 113 Kg (250 libras) de peso.

1.2.1.3. Dimensiones máximas del vehículo.

Ancho: 162 cm (64 Pulg.) es el punto más ancho entre sus llantas apuntando hacia afuera en altura de paseo estático.

Largo: no restringido

1.2.1.4. Capacidad de todo terreno.

El vehículo debe ser capaz de poseer una operación segura sobre terrenos duros incluyendo obstrucciones tales como rocas, tierras, troncos, inclinaciones altas, lodo y agua en cualquiera o de todas sus combinaciones y en cualquier tipo de clima incluyendo lluvia nieve y hielo. El vehículo debe tener limpieza del suelo y tracción adecuados. Los vehículos que compiten en competencia de agua Baja SAE requieren flotación y propulsión de agua.

1.2.1.5. Puntos para grúas.

Cada vehículo debe tener puntos para ser levantados por grúas al frente y en la parte posterior a lo largo de su línea central longitudinal, cuando están en

uso los platos deben estar rígidamente ajustados al marco principal del vehículo los platos ajustables re posicionales son permitidos.

NOTA: los puntos de la grúa son requerimientos para eventos de competición y recuperación de vehículos.

1.2.1.6. Punto de alzada frontal.

El punto de alzada frontal debe ser un guardachoque frontal tubular lo suficientemente fuerte para levantar el peso de un carro sin deformación permanente y tener un máximo de diámetro exterior de 25.4 mm (1 pulg.) a cada eje.

1.2.1.7. Caja de vuelco.

El propósito de la caja de vuelco es proveer un espacio tridimensional mínimo que rodea al conductor. La caja debe ser diseñada y fabricada para prevenir cualquier falla de la integridad de la caja.

La caja debe ser lo suficientemente grande para:

1. El casco del conductor debe estar 15.2 cm (6 in) lejos del borde recto aplicado a cualquiera de los dos puntos en la cabina del carro excluyendo el asiento del conductor y los apoyos de seguridad del conductor.
2. El torso del conductor, rodillas, hombros, codos, manos y brazos deben tener un mínimo de 7.62 cm (3 in) de claridad del sobre creado por la estructura del carro.

1.3. REGLAMENTACIÓN FAU.

1.3.1 FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA - DESCRIPCIÓN Y COMPETENCIA.

1.3.1.1. Objetivo de la competencia de la Fórmula Automovilística Universitaria

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

1.3.1.2. 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, frenado, 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 mejor resuelva estas metas e intentos. Cada diseño será probado en la competencia, comparado y juzgado con otros diseños determinando el mejor coche.

1.3.2. DISEÑO

1.3.2.1. Requerimientos generales de diseño.

1.3.2.1.1. Carrocería y Estilo

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

1.3.2.1.2. Distancia entre ejes y configuración del vehículo

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

1.3.2.1.3. Trocha del vehículo

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

1.3.2.1.4. Acceso visible

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

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

1.3.2.1.5. Peso.

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

1.3.2.2. Reglas del chasis

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

Longitud: 2.600mm.

Ancho: 1.600mm.

Altura: 1.400mm.

1.3.2.2.1. 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.

1.3.3. REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES

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

1.3.3.1. Definiciones.

Las siguientes definiciones aplican a lo largo del reglamento:

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

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

Barra contra vuelco.- Los dos el arco principal y arco frontal son clasificados como barra contra vuelco

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

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

Estructura principal.- La estructura principal está compuesta por los siguientes elementos: 1) Arco principal, 2) Arco frontal, 3) barras contra vuelco, 4) Protecciones laterales, 5) Refuerzo frontal, 6) Sistema de refuerzos frontales y 7)

todos los elementos, guías y soportes que transfieran carga del sistema de protección del piloto a los elementos desde el 1 al 6.

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

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

1.3.3.2. Requerimientos mínimos de materiales

1.3.3.2.1. 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 siguiente tabla.

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

1.3.3.2.2. 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 cumplen con el mínimo de resistencia de los tubos especificados

1.3.3.3. 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

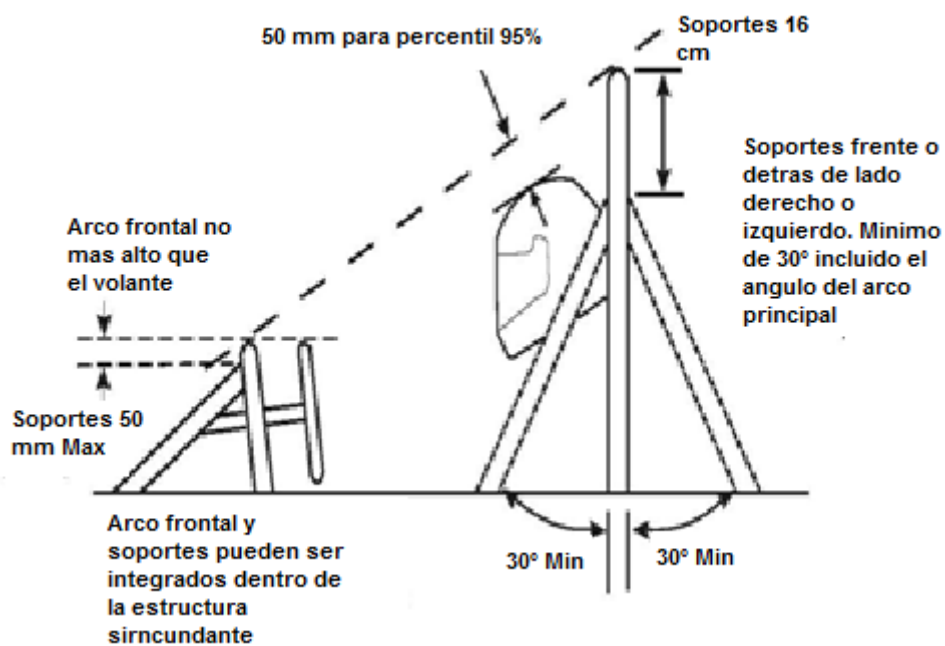


Fig. 1. 1 Requerimientos del arco frontal y principal.

1.3.3.4. Requerimientos generales del arco principal y frontal

Con el piloto sentado y normalmente y colocado los sistemas de fijación, una línea recta desde la parte superior del arco principal a la parte superior del arco frontal debe dejar un espacio libre de 50mm, las dimensiones del piloto y el

casco de todos los pilotos del equipo deben ser dimensionados basándose el hombre 95%.

1.3.3.4.1. 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 los requerimientos mínimos de materiales

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

El arco principal se extiende desde la parte baja de la estructura, sube hasta la parte más alta y vuelve a descender hasta la parte baja de la estructura. El arco principal debe tener una inclinación dentro de 10° de la vertical.

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

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

1.3.3.4.2. Arco frontal

El arco frontal debe ser construido por una sección de tubo cerrado como los indicados en los requerimientos mínimos de materiales

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.

1.3.3.5. Soportes de los arcos.

1.3.3.5.1. Soportes del arco principal

Los soportes del arco principal constituyen un segmento de tubo especificado se indica en los requerimientos mínimos de materiales.

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 mas alejada del bastidor

1.3.3.5.2. Soporte del arco frontal

Los soportes del arco frontal se deberán construir del material especificado en los requerimientos mínimos de materiales

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.

1.3.3.6. 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.

1.3.3.7. 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.

1.3.3.8. Atenuadores de impacto

Son elementos 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.

1.3.3.9. Elementos no deformables

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

1.3.3.10. 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.

1.3.3.11. Estructura de impacto lateral

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

1.3.3.12. Protecciones laterales

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

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

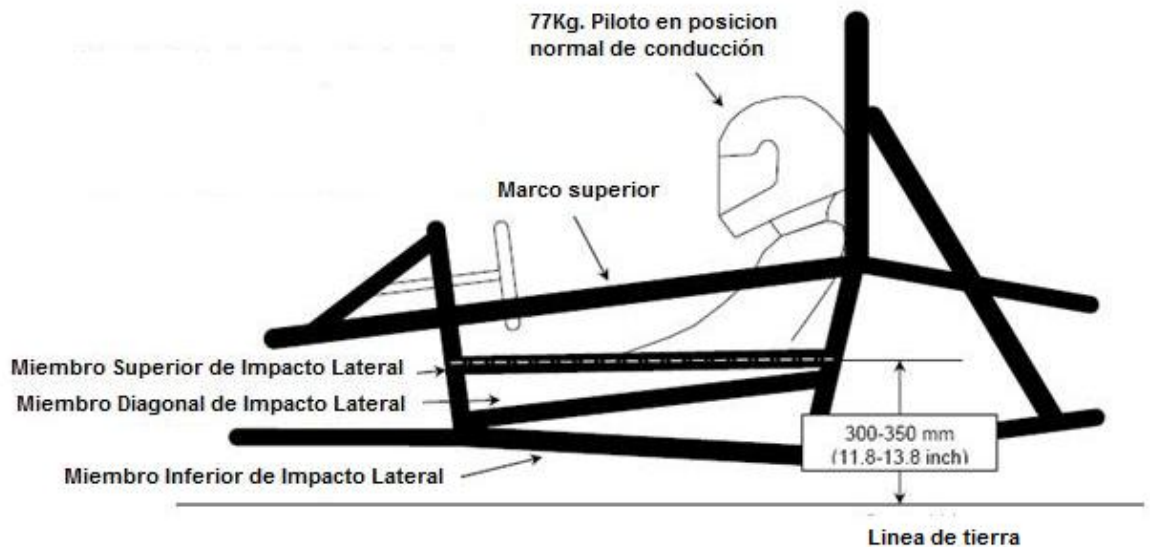


Fig. 1. 2 Protecciones Laterales

1.3.4. CARTA DE HOMOLOGACIÓN

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

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

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

1.4. CHASIS

1.4.1. CHASIS TUBULAR.

La carrocería tubular o superleggera ("superligera" en italiano), es un tipo de carrocería utilizado en vehículos clásicos deportivos de mediados del siglo XX. Fue creada por el carrocerero italiano Touring en 1937.

Esta técnica utiliza como estructura del vehículo una red de finos tubos metálicos soldados, recubierta después con láminas metálicas, frecuentemente de metales tales como aluminio o magnesio.

Esta técnica consigue una carrocería de gran rigidez y resistencia con muy poco peso.



Fig. 1. 3 Ejemplo de un chasis tubular utilizado para competencia.

1.4.2. CARROCERÍA.

Las carrocerías forman un cuerpo central de gran rigidez para alojar a los pasajeros, protegido por dos cuerpos (el delantero y el trasero), capaces de absorber por deformación gran parte de la energía desarrollada en un choque, en lugar de transmitirla directamente al conductor y los pasajeros.

Además su construcción debe ofrecer la mínima resistencia al avance debiendo vencer resistencias tanto al rozamiento como a la forma, para reducir consumo de combustible y aumentar prestaciones, por lo que su diseño se las ensaya en túneles aerodinámicos (Fig.1.4). Otra de las características tenidas en cuenta por los fabricantes es su visibilidad panorámica utilizando luna de parabrisas redondeados.

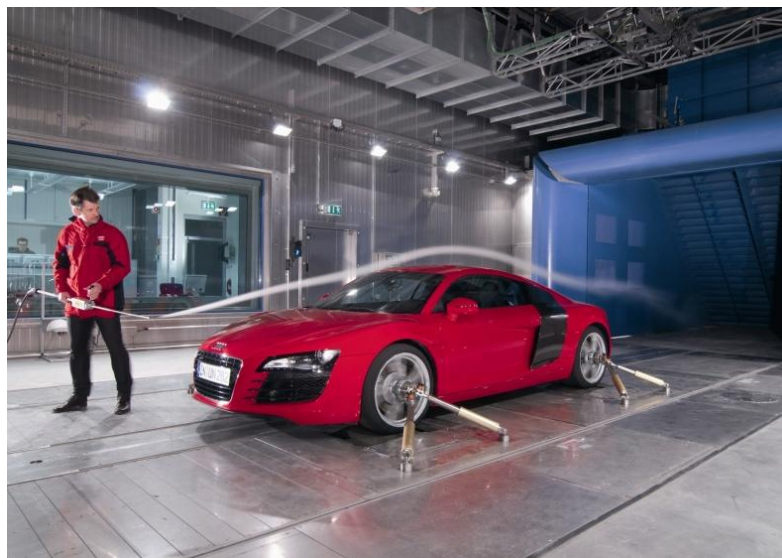


Fig. 1. 4 Estudios aerodinámicos realizados en una carrocería.

1.5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

Para resolver un problema de análisis estructural es necesario hacer tanto un estudio matemático, para determinar las cargas y esfuerzos que afectan a la estructura, como un estudio computacional, para determinar el material a utilizar en la construcción de la estructura así como sus dimensiones.

En este trabajo nos centraremos exclusivamente en el análisis computacional, con el cual obtendremos los valores que nos indicarán si efectivamente el sistema de vigas puede resistir los esfuerzos a los que está sometido, además de determinar la deformación física que pudiera sentir a raíz de esos esfuerzos.

Para esto realizaremos el estudio por elementos finitos mediante el software Solid Works, para la modelización de la estructura, y Cosmos Works, para el análisis estructural de la misma

Para dicho análisis nos basaremos en criterios como rigidez, peso y espacio, estabilidad, hipótesis de carga, además de cumplir los requerimientos propuestos en el reglamento de la FAU.

1.5.2. CRITERIOS DE RIGIDEZ.

En ingeniería, la rigidez es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.

Los coeficientes de rigidez son magnitudes físicas que cuantifican la rigidez de un elemento resistente bajo diversas configuraciones de carga. Normalmente las rigideces se calculan como la razón entre una fuerza aplicada y el desplazamiento obtenido por la aplicación de esa fuerza.

$$K_i = \frac{F_i}{\delta_i}$$

Donde:

K_i = Rigidez

F = Fuerza aplicada

δ_i = Desplazamiento obtenido por la aplicación de la fuerza.

Para barras o vigas como es el caso de nuestro estudio se habla así de rigidez axial, rigidez flexional, rigidez torsional o rigidez frente a esfuerzos cortantes, etc.

1.5.1.1. Rigidez axial

La rigidez axial de un tubo, como por ejemplo una viga o un pilar es una medida de su capacidad para resistir intentos de alargamiento o acortamiento por la aplicación de cargas según su eje. En este caso la rigidez depende sólo del área de la sección transversal (A), el módulo de Young del material del tubo (E) y la longitud (L) de la siguiente manera:

$$K_{ax} = \frac{EA}{L}$$

1.5.1.2. Rigidez flexional

La rigidez flexional de un tubo es la relación entre el momento flector aplicado en uno de sus extremos y el ángulo girado por ese extremo al deformarse el tubo está empotrada en el otro extremo.

Esta rigidez viene dada:

$$K_{flex,y} = \frac{EI_y}{L} \qquad K_{flex,z} = \frac{EI_z}{L}$$

Donde:

I_z, I_y son los segundos momentos de área de la sección transversal del tubo.

$$I_y = I_z = \frac{M}{48} (3d_o^2 + 3d_i^2 + 4l^2)$$

Donde:

M = Momento flexionante

d_o = Diámetro interno

d_i = Diámetro externo

l = Longitud del tubo

1.5.1.3. Rigidez torsional

La rigidez torsional de un tubo de sección uniforme es la relación entre el momento torsor aplicado en uno de sus extremos y el ángulo girado por este extremo, al mantener fijo el extremo opuesto del tubo:

$$K_{tors} = \frac{GJ}{L}$$

$$J = \frac{\pi}{32}(d_o^4 + d_i^4)$$

Donde:

G = El módulo de elasticidad transversal

J = Momento de inercia torsional

d_o = Diámetro interno

d_i = Diámetro externo

L = La longitud del tubo.

1.6. CRITERIOS DE ESPACIO.

En el diseño del chasis y para determinar las necesidades de espacio que va a tener el mismo vamos a tomar en cuenta la regla del percentil 95%. El percentil quiere decir que el 95% de los hombres es de tamaño menor que este modelo y que solo es 5% es mayor.

1.7. CRITERIOS DE ESTABILIDAD

En un vehículo se dice que se tiene una buena estabilidad cuando el mismo mantiene su trayectoria a pesar de que existen fuerzas perturbadoras que tienden a desviarlo, reaccionando de tal forma que se mantiene en la trayectoria impuesta por el sistema de dirección.

Para conseguir una mayor estabilidad se requiere que el centro de gravedad quede lo más bajo posible con respecto al suelo y procurando dar el mayor ancho de vía adecuado a las características del vehículo.

También con el mismo fin se eligió un sistemas de suspensión con una dureza determinada para que resultando confortable tengan la suficiente rigidez para oponerse a los balanceos de la carrocería. También un punto muy importante a considerar es el diámetro de las ruedas, teniendo en cuenta que ha mayor tamaño del neumático corresponde un mayor confort de rodadura.

El peso total del vehículo y sus dimensiones también ejercen influencia sobre su estabilidad; ya que ha mayor peso corresponde mayor fuerza centrífuga en las curvas y lo que hace es aumentar el empuje que tiende a sacarlo de su trayectoria.

La carrocería también influye en la estabilidad del vehículo sobre todo cuando se aplica la acción del viento lateral; por esta causa, la forma de las carrocerías, además de responder a estudios referentes a la penetración de la marcha se diseña para reunir las máximas condiciones de estabilidad.

II.- SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO PREVIO DEL MODELO DE CHASIS TUBULAR.

2.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES

El vehículo a construir en base a lo establecido en el reglamento de la Formula Automovilística Universitaria, y basándose en criterios y buenas prácticas de ingeniería, posee las siguientes características:

Chasis Tubular monoplaza.

Dimensiones Aproximadas.

- ✓ Longitud: 2.500mm.
- ✓ Ancho: 1.600mm.
- ✓ Altura: 1.400mm.

Mismas que están dentro de las establecidas por el reglamento y las cuales deberán variar dentro de un cierto rango en el momento de realizar la construcción y montaje de componentes y sistemas.

- Sistema de suspensión independiente y sistema de frenos con disco a las cuatro ruedas con circuitos hidráulicos independientes, y sistema auxiliar de freno mediante accionamiento por cable.
- Sistema de Dirección Mecánica seleccionando debido a su mayor maniobrabilidad al momento de giro y su respuesta más rápida, en la cual su única desventaja es que se perjudica confort, frente a otros tipos de dirección, debido a que se debe ejercer un mayor esfuerzo al momento del giro, no siendo este un factor relevante en este tipo de vehículo de competencia.

- Los dispositivos de seguridad es un punto en los cuales se ha puesto mucho énfasis e importancia dentro de la Formula Automovilística, razón por la cual el vehículo a construir portara dispositivos de seguridad pasiva tales como:
- Asiento tipo butaca de competición con arnés de seguridad de cuatro puntos.
- Atenuadores de impacto laterales y frontal, además de una carrocería cuyo material sea deformable y permita la absorción de la mayor cantidad de energía en caso de impacto.
- Mallas laterales y frontales de la cabina y cortafuegos para aislar la cabina en caso de incendio.
- Motor.- El motor elegido es un motor cuatro cilindros, cuatro tiempos de 550 cm³, el cual eroga una potencia aproximada de 52 HP @ 9000 rpm.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL TREN DE POTENCIA.

2.2.1. MOTOR¹

De acuerdo a la información proporcionada por el fabricante, así como también por pruebas realizadas en la motocicleta Kawasaki KZ550, de la cual es proveniente dicho motor se puede decir que es un motor extremadamente fuerte pese a su tamaño un tanto reducido alcanzando elevados niveles de potencia acercándose muy rara vez a la línea roja de las 9000 rpm que indica el tacómetro.

A continuación se detallan las características técnicas de dicho motor:

¹ Manual de taller Kawasaki KZ550

Tipo:	DOHC, 4 cilindros, 4 tiempos, enfriado por aire	
Diámetro y Carrera:	58.0 x 52.4 mm	
Cilindrada:	553 cc	
Relación de compresión:	9.5	
Potencia Máxima:	54 HP @ 8500 rpm	
Torque Máximo:	4.9 kg – m @ 7000 rpm	
Apertura de Válvulas:		
Admisión:	Abierta	20° APMS
	Cerrada:	48° DPMS
Duración:	248°	
Escape:	Abierta	48° DPMS
	Cerrada:	20° APMS
	Duración:	248°
Carburadores:	TK22P-2D	
Sistema de Lubricación:	Lubricación por bomba (sumergida en el cárter)	
Aceite de motor:	Tipo: SE clase 10W40, 10W50 ó 20W40 20W50	
	Capacidad 3 litros.	
Sistema de arranque:	Arranque eléctrico	
Sistema de encendido:	Batería y bobina	
Método núm. Cilindros:	De izquierda a derecha, 1 – 2 – 3 – 4	
Orden de encendido:	1 – 2 – 4 – 3	
Avance al encendido:	10° APMS @ 1050 rpm ~ 35° APMS @ 3500 rpm	
Bujías:	NGK D8EA o ND X24ES-U	
Peso aproximado.	39Kg.	

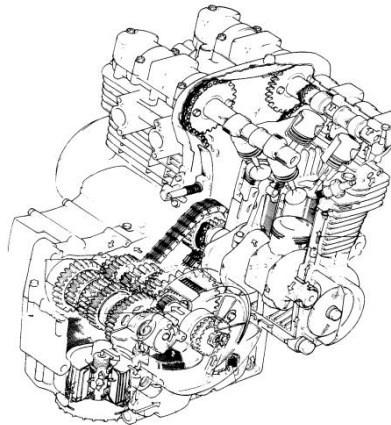


Fig. 2. 1 Motor KZ550 (Esquema de sus partes internas)

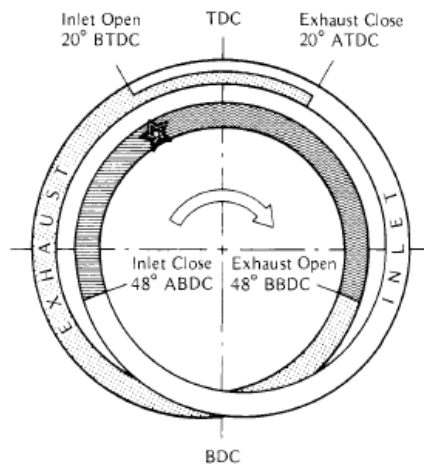


Fig. 2. 2 Diagrama apertura y cierre de válvulas Motor KZ 550

2.2.1.1 Curvas de funcionamiento del motor.

En la primera gráfica se puede observar 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.

2.2.2. TRANSMISIÓN.

2.2.2.1. Caja de Cambios

Tipo:	6 velocidades, engranaje constante.	
Embrague:	Húmedo, multidisco	
Relación de marchas:	1ra	2.57 (36/14)
	2da	1.78 (32/18)
	3ra	1.38 (29/21)
	4ta	1.13 (27/24)
	5ta	0.96 (25/26)
	6ta	0.85 (23/27)
Relación Primaria de reducción:	2.94 (27/23 x 65/26)	
Relación Final de Reducción:	2.50 (40/16)	
Relación Total:	6.25 @marcha máxima	
Peso aproximado:	20 Kg	

2.2.2.2 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.

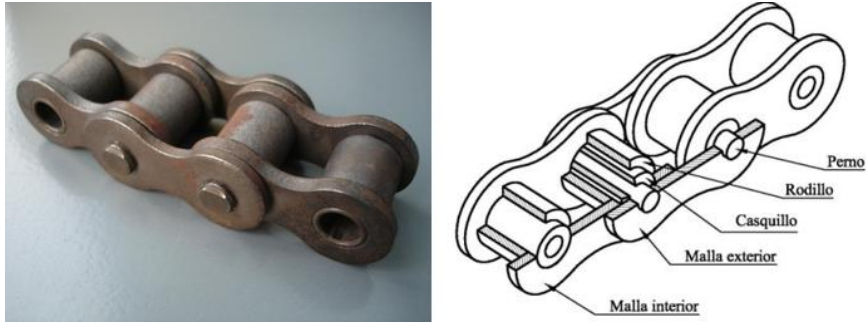


Fig. 2. 3 Foto e Imagen de un tramo de Cadena de Rodillo.

En nuestro caso utilizamos

- Cadena de paso de $\frac{1}{2}$ pulg.
- Piñón de 16 dientes
- Catalina de 42 dientes

2.2.3. Características del eje

- Material Utilizado:

ASTM 4140

Debido a que es un material utilizado para la fabricación de piezas automotrices tales como cigüeñales, flechas, para eje trasero.

Su análisis químico es el siguiente.

C	0.40
Si	0.23
Mn	0.88
Cr	0.95
Mo	0.20

- Propiedades

Resistencia a la tensión (Su)	95 ksi (655MPa)
Resistencia de Fluencia (Sy)	30 ksi (207MPa)

- Ductibilidad 26 (Porcentaje de Elongación en 2 plg.)
- Dureza Brinell 197 HB
- Dimensiones

Largo: 150 cm
 Diámetro: 3.8 cm (1.5 Pulg.)
 Peso: 13.5 Kg

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El tipo de suspensión que utilizaremos es un sistema de suspensión independiente, el cual fue seleccionado por diseño, las características de adhesión a la carretera son buenas, por lo que la comodidad de marcha y la estabilidad de la dirección son satisfactorias.

El cual consta de un amortiguador, dos brazos uno superior y el otro inferior, la barra estabilizadora y la rueda.

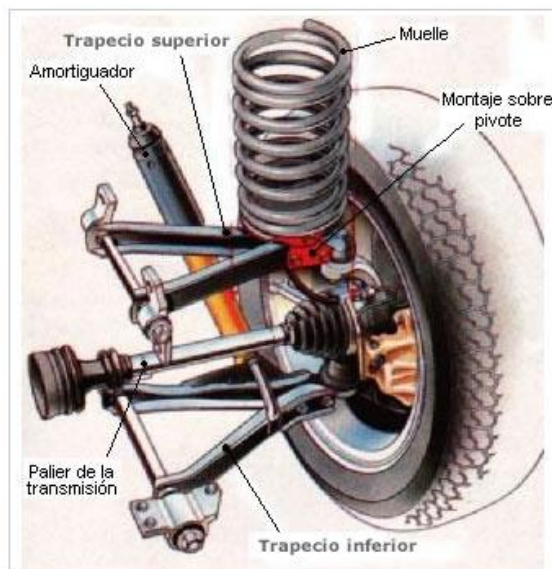


Fig. 2. 4 Sistema de suspensión independiente

Características	Longitud (Cm)	Diámetro (Cm)	Peso (Kg)	Regulación
-----------------	---------------	---------------	-----------	------------

Delantero	34	8	1.8	Gas regulable
Trasero	35	10	1.7	Resorte regulable

Tabla 2. 1 Características de los amortiguadores seleccionados

Características	Longitud (Cm)	Ancho (Cm)	Peso (Kg)
Superior	26	20	1.5
Inferior	48	30	2.5
Barra estabilizadora	100	30	5

Tabla 2. 2 Características de las partes seleccionadas

Teniendo en cuenta los pesos individuales de los componentes anteriormente seleccionados, el peso aproximado del sistema de suspensión es de 55 kg. Incluyendo el peso de las ruedas.

2.4.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE FRENOS

Para la selección y diseño de los componentes del sistema de freno son basados en el reglamento de la FAU. propuesto.

- De acuerdo al reglamento se utilizo una bomba de doble tándem o de doble circuito de frenado, que nos brinda la mayor seguridad en el frenado y en el caso de daños no se afecta a todo el sistema.



Fig. 2. 5 Bomba de doble tándem

- Se selecciono discos de freno de 15 mm de diámetro en la parte delantera y 25 mm en la parte trasera, siendo estos de motocicleta.
- Las mordazas y pastillas de freno son de motocicleta adecuadas para los discos seleccionados.
- Un mando hidráulico que actúa a un disco trasero como freno de estacionamiento.

2.5. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN.

Siendo la dirección uno de los órganos más importantes en el vehículo junto con el sistema de frenos, ya que de estos elementos depende la seguridad de las personas; debe reunir una serie de cualidades que proporcionan al conductor, la seguridad y comodidad necesaria en la conducción.

La dirección utilizada es mecánica tipo cremallera en donde todo el mecanismo está compuesto por: el volante de dirección (tipo deportivo), el eje de dirección unido al volante de dirección por medio de una brida y sujeta con pernos, y las articulaciones unidas al mecanismo de giro y este al eje de dirección y a su vez las articulaciones conectadas a las puntas de eje por medio de unas rotulas propias de dirección, cuyas dimensiones generales se detallan a continuación.

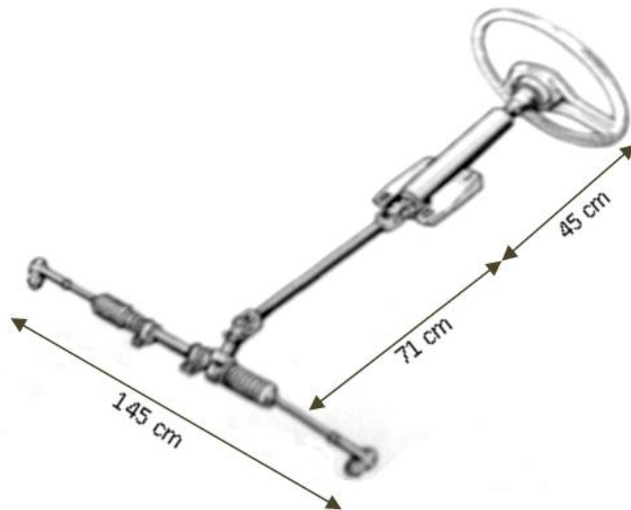


Fig. 2. 6 Mecanismo de cremallera.

2.6. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE SEGURIDAD.

La seguridad en general trata de evitar o prevenir los accidentes. Depende de:

- La persona: su condición física, su percepción y sensaciones, de la adaptación entre conductor, coche y entorno.
- El automóvil: los sistemas de iluminación, los frenos, el confort, la acústica, la climatización, la suspensión, etc.
- El entorno: la climatología, la densidad de tráfico, el estado de las carreteras, la señalización de éstas, los sistemas de información.

