

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA
TUBULAR Y EL TREN DE RODAJE DE UN CROSSCAR BIPLAZA
PARA SERVICIO TURÍSTICO”**

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

**GRIJALVA IMBAQUINGO EDUARDO XAVIER
TORRES REINA KLEBER FABIÁN**

LATACUNGA, JUNIO DEL 2010

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, GRIJALVA IMBAQUINGO EDUARDO XAVIER
TORRES REINA KLEBER FABIÁN

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA TUBULAR Y EL TREN DE RODAJE DE UN CROSSCAR BIPLAZA PARA SERVICIO TURÍSTICO**”, 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, Junio del 2010.

GRIJALVA IMBAQUINGO
EDUARDO XAVIER
CI. No 1002728853

TORRES REINA
KLEBER FABIÁN
CI. No 1002834073

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

AUTORIZACION

Nosotros, GRIJALVA IMBAQUINGO EDUARDO XAVIER
TORRES REINA KLEBER FABIÁN

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 ESPEL EN LA FORMULA AUTOMOVILISTICA UNIVERSITARIA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Junio del 2010.

**GRIJALVA IMBAQUINGO
EDUARDO XAVIER**
CI. No 1002728853

**TORRES REINA
KLEBER FABIÁN**
CI. No 1002834073

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

CERTIFICADO

ING. OSCAR ARTEGA (DIRECTOR)

ING. NÉSTOR ROMERO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA TUBULAR Y EL TREN DE RODAJE DE UN CROSSCAR BIPLAZA PARA SERVICIO TURÍSTICO**”, realizado por el señor GRIJALVA IMBAQUINGO EDUARDO XAVIER y el señor TORRES REINA KLEBER FABIÁN 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 GRIJALVA IMBAQUINGO EDUARDO XAVIER y el señor TORRES REINA KLEBER FABIÁN que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Coordinador de la carrera.

Latacunga, Junio del 2010.

GRIJALVA IMBAQUINGO

EDUARDO XAVIER

CI. No 1002728853

TORRES REINA

KLEBER FABIÁN

CI. No 1002834073

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por GRIJALVA IMBAQUINGO EDUARDO XAVIER y TORRES REINA KLEBER FABIÁN, bajo nuestra supervisión.

ING. OSCAR ARTEAGA
DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. NÉSTOR ROMERO
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

Dedico a mis padres, ya que con su sacrificio, sus virtudes, valores y apoyo incondicional pude culminar este proyecto y a la vez alcanzar una profesión y un sueño más en mi vida.

Xavier Grijalva

DEDICATORIA

La obtención de este título se la dedico a mis padres que siempre me han sabido apoyar en toda decisión tomada que nunca han dicho no a cada sueño y meta que me he propuesto, también se lo dedico a mi hermano y demás familiares que fueron mi gran inspiración y me dieron fuerza para poder llegar a este momento tan anhelado.

Kleber Torres

AGRADECIMIENTO

En este espacio de mi vida y al ver culminado con un peldaño más en el ascenso hacia el éxito debo agradecer a todos los que hicieron posible terminar mi carrera universitaria, a mis padres quienes con su apoyo incondicional siempre estuvieron pendientes de mí, a la institución ESPE Latacunga y sus profesores que con sus enseñanzas forjaron en mí un profesional, a mi gran amigo Dios con quien fuimos compañeros de estudios durante el transcurso de la carrera y el desarrollo de este trabajo.

Kleber Torres

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme salud, vida, y por permitirme cada día ir en busca de mis ideales y sueños. A ustedes papás, mis hermanos, tíos, primos, amigos; por su apoyo durante mi carrera universitaria. Gracias 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 mí y por sentirse orgullosos de quien soy.