2.6.1. CARROCERÍA DE SEGURIDAD.

La seguridad efectiva de una carrocería no puede ser demostrada en consideración aislada de su solidez o de la longitud o deformabilidad de sus zonas de contracción. Más bien, en caso de accidente tiene que actuar conjuntamente toda una serie de mecanismos de protección de modo que se limite sistemáticamente al mínimo posible el riesgo de sufrir lesiones

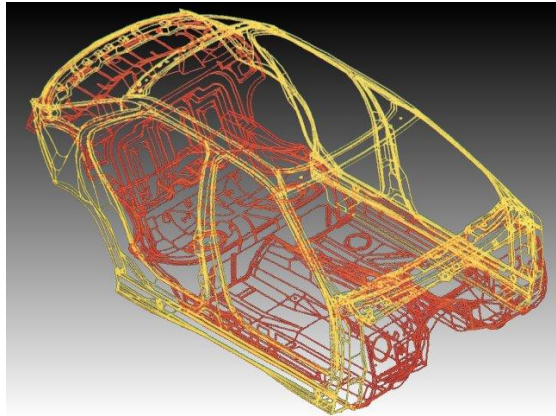


Fig. 2. 7 Jaula de seguridad de un automovil.

2.6.2. ZONAS DE ABSORCIÓN DE IMPACTO.

Los vehículos protegen a sus ocupantes absorbiendo la energía de los impactos y disminuyendo las fuerzas que se transmiten a los pasajeros. Los coches tienen zonas de absorción diseñadas para comprimirse de una manera progresiva y controlada haciendo que los ocupantes puedan desacelerar más despacio en un impacto.

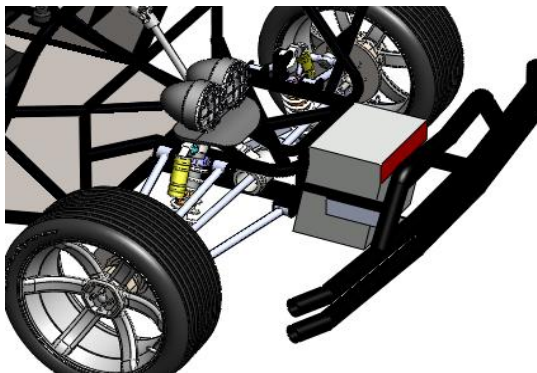


Fig. 2. 8 Zonas de absorción de impactos de un vehiculo parte frontal.

2.6.3. CINTURÓN DE SEGURIDAD.

El cinturón de seguridad tiene tres funciones importantes:

- 1) Evita o minimiza el “segundo impacto” en un choque, es decir el impacto de los ocupantes contra el interior del vehículo, o bien, entre ellos.
- 2) Evita que los ocupantes salgan del vehículo y
- 3) Minimiza la desaceleración de los ocupantes dentro del vehículo.

La cinta textil que normalmente ha de servir de salvavidas, puede transformarse ella misma en un riesgo, aparte de surgir el peligro de que el ocupante choque con elementos del habitáculo. Para evitar este problema fueron inventados los pretensores del cinturón de seguridad



Fig. 2. 9 Cinturón de seguridad de cuatro arneses utilizados en los autos de competición.

III. DISEÑO COMPUTACIONAL DEL CHASIS TUBULAR

3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

Durante el proceso de diseño del chasis se debe cambiar varias veces la geometría del prototipo, hasta lograr los objetivos deseados, por ello es primordial utilizar la ayuda de un programa computacional, nosotros utilizaremos el paquete SolidWorks 2008.

Todo vehículo determinado para un tipo de competición tiene sus propias características geométricas comunes, es conveniente tomar estas características como parámetros principales del sistema por lo que tomaremos las características principales del reglamento vigente de la FAU.

3.1.1. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO

- **Carrocería y estilo:** Haciendo referencia al reglamento presente, el auto va a ser de ruedas descubiertas y cockpit abierto.
- **Distancia entre ejes y configuración del vehículo:** El vehículo debe tener una distancia entre ejes de 1900 mm.
- **Trocha del vehículo:** La trocha menor (delantera o posterior) es de 75% de la trocha más larga.
- **Peso:** El peso del vehículo es de 310Kg sin piloto, sin combustible, sin agua en el pulverizador y en orden de marcha.
- **Dimensiones:** Las dimensiones del vehículo, incluida la carrocería, son las siguientes:
 - a) Longitud: 2.800mm.
 - b) Ancho: 1.700mm.
 - c) Altura: 1.400mm
- **Distancia al piso:** La distancia al piso es de 20cm.

3.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS QUE SOPORTA EL CHASIS.

3.2.1. ACELERACIÓN MÁXIMA

En carretera recta se acelera de una forma que se obtenga la máxima velocidad posible, para establecer parámetros y resultados en un vehículo de similares características en relación peso – potencia.

Obteniendo el valor de aceleración con formulas de movimiento uniformemente acelerado y se tiene lo siguiente:

Distancia recorrida.....	15 m
Velocidad final alcanzada en 15 m.....	11 m/s

3.2.1.1 Aceleración longitudinal

$$a_x = \frac{v^2}{2s}$$
$$a_x = \frac{(11m/s)^2}{2 \times 15m}$$
$$a_x = 4.03m/s^2$$

En donde:

a_x = Aceleración en m/s^2

v = Velocidad final de aceleración

s = Recorrido

El chasis posee unos 385 kg (310 Kg chasis y 75 kg del peso del piloto al 95%) aproximadamente, presenta un motor Kawasaki 550 cm^3 y con neumáticos de 650 mm de diámetro.

En una aceleración a plena carga en condiciones atmosféricas ideales el motor puede entregar a 4.9 Kg-m (48.02N-m), teniendo una desmultiplicación final

de 6.25: 1 y un factor de rodadura del 87%, por lo cual tenemos la fuerza de empuje.

$$F_{empuje} = \frac{(T \times D_f \times \gamma_R)}{r_{rueda}}$$

$$F_{empuje} = \frac{(48.02Nm \times 6.25 \times 0.87)}{0.325}$$

$$F_{empuje} = 803.41N$$

En donde:

F_{empuje} = Fuerza de empuje

T = Torque

γ_R = Factor de rodadura

D_f = Desmultiplicación final

r_{rueda} = Radio de la rueda

Por lo tanto el coche puede acelerar.

$$\frac{F_{empuje}}{peso \times g} = \frac{803.41N}{385 Kg \times 9.8m/s^2} = 0.21g$$

La transferencia de pesos o de carga que está presente en los amortiguadores es.

$$T1 = g \times \frac{m_{total} \times h_{cdg}}{l_{ejes}}$$

En donde:

$T1$ = Transferencia longitudinal del peso debido a la aceleración en (Kg)

g = Veces la gravedad

m_{total} = Masa total del vehículo

l_{ejes} = Distancia entre ejes

h_{cdg} = Altura del centro de gravedad en (m)

$$T1 = 0.21 \times \frac{385 \times 0,4}{2m} = 16.17kg$$

Este valor es aproximado por lo tanto tendremos que multiplicar por un factor de seguridad.

$$T_{real} = T1 \times \gamma_f \times g$$

$$T_{real} = 16.17kg \times 3 \times 9.8m/s^2 = 475.398N$$

3.2.1.2. Fuerza de inercia del piloto en los amarres del asiento

Para calcular esta fuerza se aplica el percentil 95% a la masa del piloto y se tiene un peso de 75kg.

$$F_{inercia} = m_{piloto} \times a_{max} \times \gamma_f$$

$$F_{amarre} = \frac{F_{inercia}}{4}$$

$$F_{inercia} = 75Kg \times 4.03m/s^2 \times 3$$

$$F_{inercia} = 906.8N$$

$$F_{amarre} = \frac{906.8N}{4}$$

$$F_{amarre} = 226.7N$$

3.2.1.3. Fuerza de inercia del chasis en aceleración maxima.

Las cargas distribuidas en cada una de las barras del chasis será calculado de la siguiente forma.

$$q = p \times V \times a_{max} \times \gamma_f \left(\frac{N}{m} \right)$$

Siendo:

$q =$	Fuerza de inercia del chasis
$p =$	Densidad del acero (7850 Kg/m ³)
$V =$	Volumen
$a_{max} =$	Aceleración máxima
$\gamma_f =$	Factor de seguridad

Para dar un ejemplo calcularemos la inercia que tiene uno de los largueros transversales del chasis en donde el larguero mide 0.9 m y este es de un tubo de acero 25.0 mm x 2.50 mm.

$$d2 = d1 - 2e$$

$$d2 = 25 - 5$$

$$d2 = 20mm$$

$$V = \frac{\pi(d1^2 - d2^2)}{4} \times h$$

$$V = \frac{\pi((2.5cm)^2 - (2cm)^2)}{4} \times 90cm$$

$$V = 159.04cm^3$$

$$q = p \times V \times a_{max} \times \gamma_f$$

$$q = \frac{7850kg}{m^3} \times 0.000159m^3 \times \frac{2.08m}{s^2} \times 3$$

$$q = 7.78N/m \Rightarrow q = 0.078N/cm$$

Entonces tenemos que por cada viga tenemos una carga distribuida de 0.078N/cm

3.2.2. FRENADA BRUSCA

Se trata de un trazado recto en la que se frena lo máximo posible hasta tener una velocidad cero, en la cual se toma el tiempo que el vehículo se demora para detenerse totalmente.

En un vehículo de similares características al de nuestro proyecto se tuvo las desaceleraciones finales a causa de las frenadas bruscas, tomando muestras con diferentes velocidades.

$$a_s = \frac{v^2}{2s_f}$$
$$a_s = \frac{(16.67m/s)^2}{2 \times 11m}$$
$$a_s = 12.63m/s^2$$

En donde:

$$a_s = \text{Desaceleración final en } m/s^2$$
$$v = \text{Velocidad final de aceleración}$$
$$s_f = \text{Distancia final de frenado}$$

3.2.2.1. Inercia del piloto en los amarres del asiento.

Para determinar la fuerza de inercia del piloto en frenada brusca se toma en cuenta la masa del piloto al 95% y esta es 75 Kg.

$$F_{inercia} = m_{piloto} \times a_{max} \times \gamma_f$$

$$F_{amarre} = \frac{F_{inercia}}{4}$$

$$F_{inercia} = 75Kg \times 12.63m/s^2 \times 3$$

$$F_{inercia} = 2841.75N$$

$$F_{amarre} = \frac{2841.75N}{4}$$

$$F_{amarre} = 710.44N$$

3.2.2.2. Fuerza de inercia en el chasis en frenada brusca.

Las cargas distribuidas en cada una de las barras del chasis será calculado de la siguiente forma.

Tomando como el valor del volumen V calculado en aceleración máxima se tiene.

$$q = p \times V \times a_{max} \times \gamma_f$$

$$q = \frac{7850kg}{m^3} \times 0.000159m^3 \times \frac{12.63m}{s^2} \times 3$$

$$q = 47.29N/m \Rightarrow q = 0.473N/cm$$

Entonces tenemos que por cada viga tenemos una carga distribuida de 0.473N/cm

3.2.2.3. Transferencia longitudinal del peso debido a la desaceleración.

Con el valor de la desaceleración tenemos.

$$G = \frac{d}{g}$$

$$G = \frac{12.63}{9.8}$$

$$G = 1.28$$

$$T1 = G \times \frac{m_{total} \times h_{cdg}}{l_{ejes}}$$

En donde:

T1 = Transferencia longitudinal del peso debido a la desaceleración
en (Kg)

G = Veces la gravedad

m_{total} = Masa total del vehículo

l_{ejes} = Distancia entre ejes

h_{cdg} = Altura del centro de gravedad en (m)

$$T1 = 1.28 \times \frac{385 \times 0,4}{2m}$$

$$T1 = 98 \text{ Kg}$$

Este valor es aproximado por lo tanto tendremos que multiplicar por un factor de seguridad.

$$T_{real} = T1 \times \gamma_f \times g$$

$$T_{real} = 98\text{Kg} \times 3 \times 9.8\text{m/s}^2 = 2881.2\text{N}$$

3.2.3. CURVAS

Cuando el vehículo después de frenarlo entra a una curva suponemos que en ese instante, el vehículo está sometido a una fuerza centrífuga que tiende a volcarlo a este, hacia el exterior de la curva.

Para este estudio debemos considerar al vehículo como una partícula, y luego estudiaremos su estabilidad.

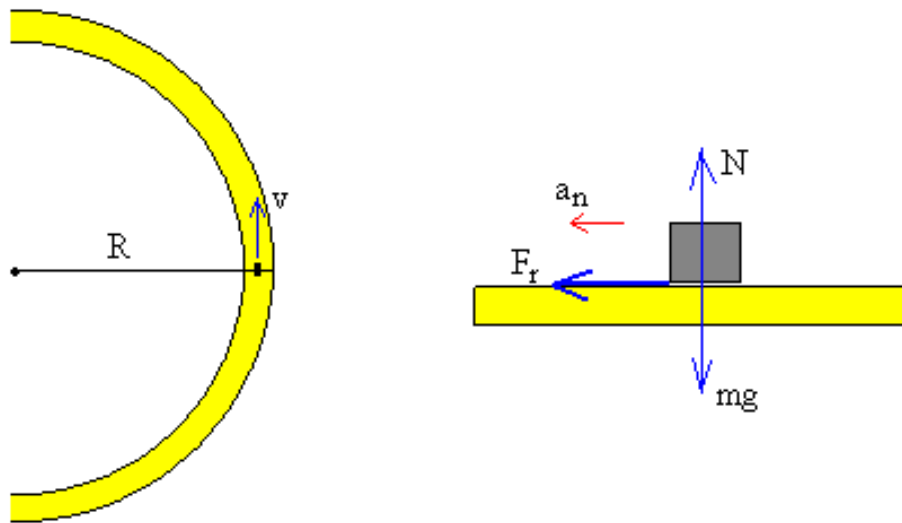
3.2.3.1. Curva sin peralte.

Se determina que el automóvil describe una trayectoria circular de radio R con velocidad constante v .

Para un observador inercial, situado fuera del vehículo, las fuerzas que actúan sobre este son:

- El peso
- La reacción de la carretera
- La fuerza de rozamiento.

La fuerza de rozamiento es la que hace que el vehículo describa una trayectoria circular.



Como hay equilibrio en sentido vertical la reacción del plano es igual al peso

$$N = m \times g$$

Aplicando la segunda ley de Newton al movimiento en la dirección radial

$$F_r = ma_n$$

$$F_r = m \frac{v^2}{R}$$

Siendo v la velocidad del móvil y R el radio que describe la curva.

A medida que se incrementa la velocidad v , se incrementa la fuerza de rozamiento F_r hasta que alcanza un valor máximo dado por el producto del coeficiente de rozamiento estático por la reacción del plano.

La velocidad máxima v que puede alcanzar el vehículo para que describa una curva circular de radio R es, por tanto

$$\mu N = m \frac{v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\mu g R}$$

3.2.3.2. Curva con peralte.

Consideremos ahora el caso de que la curva tiene un peralte de ángulo θ .

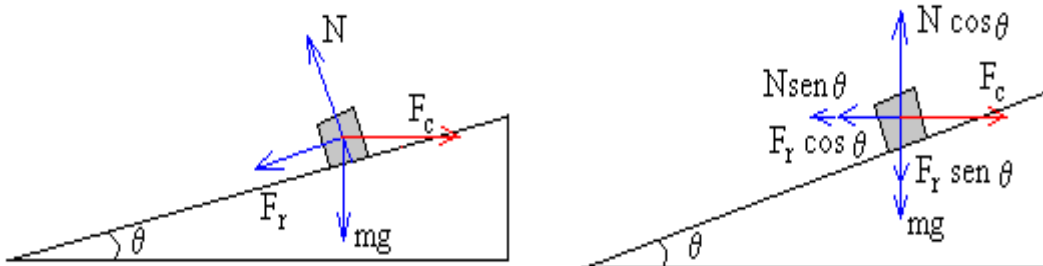
Las fuerzas que intervienen son:

mg = El peso

F_r = La fuerza de rozamiento

N = La reacción del plano

F_c = La fuerza centrífuga (mv^2/R)



El vehículo está en equilibrio, de modo que

$$N \cos \theta = F_r \sin \theta + mg$$

$$N \sin \theta + F_r \cos \theta = mv^2/R$$

Conocida la velocidad del vehículo v podemos calcular la fuerza de rozamiento F_r y la reacción del plano N .

La velocidad máxima que puede llevar un vehículo para que describa la curva con seguridad es aquella para la cual, la fuerza de rozamiento alcanza su valor máximo.

$$F_r = \mu N$$

Despejamos la velocidad v y obtenemos la siguiente expresión

$$v = \sqrt{Rg \frac{\text{sen } \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \text{sen } \theta}}$$

En donde:

v = Velocidad máxima

R = Radio

μ = Coeficiente de rozamiento

g = Gravedad

De las anteriores expresiones se calculara la velocidad máxima en tomar las curvas y la aceleración lateral.

Para el cálculo en una curva sin peralte de la velocidad máxima y la aceleración lateral, se toma un coeficiente de rozamiento del 75% y en una curva promedio de 50m

$$v = \sqrt{gR}$$
$$v = \sqrt{0.75 \times \frac{9,8m}{s^2} \times 50}$$
$$v = \frac{19.17m}{s^2} \Rightarrow v = 69Km/h$$

$$a_L = \frac{(v)^2}{R}$$
$$a_L = \frac{\left(\frac{19.17m}{s}\right)^2}{50m}$$
$$a_L = 7.35m/s^2$$

Para el cálculo en una curva con peralte de la velocidad máxima y la aceleración lateral, se toma un coeficiente de rozamiento del 75% y en una curva promedio de 50m y el ángulo del peralte es de 15°

$$v = \sqrt{gR \frac{\text{sen}\theta + \mu\text{cos}\theta}{\text{cos}\theta - \mu\text{sen}\theta}}$$

$$v = \sqrt{9.8\text{m/s}^2 \times 50\text{m} \frac{\text{sen}15^\circ + 0.75\text{cos}15^\circ}{\text{cos}15^\circ - 0.75\text{sen}15^\circ}}$$

$$v = 24.98\text{m/s} \Rightarrow v = 89.9\text{Km/h}$$

$$a_L = \frac{(v)^2}{R}$$

$$a_L = \frac{\left(\frac{24.98\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{50\text{m}}$$

$$a_L = 12.48\text{m/s}^2$$

3.2.3.3. Fuerza de inercia del piloto en los amarres del asiento

$$F1 = F2 = \frac{m_{\text{piloto}} \times a_L}{2}$$

$$F1 = F2 = \frac{75\text{Kg} \times 7.35\text{m/s}^2}{2} = 275.62\text{N}$$

3.2.3.4. Fuerza de inercia del chasis en curva .

Con la siguiente expresión se calcula la carga distribuida para este caso.

$$q = p \times V \times a_l \times \gamma_f$$

$$q = \frac{7850\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.000159\text{m}^3 \times \frac{7.35\text{m}}{\text{s}^2} \times 3$$

$$q = 27.52\text{N/m} \Rightarrow q = 0.27\text{N/cm}$$

Entonces tenemos que por cada viga tenemos una carga distribuida de 0.27N/cm

3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DEL CHASIS CON LOS SOPORTES PARA LOS DIFERENTES SISTEMAS.

Para proceder al diseño geométrico previo del chasis tomamos los siguientes datos o lineamientos generales, el largo, ancho y alto del vehículo, y otras medidas de la estructura siendo parámetros ya establecidos por el reglamento de la FAU y descritos en el capítulo anterior.

Así como también el criterio de espacio de acuerdo a los elementos de los diferentes sistemas a ser instalados en el vehículo tales como suspensión, tren de potencia, motor, dirección y frenos los cuales deben estar fijos o anclados a los diferentes soportes del chasis.

Con estos antecedentes el siguiente paso a seguir es realizar un bosquejo aproximado de hacia donde queremos llegar siendo en un inicio un dibujo manual en donde no se consideran dimensiones sino simplemente una idea general de la forma que va a tener nuestro chasis.

Luego de algunas ideas planteadas y correcciones en las formas geométricas llegamos a obtener un diseño que cumple con los requerimientos estructurales dado por la FAU y que se lo detalla a continuación.

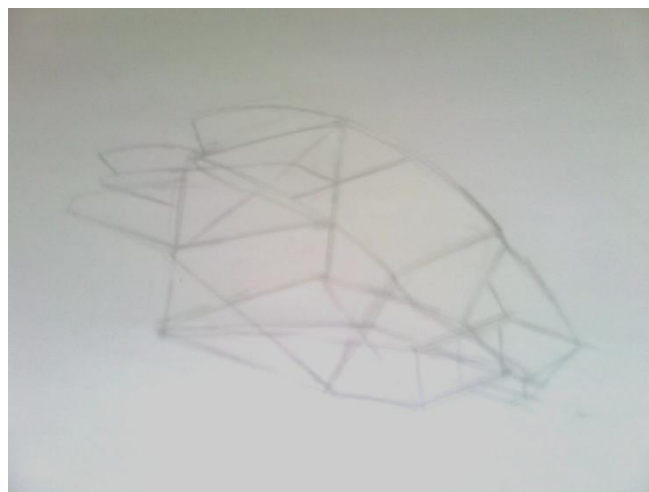


Fig. 3. 1 Diseño Geométrico previo del Chasis

El siguiente paso es construir un bosquejo más detallado tomando en cuenta que es una estructura tubular se tratara de realizar un dibujo en isometría en el que se pueda visualizar el chasis tubular, y ya no simplemente en líneas, cuyo propósito es llegar e determinar los posibles puntos donde se podrá fijar los sistemas a incluirse en el vehículo.

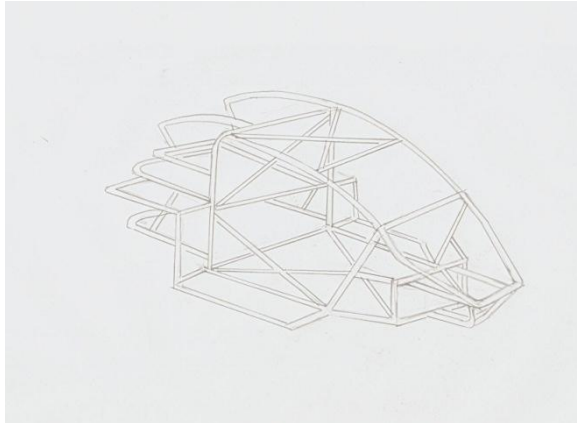


Fig. 3. 2 Bosquejo Chasis Tubular

El modelo de la figura anteriormente citada en una estructura nos quedaría de la siguiente manera, dándonos una idea más clara del objetivo a cumplir.

Finalmente dentro de este proceso de diseño geométrico se procede a ubicar los componentes tales como llantas, elementos de suspensión, y para realizar modelización computacional, haciendo la aclaración de que es un diseño en el cual no se tomaron en cuenta diámetros de tubería, ni dimensiones del vehículo, simplemente basándose en un diseño geométrico, pudiendo de esta manera existir un cambio en la forma geométrica al realizar el diseño con las medidas requeridas, procurando siempre mantener la figura inicial propuesta.

Convirtiéndose el gráfico de la siguiente pagina, un punto de partida para comenzar a trabajar en el software de diseño SolidWorks

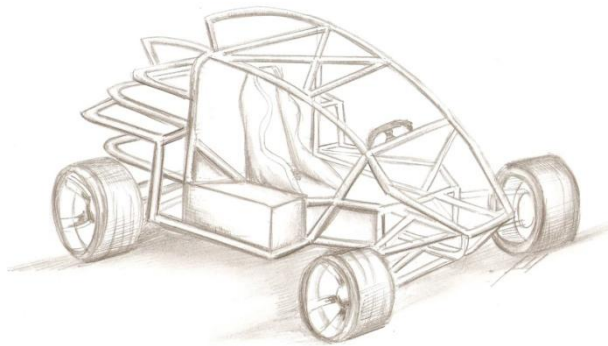


Fig. 3. 3 Diseño a mano Buggy Monoplaza.

3.4. MODELIZACIÓN EN SOLID WORKS DEL CHASIS.

Partiendo de parámetros tales como las dimensiones establecidas en el reglamento de la FAU, un diseño geométrico previo del chasis con los soportes, un estudio de los sistemas a instalar en el chasis procedemos a la modelización del chasis mediante la ayuda de un software de diseño mecánico, en este caso Solid Works.

"SolidWorks es un software de automatización de diseño mecánico que aprovecha la conocida interfaz de usuario gráfica Microsoft Windows.

El software utiliza el Método de elemento finito (FEM). El FEM es una técnica numérica para analizar diseños de ingeniería. El FEM está aceptado como el método de análisis estándar debido a su generalidad y compatibilidad para ser implementado en computadoras. El FEM divide el modelo en numerosas piezas pequeñas de formas simples llamadas "elementos", que reemplazan eficazmente un problema complejo por muchos problemas simples que deben ser resueltos de manera simultánea. "²

² Temas de Ayuda SolidWorks, Funcionalidades básicas de SolidWorks, 1995 – 2007 Dassault Systèmes

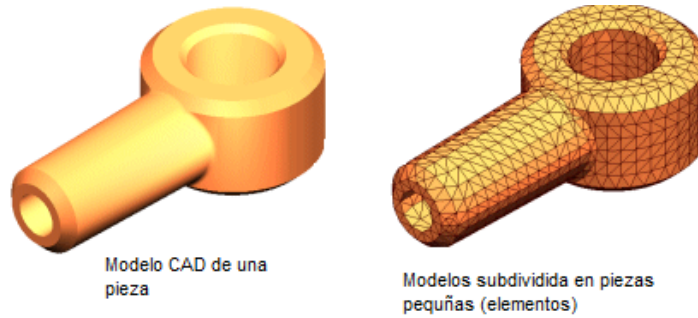



Fig. 3. 4 Método de elementos finitos utilizado por SolidWorks.

A diferencia de otros programas SolidWorks es una herramienta de fácil aprendizaje ya que permite croquizar rápidamente las ideas, experimentando con operaciones y produciendo modelos y dibujos detallados

Esta herramienta de fácil aprendizaje hace posible que los diseñadores mecánicos croquicen con rapidez sus ideas, trabajen con operaciones y cotas, y produzcan modelos y dibujos detallados, centrándose en el diseño y análisis más no simplemente en el dibujo 3D.

3.4.1. CROQUIS DEL CHASIS.

Para comenzar a crear un croquis en 3D Hacemos clic en **Croquis 3D**  de la barra de herramientas Croquis como se muestra en la siguiente grafica

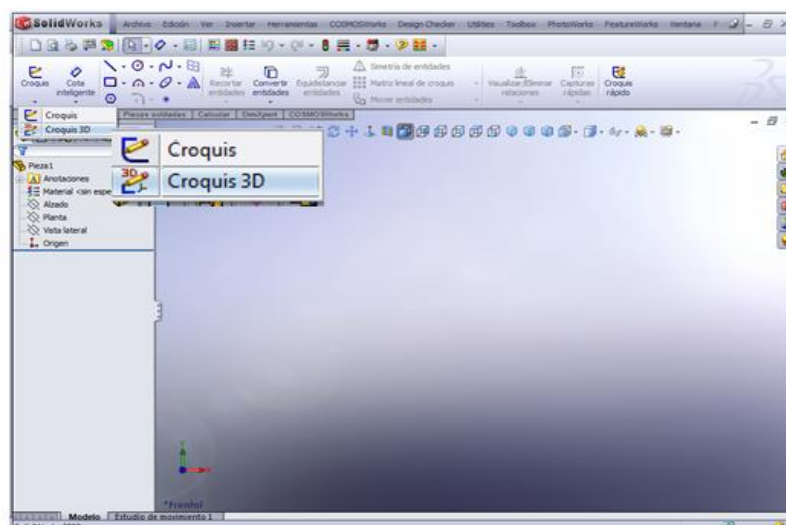


Fig. 3. 5 Croquis 3D.

A continuación procedemos a dibujar con el comando línea teniendo presente que solo tenemos que dibujar con una distancia aproximada, ya que luego podemos modificar dicho valor con la herramienta cota.

Al dibujar una línea o cualquier otra herramienta se croquiza de forma predeterminada con respecto al sistema de coordenadas predeterminado en el modelo. Para cambiar a uno de los otros dos planos, se lo realiza mediante la tecla **Tab**

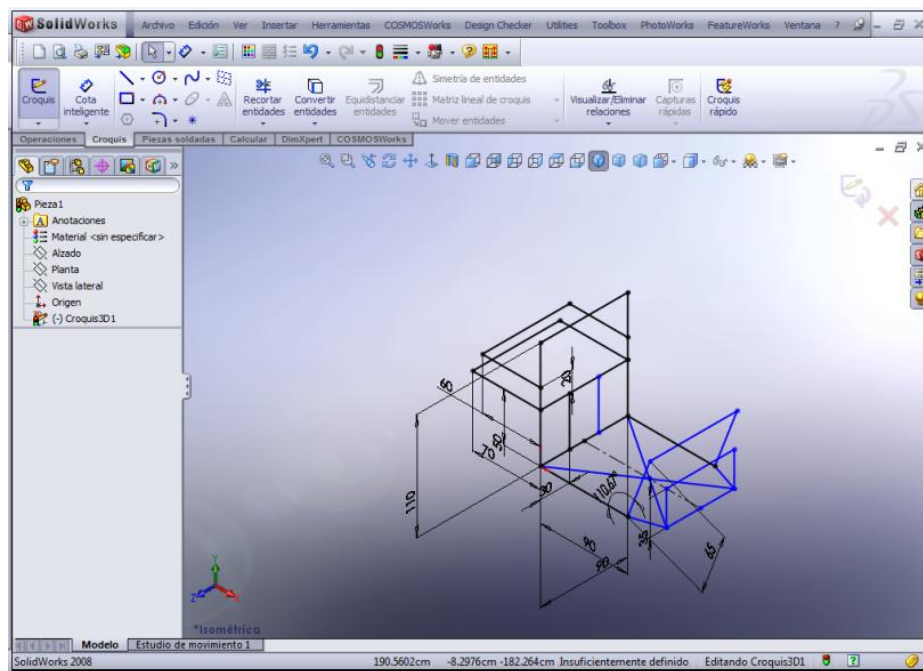


Fig. 3. 6 Croquis 3D en construcción del Chasis Tubular.