Xavier Grijalva

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACION	iii
CERTIFICADO	iv
CERTIFICACIÓN	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xxii
RESUMEN	xxiii
PRESENTACIÓN.....	xxiv

CAPITULO 1

I.- MARCO TEORICO	1
1.1.- INTRODUCCIÓN A LOS CROSSCAR.	1
1.1.1.- HISTORIA DEL BUGGY.....	2
1.2.- LA CARROCERÍA Y EL CHASIS.....	4
1.2.1.- LA CARROCERÍA.....	4
1.2.1.1.- Carrocerías según construcción	5
1.2.1.1.1.- Chasis independiente	5
1.2.1.1.2.- <i>Autoportante</i>	5
1.2.1.1.3.- <i>Tubular</i>	6
1.2.1.2.- Carrocerías según número de volúmenes	7
1.2.1.2.1.- <i>Monovolumen</i>	7
1.2.1.2.2.- <i>Tres volúmenes</i>	8

1.2.1.- EL CHASIS	9
1.3.- REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO.....	10
1.4.- CRITERIOS SOBRE LA RIGIDEZ.....	11
1.5.- CRITERIOS SOBRE EL PESO Y SU DISTRIBUCIÓN	12
1.6.- CRITERIOS DE ESTABILIDAD.....	12
1.7.- CRITERIOS DE SEGURIDAD	13

CAPITULO 2

II.- DISEÑO MECANICO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR.....	14
2.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO.....	14
2.2.- SELECCIÓN DE MODELO A CONSTRUIR.....	14
2.3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DEL CROSSCAR.....	15
2.4.- DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS QUE SOPORTAN LA ESTRUCTURA TUBULAR.....	18
2.4.1.- ACELERACIÓN MÁXIMA	18
2.4.2.- ACELERACIÓN LONGITUDINAL.....	18
2.4.3.- FUERZA DE INERCIA DEL PILOTO EN LOS AMARRES DEL ASIENTO.....	20
2.4.4.- FRENADA BRUSCA.....	21
2.4.5.- INERCIA DEL PILOTO EN LOS AMARRES DEL ASIENTO.....	21
2.4.6.- TRANSFERENCIA LONGITUDINAL DEL PESO DEBIDO A LA DESACELERACIÓN.....	22
2.4.7.- CURVAS.....	23
2.4.7.1.- Curva sin peralte.....	23
2.4.7.2.- Curva con peralte.....	24
2.4.8.- FUERZA DE INERCIA DEL PILOTO EN LOS AMARRES DEL ASIENTO.....	26

2.5.- DISEÑO GEOMÉTRICO Y DIMENSIONAL PREVIO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR.....	27
2.6.- MODELIZACIÓN EN SOLIDWORKS DE LA ESTRUCTURA.....	29
2.6.1.- CROQUIS DE LA ESTRUCTURA.	31
2.6.2.- MODELADO DEL MIEMBRO ESTRUCTURAL.	33
2.7.- APLICACIÓN DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA TUBULAR	36
2.8.- ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CHASIS MEDIANTE SOLIDWORKS SIMULATION.....	38
2.8.1.- CONCEPTOS BÁSICOS DE SOLIDWORKS SIMULATION	38
2.8.1.1.- Ventajas del Análisis.....	39
2.8.2.- SECUENCIA DE CÁLCULOS UTILIZADA POR SOLIDWORKS SIMULATION	39
2.8.2.1.- Análisis Estático.....	40
2.8.2.2.- Miembros Estructurales – Vigas	41
2.8.3.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TUBULAR	42
2.8.3.1.- Crear un estudio	42
2.8.3.2.- Tratar los miembros estructurales como vigas y definir el material.....	43
2.8.3.3.- Definición de Juntas.....	43
2.8.3.4.- Especificar restricciones y cargas.....	44
2.8.3.5.- Mallado y Ejecución del Estudio.	45
2.8.4.- ESTUDIO DE APLICACIÓN DE CARGAS LATERALES.....	46
2.8.4.1.- Análisis de Resultados.....	47
2.8.5.- RESULTADOS OBTENIDOS.....	49
2.8.5.1.- Resultados Obtenidos Cargas Laterales.....	49
2.8.5.1.1.- <i>Trazado del Factor de Seguridad</i>	50
2.8.5.2.- Resultados Obtenidos Cargas Longitudinales Delanteras.....	51
2.8.5.2.1.- <i>Trazado del Factor de Seguridad</i>	52
2.8.5.3.- Resultados Obtenidos Cargas Verticales.....	53
2.8.5.3.1.- <i>Trazado del Factor de Seguridad</i>	55