Nótese en la figura anterior el avance del croquis habiéndose utilizado todas las herramientas y llegando a obtenerse un diseño geométrico como el realizado inicialmente a mano pero con la diferencia que contiene medidas de longitud las cuales se ajustan a todos los requerimientos de espacio tanto del reglamento como de los elementos mecánicos a ser instalados.

En el que además se puede visualizar tanto los arcos principales como el arco frontal los cuales son el principal requerimiento estructural citado en el reglamento de la FAU.

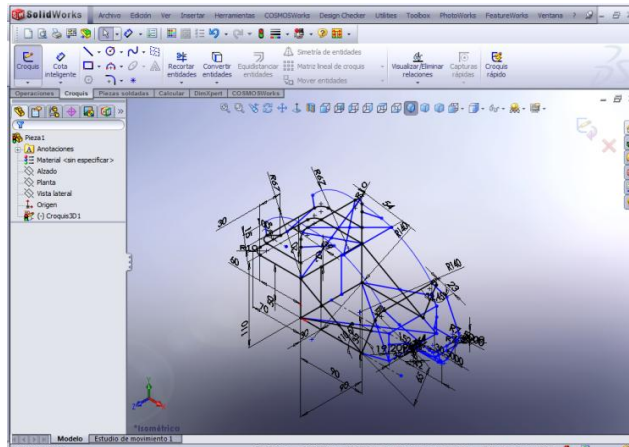


Fig. 3. 7 Croquis 3D terminado, incluido cotas.

Una vez realizado un control de todas las medidas pudiéndose cambiarse o modificarse estas en cualquier punto de la construcción, y pasando al siguiente paso de diseño del chasis.

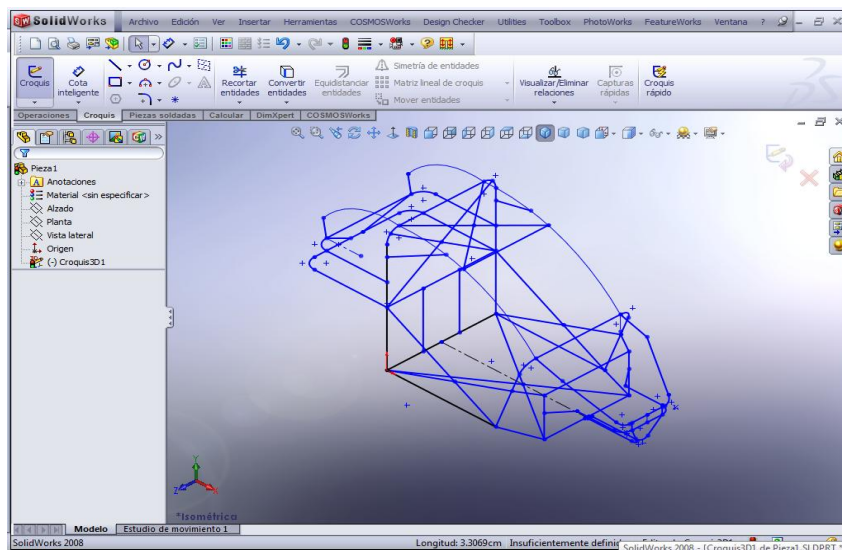


Fig. 3. 8 Croquis 3D terminado.

3.4.2. CONSTRUCCIÓN MIEMBRO ESTRUCTURAL.

A partir del croquis construido, hacemos clic en **Miembro estructural** (barra de herramientas Piezas soldadas), o en **Insertar, Piezas soldadas, Miembro estructural**, agregando elementos del croquis que siga el mismo perfil, de 1 pulgada, sch40, insertando tantos miembros estructurales como perfiles tenga el croquis 3D.

Agregamos tratamiento a las esquinas lo cual se define cómo recortar segmentos del miembro estructural al entrecruzarse en esquinas.

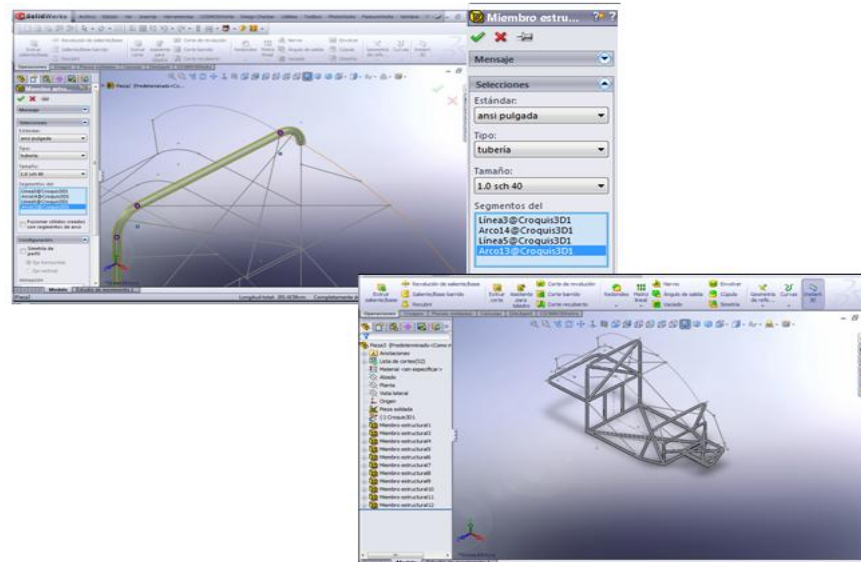


Fig. 3. 9 Construcción Miembro Estructural.

Una característica relevante de SolidWorks es que nos permite modificar las operaciones una vez ya realizadas, opción que nos va a ser de mucha utilidad luego en el proceso de diseño para variar diámetros de perfiles.

Activamos la opción editar operación y rectificar o cambiar lo realizado anteriormente, o a su vez suprimir dicha operación si creemos conveniente y activarla en una posterior aplicación.

Con estos pasos obtenemos el diseño terminado del chasis tubular el cual cumple con todas las normas establecidas en el reglamento de la FAU y a su vez nos brinda un esquema en tres dimensiones que nos facilitará la construcción, aprovechando además la flexibilidad del programa para poder realizar un diseño no simplemente con líneas sino también arcos dando como resultado un modelo que no se encaja dentro del diseño convencional o tradicional de este tipo de estructuras ya que en la etapa de análisis los arcos o líneas curvas no representan un inconveniente para obtener resultados.

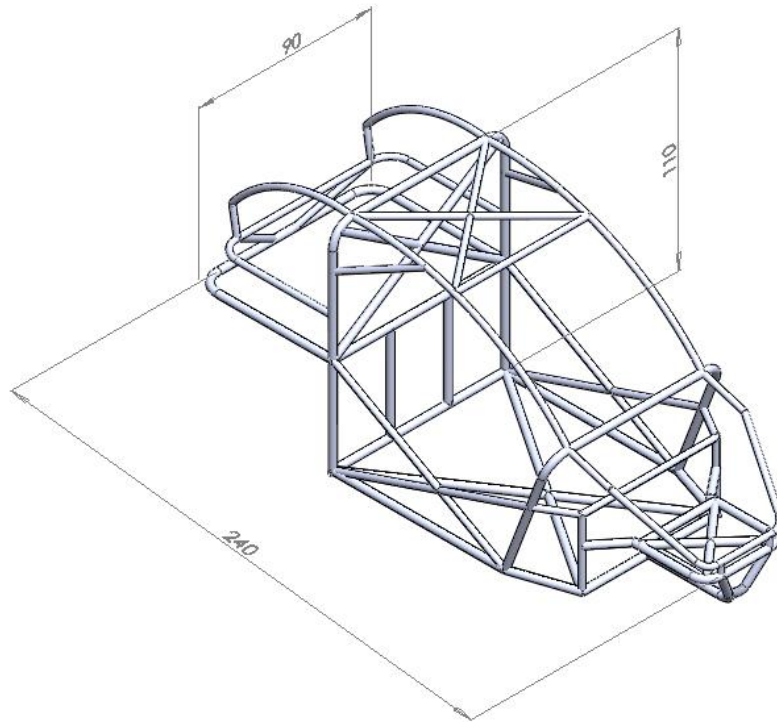


Fig. 3. 10 Chasis Tubular terminado con sus dimensiones principales.

3.5. APLICACIÓN DE CARGAS EN EL CHASIS

Se realizaron dos partes del estudio de acuerdo a los datos obtenidos en el cálculo de las cargas que soporta un chasis y con los datos dados en el reglamento de la FAU.

Por el reglamento de la FAU el chasis debe cumplir los siguientes requerimientos.

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

En dicho estudio, deberá tenerse en cuenta que P se deberá aumentar en 75Kgs. Siendo P el peso de 310 Kg del vehículo en condiciones de carrera.³, adicionándole los 75kg del piloto . Obteniéndose un total de 385 kg.

³ REGLAMENTO DE LA FÓRMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA (FAU) 2008, ESPOCH

Como datos adicionales del chasis realizado en SolidWorks mediante la opción propiedades físicas y teniendo en consideración que el material al momento de ser construido el chasis será acero ASTM A36 obtenemos los siguientes valores de los cuales principalmente nos centraremos en el peso del chasis tubular.

Masa = 89.82 kilogramos		
Volumen = 0.01 metros ³		
Área de superficie = 6.97 metros ²		
Centro de masa: (metros)		
X = 0.47		
Y = 0.44		
Z = -0.45		
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (kilogramos * metros ²)		
Medido desde el centro de masa.		
Ix = (0.95, -0.30, -0.00)	Px = 18.97	
Iy = (0.00, 0.00, -1.00)	Py = 52.11	
Iz = (0.30, 0.95, 0.00)	Pz = 52.18	
Momentos de inercia: (kilogramos * metros ²)		
(Medido desde el centro de masa y alineado con el sistema de coordenadas resultante)		
Lxx = 21.90	Lxy = -9.42	Lxz = -0.00
Lyx = -9.42	Lyj = 49.25	Lyz = 0.00
Lzx = -0.00	Lzy = 0.00	Lzz = 52.11
Momentos de inercia: (kilogramos * metros ²)		
Medido desde el sistema de coordenadas de salida.		
Ixx = 57.23	Ixy = 9.16	Ixz = -19.14
Iyx = 9.16	Iyj = 87.59	Iyz = -17.66
Izx = -19.14	Izy = -17.66	Izz = 89.40

Tabla 3. 1 Propiedades Físicas Chasis Tubular.

Teniendo hasta el momento 89.82 Kg. de masa del chasis, dato que nos es de mucha importancia ya que para optimizar el rendimiento del vehículo debemos llegar a obtener el menos peso posible.

De esta manera las cargas aplicadas según lo estipulado por la FAU serían:

Peso Total del Vehículo mas Conductor Promedio = 385 Kg.» 3773 N

A) Peso Lateral = $2P = 3773 \times 2 = 7546 \text{ N}$

B) Peso Longitudinal = $6P = 3773 \times 6 = 22638 \text{ N}$

C) Peso Vertical = $8P = 3773 \times 8 = 30184 \text{ N}$

3.6. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CHASIS MEDIANTE COSMOSWORKS DESIGNER

3.6.1. CONCEPTOS BÁSICOS DE COSMOSWORKS

“COSMOSWorks® es un sistema de análisis de diseño que está completamente integrado con SolidWorks®. COSMOSWorks proporciona una solución de pantalla para los análisis de tensión, frecuencia, pandeo, térmicos y de optimización. Alimentado por programas de resolución de problemas rápidos (solvers), COSMOSWorks permite resolver grandes problemas. COSMOSWorks viene en varios paquetes para satisfacer diferentes necesidades de análisis.”⁴



Fig. 3. 11 Infograma de las Funciones de CosmosWorks.

Aunque este es un software que nos permite ahorrar tiempo y dinero nunca debemos dejar de lado las pruebas de campo y experimentales, más bien debe ser un complemento con la experiencia práctica, este software nos brinda los siguientes tipos de análisis

- Análisis estático lineal
- Análisis de frecuencias
- Análisis dinámico
- Análisis de pandeo linealizado
- Análisis térmico

⁴ Temas de Ayuda SolidWorks, Ayuda en línea de CosmosWorks 2008, 1995 – 2007 Dasault Systems

- Optimización de diseños
- Análisis no lineal
- Análisis de caída
- Análisis de fatiga
- Vigas y cabezas de armadura

Siendo el estático lineal el análisis a utilizar dentro de nuestro estudio.

3.6.2. VENTAJAS DEL ANÁLISIS

El análisis puede ayudar a realizar las siguientes tareas:

- Reducir el costo simulando la prueba del modelo en la computadora en lugar de realizar pruebas de campo que muchas veces pueden resultar costosas.
- Mejorar productos probando rápidamente múltiples conceptos y situaciones antes de tomar una decisión final, lo cual proporciona más tiempo para idear nuevos diseños.

3.6.3 SECUENCIA DE CÁLCULOS UTILIZADA POR COSMOSWORKS DESIGNER

Dado un modelo mallado⁵ con un conjunto de restricciones de desplazamiento y cargas, el programa de análisis estático lineal procede de la siguiente manera:

1. El programa construye y resuelve un sistema de ecuaciones simultáneas lineales de equilibrio de elementos finitos para calcular los componentes del desplazamiento en cada nodo.

⁵ Proceso de división del modelo en pequeñas piezas

2. Luego, el programa utiliza los resultados del desplazamiento para calcular los componentes de la deformación unitaria.
3. El programa utiliza los resultados de la deformación unitaria y de las relaciones tensión-deformación unitaria para calcular las tensiones.



3.6.4. ANÁLISIS ESTÁTICO

Cuando se aplican cargas a un sólido, el sólido se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del sólido. Las cargas externas inducen fuerzas internas y reacciones para renderizar el sólido a un estado de equilibrio.

El análisis estático lineal calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas.

El análisis estático lineal realiza las siguientes suposiciones:

- **Suposición estática.** Todas las cargas se aplican lenta y gradualmente hasta que alcanzan sus magnitudes completas. A continuación, las cargas permanecen constantes (sin variación en el tiempo). Esta suposición nos permite ignorar las fuerzas inerciales y de amortiguación debido a pequeñas aceleraciones y velocidades poco significativas. Las cargas que varían con el tiempo y que inducen fuerzas inerciales y/o de amortiguación significativa pueden garantizar el análisis dinámico. Las cargas dinámicas cambian con el tiempo y en muchos casos inducen fuerzas inerciales y de amortiguación considerables que no pueden ser despreciadas.

- **Suposición de linealidad.** La relación entre cargas y respuestas inducidas es lineal. Por ejemplo, si duplica las cargas, la respuesta del modelo (desplazamientos, deformaciones unitarias y tensiones) también se duplica.

3.6.5. MIEMBROS ESTRUCTURALES – VIGAS

El estudio a realizar en el modelo será un análisis estático de un miembro estructural, el cual dentro de Cosmos Works se lo debe tratar como una viga para un correcto resultado.

Cada elemento de viga se define por una línea recta que conecta dos juntas en sus extremos. Se modela un miembro estructural curvado con un número concreto de vigas rectas. La sección transversal de una viga es constante a lo largo de toda su longitud. Internamente, el programa malla cada viga creando un número de elementos de viga.

Los elementos de viga pueden resistir cargas de flexión, cortantes y de torsión, mismas cargas a las que será sometido nuestro chasis tubular.

La figura a continuación ilustra el modelado de un miembro estructural. La parte superior de la imagen muestra el miembro estructural; la parte intermedia, las juntas cuando el miembro se define como una viga; y, por último, la parte inferior, la malla donde la viga se subdivide en un número de elementos de viga representados por cilindros.

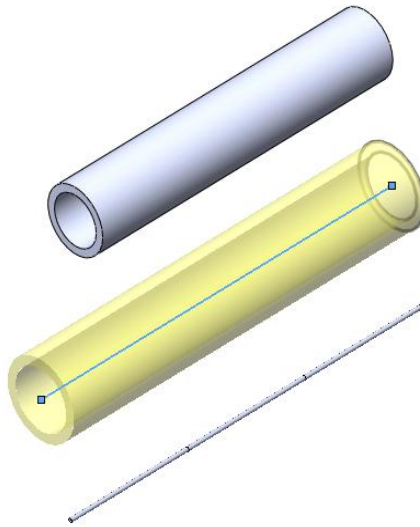




Fig. 3. 12 Modelado de un miembro estructural.

3.6.6. ANÁLISIS DEL CHASIS

Los pasos necesarios para llevar a cabo un análisis dependen del tipo de estudio. Siendo el de la Estructura Tubular un análisis estático debemos llevar a cabo los siguientes pasos.

3.6.6.1. Crear un estudio

Haciendo clic con el botón secundario del ratón en el icono del ensamblaje o de la pieza en la parte superior del gestor de COSMOS AnalysisManager y seleccionando **Estudio** o a su vez clic en **Estudio**  de la barra de Herramientas y seleccionamos el **Tipo de Malla**, que en nuestro caso Mala de Viga opción que se la utiliza para simular piezas soldadas, cuadros y estructuras de cabeza de armadura.

En tipo de análisis seleccionamos **Análisis estático**  el cual calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas.

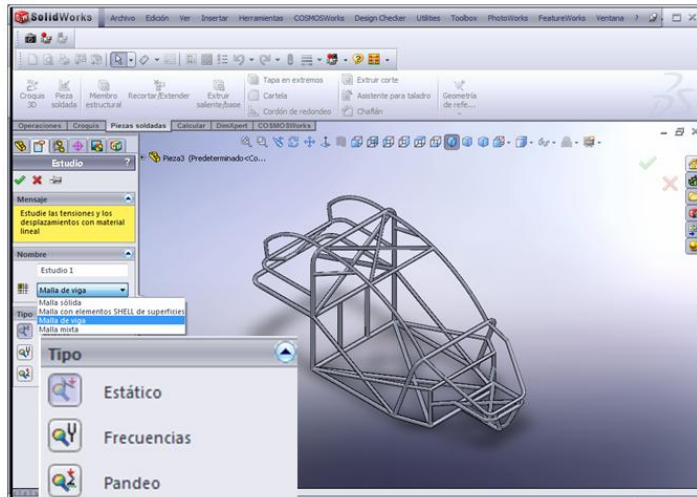


Fig. 3. 13 Pasos para crear un estudio de tipo estático.

3.6.6.2. Tratar los miembros estructurales como vigas y definir el material.

Definimos el material para cada sólido, vaciado y viga. Para definir un material para un sólido, vaciado o viga, haga clic con el botón secundario en su icono en el gestor del COSMOS AnalysisManager y seleccione Aplicar/Editar material. El cual lo elegimos desde la Biblioteca de SolidWorks, en nuestro estudio como se trata del mismo material escogemos el ASTM A36 para toda la estructura.

3.6.6.3. Definición de Juntas.

Haciendo clic con el botón derecho del ratón en la carpeta **Juntas de viga** y seleccionamos **Definir**.

En el PropertyManager, seleccione la opción correcta para definir vigas y hacemos clic en **Calcular**.

El software agrega juntas en los extremos libres de todos los miembros estructurales y en la intersección de dos o más miembros estructurales. Utilizamos **Opciones de bola** para crear las juntas apropiadas. Posteriormente dichas juntas nos servirán para crear restricciones o condiciones de fuerza.

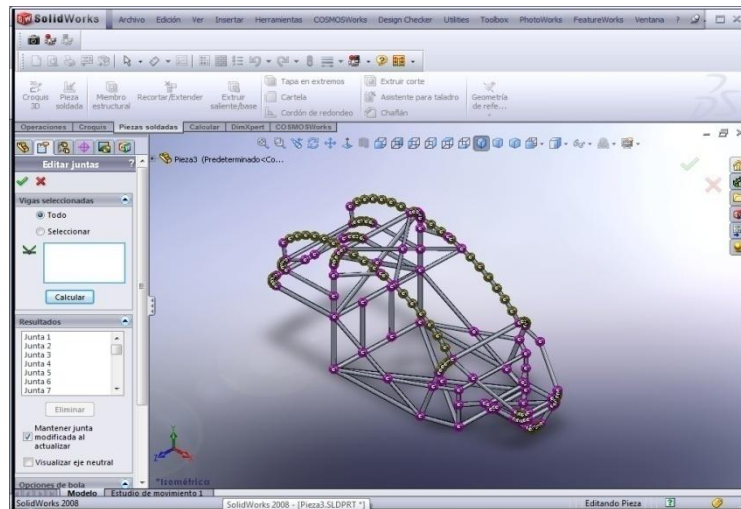


Fig. 3. 14 Edición de Juntas para el Estudio.

3.6.6.4. Especificar restricciones y cargas.

Las cargas y restricciones son necesarias para definir el entorno de servicio del modelo. Los resultados del análisis dependen directamente de las cargas y restricciones especificadas. Las cargas y restricciones se aplican a entidades geométricas como operaciones que se asocian completamente a la geometría y se ajustan automáticamente a cambios geométricos

Los tipos de carga y restricciones disponibles dependen del tipo de estudio.

En nuestro caso vamos a ubicar restricciones fijas asumiendo que nuestro chasis no va a tener ni desplazamiento ni rotación al momento de ser aplicadas las fuerzas.

Recordando que en el presente estudio debemos aplicar cargas tanto lateral, longitudinal y vertical, analizaremos detenidamente cada caso en los subcapítulos siguientes, siendo el paso de la edición de juntas común en todos los casos, simplemente centraremos el análisis de cada caso cambiando el valor, y dirección de las cargas aplicadas.

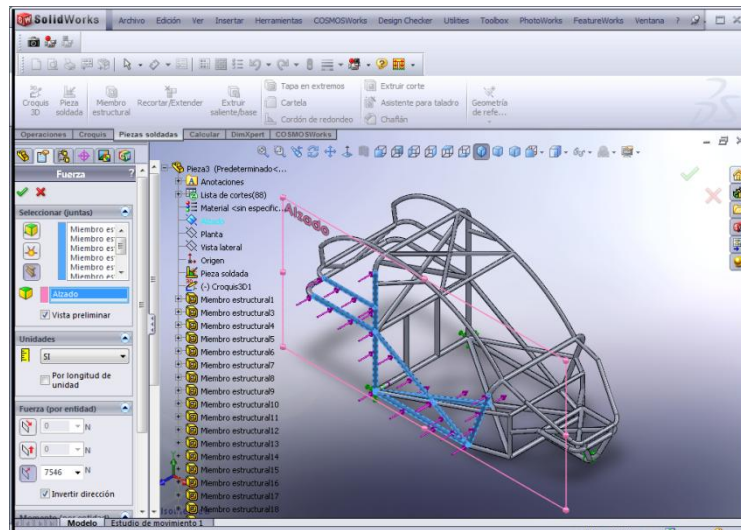


Fig. 3. 15 Ejemplo de Aplicación de Fuerzas y Restricciones.

3.6.6.5. Mallado y Ejecución del Estudio.

El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El mallador automático en el software genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla. El control de malla le permite especificar diferentes tamaños de elementos de componentes, caras, aristas y vértices.

Luego de esto el software genera una carpeta Resultados después de ejecutar un estudio satisfactoriamente. Los trazados predeterminados en la carpeta Resultados dependen del tipo de estudio.

El software genera los siguientes trazados de resultados:

- Resultados de aceleración
- Presión de contacto
- Resultados de deformación
- Trazados de Percepción del diseño
- Resultados de desplazamientos
- Resultados de fatiga
- Tensiones principales

- Resultados de deformaciones unitarias
- Resultados de tensiones
- Resultados térmicos
- Resultados de velocidad

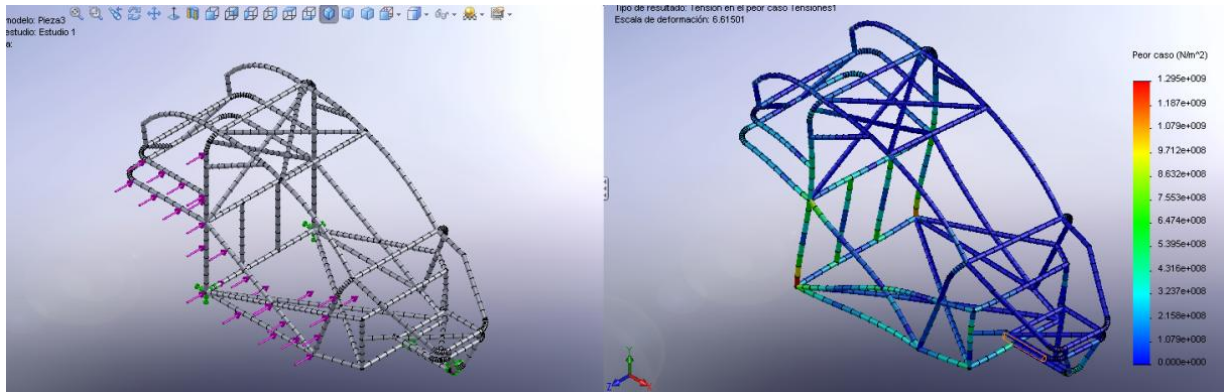


Fig. 3. 16 Mallado y Visualización de Resultados.

3.6.7. ESTUDIO DE APLICACIÓN DE CARGAS LATERALES.

Como se menciona anteriormente partiendo de la operación en la que se definió juntas y se aplicó restricciones, procedemos a definir la fuerza a ser aplicada.

Cabe mencionar que las restricciones fijas que se seleccionaron en este estudio establecen los grados de libertad de traslación y rotación en cero, debido a ser un estudio estático, y asumiendo como puntos para establecer estas restricciones aquellos en donde posteriormente servirán como puntos de anclaje de sistemas de suspensión y ruedas.

El valor de fuerza especificado se aplica a cada vértice, arista, cara o viga seleccionados. Cuando aplica una fuerza a una cara o arista, el valor especificado representa sólo la magnitud. Siendo las fuerzas que vamos a aplicar cargas distribuidas a lo largo de toda la longitud de una viga.

Para nuestro estudio seleccionamos todas las vigas laterales del lado derecho de nuestro chasis en donde vamos a aplicar una fuerza de 7546 N correspondiente a lo estipulado en la FAU

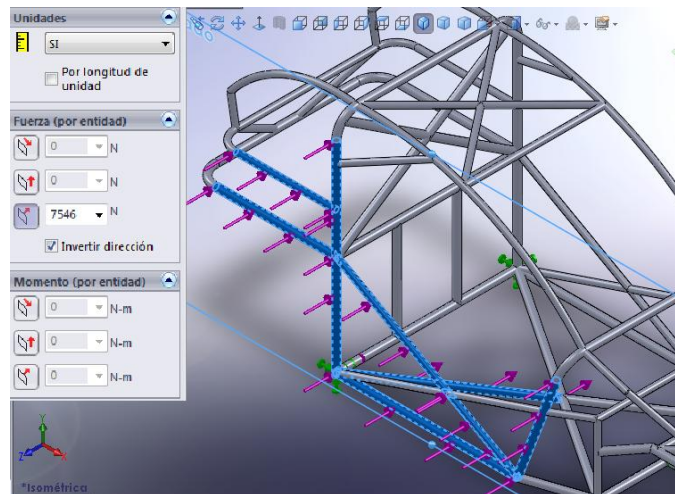


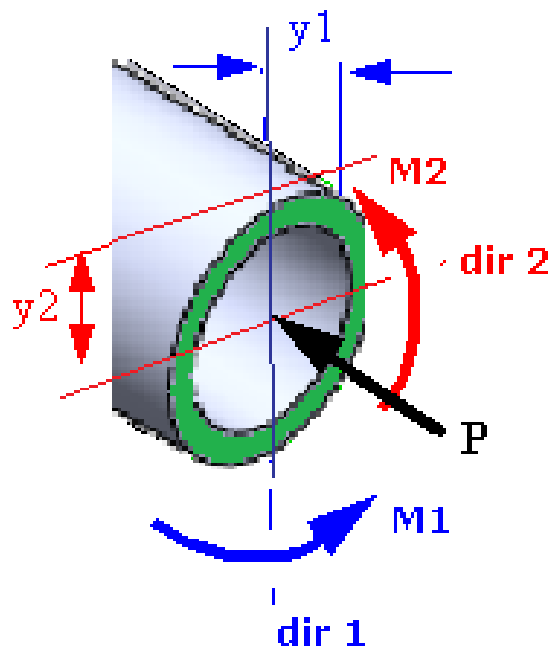
Fig. 3. 17 Aplicación de cargas laterales en el chasis.

3.6.7.1 Análisis de Resultados.

Antes de analizar los diferentes valores obtenidos se hará una breve descripción de los resultados a obtenerse producto de la ejecución del estudio mismos conceptos que serán aplicables en los otros dos casos de aplicación de fuerzas.

Los resultados de cada elemento se presentan en sus direcciones locales. No hay ningún promedio de tensiones para elementos de cabeza de armadura y viga. Puede ver tensiones axiales uniformes, torsionales, tensiones de flexión en dos direcciones ortogonales (dir 1 y dir 2) y las tensiones del peor caso en las fibras de los extremos, generadas por la combinación de tensiones axiales y de flexión.