CAPITULO 3

III.- SELECCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL TREN DE RODAJE.....	56
3.1.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DEL MOTOR.....	56
3.1.1.- QUE SIGNIFICA TAFT?	56
3.1.2.- PROCESO DE PREPARACIÓN DEL MOTOR.....	58
3.2.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LA CAJA DE CAMBIOS	61
3.2.1.- RELACIONES DE TRANSMISION DAIHATSU F20.....	61
3.2.2.- PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS.....	61
3.3.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DEL DIFERENCIAL.....	63
3.3.1.- PROCESO DE PREPARACIÓN DEL DIFERENCIAL.	63

CAPITULO 4

IV.- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA TUBULAR..	66
4.1.- MÉTODO DE FABRICACIÓN.....	66
4.1.1.- TIPOS DE MATERIALES.....	66
4.1.2.- DIAGRAMA DE PROCESOS.....	68
4.2.- SELECCIÓN DE PROCESOS DE CORTE Y SOLDADURA.....	69
4.2.1.- PLANIFICACIÓN DEL PROCESO.....	69
4.2.2.- MARCADO DEL TUBO.....	69
4.2.3.- CORTE POR ACERRADO.....	70
4.2.4.- PREPARACIÓN DE LOS TUBOS ANTES DE SOLDAR.....	70
4.2.5.- CURVADO DE TUBOS.....	72
4.2.6.- SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA.....	73
4.2.7.- SELECCIÓN DEL ELECTRODO Y CONDICIONES DE SOLDADO.....	74
4.2.8.- POSICIONES A SOLDAR Y SECUENCIAS DE SOLDADURA.....	75

4.2.9.- UNIONES SOLDADAS.....	76
4.2.9.1.- Soldadura en T, de doble chaflán.....	76
4.2.9.2.- Soldadura de bisel sencillo, soldada en ambos lados, con el ángulo de desviación no menor de 45°.....	77
4.3.- PREPARACIÓN DEL CHASIS.....	78
4.3.1.- CONTROL DE CALIDAD.....	81
4.3.1.1.- Verificación de soldaduras.....	81
4.4.- MONTAJE DE LOS ELEMENTOS SOBRE DEL CHASIS Y LA ESTRUCTURA TUBULAR.....	83
4.4.1.- MOTOR, CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISIÓN SOBRE EL CHASIS.....	83
4.4.2.- MOTOR, CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISIONES EN EL CHASIS Y LA ESTRUCTURA TUBULAR.....	84
4.4.3.- MONTAJE DE TANQUE DE GASOLINA.....	85
4.4.3.1.- Preparación Del Tanque De Gasolina.....	85
4.5.- FABRICACIÓN DEL PISO, TABLERO Y CARROCERIA.....	86
4.6.- PROCESO DE PINTURA.....	93
4.6.1.- EQUIPO BÁSICO Y MAQUINARIA UTILIZADA.....	93
4.6.1.1.- Pistola de Pintado.....	93
4.6.1.2.- Lijas.....	93
4.6.2.- PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.....	94
4.6.2.1.- Pulido.....	94
4.6.2.2.- Lavado y Desengrasado.....	95
4.6.2.3.- Masillado.....	95
4.6.2.4.- Fondeado.....	96
4.6.2.5.- Lijado.....	97
4.6.2.6.- Enmascarado.....	97
4.6.3.- PINTURA.....	98
4.6.3.1.- Verificaciones Previas.....	98
4.6.3.2.- Posición de la pistola con respecto a la superficie a pintar.....	98

4.6.3.3.- Pintura al agua, Proceso de pintado del Chasis.	99
4.6.3.4.- Pintura Poliuretano, Proceso de pintado de la Carrocería.	100
4.6.4.- CONTROL DE CALIDAD DE PINTURA Y ACABADOS	100