Una sección de viga está sujeta a una fuerza axial P y a dos momentos $M1$ y $M2$, como puede verse a continuación:

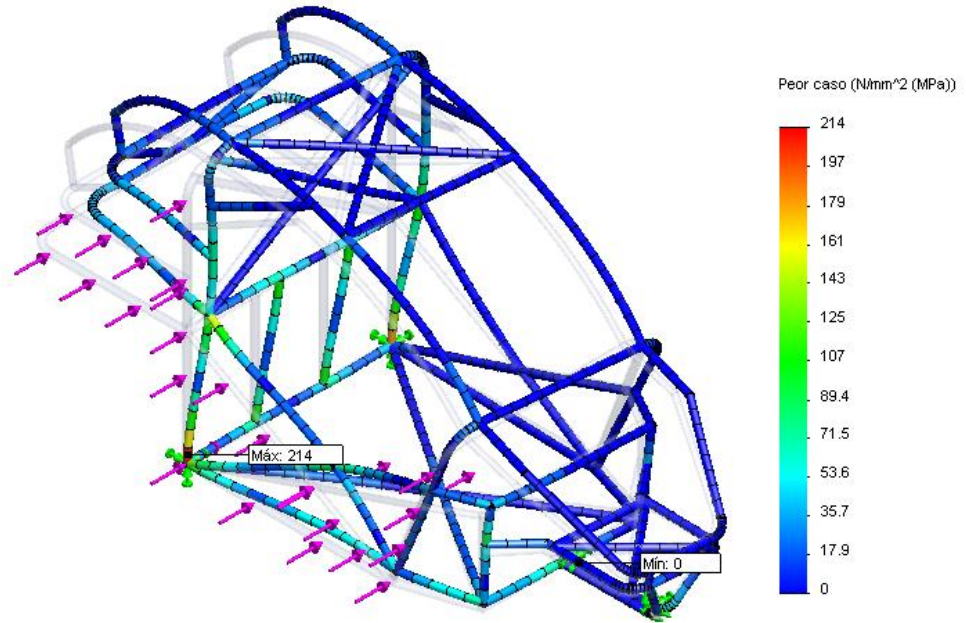


El software brinda las siguientes opciones para la visualización de tensiones:

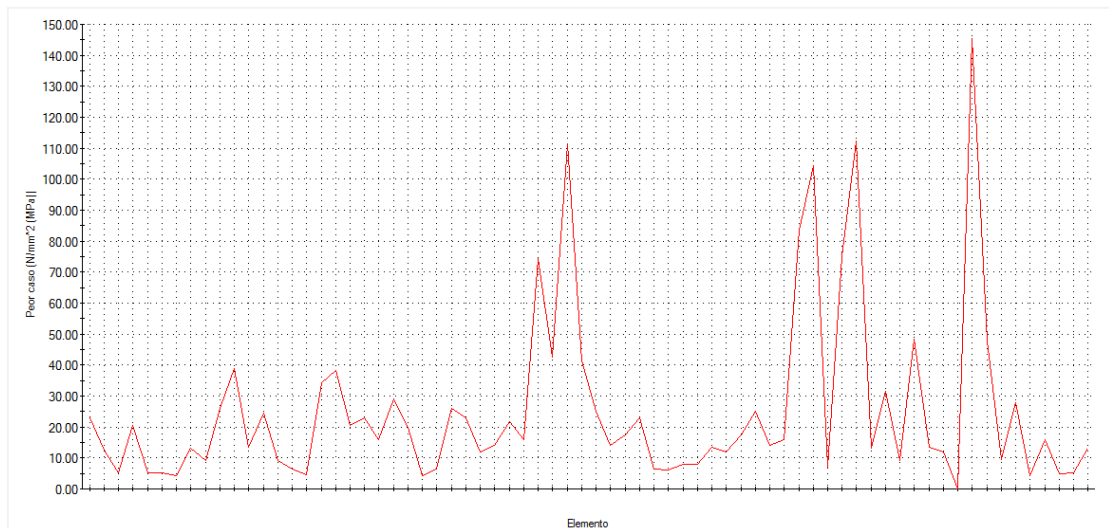
- ✓ **Axial:** Tensión axial uniforme = P/A
- ✓ **Pliegue en dir. local 1:** Tensiones de flexión originadas por $M2$. Esto se llama **Ms/Ss de pliegue** en el nombre, título y leyenda del trazado.
- ✓ **Pliegue en dir. local 2:** Tensión de flexión originada por $M1$. Esto se llama **Mt/St de pliegue** en el nombre, título y leyenda del trazado.

Todos estos valores obtenidos tendrán que ser comparados con los módulos y límites propios del material empleado

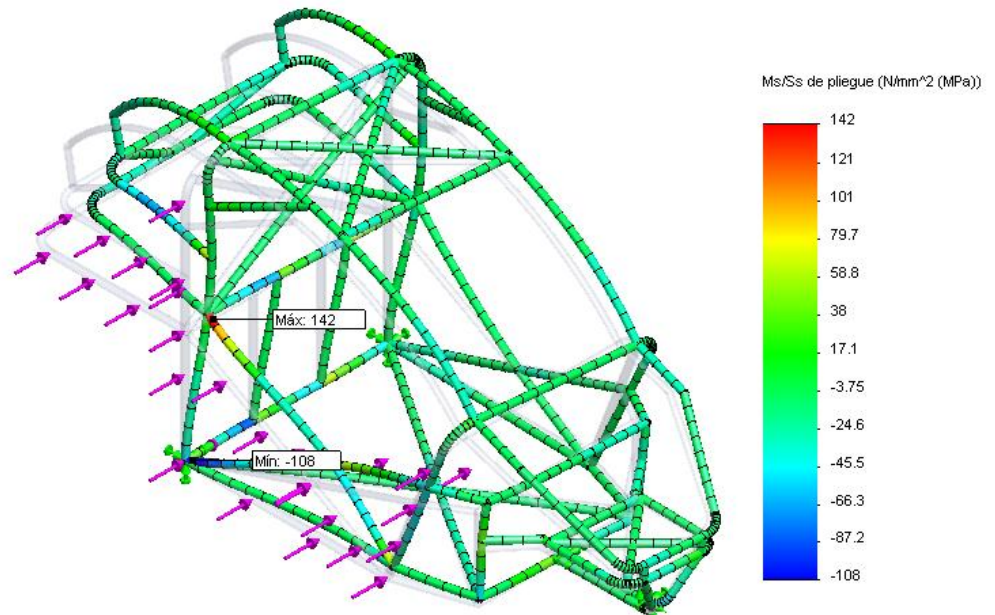
- Resultados Obtenidos Peor Caso



Tipo de resultado: Tensión en el peor caso Tensiones4



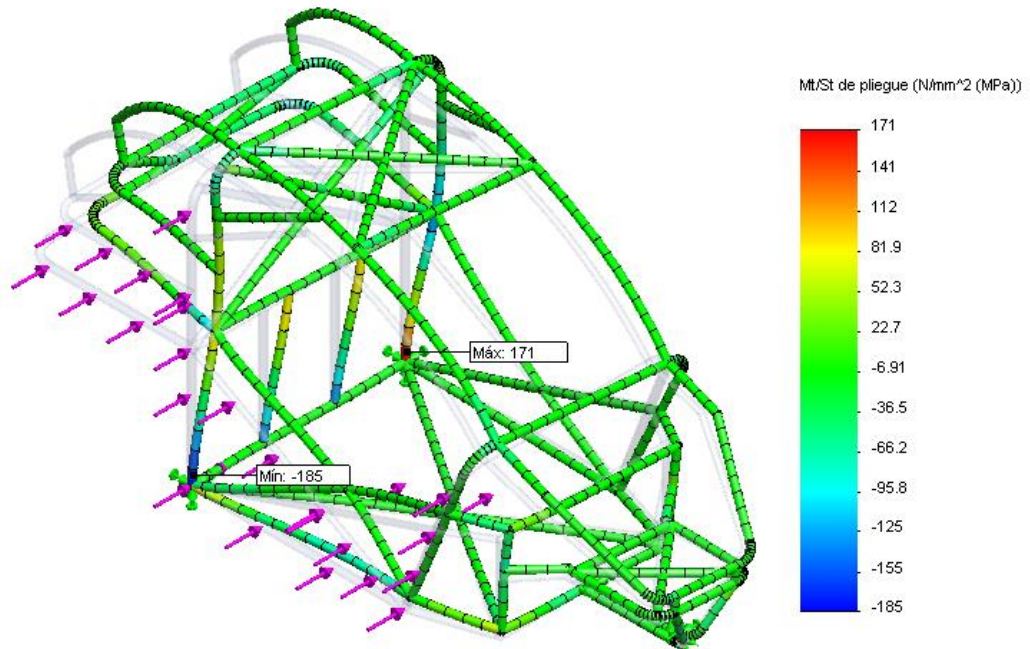
- Resultados Obtenidos Pliegue en dir. local 1



Tipo de resultado: Ms/Ss de tensión de pliegue Tensiones2



- Resultados Obtenidos Pliegue en dir. local 2

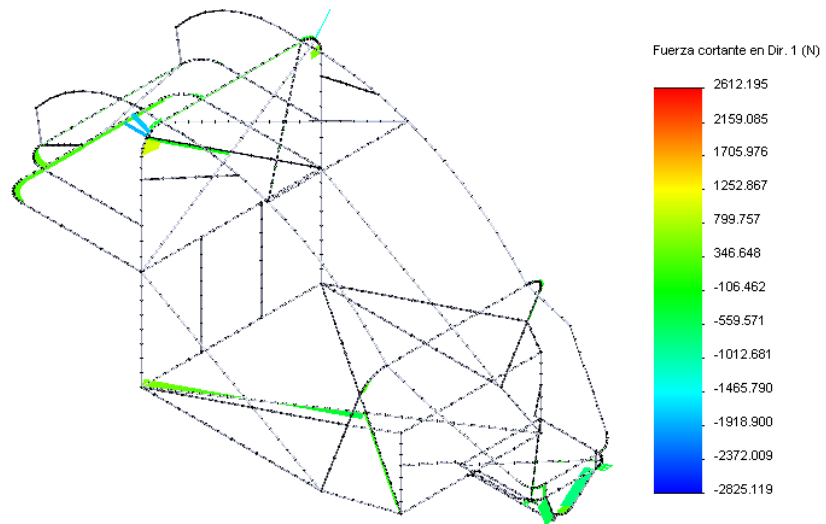


Tipo de resultado: M/St de tensión de pliegue Tensiones3

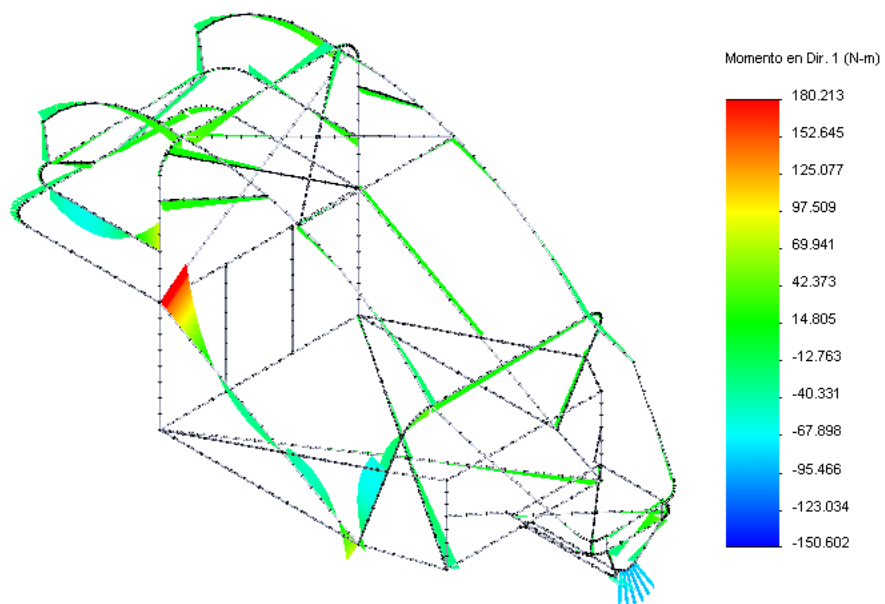


- Resultados Obtenidos Diagrama de Vigas

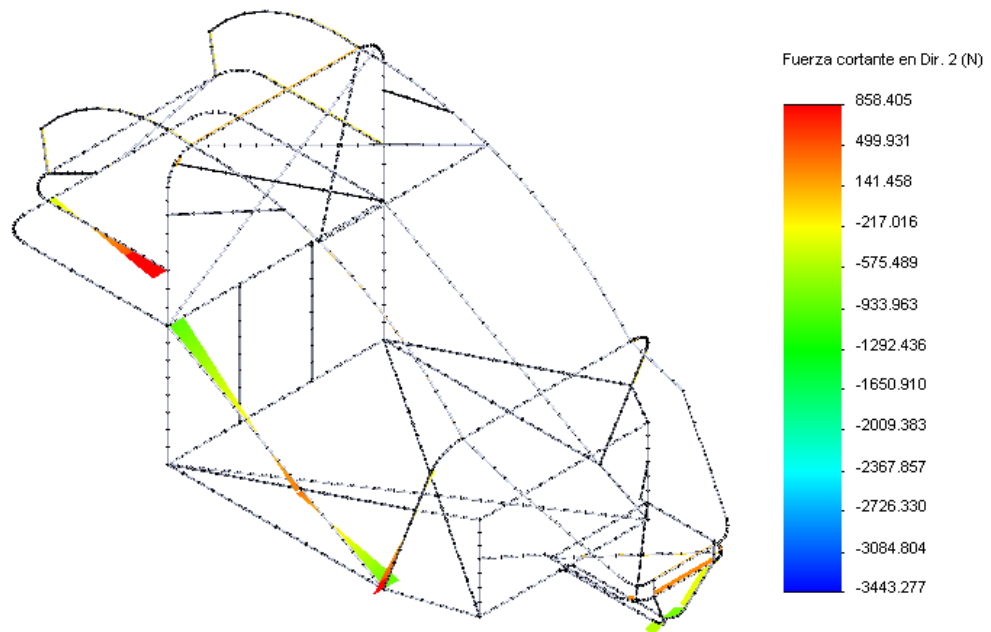
Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir 1



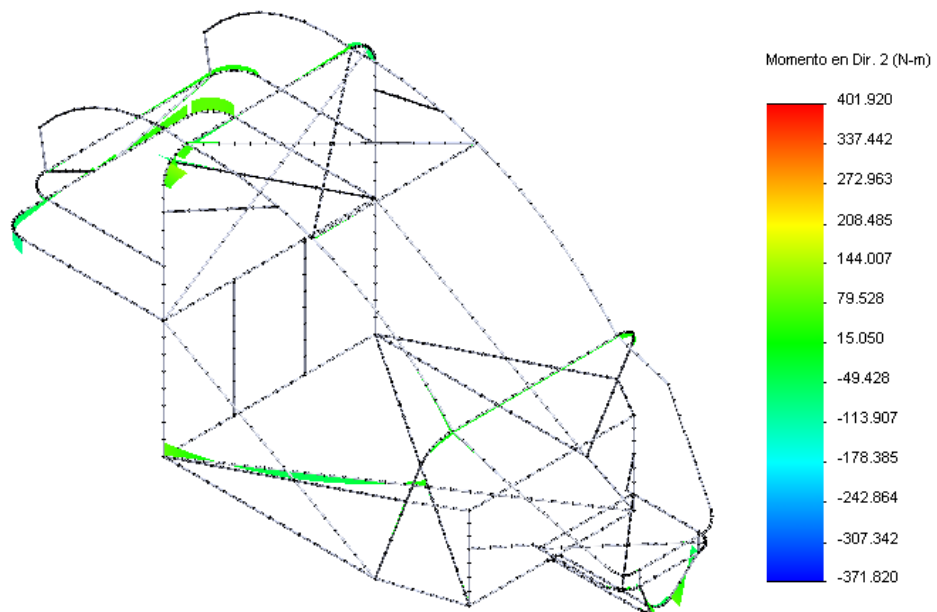
Trazado de Módulos Cortantes – Momento en Dir 1



Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir 2



Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir 2



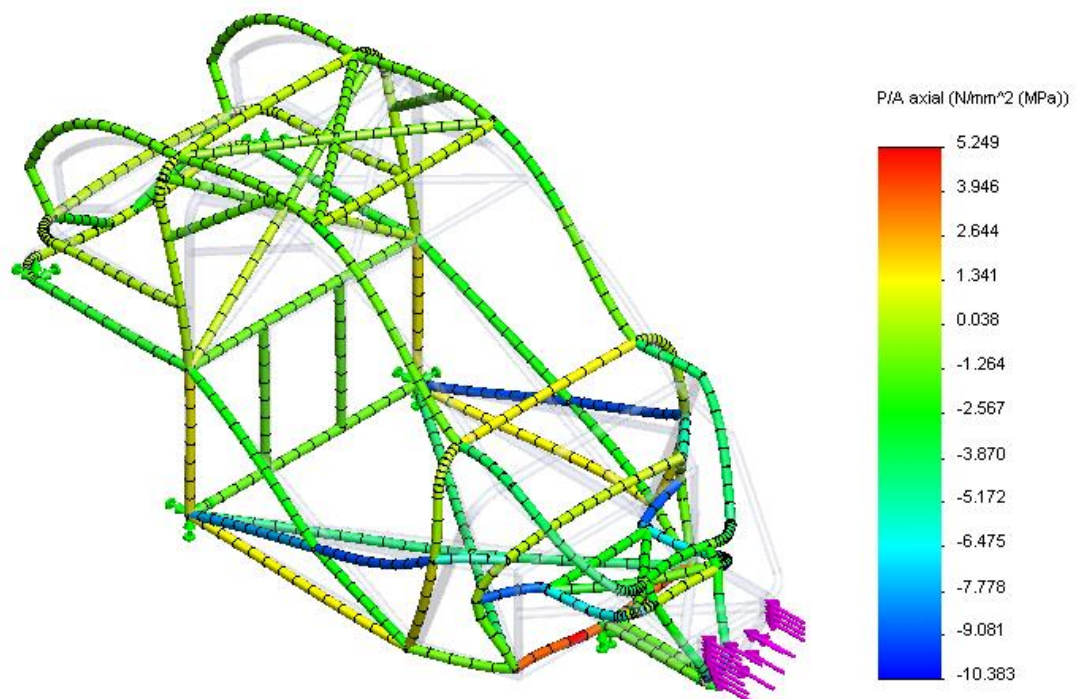
3.6.8. ESTUDIO DE APLICACIÓN DE CARGAS LONGITUDINALES.

Basándose en los mismos principios y conceptos bajo el cual se estudio las cargas laterales se realizará un estudio con cargas longitudinales, teniéndose en cuenta que se lo debe realizar en ambos sentidos, pero que con el objetivo de simplificar el presente trabajo solo se analizará las cargas longitudinales en la parte delantera, encontrándose la otra parte del estudio en los anexos y en el respaldo magnético.

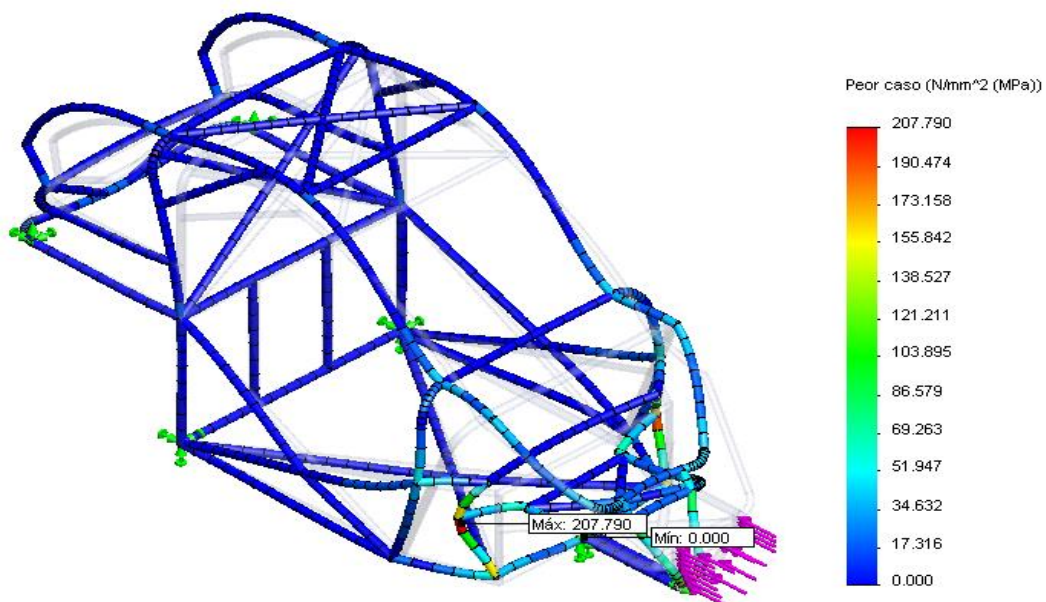
Para este caso la fuerza a ser aplicada será de 22638 N, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente.

3.6.8.1 Análisis de Resultados

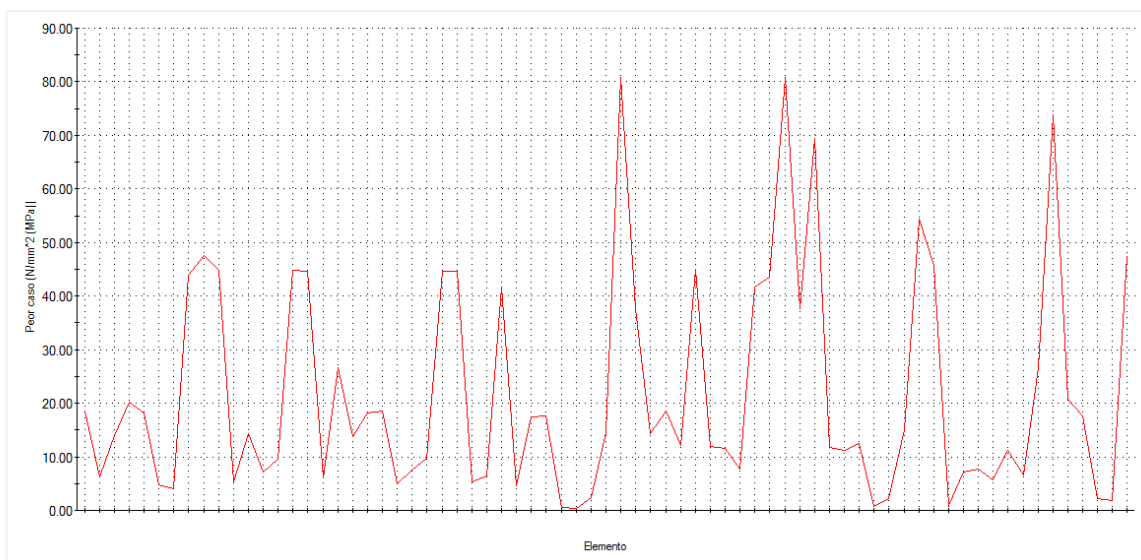
- Resultados Obtenidos Tensión Axial



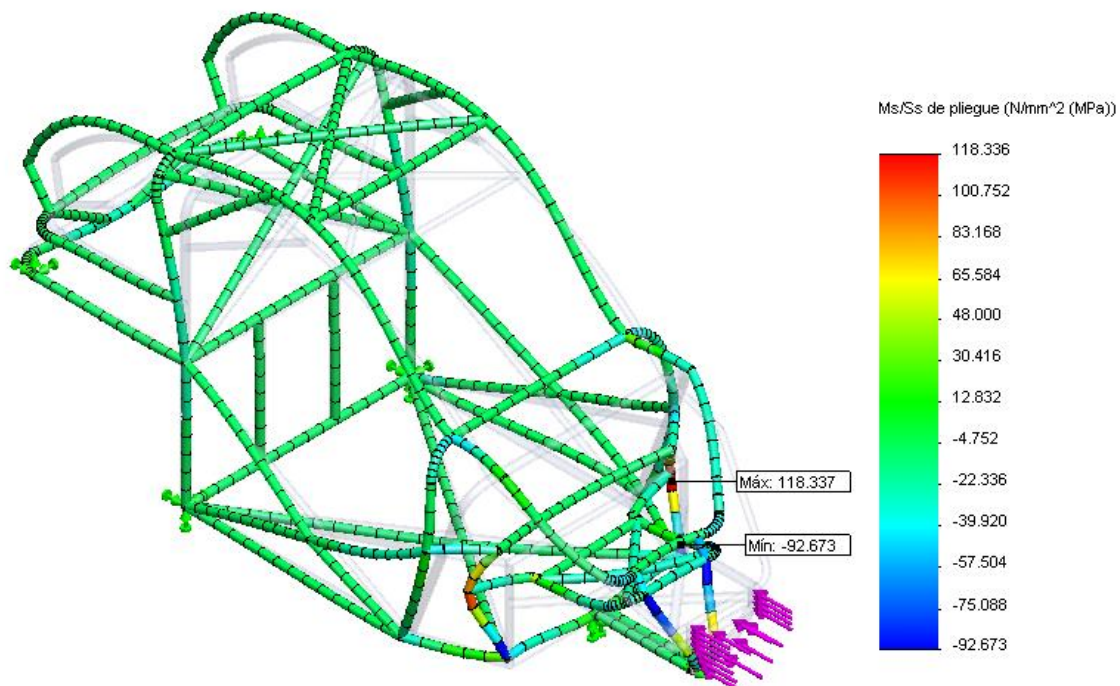
- Resultados Obtenidos Peor Caso



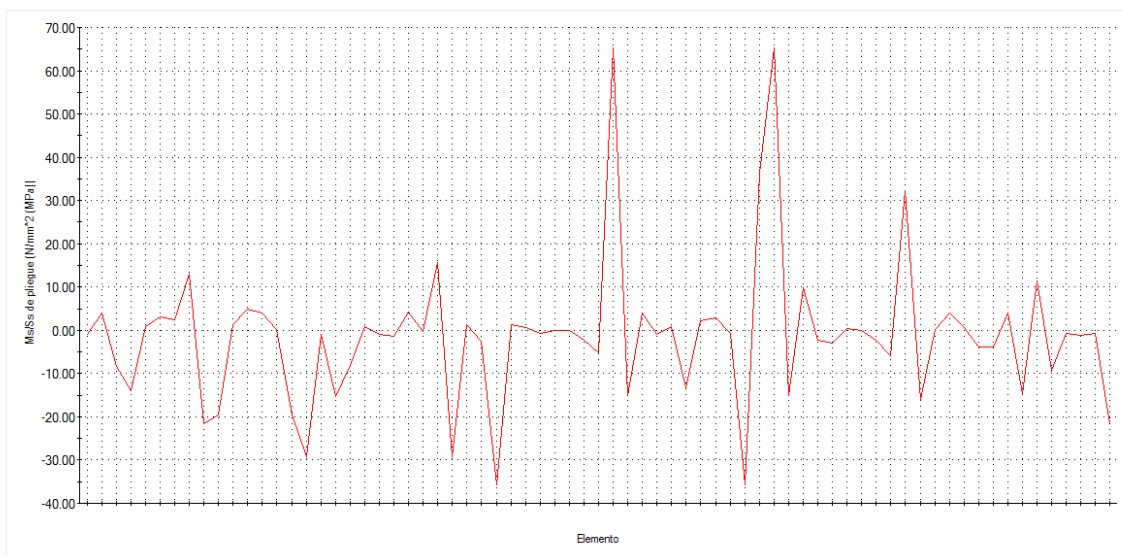
Tipo de resultado: Tensión en el peor caso Tensiones2



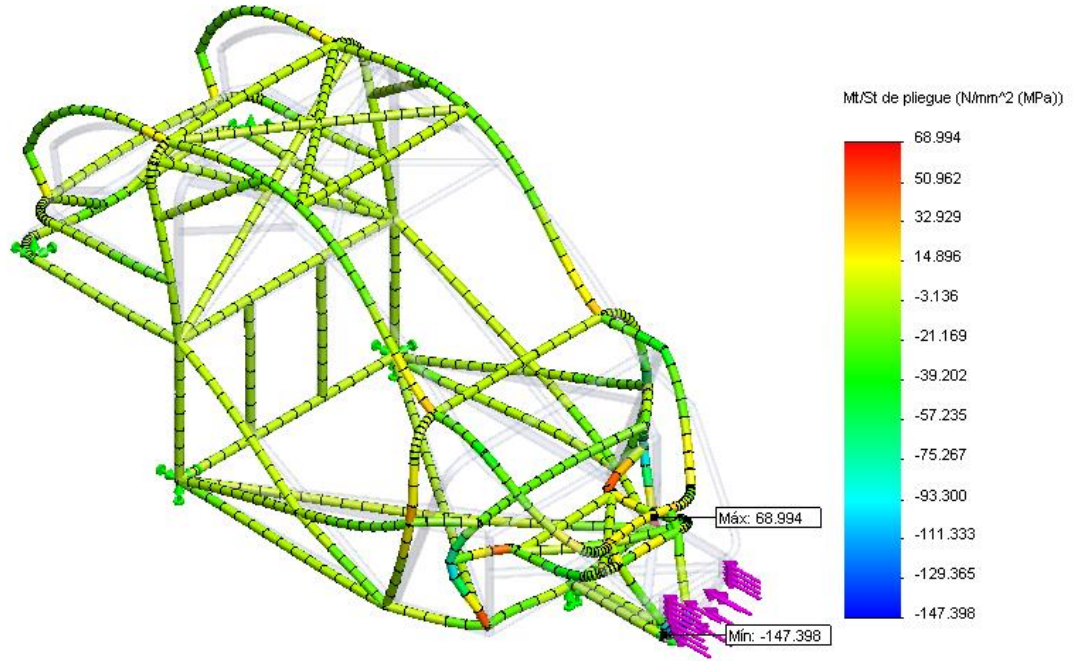
- Resultados Obtenidos Pliegue en dir. local 1



Tipo de resultado: Ms/Ss de tensión de pliegue Tensiones3



- Resultados Obtenidos Pliegue en dir. local 2

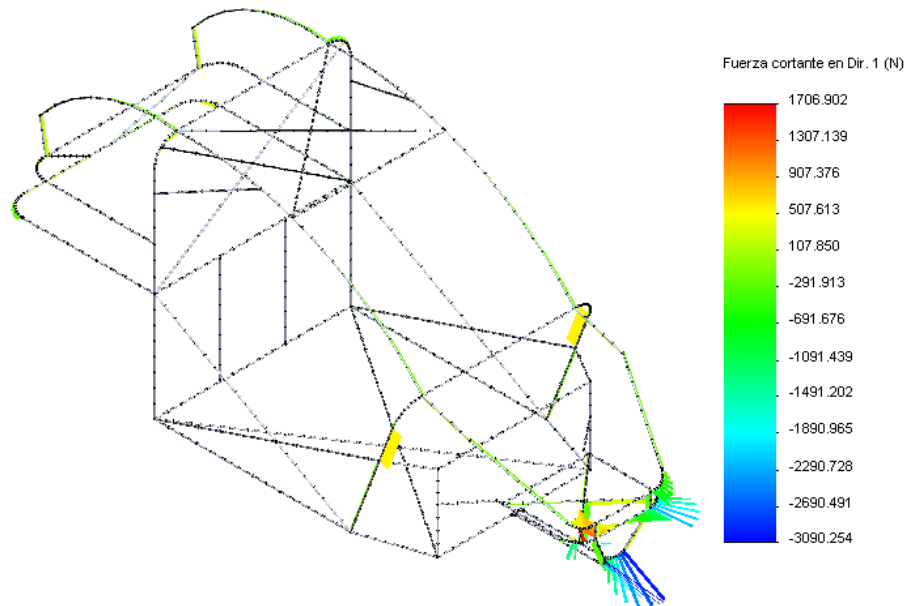


Tipo de resultado: Mt/St de tensión de pliegue Tensiones3

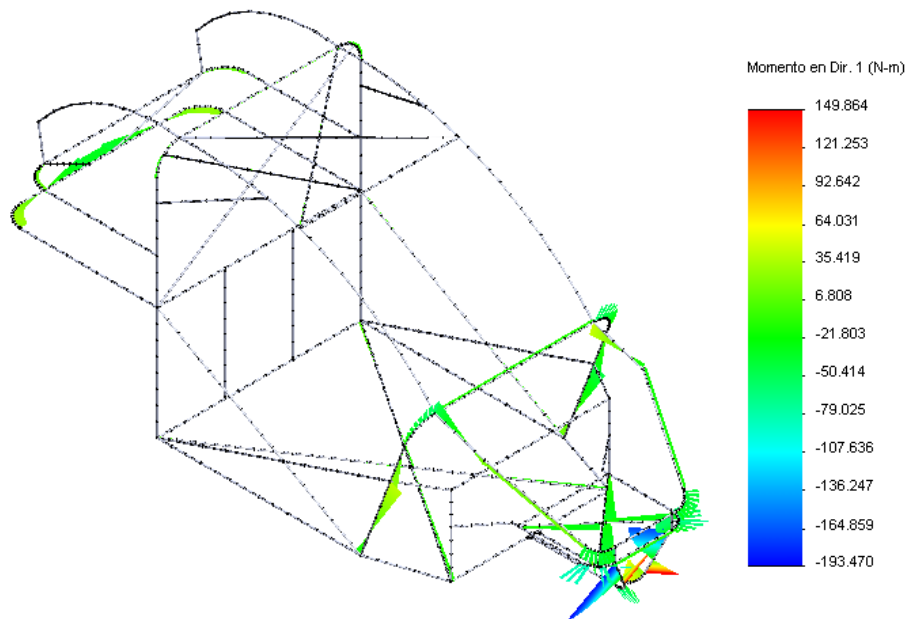


- Resultados Obtenidos Diagrama de Vigas

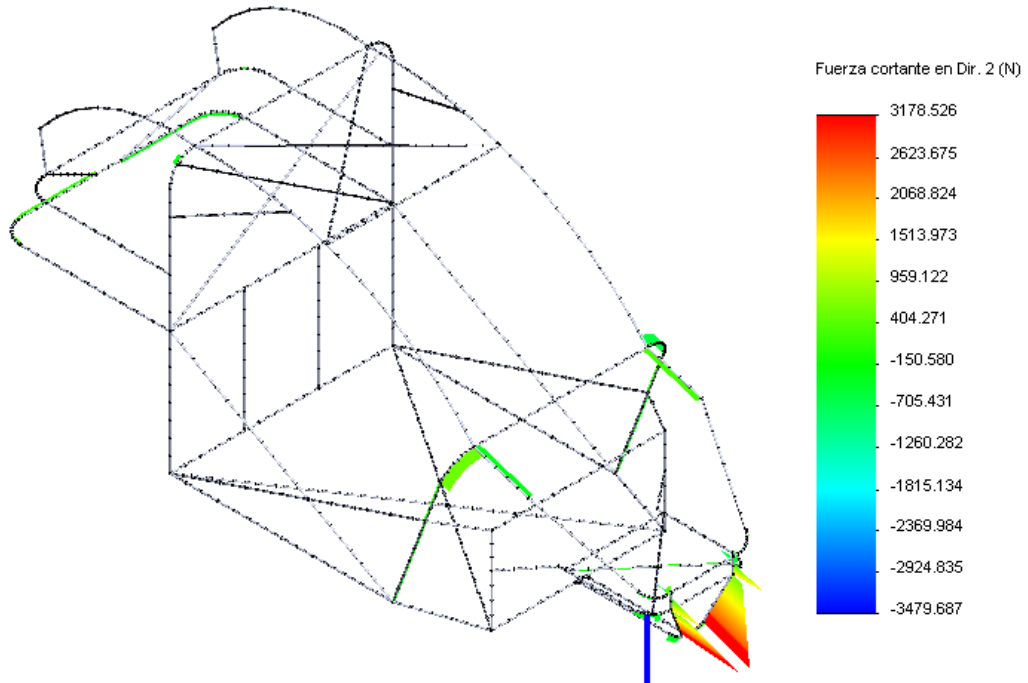
Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir 1



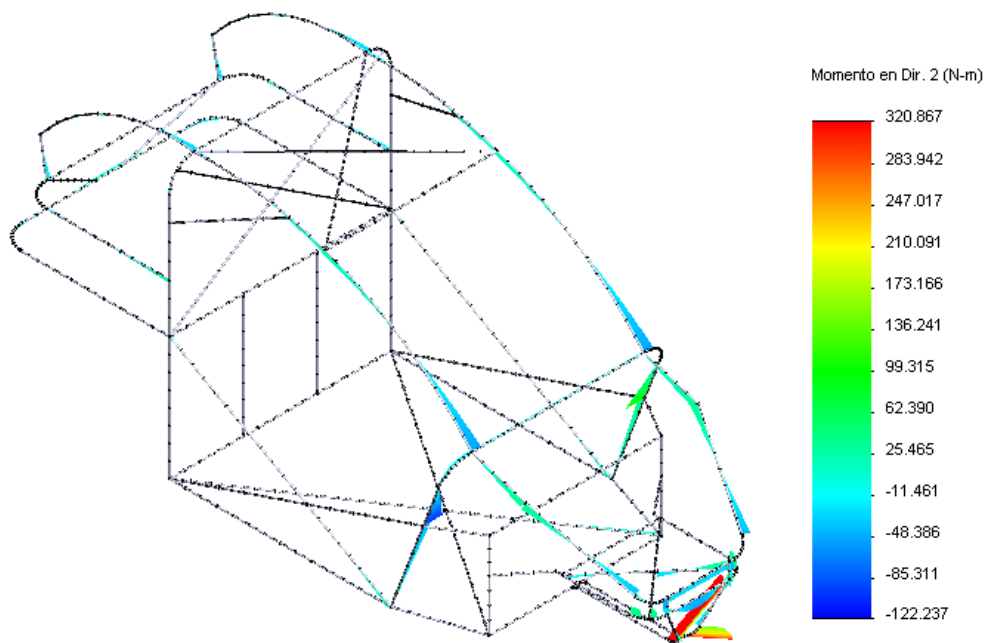
Trazado de Módulos Cortantes – Momento en Dir 1



Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir. 2



Trazado de Módulos Cortantes – Momento en Dir. 2

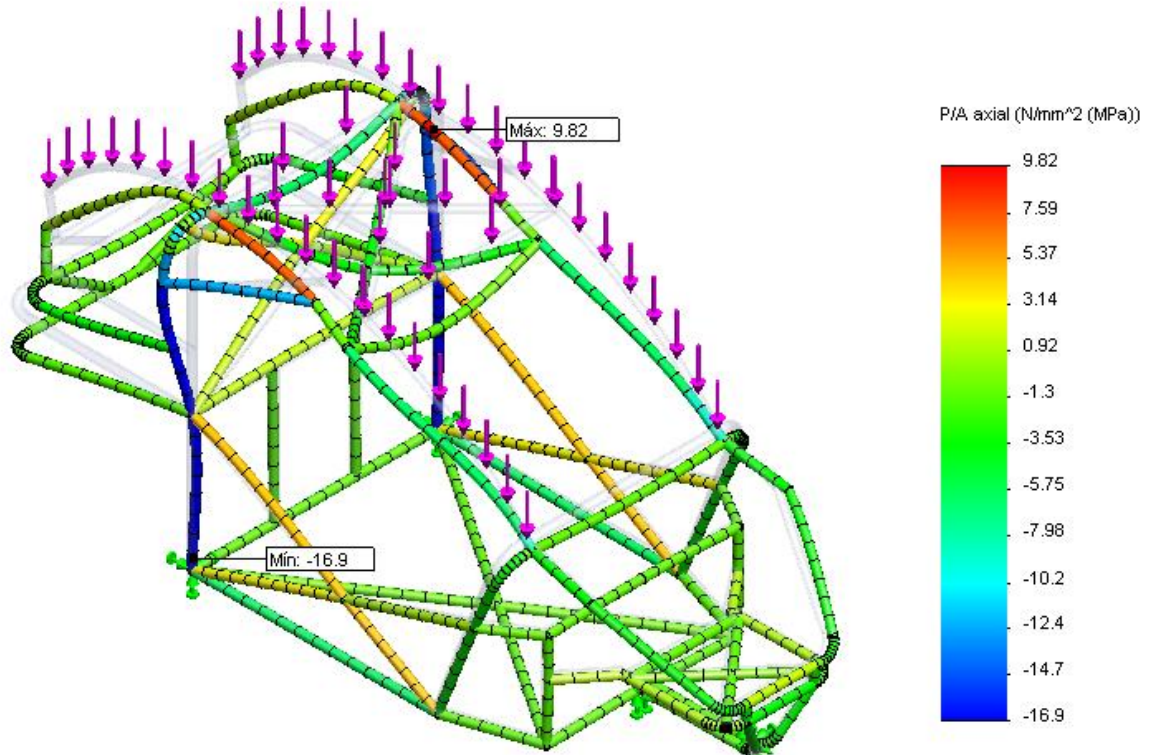


3.6.9. ESTUDIO DE APLICACIÓN DE VERTICALES.

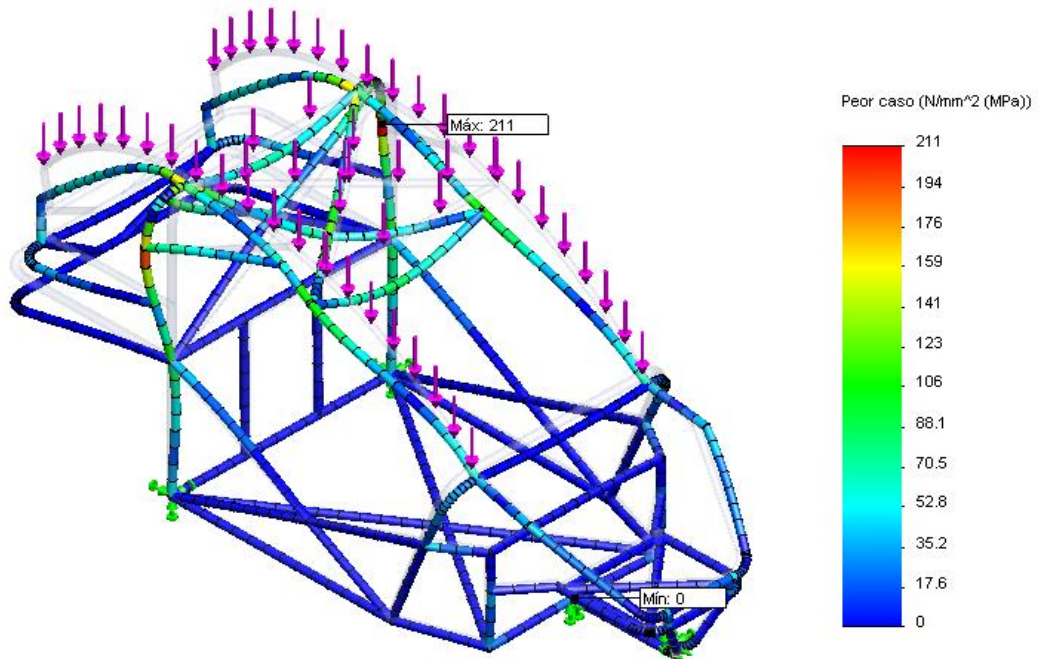
En esta parte del estudio la colocación de las cargas se las realizara en la parte superior del vehículo, y según el reglamento de la FAU es la parte de la estructura que mas debe soportar la aplicación de una fuerza, siendo esta de un valor de **30184 N** equivalente a 8 veces el peso del vehículo tomando en cuenta este valor se opto por la triangulización de algunas partes principales del chasis para que así la estructura pueda soportar dicho valor cuyo estudio se lo detalla a continuación.

3.6.9.1 Análisis de Resultados

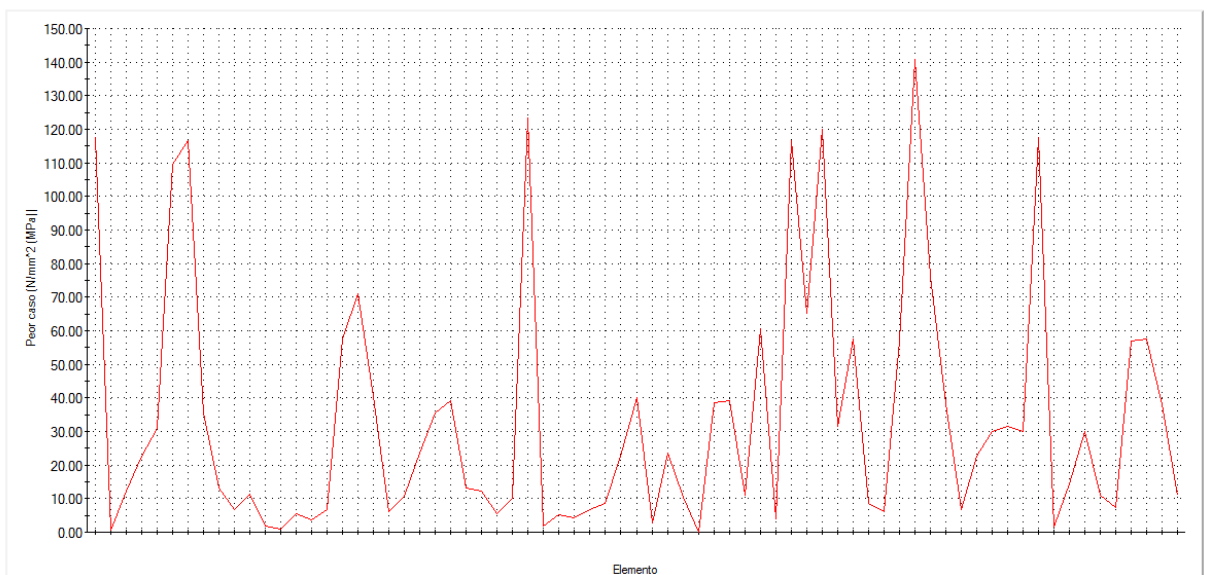
- Resultados Obtenidos Tensión Axial



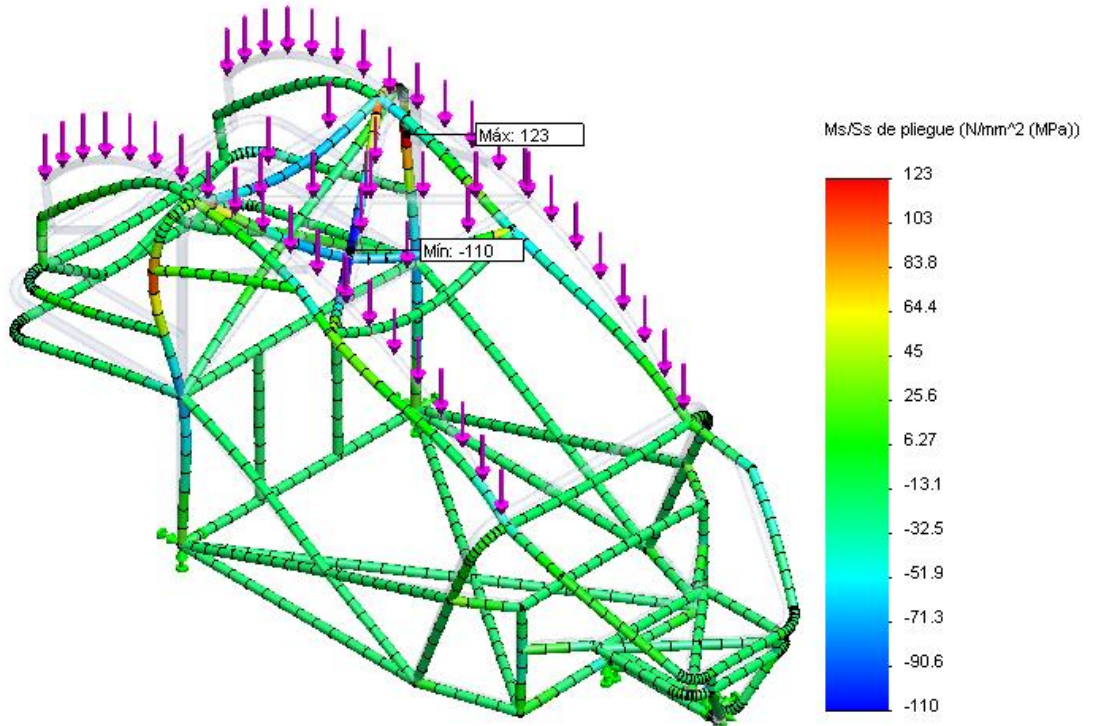
- Resultados Obtenidos Peor Caso



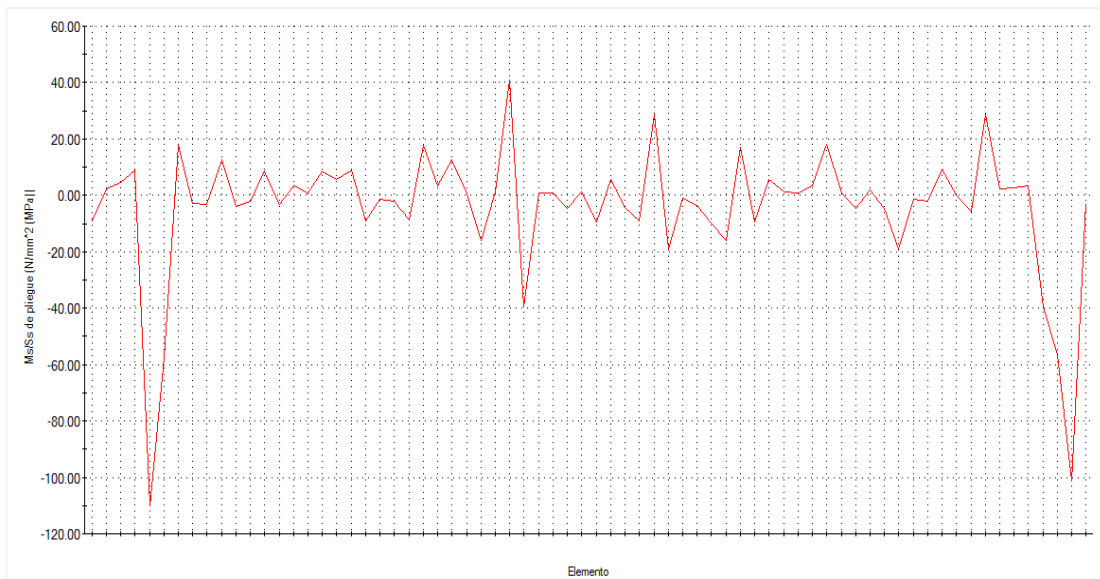
Tipo de resultado: Tensión en el peor caso Tensiones1



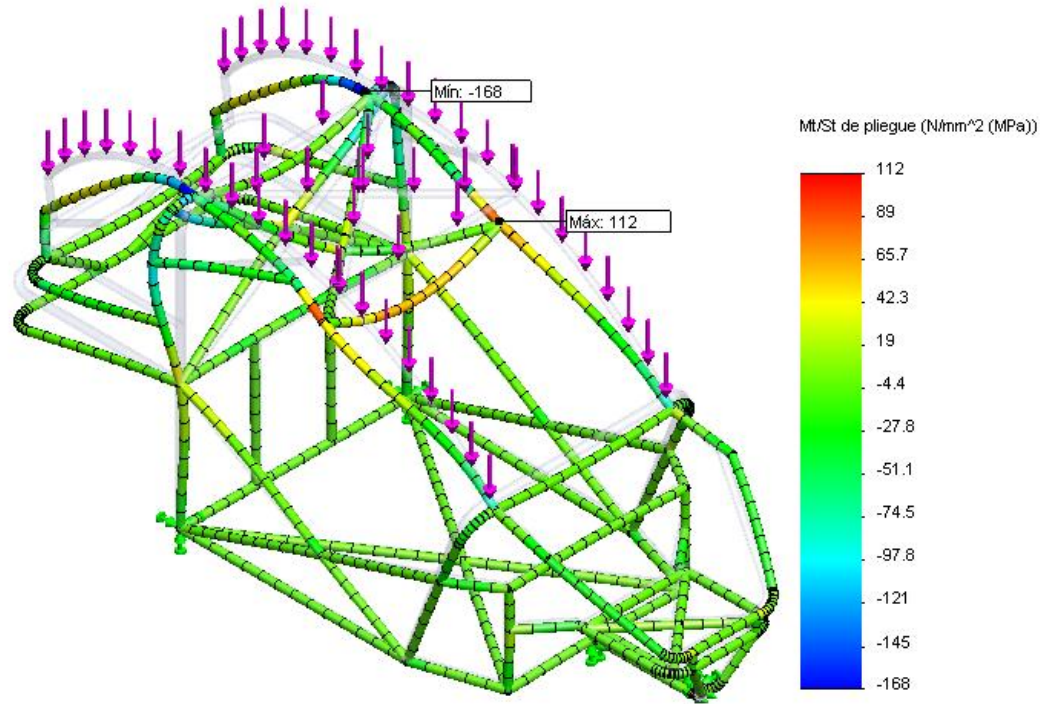
- Resultados Obtenidos Pliegue en dir. local 1



Tipo de resultado: Ms/Ss de tensión de pliegue Tensiones1



- Resultados Obtenidos Pliegue en dir. local 2

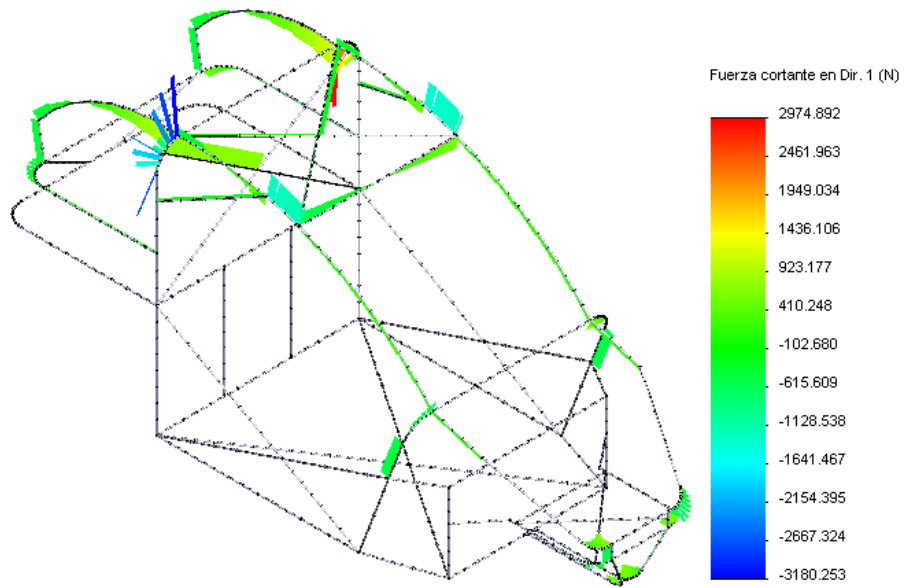


Tipo de resultado: M/St de tensión de pliegue Tensiones1

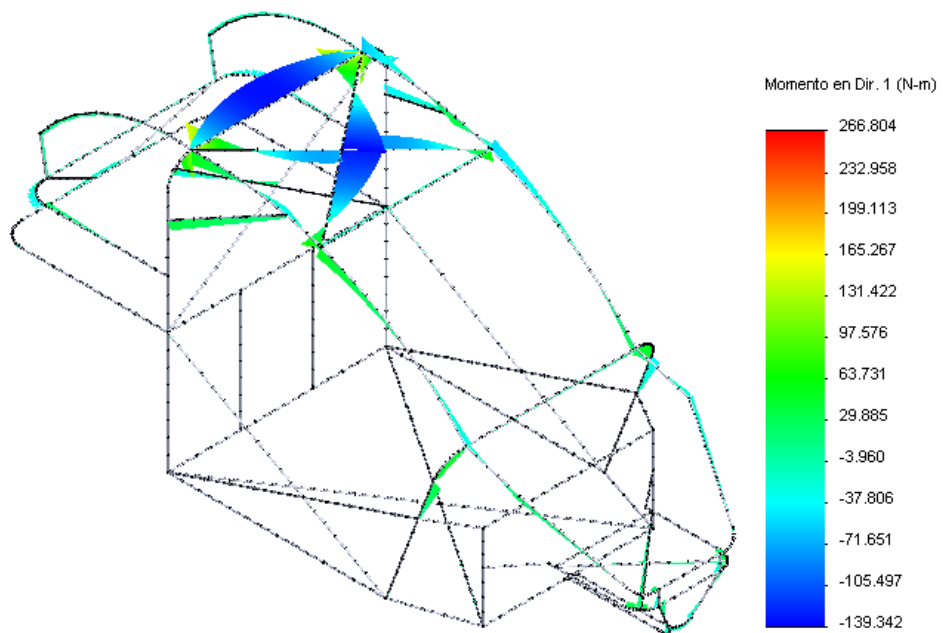


- Resultados Obtenidos Diagrama de Vigas

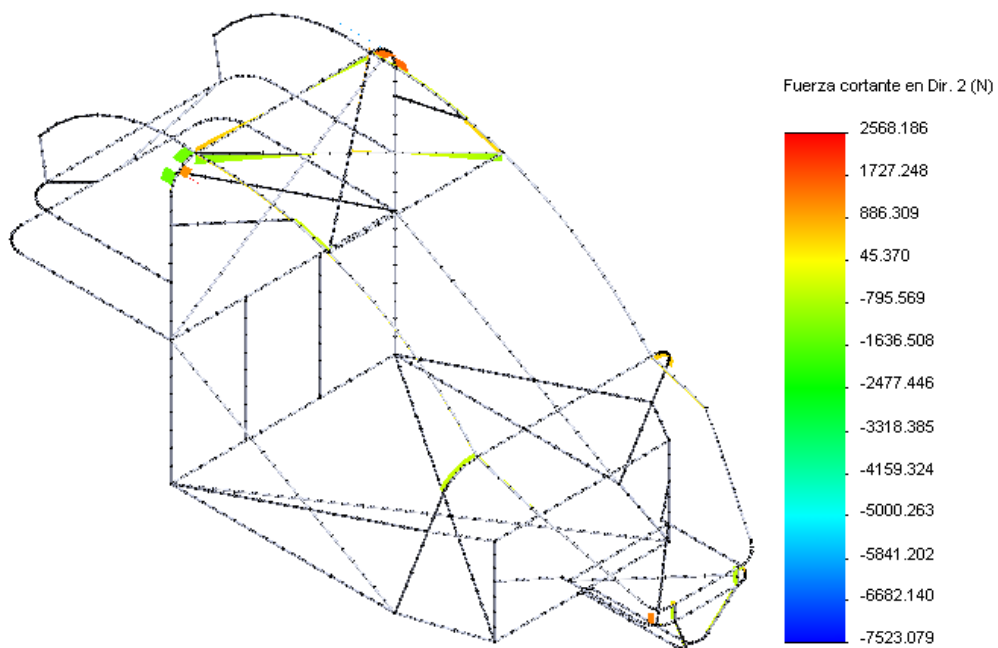
Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir 1



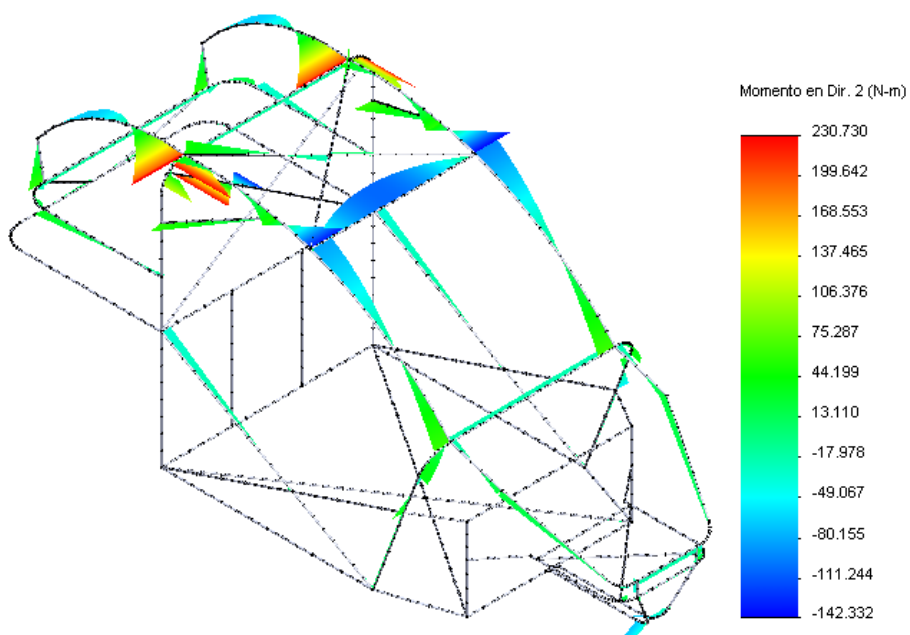
Trazado de Módulos Cortantes – Momento en Dir 1



Trazado de Módulos Cortantes – Fuerza Cortante en Dir 2



Trazado de Módulos Cortantes – Momento en Dir 2



3.6.10. FACTOR DE SEGURIDAD.

En los cálculos de resistencia mecánica, el factor de seguridad se aplica principalmente de dos maneras:

1. Multiplicando el valor de las solicitaciones o fuerzas que actúan sobre un elemento resistente.
2. Dividiendo las propiedades favorables del material que determinan el diseño.