CAPITULO 5

V.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	102
5.1.- PRUEBAS DE CAMPO.....	102

CAPITULO 6

V.I.- CONCLUSIONES	104
6.1.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
6.2.- RECOMENDACIONES.....	105

CAPITULO 7

V.II.- ANEXOS	106
7.1.- ANEXO 1	106
PLANOS	107
BIBLIOGRAFIA.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Fig. 1.1 CROSS CAR de competición.....	1
Fig. 1.2 Dune Buggy	2
Fig. 1.3 Auto 4X4	3
Fig. 1.4 Carrocería	4
Fig. 1.5 Chasis Independiente.....	5
Fig. 1.6 Carrocería Autoportante.....	6
Fig. 1.7 Carrocería Tubular	6
Fig. 1.8 Monovolumen VW	7
Fig. 1.9 Tricuerpo o tres volúmenes.....	8
Fig. 1.10 El chasis.....	9

CAPITULO 2

Fig. 2.1 Diferentes modelos de CROSSCAR 4X4.....	14
Fig. 2.2 Estructura Tubular.....	15
Fig. 2.3 Diseño Geométrico previo de la estructura tubular	27
Fig. 2.4 Bosquejo de la estructura tubular.....	28
Fig. 2.5 Diseño a mano del CROSSCAR 4X4.....	29
Fig. 2.6 Método de elementos finitos utilizado por SolidWorks	30
Fig. 2.7 Croquis 3D	31
Fig. 2.8 Croquis 3D en construcción de la estructura tubular.....	32
Fig. 2.9 Croquis 3D terminado, incluido cotas.....	32

Fig. 2.10 Croquis 3D terminado	33
Fig. 2.11 Construcción Miembro Estructural	34
Fig. 2.12 Estructura Tubular terminada con sus dimensiones principales	35
Fig. 2.13 Propiedades Físicas de la estructura tubular	37
Fig. 2.14 Infograma de las Funciones de SOLIDWORKS SIMULATION.	38
Fig. 2.15 Modelado de un miembro estructural (a: miembro estructural, b: juntas, c: viga)	41
Fig. 2.16 Pasos para crear un estudio de tipo estático	42
Fig. 2.17 Edición de Juntas para el Estudio	43
Fig. 2.18 Ejemplo de Aplicación de Fuerzas y Restricciones.....	44
Fig. 2.19 Mallado y Visualización de Resultados.	45
Fig. 2.20 Aplicación de cargas laterales en la estructura tubular	46
Fig. 2.21 Aplicación de cargas laterales en la estructura tubular	47
Fig. 2.22 Resultados Obtenidos Cargas laterales Peor Caso	49
Fig. 2.23 Resultados Obtenidos Cargas laterales Desplazamientos.....	49
Fig. 2.24 Diagrama del Factor de Seguridad – Cargas Laterales	50
Fig. 2.25 Resultados Obtenidos Cargas longitudinales Peor Caso.....	51
Fig. 2.26 Resultados Obtenidos Cargas longitudinales Desplazamientos	52
Fig. 2.27 Diagrama del Factor de Seguridad – Cargas Laterales	53
Fig. 2.28 Resultados Obtenidos Cargas Verticales Peor Caso	54
Fig. 2.29 Resultados Obtenidos Cargas Verticales Desplazamientos	54
Fig. 2.30 Diagrama del Factor de Seguridad – Cargas Verticales	55

CAPITULO 3

Fig. 3.1 Motor 12R	57
Fig. 3.2 (a) Motor 12R desarmado (b) Múltiple de escape y admisión (c) Reparación del motor	58