En ambos casos lo que resulta es un sobredimensionamiento del componente. Este sobredimensionamiento se justifica por variadas causas, como por ejemplo: previsiones de desgaste o corrosión, posibles errores o desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se manejan, diferencias entre las propiedades tabuladas y las obtenibles en la realidad, tolerancias de fabricación o montaje, tolerancias por incertidumbre en las solicitaciones a que se someterá el elemento, la propia incertidumbre del método de cálculo, etc.

En nuestro caso vamos a encontrar el factor de seguridad para los tres casos de análisis, tomando en cuenta el límite elástico del material (S_y) del material que es igual a 250 MPa y el mayor valor obtenido en cada caso.

- Factor de Seguridad para Cargas Laterales

$$k = \frac{\text{límite elástico}}{\text{max valor Peor Caso}} = \frac{250 \text{ MPa}}{214 \text{ MPa}} = 1.17$$

- Factor de Seguridad para Cargas Longitudinales

$$k = \frac{\text{límite elástico}}{\text{max valor Peor Caso}} = \frac{250 \text{ MPa}}{207,9 \text{ MPa}} = 1.2$$

- Factor de Seguridad para Cargas Laterales

$$k = \frac{\text{límite elástico}}{\text{max valor Peor Caso}} = \frac{250 \text{ MPa}}{211 \text{ MPa}} = 1.18$$

3.7. ENSAMBLAJE DEL BUGGY CON TODOS SUS SISTEMAS EN SOLIDWORKS.

Una vez realizado el diseño y análisis de chasis mediante CosmosWorks, y analizado todos los resultados obtenidos, y llegando a la conclusión de que todos los resultados obtenidos están dentro de los parámetros exigidos por la FAU, se procederá a la modelización en SolidWorks de los sistemas a ser instalados en el vehículo tales como suspensión, bastidor para soporte del motor, sistema de dirección, además de otros elementos como asiento, y protecciones contra impactos, carrocería del vehículo mismos que luego se ensamblaran al chasis para obtener de esta manera un modelo computacional del vehículo a construir, siendo esto de mucha utilidad ya que nos permitirá facilitar el ensamblaje durante el proceso de fabricación porque tendremos una idea preliminar de cómo nos va a quedar el buggy ya terminado.

Tomando en cuenta que durante esta parte del proceso primero se realizó una selección de todos los elementos a ser adaptados como por ejemplo el motor, sistema de dirección y suspensión, para posteriormente mediante la ayuda de fotografías, datos técnicos y por medidas tomadas experimentalmente se procederá a dibujar cada sistema y elemento. Aclarando que por no ser parte de estudio del presente trabajo el análisis de suspensión, dirección y tren de potencia son medidas aproximadas pero que nos permitirá tener una visión más amplia del objetivo a cumplir.

3.7.1. ADAPTACIÓN DE BASES AL CHASIS.

Tomando como base el modelo de chasis ya construido y con las mediciones de los sistemas y elementos previamente tomadas en primera instancia se procederá a ubicar bases para todos los elementos a ser instalados, siendo estos una aproximación ya que posteriormente podrían ser desplazados de acuerdo a criterios de espacio o si llegaran a presentarse conflictos entre distintos sistemas, por ejemplo si estos llegarán a causar alguna intersección.

Llegando a obtener el siguiente gráfico en el que se pueden apreciar las distintas bases para los elementos más relevantes tales como suspensión, dirección, motor. Añadiéndose además a la estructura miembros estructurales que servirán de apoyo para los absorbedores de impacto y los instrumentos del tablero.

A más de lo anotado anteriormente se hizo presente la necesidad de construir una base desmontable para elementos propios del motor como sistema de encendido, batería, tanque de combustible, por lo que se procedió a la modelización de una base para todos estos elementos

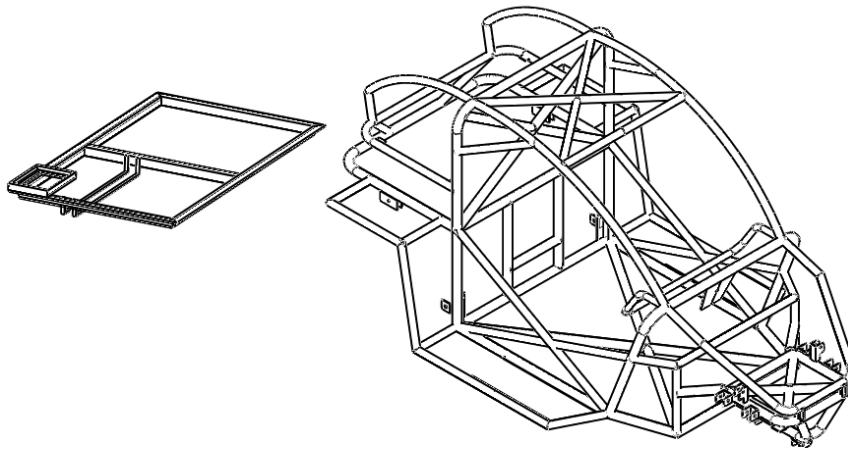


Fig. 3. 18 Adaptación de Bases al Chasis para los elementos a ser instalados.

3.7.2. MODELIZACIÓN DEL BASTIDOR PARA EL 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.

Como ya se mencionó anteriormente al no ser parte del presente estudio se realizara un dibujo aproximado de los elementos más sobresalientes del tren de potencia llegando a obtener los elementos descritos a continuación.

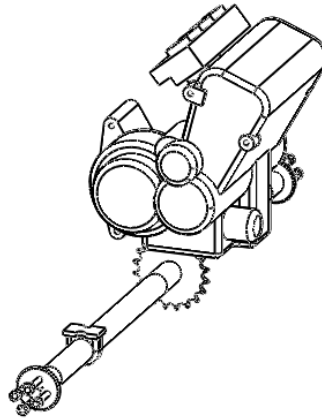


Fig. 3. 19 Elementos principales del Tren de Potencia.

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 para la construcción en SolidWorks de todos estos elementos ya fueron descritos en los subcapítulos anteriores. Pero en esta ocasión vamos a trabajar en ensamblaje⁶, entre algunas piezas más no solo con una pieza como lo hemos venido haciendo hasta ahora.

En este programa tenemos la facilidad de realizar los ensamblajes mencionados, agregando relaciones de posición⁷ , ahorrándonos tiempo y permitiendo que todo se realice con exactitud.

⁶ Un documento donde piezas, operaciones y otros ensamblajes (llamados subensamblajes) se relacionan entre sí. Las piezas y los subensamblajes están en documentos distintos, independientes del documento del ensamblaje.

⁷ Una relación geométrica, como coincidente, perpendicular, tangente, etc. entre piezas de un ensamblaje.

En el siguiente gráfico podemos observar el tren de potencia de nuestro vehículo terminado, en el que se ha tomado consideraciones como fijar el eje y el motor en un solo sistema debido a que la transmisión es por cadena y si el eje es flotante se tiene inconvenientes en la cadena ya que no siempre tendría la tensión adecuada para su correcto funcionamiento. Además se cuenta con puntos de anclaje tanto para la suspensión como para el chasis. A su vez todo este conjunto quedará listo para ser acoplado al chasis diseñado anteriormente.

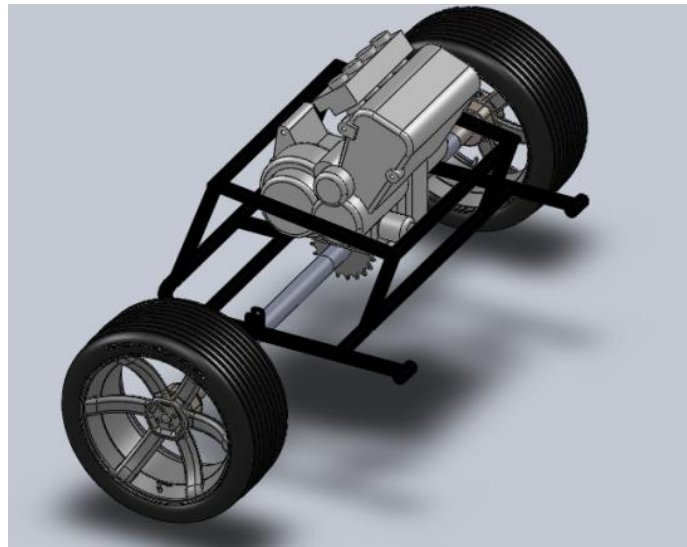


Fig. 3. 20 Tren de potencia.

3.7.3. MODELIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

El sistema de suspensión elegido es del tipo independiente, debido a que sus elementos que la componen no fueron diseñados sino que se optó por la adaptación de otro tipo de vehículo para la modelización del sistema de suspensión se procedió a tomar las medidas de dichos elementos para luego ser procesadas en SolidWorks.

En dichos dibujos se trató de simular exactamente todas las piezas de dicho sistema siendo de esta manera los amortiguadores los más complejos de realizar. Pero que por no ser parte del contenido de este trabajo no se procedió a analizar el comportamiento del mismo, tampoco a la aplicación de cargas que puede



Fig. 3. 22 Sistema de Dirección.

Hasta este punto se ha realizado el esquema de los sistemas automotrices más importantes, los mismos que al ensamblarlos dentro del chasis inicial obtenemos lo siguiente.

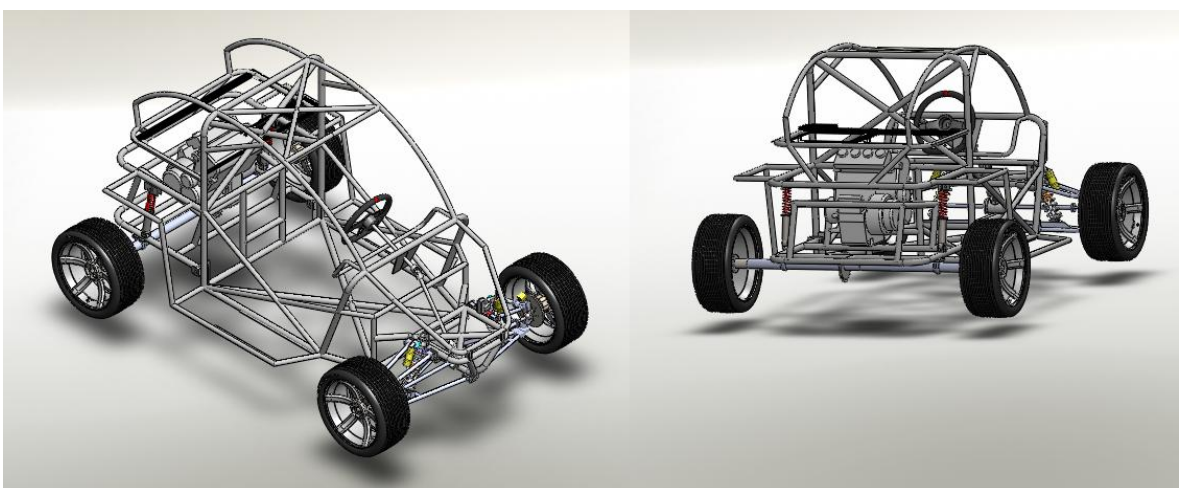


Fig. 3. 23 Buggy con sus diferentes sistemas.

3.7.5. MODELIZACIÓN SISTEMAS DE SEGURIDAD.

Con el fin de proteger al conductor de posibles incendios del motor la FAU exige unos cortafuegos que separe el habitáculo de todos los componentes del suministro de combustible, del aceite de motor y de los sistemas de refrigeración, para lo cual en nuestro modelo computacional se optó por colocar una lámina metálica alrededor de todo el arco principal, así como también en los laterales.

Se requiere además de absorbedores de impacto tanto laterales como frontales, de los cuales vamos a realizar un estudio de cargas aplicadas tal y como se lo realizó con el chasis.

Se procedió a realizar el dibujo de un asiento de competencia tipo butaca cuyo modelo brindará más seguridad al piloto, y debido a que el parabrisas estará formado por una red metálica unida a la estructura del vehículo de manera segura y fija, que recubra toda su abertura con un paso de 1 x 1 pulgada, también se procederá a su modelización previa.

Todos estos elementos comprenden el sistema de seguridad del vehículo cuyos gráficos estarán detallados en los anexos, mostrando en esta parte un ensamblaje de todos estos componentes como lo hemos venido haciendo con los demás sistemas.

3.7.5.1 Estudio de los Atenuadores de Impacto.

Realizando el mismo análisis mediante CosmosWorks que se realizó en el chasis y aplicando la carga lateral de 7546 N que sería la máxima fuerza que recibiera en un impacto lateral y tomando en cuenta que el material a ser utilizado es poliuretano obtenemos los siguientes resultados.

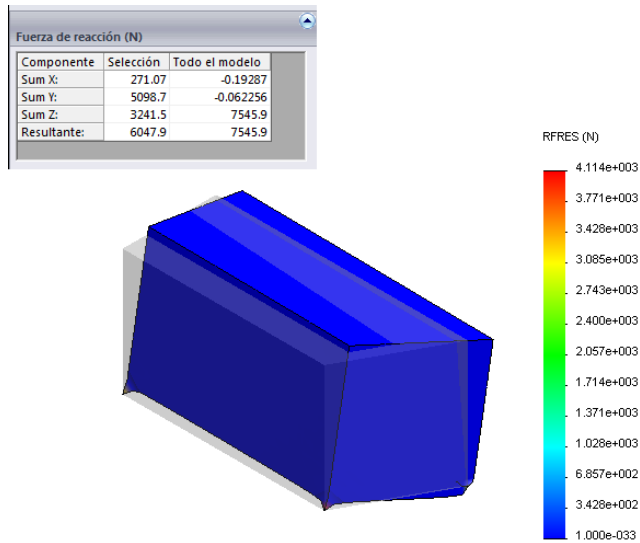


Fig. 3. 24 Estudio de los Absorbedores de Impacto

De lo cual podemos concluir diciendo que los absorbedores de impacto disminuirían considerablemente el impacto recibido ya que al aplicar 7546 N en un lado de la cara en el otro se produce una fuerza de reacción de 6048 N aproximadamente, con lo cuál estarían cumpliendo con su objetivo, además de dar mas validez al estudio del chasis realizado anteriormente ya que la fuerza a ser aplicada se disminuye aproximadamente en 1500 N. Siendo aproximadamente esta la fuerza reducida en el absorbedor frontal.

El modelo terminado con los sistemas de seguridad viene a ser el detallado a continuación.

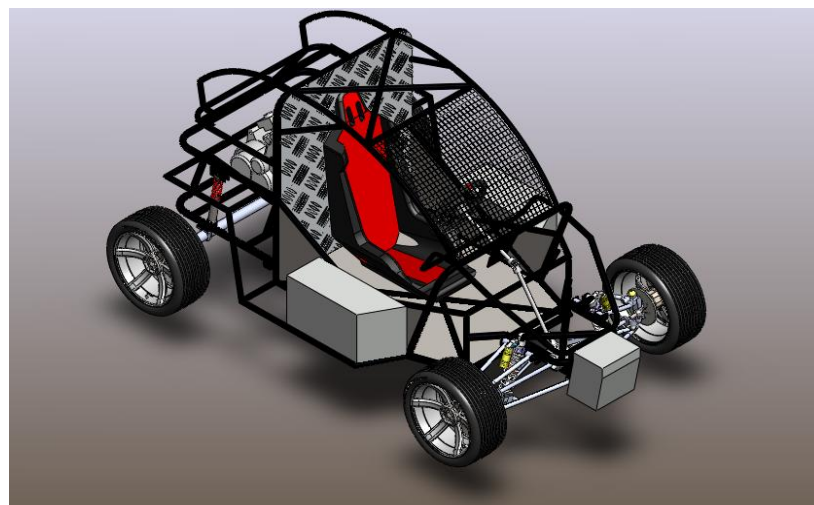


Fig. 3. 25 Buggy con sus Sistemas de Seguridad

3.7.6. MODELIZACIÓN CARROCERÍA.

Tomando en cuenta que el vehículo no debe tener aperturas en la carrocería desde la parte frontal hasta la parte posterior del arco principal o pared de fuego, y que esta permitido tener mínimas aperturas alrededor de los componentes de la suspensión delantera y apertura para tener acceso a la cabina se opto por un diseño que cumpla estos requerimientos pero que a su vez presente la mínima resistencia al flujo de aire y sea lo mas liviana posible, por lo cual el material elegido es la fibra de vidrio, además de realizar la modelización de un techo duro y opaco.

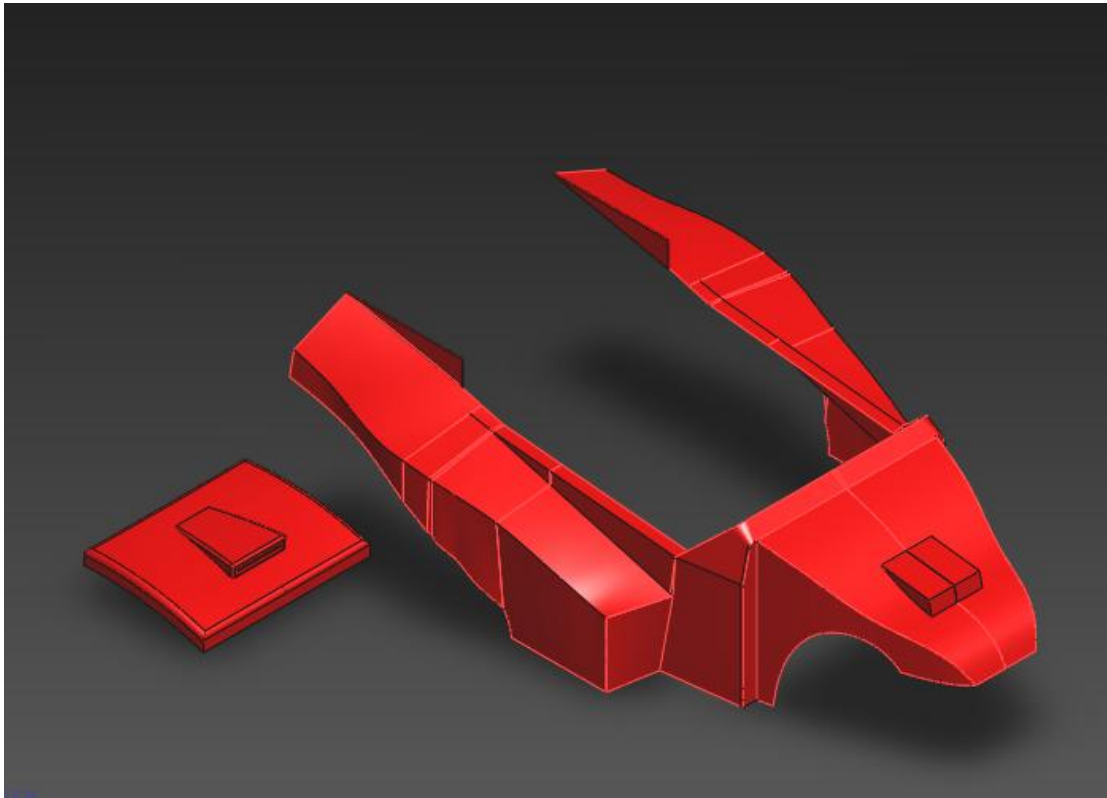


Fig. 3. 26 Carrocería

El modelo terminado cuenta además con una simulación en tres dimensiones de elementos tales como el sistema de iluminación, tablero de instrumentos, entre otros siendo un modelo que se apega mucho a la realidad, en cuyo ensamblaje constan alrededor de ochenta piezas, resultando al momento de su terminación un diseño muy complejo por su cantidad de piezas, tal y como se puede observar en los siguientes gráficos.

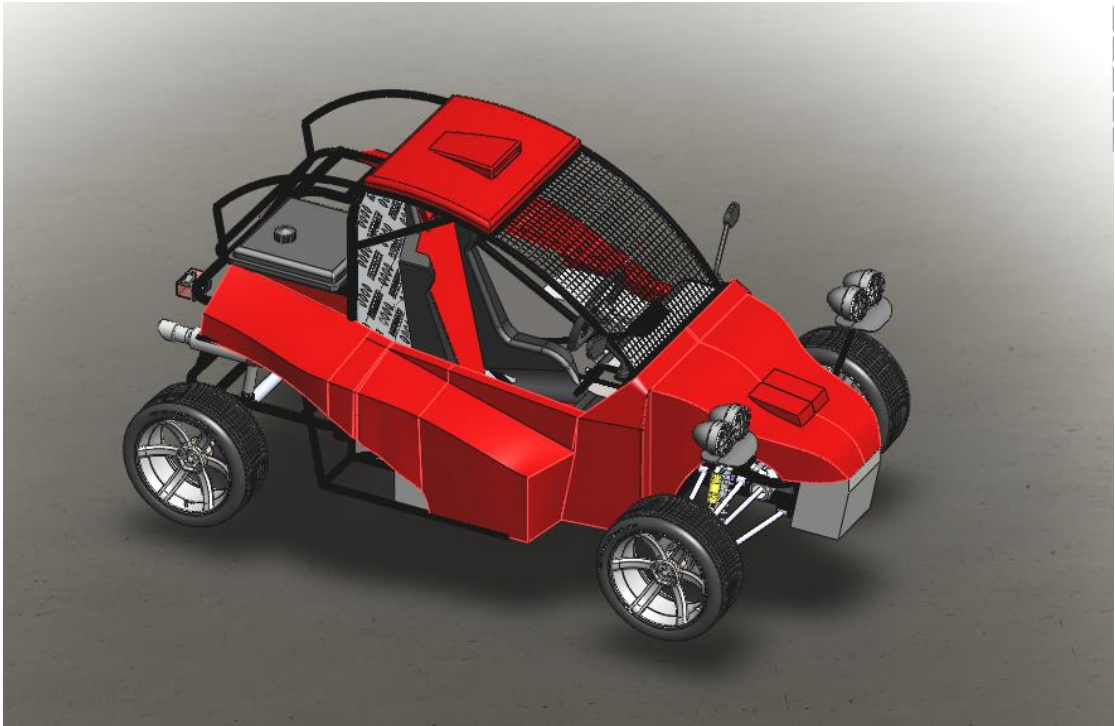


Fig. 3. 27 Vista Trimétrica modelo terminado

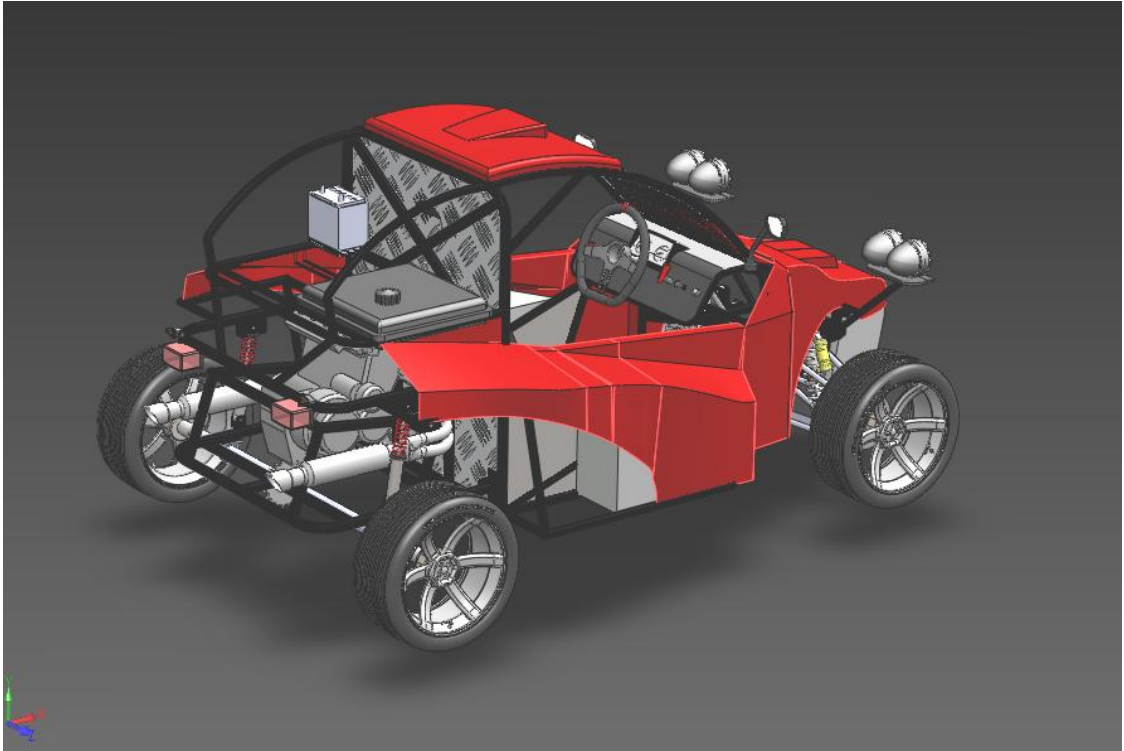


Fig. 3. 28 Vista Posterior Buggy

3.8. ESTUDIO Y ANÁLISIS AERODINÁMICO DEL BUGGY EN COSMOS FLOWWORKS.

Debido a la complejidad del ensamblaje resulta muy difícil realizar un estudio aerodinámico de todo el conjunto, por lo cual se realizó un análisis de la carrocería tomando como parámetros iniciales datos experimentales y aproximados.

Se realizó un tipo de análisis interno siendo los siguientes los datos iniciales.

Gas aplicado, aire a temperatura ambiente, laminar o turbulento.

Presión, 101325 Pa

Temperatura, 293.2 K

Dentro del análisis en FlowWorks definir otros parámetros tales como entrada y salida del fluido con datos como velocidad, flujo masico o volumétrico, en nuestro caso vamos a trabajar con datos de caudal siendo estos experimentales con un valor de 80 m³/s con una turbulencia de 20 rad/s. tanto en la entrada como la salida de aire.

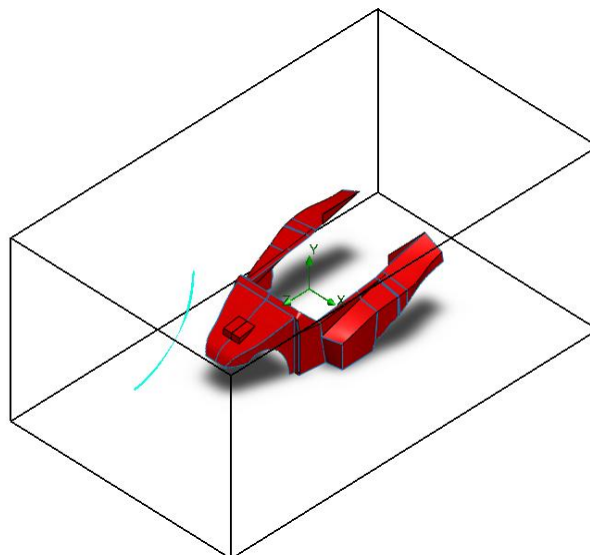
Antes de realizar el estudio podemos definir objetivos que queremos visualizar en nuestro caso vamos a analizar velocidad del aire y turbulencia, a mas de observar físicamente el flujo de aire alrededor de la carrocería.

Debemos tomar en cuenta que en nuestro caso se omitirá los valores de radiación y transferencia de calor entre cuerpos debido a no ser resultados de importancia en nuestro caso.

Luego de realizar el estudio definiendo previamente los objetivos que queremos visualizar obtenemos los siguientes resultados.

Goal Name	Current Value	Averaged Value
SG Av Velocity 2	19.7436 m/s	19.7408 m/s
SG Min Turbulent Time 1	0.12189 s	0.12189 s
SG Volume Flow Rate of Air 2	-88.5464 m ³ /s	-88.5464 m ³ /s
SG Av Turbulent Dissipation 1	4.11689 W/kg	4.11689 W/kg
SG Max Turbulent Time 1	0.194152 s	0.194152 s
SG Max Volume Fraction of Air 1	1	1
SG Min Turbulent Dissipation 1	2.54176 W/kg	2.53909 W/kg
SG Min Turbulent Viscosity 1	0.00826257 Pa*s	0.00826251 Pa*s
SG Av Turbulent Time 1	0.157927 s	0.157927 s
SG Av Volume Fraction of Air 1	1	1
SG Min Velocity 1	25.5935 m/s	25.5935 m/s
SG Max Turbulent Viscosity 1	0.0133512 Pa*s	0.01335 Pa*s
SG Av Velocity 1	31.9406 m/s	31.9406 m/s
SG Av Turbulent Viscosity 2	0.120882 Pa*s	0.120877 Pa*s
SG Force 1	0 N	0 N
SG Av Turbulent Viscosity 1	0.0103358 Pa*s	0.0103356 Pa*s
SG Max Velocity 1	40.7666 m/s	40.7666 m/s
SG Max Turbulent Dissipation 1	1474.08 W/kg	1468.55 W/kg
SG Av Turbulent Dissipation 2	234.916 W/kg	234.682 W/kg
SG Volume Flow Rate of Air 1	67.9302 m ³ /s	67.9295 m ³ /s

En las siguientes secuencias gráficas podemos observar la trayectoria del flujo de aire alrededor de la carrocería del vehículo, identificándose en ellos que es un diseño que permite circular el aire con rapidez permitiendo que no ofrezca tanta resistencia al avance.



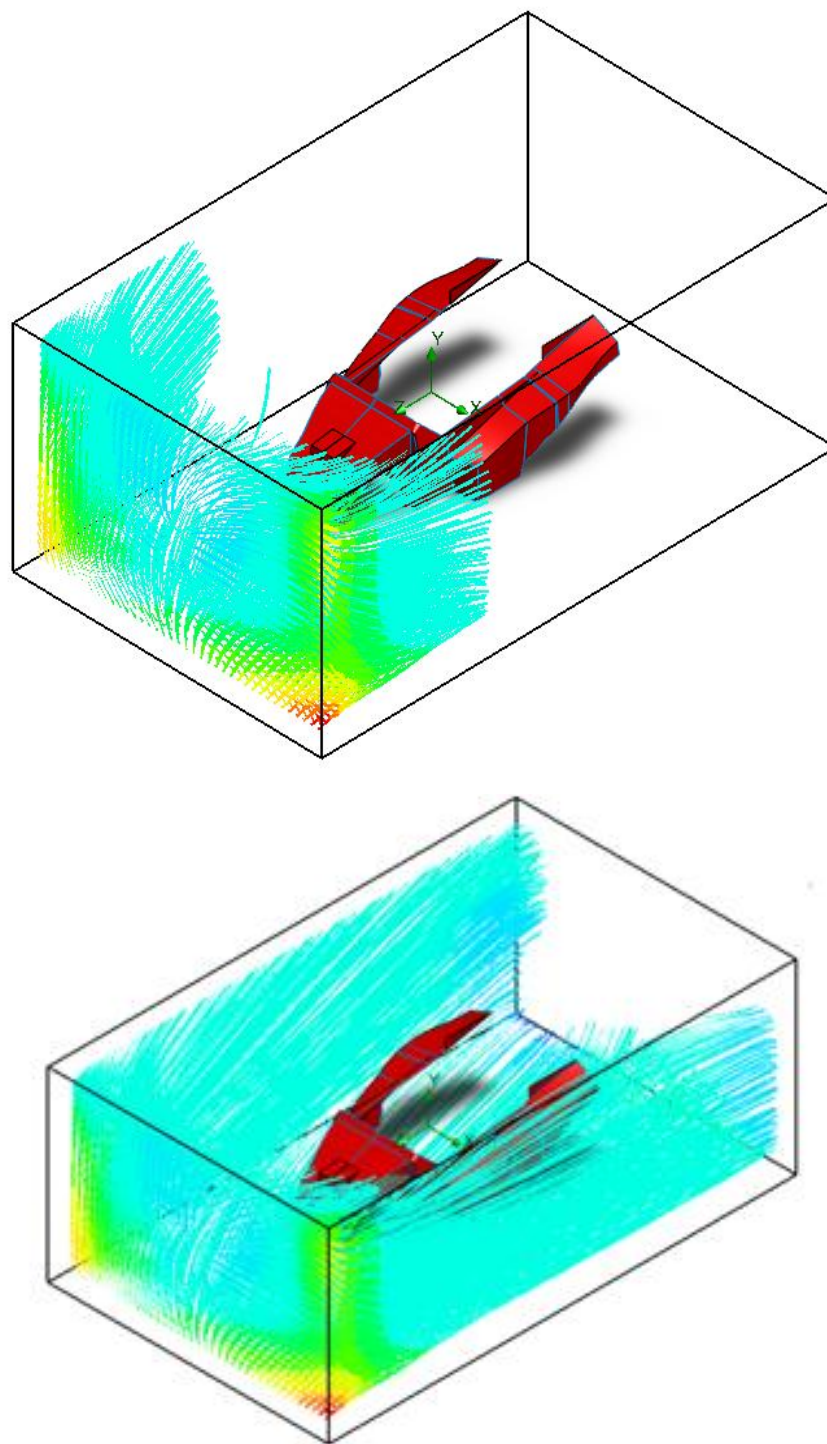


Fig. 3. 29 Secuencias de flujo de aire por la carrocería.

IV. CONSTRUCCION Y MONTAJE CHASIS TUBULAR

4.1. PROCESO DE FABRICACIÓN

Determinada la geometría y material a utilizarse de acuerdo a los cálculos realizados y simulaciones a través de SolidWorks se utilizó acero estructural con las siguientes características

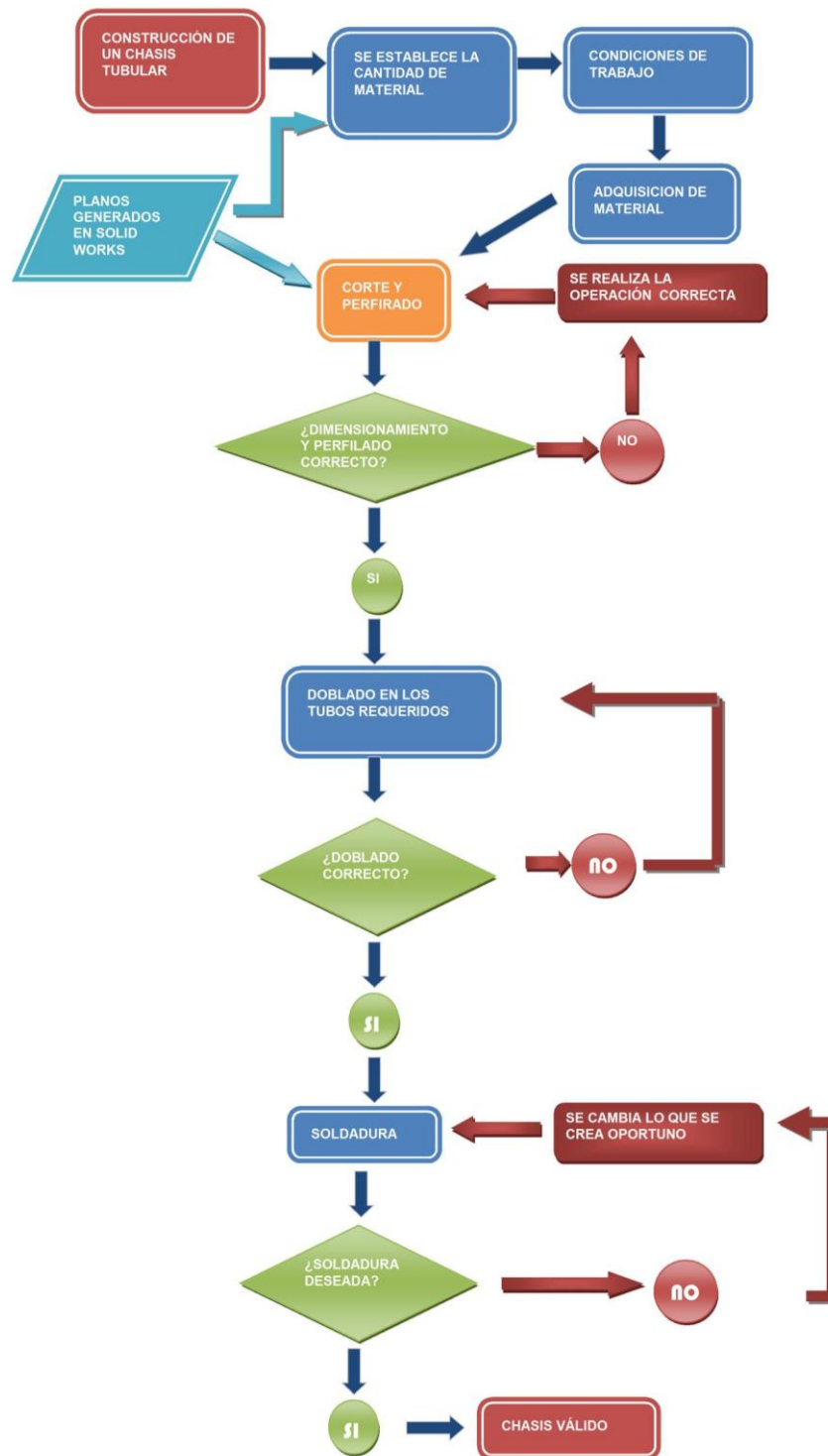
- El arco principal y frontal del chasis tiene un tubo de 25.4 mm de diámetro y de espesor 2.5 mm.
- Soportes del arco principal y el resto del bastidor consta de un tubo de 25.4 mm de diámetro y el espesor del tubo es de 1.60 mm.



Fig. 4. 1 Acero estructural tubular.

Cabe destacar que en el mercado a este tipo de material se le conoce como acero estructural negro.

4.1.1. DIAGRAMA DE PROCESOS.



4.2. SELECCIÓN DE PROCESOS DE CORTE Y SOLDADURA.

4.2.1. PLANIFICACIÓN DEL PROCESO

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.

4.2.2. MARCADO DEL TUBO

En este proceso se lo realizo 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 este 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 flexometro, y el marcado de esta medida se lo realizo con un rayador



Fig. 4. 2 Marcación de un tubo.

4.2.3. 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 acerrado.

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.



Fig. 4. 3 Corte por aserrado

4.2.4. 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 circular y el otro perfil se de intersección multiplanares, que se utilizaron dependiendo de la configuración de los tubos en los planos.

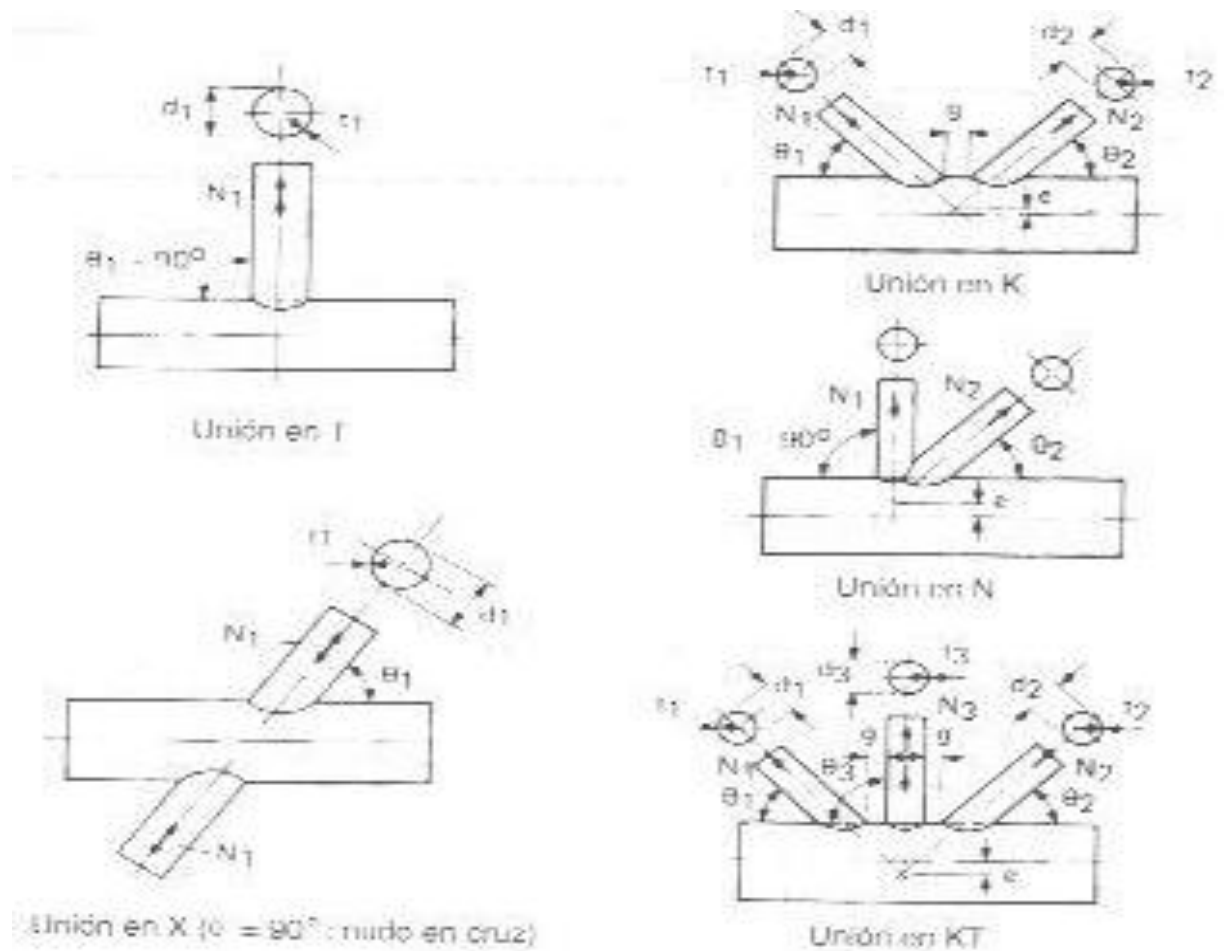


Fig. 4. 4 Tipo de uniones para soldar tubos.

4.2.5. 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.

Los método utilizado es el curvado mediante el curvado por presión.



Fig. 4. 5 Maquina dobladora de tubos utilizada en el proyecto.

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.



Fig. 4. 6 Doblado de tubos por presión.

4.2.6. SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA.

Para la fabricación de la estructura es muy importante selección 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 GMAW.



Fig. 4. 7Máquina de soldadura GMAW utilizada.

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.

4.2.6.1. Características de las maquinas de soldar GMAW utilizada.

Características técnicas		K14020-1
Tensión en Red	V/Hz	230-400/3/50-60
Fusible		40A/25^a
Factor Marcha		300A/29V/35% 225A/25,2V/60%
Rango de corriente	A	30-300^a
Dimensiones Al x An x L	Mm	790 x 460 x 925
Peso	Kg	96

Tabla 4. 1 Características técnicas K14020-1.

4.2.6.2. Selección del electrodo y condiciones de soldado.

Para seleccionar el material de aporte a la soldadura se debe tener muy en cuenta que el material de aporte sea igual o de mayores características que el material base en este caso los tubos de la estructura.

Entonces tenemos que los aceros ASTM grado A⁸ en donde está el ASTM 36 tiene los porcentajes de composición de C_{max} 0.15 – 0.21, Mn 0.80 – 1.10, Si 0.4 – 0.8, Cr 0.5 – 0.8, Mo 0.18 – 0.28. Con estos porcentajes nos destinamos a seleccionar un electrodo con las mismas características de composición de materiales y tenemos que para soldar el ASTM A36 necesitamos soldar con el electrodo bajo la norma AWS ER 70 S -6⁹, y este tiene un porcentaje de composición de C 0.1, Si 0.9 Mn 1.5

El electrodo ER 70 S -6 tiene una resistencia a la tracción de 53 – 63 Kg/mm² y su aplicación es para soldar acero dulce en toda posición, mediante el proceso MIG – MAG usando anhídrido carbónico (CO₂) o una mezcla AGA MIX 20, utilizándose comúnmente en estructuras en general, maquinarias, bastidores de autos, puentes, muelles, torres, etc. Una vez con el material de aporte seleccionado debemos tener en cuenta las condiciones de soldado. Para seleccionar estas condiciones hay que tener en cuenta que el espesor del material base es de 2 mm, por lo tanto se tiene la siguiente tabla.

TABLA DE CONDICIONES DE SOLDADO PARA PROCESO GMAW ¹⁰		
<i>Condición</i>	<i>Medidas</i>	<i>Unidades</i>
Espesor del material	2	Mm
Diámetro del electrodo	0,8	Mm
Corriente de soldadura CD	100-130	Amp
Voltaje del arco	18-20	Volt.
Flujo de gas	8-15	Lt/min
Velocidad de alimentación del alambre	310- 630	Cm/min

Tabla 4. 2 Condiciones de soldado para proceso GMAW.

⁸ Soldadura de Carry, Pág., 531

⁹ Manual de electrodos AGA, Pág. 42

¹⁰ Folleto de soldadura por Ing. Fausto Acuña, Pág. 163

4.2.6.3. 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 a la deformación 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°



Fig. 4. 8 Soldadura circular a 360°

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

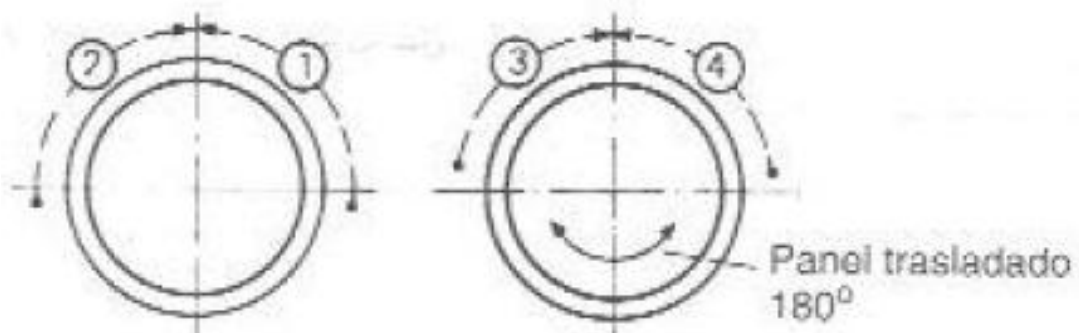


Fig. 4. 9 Soldadura circular a 180°

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

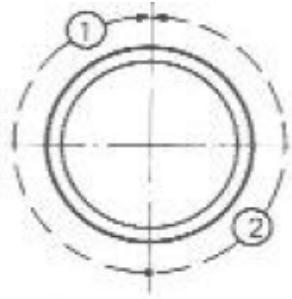


Fig. 4. 10 Soldadura vertical ascendente.

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

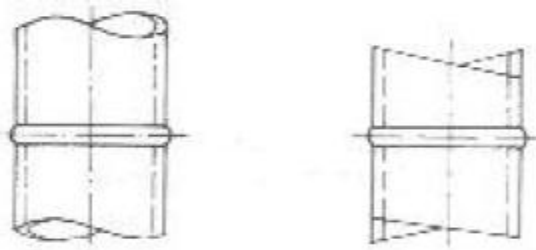


Fig. 4. 11 Soldadura horizontal.

4.2.6.4. Uniones soldadas.

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

4.2.6.4.1. Soldadura de penetración parcial con bisel en v sencilla, soldada en un solo lado

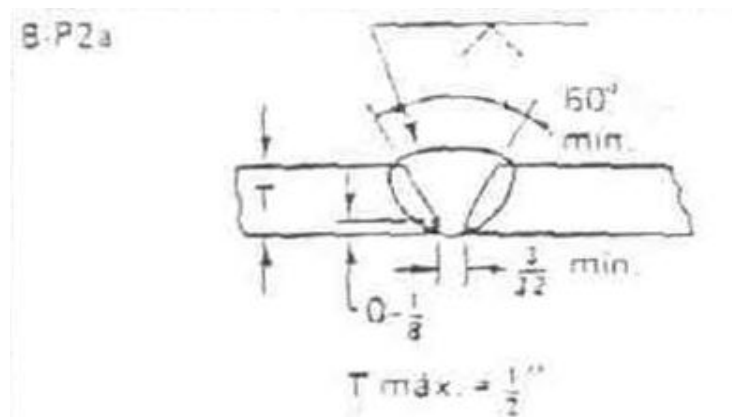


Fig. 4. 12 Unión a tope sencilla en v

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.

4.2.6.4.2. Soldadura en T, de doble chaflán:

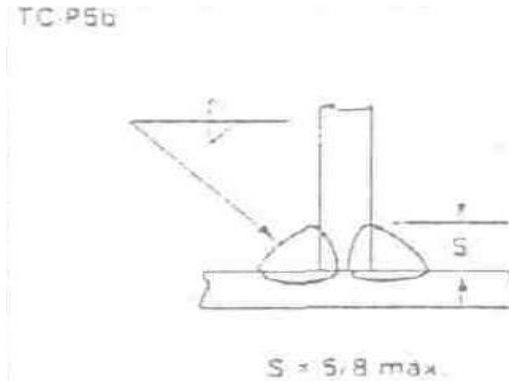


Fig. 4. 13 Unión en T doble chaflán.

Características:

- La eficacia está determinado por el tamaño de la soldadura
- Cuando se necesite una mayor resistencia hay que usar una unión biselada.
- 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.

4.2.6.4.3. Soldadura de bisel sencillo, soldada en ambos lados, con el ángulo de desviación no menor de 45°.

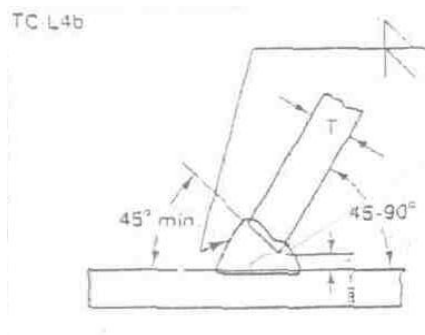


Fig. 4. 14 Unión de bisel sencillo con ángulo de desviación.

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.

4.3. ARMADA DEL CHASIS

Luego de cortar y preparar los materiales se procede a construir la estructura de acuerdo a los planos generados en el capítulo III; se tiene.

Primeramente se construyo la base del bastidor con todos refuerzos para luego seguir con el arco principal del chasis.



Fig. 4. 15 Arco principal y base principal del chasis.

Seguidamente construimos el arco frontal del chasis y la base frontal.



Fig. 4. 16 Base frontal y arco frontal.

A continuación se construye la parte delantera del chasis.



Fig. 4. 17 Parte delantera del chasis

Seguidamente construimos todos los refuerzos superiores y refuerzos laterales de todo el chasis.

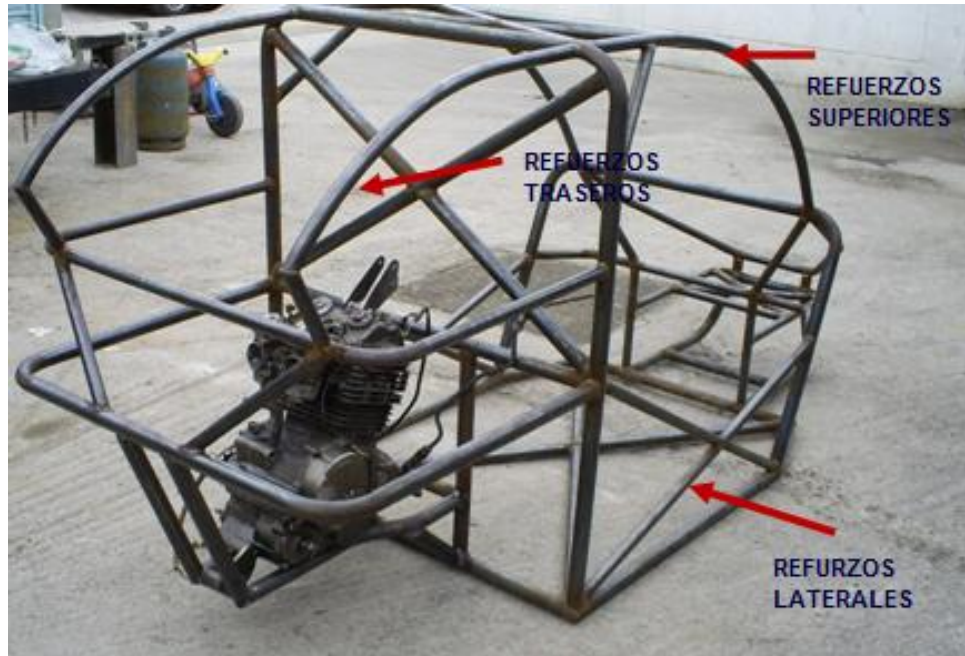


Fig. 4. 18 Refuerzos elaborados en el chasis.

Y por último tenemos construido el bastidor principal del chasis para a continuación realizar las bases para todos los sistemas acoplados al vehículo estos sistemas instalados se muestran en la sección del capítulo 4.7.

4.4. CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad se basa más a la apariencia visual del chasis y comprobaciones de las medidas reales con las de los planos propuestos durante la construcción.

Un ítem importantísimo en el control de calidad es la verificación de las soldaduras, esta se la realiza de una forma visual con siguiendo procedimientos de la AWS.

4.4.1. VERIFICACIÓN DE SOLDADURAS.

Para la verificación de las soldaduras se analiza las fallas presentes los cordones de soldaduras y/o en la estructura; las fallas se pueden clasificar de la siguiente manera.

- a) GEOMETRICAS: Por ejemplo la torsión, durante el trabajo con soldadura se establecen "SECUENCIAS DE SOLDADURA" apropiadas para minimizarla. La contracción cuando se solidifica el metal de soldadura puede también ser problemática.
- b) FALLAS EN LAS PROPIEDADES: Cuando se desea tener una soldadura muy resistente, no existe un método no destructivo para verificarlo, por eso se usan mucho las pruebas de dureza en soldaduras terminadas, esta es una manera indirecta de verificar resistencia y en su caso, ductilidad.
- c) DISCONTINUIDADES: Son interrupciones en la estructura física esperada en la soldadura

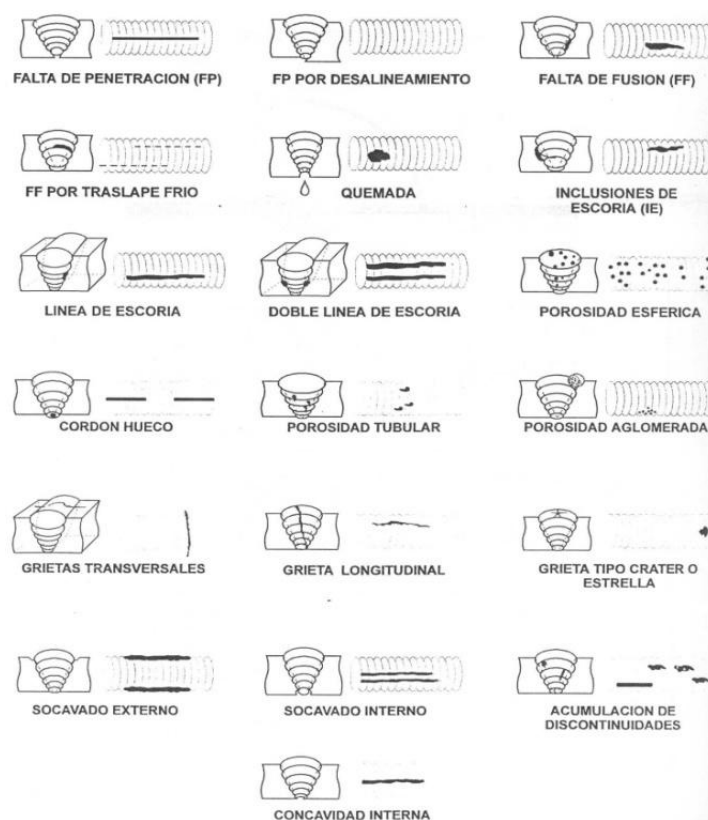


Fig. 4. 19 Fallas en la soldadura

4.5. MONTAJE DEL TREN DE POTENCIA.

Luego de realizar el desmontaje y la reparación de algunos sistemas del motor Kawasaki KZ550, y siendo este probado sin aplicaciones de carga, se procede a la construcción de un bastidor que soporte dicho motor además de elementos tales como el tren de potencia. Específicamente el eje cuyo diseño, estudio y construcción se lo realizo en trabajos complementarios a este proyecto.

En primera instancia se procede a construir una base tomando como punto de partida los puntos de anclaje del motor que este tiene para su bastidor original.



Fig. 4. 20 Construcción de bastidor para el tren de potencia.

En el gráfico anterior podemos observar la elaboración de las bases del motor en las cuales para su construcción se tomó en cuenta parámetros como la vibración y el espacio que estas deben poseer para que el motor sea desmontable las veces que se consideren necesarias durante todo el proceso.

Además en el gráfico podemos mirar las bases que se construyeron para acoplar con el chasis tubular que además servirán como puntos de pivote y los puntos donde se apoyará las chumaceras que servirán como puntos de fijación móviles para el eje.

Posteriormente se instalaron bases para algunos sistemas del motor como del vehículo en general, esto es sistemas de combustible, refrigeración, encendido, escape, frenos entre los más importantes.

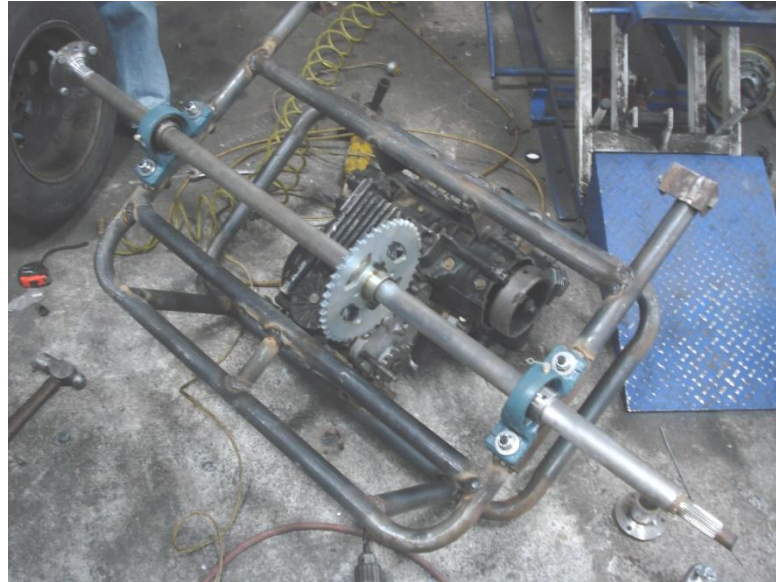


Fig. 4. 21 Montaje del Eje en el Bastidor para el Tren de Potencia

En esta parte del proceso se procede a instalar el eje con sus respectivas chumaceras de rodamientos radiales de bolas, se eligió este tipo de rodamiento debido a que soporta cargas radiales intensas, además de fijar al eje la catalina que recibirá la potencia proveniente del motor, con el motor fijo en sus bases así como también el eje, algo de vital importancia será alinear la catalina con el piñón del motor. Una consideración a tomar será que el eje debe estar lo más cerca posible al motor para que de esta forma no exista ni pérdidas ni complicaciones en la transmisión por cadena que va a ser utilizada.

Más adelante se instalara en el eje ya mencionado los discos de freno, teniendo que estar estos debidamente centrados con el eje.

Con los aros y bridas anteriormente ya seleccionadas se ensambla este bastidor a la estructura tubular provisionalmente dándonos una idea preliminar de las dimensiones del vehículo, comprobando que este dentro de los parámetros

estipulados por la FAU y realizando pequeñas modificaciones se fija el bastidor completamente, para instalar todos los sistemas del motor.



Fig. 4. 22 Ensamblaje total del Tren de Potencia

4.6. MONTAJE DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN.

Partiendo de la premisa de que el sistema de suspensión debe proporcionar comodidad y estabilidad, se selecciona los tipos de suspensión a ser instalados tanto en la parte delantera como en la trasera.

Siendo la elección un sistema de suspensión independiente en la parte delantera, y un semiindependiente en la parte trasera.