Fig. 3.3 (a) Bomba de aceite, agua, juego de empaques nuevos (b) Árbol de levas, propulsores, rines +40, chaquetas nuevas (c) Cabezote y cigüeñal rectificado, block del motor cepillado	58
Fig. 3.4 (a) Etapa pre-pintura (b) Enmascarado del motor (c) Motor pintado Parte Lateral	59
Fig. 3.5 (a) Motor pintado Parte Frontal (b) Pesaje del motor (c) Motor adaptado en chasis	59
Fig. 3.6 Motor armado en chasis y estructura tubular	60
Fig. 3.7 Adaptación final del motor	60
Fig. 3.8 (a) Desmontaje de caja de cambios (b) Inspección caja de cambios (c) Cambio de cauchos y retenes	61
Fig. 3.9 (a) Etapa pre-pintura de la caja de cambios (b) Caja de cambios pintada (c) Pesaje de la Caja de cambios	62
Fig. 3.10 (a) Caja de cambios montada en chasis (b) Caja de cambios montada en chasis y estructura	62
Fig. 3.11 Transmisiones desmontadas	63
Fig. 3.12 Transmisión trasera destapada y revisada	63
Fig. 3.13 (a) Transmisión delantera pintada (b) Transmisión trasera pintada	64
Fig. 3.14 (a) Transmisión trasera montada en el chasis (b) Transmisión delantera montada en el chasis	64
Fig. 3.15 Transmisiones en el chasis	65
Fig. 3.16 Adaptación final de las Transmisiones en el chasis	65

CAPITULO 4

Fig. 4.1 Acero Estructural Tubular	66
Fig. 4.2 (a) Forma de actuación de la sierra (b) Iniciación del aserrado en piezas	70

Fig. 4.3 Operaciones para alisar el área de punta (a) rectificando los ángulos internos (b) rectificando con plantilla (c) cizallando	71
Fig. 4.4 (a) Método A de corte por aserrado (b) Método de corte utilizando en la estructura (aserrado).....	71
Fig. 4.5 (a) Método B de corte por aserrado 2 cortes (b) Método de corte utilizando en la estructura (aserrado 2 cortes)	71
Fig. 4.6 (a) Método B de corte por aserrado 3 cortes (b) Método de corte utilizando en la estructura (aserrado 3 cortes)	71
Fig. 4.7 Dobladora de tubos manual	72
Fig. 4.8 Tubo doblado	72
Fig. 4.9 Maquina soldadora MIG utilizada.....	73
Fig. 4.10 Soldadura vertical ascendente.	75
Fig. 4.11 (a) Soldadura vertical ascendente (Dibujo SolidWorks), (b) Soldadura vertical ascendente utilizada en la estructura.....	75
Fig. 4.12 Unión en T doble chaflán.	76
Fig. 4.13 Uniones en T doble chaflán utilizadas en la estructura	76
Fig. 4.14 Unión de bisel sencillo con ángulo de desviación.	77
Fig. 4.15 Uniones de bisel sencillo con ángulo $<45^\circ$ utilizadas en la estructura ...	77
Fig. 4.16 Arcos principales laterales	78
Fig. 4.17 Tubo soporte frontal	78
Fig. 4.18 (a) Tubo soporte del capot vista frontal (b) Tubo soporte del capot vista lateral	79
Fig. 4.19 (a) Tubos superiores, tubos laterales inferiores y tubo protección motor frente vista frontal (b) Tubos superiores, tubos laterales inferiores y tubo protección motor frente vista lateral.....	79
Fig. 4.20 (a) Frente y tubos medias puertas terminadas (b) Frente y tubos medias puertas terminadas	80
Fig. 4.21 (a) Vista trasera (b) Vista lateral.....	80
Fig. 4.22 Fallas en la soldadura	82
Fig. 4.23 (a) Motor y Transmisiones montadas (b) Caja de cambios montada	83