Entre los elementos instalados tenemos brazos de control tanto superior como inferior, resortes, amortiguadores de gas, articulaciones de dirección y rotulas.

El siguiente paso fue realizar bases en el chasis que sirvan como puntos de articulación, tanto para los brazos como para los amortiguadores.



Fig. 4. 23 Sistema de Suspensión Delantera Independiente a ser instalada

Como se puede observar en la gráfica se construyó bases en el chasis tanto para las articulaciones del brazo superior e inferior así como también para el amortiguador siendo muy cautelosos al realizar esta operación para guardar simetría en el lado opuesto.

Una vez realizado el mismo procedimiento en el lado opuesto obtenemos la siguiente gráfica; parte de la construcción en la que podemos obtener cotas como distancia entre ejes o entre llantas.



Fig. 4. 24 Sistema de Suspensión delantera del Buggy.

En lo concerniente a la parte trasera el bastidor del tren de potencia tendrá puntos de articulación en el chasis para que de esta manera tanto el eje como el

motor oscilen en un solo conjunto eliminándose de esta manera el problema de tensión de la cadena de transmisión.

En cuanto a las bases que implica su adaptación simplemente necesitamos puntos de articulación en el bastidor del tren de potencia como en el chasis tubular, mismos que estarán unidos por medio de un resorte y amortiguador; y utilizándose el material y proceso de soldadura de los utilizados en la parte delantera.



Fig. 4. 25 Instalación de Sistema de Suspensión Trasera.

4.7. MONTAJE DEL SISTEMA DE FRENOS

La instalación de frenos incorporadas en el vehículo es de tipo hidráulico en el que básicamente tenemos tres elementos principales, un grupo hidráulico de presión, un circuito hidráulico y los frenos de las ruedas, que son cuatro discos repartidos de la siguiente manera: dos en la parte delantera, uno en cada rueda, y dos en la parte trasera ubicados en los extremos del eje.

Se cuenta además con un circuito independiente de emergencia que al igual que el anterior es de tipo hidráulico.

El circuito instalado es un circuito doble esto quiere decir que existirá un circuito para las ruedas delanteras y otro para las ruedas traseras lo que se conoce como circuito dividido por ejes.

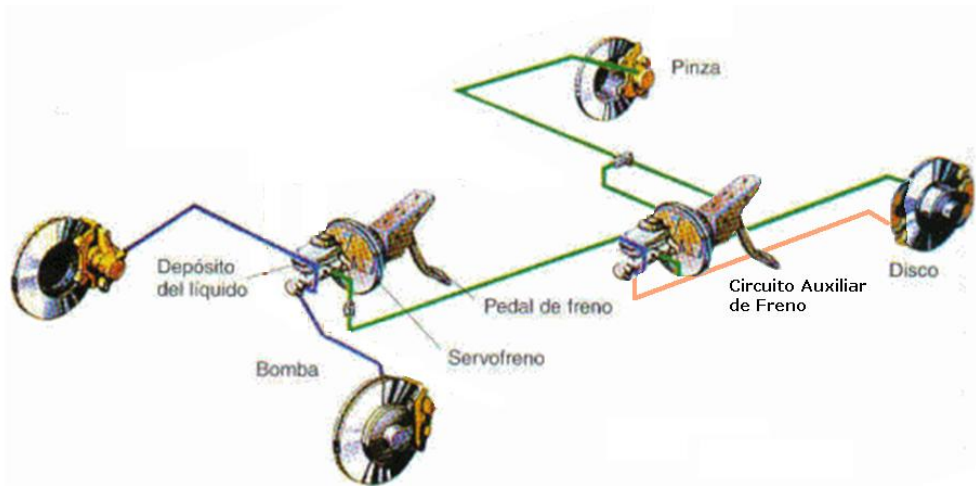


Fig. 4. 26 Circuito Hidráulico a ser instalado en el vehículo.

La bomba de freno a ser utilizado es la bomba del sistema hidráulico del Lada Niva VAZ-2121.

Las pinzas de freno en la parte delantera de cuadríciclo y en la parte trasera de motocicleta. El circuito hidráulico de emergencia será una adaptación del sistema de freno utilizado en motocicletas enduro de mediana categoría, esto es 250 cc.



Fig. 4. 27 Montaje de la bomba y pedal de freno

Las bases que se necesitan para instalar el sistema de frenos son para las pinzas traseras, además de tener que instalar y centrar los discos de freno en los extremos del eje.

Además se construyó bases para el depósito de líquido de frenos y la bomba manual del freno auxiliar o de emergencia, así como también realizar la instalación de cañerías desde la bomba hasta las pinzas de freno. Luego de realizar todas estas operaciones llenamos el circuito con líquido de frenos tipo DOT 3 y procedemos a realizar la purga de frenos. Una vez concluido el proyecto en las pruebas de campo se realizara las comprobaciones de la eficacia, distancia de frenado entre otras y otros ajustes necesarios del sistema de frenos.



Fig. 4. 28 Sistema de Frenos instalado tanto en la parte delantera como en la trasera

4.8. MONTAJE DEL SISTEMA DE DIRECCIÓN

El conjunto de elementos que intervienen en el ensamblaje de este sistema son los siguientes: un volante, una columna de dirección, un mecanismo de dirección, en este caso un mecanismo de cremallera y los brazos de acoplamiento o de mando.

Para esta parte del ensamblaje se utilizo los elementos utilizados en el vehículo Fiat Uno debido a su simplicidad, y buen desempeño.

En la siguiente gráfica podemos observar de manera esquemática los elementos a ser ensamblados así como también la disposición en la que deben estar instalados para su correcto funcionamiento.



Fig. 4. 29 Sistema de Dirección Fiat Uno

Comenzando por la parte de arriba tenemos que realizar las siguientes modificaciones, debido a que el volante debe ser de desconexión rápida, debemos utilizar otro tipo de volante, que además tenga un diámetro menor debido al espacio reducido disponible en la cabina. Más adelante en los gráficos del montaje será posible visualizar el tipo de volante utilizado.

Se modificó la barra de dirección en aproximadamente diez centímetros de su cota original.

El siguiente paso será construir unas bases para sujetar la barra de dirección utilizando los puntos de fijación originales.



Fig. 4. 30 Fijación de la barra de dirección.

La fijación del mecanismo de cremallera es mediante dos abrazaderas que se sujetaran contra una base en el chasis tubular, antes de esto tenemos dos problemas a solucionar; para lo cual se fija la cremallera temporalmente antes de construir las bases definitivas.

Los problemas mencionados anteriormente son, que como el mecanismo de cremallera corresponde a un vehículo con un ancho mayor debemos acortar los brazos de la cremallera, y el siguiente inconveniente es que al ser una adaptación a un vehículo más pequeño las llantas tienen un radio de giro excesivo, para lo cual la solución fue poner topes en los dientes de la cremallera para que de esta manera tenga un radio de giro menor.



Fig. 4. 31 Corrección del mecanismo de cremallera

Una vez realizado estas correcciones fijamos completamente el mecanismo de dirección. Realizando los ajustes necesarios así como también engrasando las partes que así lo requieran.



Fig. 4. 32 Fijación del Mecanismo de Cremallera.

4.9. MONTAJE DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD.

El buggy requiere algunas protecciones del cockpit tales como absorbedores de impacto, protecciones de aluminio y cortafuego en la parte trasera, y mallas de protección frontal. Dichos elementos fueron realizados en tol de 1 mm de espesor . Lo cual se puede observar en la siguiente foto.



Fig. 4. 33 Buggy con sus principales sistemas y protecciones laterales de seguridad.

Cabe aclarar que se añadió estribos en las partes laterales de la estructura que servirán para fijar los absorbedores de impacto.



Fig. 4. 34 Instalación de los absorbedores de impacto.

En la parte frontal del vehículo se instaló una malla con un paso de 1 x 1 pulgada y un espesor de 1.5 mm, esta protección se fijó mediante puntos de soldadura.

4.10. MONTAJE DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Tenemos que diferenciar dos partes de esta fase de la construcción, el primero el sistema eléctrico para el funcionamiento del motor que incluye batería, módulos de encendido, bobinas y batería, elementos que deben ir cerca del motor por lo cual se optó por construir una base desmontable que será ubicada encima del motor, en la que además se incluirá el tanque de combustible para que la alimentación de la gasolina sea por gravedad eliminándose la utilización de una bomba.



Fig. 4. 35 Base para los sistemas eléctricos del motor

En la siguiente parte del sistema eléctrico se realizó el montaje de elementos como faros de alumbrado, electro ventiladores del motor para lo cual se construyo bases tanto para el montaje de faros así como la elaboración de un tablero donde se localizaran pulsadores e interruptores de mando.

El esquema eléctrico de conexión al no ser parte del presente trabajo no será detallado.

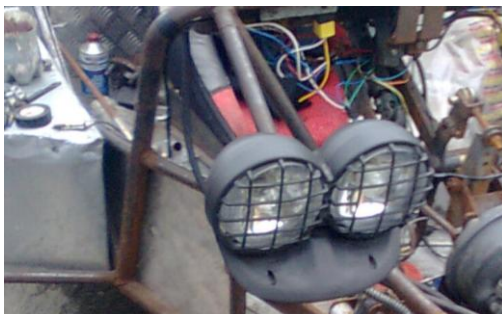


Fig. 4. 36 Bases para los faros delantero y posterior.

El tablero de control fue construido en fibra de vidrio y en el que tenemos los botones e interruptores del sistema eléctrico así como el tacómetro y velocímetro.



Fig. 4. 37 Tablero de Control del Buggy

Además de todo lo mencionado anteriormente se realizó bases en el chasis tubular para alojar elementos como electro ventiladores, radiador de aceite, mecanismo de cambio de marchas, filtros de aire, en cuanto al motor; entre otros pequeños detalles como base para el asiento, retrovisores, que con el transcurso del ensamblaje resultó imprescindible construirlos.

Llegando a este punto en el que todos los sistemas se encuentran instalados y teniendo el vehículo listo para la fase de pintura; no descartándose posibles cambios luego de realizar las respectivas pruebas de campo.

4.11. FABRICACIÓN DE LA CARROCERÍA.

La carrocería del vehículo es de fibra de vidrio, debido a sus cualidades como su bajo peso y su versatilidad para adaptarse a líneas aerodinámicas.



Fig. 4. 38 Muestra de fibra de vidrio.

4.11.1. PROCESO DE FABRICACIÓN.

El proceso a utilizarse fue el de moldeo por contacto, mediante la utilización de un molde hembra debido a que se quiere lograr un acabado exterior en la carrocería.

El molde fue realizado en cartón como se puede observar en la siguiente figura.



Fig. 4. 39 Molde de la carrocería en cartón.

Una vez se tenga listo el molde se procede a la aplicación del gel-coat, este se aplica mediante una brocha. Esta etapa concluye en el momento en que la resina ha curado a temperatura ambiente y se alcanza un estado pegajoso.

Seguidamente se procede a untar la resina con una brocha encima de la capa de gel-coat, lo más uniformemente posible, y se aprieta firmemente la primera capa de fibra de vidrio mediante una brocha.

El proceso de laminado o de colocación de capas de resina y fibra de vidrio continúa hasta que se alcanza el espesor deseado, cada etapa tiene se trabaja hasta que la fibra quede impregnada por completo. Esto con la finalidad de evitar la formación de grietas, el desprendimiento del objeto del molde, y la pérdida del pigmento de la resina.

El siguiente paso consiste en el curado de la resina, esta operación se realiza a temperatura ambiente.

A continuación se procede a la etapa de desmoldeo, que consiste en separar la pieza del molde, aplicando correctamente el agente de desmoldeo.



Fig. 4. 40 Carrocera en fibra de vidrio terminada.

4.12. PROCESO DE PINTURA

La aplicación de pintura en un vehículo cumple una doble función: por un lado, lo protege frente a la corrosión y, por otro, proporciona el aspecto estético final, aportando el color y el brillo y que hacen que el vehículo sea más atractivo. Los métodos de pintado usados para mejorar la apariencia incluyen colores sólidos, colores metálicos y colores mica.

4.12.1. EQUIPO BÁSICO Y MAQUINARIA UTILIZADA.

4.12.1.1. Pistolas de Pintado.

Teniendo una pistola de gravedad, podemos hacer casi cualquier trabajo de pintura, por lo cual se opto por este tipo de equipo de 500 cm³.

4.12.1.2. Lijadora Rotobital.

La lijadora rotorbital, usada para lijar en seco mediante discos abrasivos (lija), que normalmente van fijados a la lijadora con velcro para poderlos sustituir con facilidad y así no levantar grandes polvaredas, puesto que el polvo del lijado será aspirado a través de los agujeros de los discos abrasivos. No obstante, debemos protegernos con una mascarilla auto filtrante en cualquier proceso de lijado en seco.

4.12.2. PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

Se realizo una serie de operaciones para la debida preparación de superficies antes de pintar, que fundamentalmente se trata de que la superficie reciba los tratamientos precisos para que sean eliminados de ellos restos de grasa o posibles elementos extraños que pudieran provocar un mal agarre de la pintura.

Todas estas técnicas están comprendidas en los siguientes puntos:

- Lavado y Desengrasado
- Masillado
- Lijado

- Enmascarado o tapado de zonas que no ha de ser pintadas

4.12.2.1. Lavado y Desengrasado.

El proceso se realizó por aspersión, a presión normal. Empleando soluciones de gran poder desengrasante.

Finalmente se procede al lavado con agua limpia y jabón neutro.

4.12.2.2. Masillado.

Se podría decir que es la operación mas importante en la preparación de superficies, mediante el cual vamos a conseguir alisar perfectamente la superficie que se va a pintar.

Para su aplicación se preparo la masilla por la mezcla de dos productos, añadiendo a la resina de la masilla y endurecedor en una proporción aproximada de 97-99% masilla y del 1-3%de endurecedor.



Fig. 4. 41 elementos para la preparación de la masilla

En la primera aplicación se aplica una capa fina de relleno, colocando la espátula a unos 60° respecto a la superficie para conseguir una capa uniforme, en la siguiente aplicación la inclinación de la espátula disminuye y aplicamos una cantidad superior de masilla de tal manera que en cada aplicación se cubra una superficie ligeramente mayor que la anterior, y por ultimo con la espátula en posición casi plana se añadió una pequeña cantidad de masilla para alisar la superficie.



Fig. 4. 42 Proceso de masillado.

4.12.2.3. Aparejo.

Luego de la preparación de acuerdo a lo recomendado por el fabricante se aplico las capas necesarias a pistola, se suele actuar a una presión entre 3 y 4 bares procurando obtener películas en cada pasada de 150 micras, luego del esperar su secado, se somete a una operación de lijado.



Fig. 4. 43 Aplicación de pintura de fondo (aparejo

4.12.2.4. Lijado.

La finalidad son la de facilitar la adherencia de la pintura para que sea durable y conseguir un acabado final atractivo y existen dos métodos que pueden ser lijado en seco o al agua.

Se realizó de los dos tipos dependiente de la superficie a tratar

En cuanto al acabado , podemos comprobar que la profundidad de las rayas en ambos casos es muy similar, aunque algo más favorable en el caso del lijado en seco.

En la siguiente gráfica se ofrece una información que nos fue muy útil en las diferentes etapas de lijado en la que se muestra la equivalencia entre lija en seco y al agua

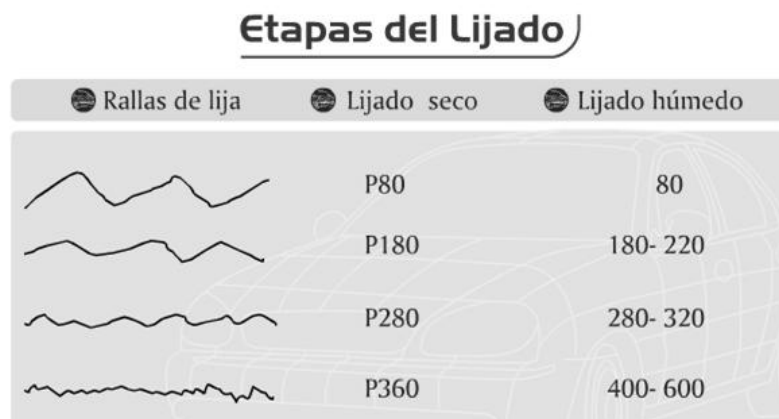


Fig. 4. 44 Etapas de lijado

4.12.2.5. Enmascarado.

Consiste en cubrir las partes del vehículo que no van a ser pintadas y pueden resultar pulverizadas por los productos utilizados en el proceso de pintura dejando totalmente accesibles las piezas que si van a ser pintadas.

En nuestro caso por ejemplo se realizó el montaje de algunos componentes como los sistemas eléctricos antes de realizar el proceso de pintura debido a lo cual resulta mas conveniente realizar el proceso de enmascarado que el montaje de todos los sistemas.



Fig. 4. 45 Enmascarado de algunas partes del Vehículo.

4.12.3. PINTURA

El trabajo culminante se lleva a cabo cuando se produce el pulverizado de la pintura con la finalidad de obtener capas de pinturas finas y uniformes, con buen poder de cobertura, mediante las cuales se consiga el bello pintado del vehículo.

4.12.3.1. Verificaciones Previas

Se procedió a la verificación en la pistola para así estar seguros que vamos a pintar sin problemas, como por ejemplo que los orificios de aireación y del pico del fluido no se encuentren obstruidos

Luego de esto pasamos a efectuar las primeras pruebas de pintado. Para ello lo primero es conseguir una regularidad en el chorro.

4.12.3.2. Posición de la pistola con respecto a la superficie a pintar.

Una vez hechos los preparativos de la pintura procedemos a realizar el trabajo práctico de pintura.

Las reglas o normas generales para la utilización de la pistola son bastantes sencillas, a continuación citaremos las mas importantes que se siguió en el proceso de pintado de nuestro vehículo:

- Movimiento de la pistola perpendicular y con la distancia constante respecto a la superficie a pintar (entre 15 y 25 cm).
- Una velocidad de desplazamiento uniforme.

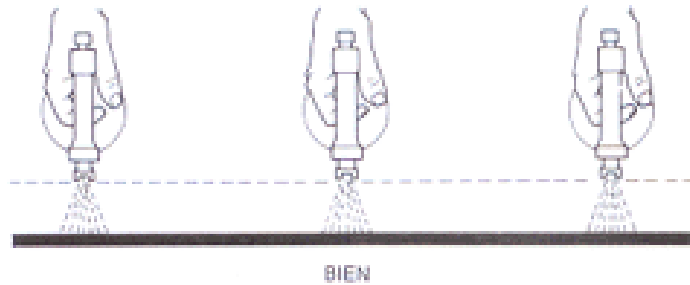


Fig. 4. 46 Forma correcta de pintar. Obsérvese que la pistola se mantiene siempre en posición perpendicular y siempre a la misma distancia de la superficie que se pinta.

4.12.3.3. Pintura al agua, Proceso de pintado del Chasis Tubular.

Para la estructura tubular se eligió un proceso de pintura al agua debido a que no se necesita un acabado finamente estético mas bien un elemento que lo proteja de la corrosión y sea extremadamente resistentes a golpes y rayaduras.

Previo la etapa de lijado y desengrasado siguiendo los procedimientos anteriormente descritos, se procede a aplicar una capa de pintura base de color negro y esperamos el tiempo de evaporación recomendado por el fabricante hasta que la pieza se ponga de un color mate, hay que tener en cuenta que debemos esperar un tiempo prudencial de evaporación ya que debido a que es una pintura al agua y no utiliza catalizador.



Fig. 4. 47 Proceso de Pintura al Agua del Chasis Tubular

4.12.4. PROCESO DE PINTURA; CARROCERÍA.

Luego de la selección y preparación del color, se procede a la aplicación de pintura en la carrocería, siguiendo los procedimientos anotados anteriormente.



Fig. 4. 48 Proceso de pintura.

4.12.5. CONTROL DE CALIDAD DE PINTURA Y ACABADOS

La pintura puede presentar distintos desperfectos que pueden tener su origen en las distintas fases del proceso de pintado. Para su control, evaluación y reparación se realiza en análisis de los efectos que se podrán realizar simplemente con la observación visual directa.

Entre los defectos más comunes tenemos:

- a) Inclusiones de polvo
- b) Cráteres, ojos de pez
- c) Ampollamiento
- d) Descuelgues
- e) Falta de brillo, calcinados
- f) Rugosidad, piel de naranja.

Resumiendo el control de calidad en la carrocería nos se encontraron mayores defectos, sin embargo en ciertos lugares se detectaron fallas en la pintura como, descuelgues e inclusiones de polvo, abarcando estas una mínima proporción en la superficie de pintado.

Además de encontrarse pequeñas rayaduras, las cuales son fácilmente se corrigieron durante la fase de pulido de la carrocería.

En cuanto a los acabados se procedió a tapizar el interior del vehículo, el recubrimiento de las instalaciones eléctricas, y al montaje de cubridores tanto para los pedales de mando y palanca de cambios; teniendo todo esto una finalidad estética para todo el vehículo.



Fig. 4. 49 Vehículo terminado.

4.13. PRUEBAS DE CAMPO.

Al término de la construcción del vehículo, este se encuentra en las condiciones ideales para la comprobación y comportamiento del chasis, así como de todos sus sistemas en conjunto.

Estas pruebas se las realizaron en varios tipos de entorno como por ejemplo: tráfico de ciudad, carreteras asfaltadas, y carreteras de segundo orden (lastre tierra), las mismas que fueron aumentando su grado de severidad.

Siendo así con las primeras pruebas arrojaron los siguientes resultados, los mismos que están detallados de acuerdo con los sistemas del vehículo.

Chasis.

El chasis soporto todas las cargas y fuerzas producidas tanto por el motor – transmisión así como las fuerzas generadas durante las pruebas realizadas, mostrando simplemente pequeñas vibraciones en las láminas metálicas que cubren el habitáculo.

En cuanto a la estabilidad nos se encontró dificultades mayores en asfalto, no siendo así en otro tipo de terreno, además de no presentar un excelente comportamiento en curvas, teniendo este un nivel aceptable.

Suspensión.

El sistema de suspensión no cumple satisfactoriamente sus funciones de amortiguar las irregularidades del camino, aunque tiene buen comportamiento en condiciones de aceleración y frenado.

Frenos.

Este sistema cumplió satisfactoriamente a las necesidades requeridas por el piloto de pruebas, tanto el sistema principal como el freno de emergencia.

Dirección

Es el sistema en que más inconvenientes se tuvieron durante las primeras pruebas, ya que se tenía mucha vibración en el volante, el mecanismo no giraba libremente durante todo su recorrido.

Motor y tren de potencia.

El único inconveniente que presento el motor es que debido a la instalación de un sistema de alumbrado y la instalación de electro ventiladores, su sistema de carga no abastecía para suplir estas modificaciones; obteniendo este una pérdida de potencia y dificultad al momento del arranque.

En cuanto al eje y a la cadena de transmisión no se presentaron novedades relevantes.

También se encontraron inconvenientes en los puntos de las articulaciones del mecanismo de cambios.

Una vez analizados estos problemas las soluciones realizadas fueron:

- a) Los amortiguadores tanto delanteros como traseros fueron cambiados en su posición, algo que no presento mayor inconveniente ya que en la fase de construcción se opto por diseñar múltiples punto de regulación en las bases de los amortiguadores para que estos puedan ser colocados en distintas posiciones.
- b) Se procedió a cambiar las bases de la cremallera de la dirección puesto que estas se encontraban en una posición relativamente alta con respecto al piso, con este cambio se logro corregir el giro del volante, además de realizar una correcta alineación de ruedas.
- c) Con el fin de lograr una mejor distribución del peso en el vehículo se coloco pesas en la parte delantera, logrando así una mayor maniobrabilidad en curvas.
- d) Los problemas de vibración eran ocasionados por las rotulas en mal estado ya que están no soportaban los esfuerzos producidos, por lo cual se opto por sustituir por otro tipo de rotulas inferiores.



Fig. 4. 50 Sustitución de rotulas inferiores.

- e) Se cambio el sistema de carga por uno de mayor capacidad logrando así satisfacer todos los sistemas eléctricos, tanto del motor como del sistema de alumbrado del vehículo.
- f) Para reducir el ruido en las láminas se procedió a remachar en segmentos más cortos.

Cabe mencionar que mencionar que todas estas modificaciones las hemos realizado de manera gradual en el transcurso de algunas pruebas de campo, logrando obtener un desempeño tanto del chasis como de sus sistemas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- Se diseñó, analizó y construyó un prototipo tipo Buggy para la participación de la ESPE-L en la FAU. El cual cumple todos los requerimientos técnicos propuestos en el reglamento de la formula.
- Se determino los máximos esfuerzos soportados por la estructura tubular, mediante la ayuda de Solid Works y sus complementos.
- El chasis soporta elevados valores de cargas, tanto laterales, verticales y longitudinales, cuyos valores de tensiones generados están por debajo del límite elástico del material, dando así un factor de seguridad de 1.2.
- El software nos proporciona una modelización estructural y una visualización del vehículo con todos sus sistemas montados en tres dimensiones, logrando determinar los planos de construcción
- El chasis se diseño teniendo en cuenta cargas que simulen condiciones reales de funcionamiento, por ejemplo curvas, frenada, aceleración, caso de colisión y volcamiento.
- El presupuesto establecido en el reglamento de la FAU, se ajusta dentro de los gastos requeridos para el diseño y construcción de un vehículo de este tipo.

- El motor seleccionado es de una cilindrada relativamente pequeña, el cual supero las expectativas trazadas durante este proyecto, lográndose así un buen equilibrio entre la relación de peso y potencia.
- Todos los sistemas acoplados al chasis fueron modificados, para que de esta manera se adapten al vehículo, ocasionándose en un inicio un alto índice de complejidad en su adaptación y montaje pero lográndose finalmente un conjunto que tiene armonía y siendo así de bajo costo en su mantenimiento y/o reparación.
- La fabricación de la carrocería tiene un efecto aerodinámico, permitiendo que las líneas finales presenten la menor resistencia al aire; además de dar un embellecimiento estético al vehículo.
- Las pruebas de campo experimentales revelaron el eficiente trabajo realizado en la fase de diseño, logrando una confiabilidad del chasis en el momento de conducción.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Antes de realizar la fase de diseño se debe tener conocimientos de todos los conceptos que conllevan a un análisis estructural, ya que de ello dependerá una excelente interpretación de los resultados obtenidos anteriormente.
- Para la modelización y análisis del chasis mediante el software, el diseñador deberá poseer de buenas aptitudes para el manejo y utilización del mismo, así como de sus paquetes complementarios.
- Previo al dibujo de los sistemas a implementarse en el chasis se seleccionara con anterioridad los componentes a montarse, ya que con esto garantizaremos un dibujo que se asemeje a la realidad.
- Es recomendable la selección de elementos mecánicos de un optimo diseño y que su montaje sea lo menos complejo posible, y que brinde un alto índice de seguridad.
- Seleccionar un adecuado taller para la construcción del vehículo que cuente con la maquinaria y herramienta apropiada, con normas de seguridad y de limpieza.
- Para la construcción del chasis y el montaje de sus sistemas es recomendable el proceso de soldadura G-MAW, por su economía y versatilidad.
- Para la fabricación de estos tipos de vehículos se recomienda la utilización de elementos de seguridad que proporcionen al conductor, todas las garantías y confianza al momento de conducir, ya que de acuerdo a las pruebas de campo se pudo comprobar que este tipo de vehículos pueden alcanzar altas velocidades.

- Es recomendable que la carrocería del vehículo presente poca resistencia al aire, y que el material de que está construido sea liviano y seguro, por ejemplo la fibra de vidrio.
- En vista que el vehículo es destinado para competencia se recomienda su mantenimiento preventivo, además de una inspección periódica de las uniones de soldadura del chasis, sistemas de seguridad y carrocería.
- La conducción de este vehículo al tener motor de motocicleta difiere en ciertos aspectos de un vehículo convencional por lo cual el piloto debe adquirir experiencia en el manejo del mismo, para evitar así daños en las partes internas del motor.
- En caso de modificaciones las pruebas de campo se realizarán tomando todas las normas de seguridad posibles, realizándolas de manera prudente y progresiva, para así evitar cualquier tipo de accidente y daños graves en el vehículo.

BIBLIOGRAFIA.

CEAC, Manual Del Automóvil, edición MMVI, editorial Cultural S.A., Madrid España.

MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas, México: Hispanoamericana, 1992

ESPOCH, Reglamento formula automovilística universitaria, Riobamba, 2008

SAEINTERNACIONAL, Baja SAE Competition Rules, 2008

KAWASAKI, manual de reparación kz400,500, 550, 1985

CIDECT, Guía de diseño para la fabricación y ensamblaje y montaje de estructuras de perfiles tubulares, J. Wardenier 1998

STANIFORTH ALLAN, Competition car suspension, design, construction, tuning, Tercera Edición, California Haynes, 1999.

KINDLER, H, Gtz- Matematica aplicada para la tecnica del automovil, 8va edición Reverte, 1986.

J.M. ALONSO, Técnicas del automovil – CHASIS, Paraninfo, 2003.

Ramón Cases, Tratado de la carrocería del automóvil, montesó. 1980

Manuales SolidWorks, Cosmos Works, Cosmos FloWorks.

GARCIA J. Embellecimiento de superficies, Paraninfo, 1996

Manual de electrodos AGA

HENDRY HORWITS, Soldadura aplicaciones y practica, AlfaOmega, México 1976

G. HAMM, Tablas de la técnica del automóvil. Revérte, 1986.

URL's consultados.

http://www.joynerbuggies.com/web_de_joyner_historia.html , Historia de buggies

http://www.ford.cl/outfitters/reportaje_19.html, Historia de rallies

www.circulaseguro.com/.../04/tunel_viento.jpg , Túnel de viento

<http://www.todomecanica.com/estudio-materiales-carroceria.html> , Estudio de materiales de carrocería

<http://www.tecnun.com/automocion>: Página web del laboratorio de automoción de tecnun

Latacunga, Julio del 2009

LOS AUTORES:

Molina Salazar Jorge Luis

Tovar Tobar José Fernando

EL DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Juan Castro Clavijo

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:

Dr. Rodrigo Vaca Corrales