Fig. 4.24 (a) Parte frontal del motor (b) Vista superior del motor, caja de cambios y transfer	83
Fig. 4.25 (a) Parte lateral del chasis y estructura tubular (b) Frontal y protección del motor	84
Fig. 4.26 (a) Vista superior del motor con la estructura tubular (b) Estructura ensamblada en el chasis con los elementos	84
Fig. 4.27 (a) Tanque en la posición original (b) Tanque en la nueva posición sobre el chasis	85
Fig. 4.28 (a) Preparación del tanque masillado y enderezado (b) Tanque pintado y enderezado	85
Fig. 4.29 (a) Tanque adaptado en chasis y la estructura tubular (b) Toma de carga de gasolina en la estructura	86
Fig. 4.30 (a) Piso fabricado (b) Tapa que cubre los mandos de la caja de cambios	98
Fig. 4.31 Tablero montado Tablero con cubiertas de los relojes	87
Fig. 4.32 Piso y tablero fabricado	87
Fig. 4.33 Soldadura por puntos continuos	88
Fig. 4.34 Dobladora manual de tol	88
Fig. 4.35 Cizalla y amoladora	88
Fig. 4.36 (a) Piezas laterales (b) Cubrimiento lateral del motor	89
Fig. 4.37 (a) Piezas frontales (b) Cubrimiento frontal del motor	89
Fig. 4.38 (a) Piezas laterales traseras (b) Cubierta trasera del tanque de gasolina	102
Fig. 4.39 (a) Capot doblado y cortado (b) Capot Montado	90
Fig. 4.40 (a) Guardafangos cortado y doblado (b) Guardafangos delanteros montados	91
Fig. 4.41 (a) Guardafangos traseros cortados (b) Guardafangos traseros montados	91
Fig. 4.42 (a) Carrocería lista-Vista lateral (b) Carrocería lista-Vista superior	92
Fig. 4.43 (a) Base del neblinero para el retro (b) Carrocería lista con el portallanta de emergencia	92
Fig. 4.44 Pistola de gravedad	93
Fig. 4.45 Tipos de lija	93

Fig. 4.46 Limpieza del material	94
Fig. 4.47 Elementos para la preparación de la masilla.....	95
Fig. 4.48 (a) Carrocería completamente masillada (b) Capot masillado	96
Fig. 4.49 Carrocería aplicada fondo	96
Fig. 4.50 Etapas de lijado.....	97
Fig. 4.51 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.	98
Fig. 4.52 Proceso de pintado del chasis	99
Fig. 4.53 Proceso de pintado de la carrocería.....	100
Fig. 4.54 Vehículo terminado	101

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO 3

Tabla. 3.1 Características del motor 12R.....	57
Tabla. 3.2 Relaciones de Transmisión Daihatsu F20.....	61
Tabla. 3.3 Relaciones de Transmisión del Diferencial Daihatsu F20	63

CAPITULO 4

Tabla 4.1 Características de las maquinas de soldar GMAW utilizada	73
Tabla 4.2 Condiciones de soldado para proceso GMAW.....	74

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es el de establecer un método de cálculo que permita diseñar una estructura tubular de una manera en la que se pueda controlar todos los parámetros que conciernen al diseño para poder obtener una estructura lo más resistente, ligera, económica y atractivamente posible, todo ello teniendo en cuenta que el tiempo disponible es limitado

En primer lugar es necesario saber cuánto se puede dar por válido una estructura en cuanto a su resistencia. Para ello es importante conocer los criterios que utilizan los diseñadores de estructuras tubulares en diferentes competiciones como pueden ser la formula SAE/Student, CarCross o NASCAR

Una vez que ya se conocen los límites que no se deben sobrepasar hay que decidirse por las herramientas de cálculo que deben utilizarse, la teoría de los elementos finitos es ideal para nuestro caso añadiendo diversas investigaciones y la experiencia para comprobar si las vigas soportan

Para la aplicación de estas teorías es necesario hacer un dibujo aproximado de la estructura para llevar las aproximaciones correctamente teniendo muy en cuenta los métodos de fabricación de los que se dispone en el mercado para la construcción de la estructura. Para ello se dedica un capítulo entero para este tema.

En la actualidad no hay una normativa específica sobre como diseñar una estructura tubular y no nos referimos a normas de competición sino de diseño, ya que el vehículo soporta diferentes cargas en el transcurso de conducción en diferentes terrenos.

PRESENTACIÓN

El incremento del turismo en la ciudad de Ibarra nos obliga a brindar un servicio de transporte nuevo y atractivo de calidad, el cual consiste en un vehículo tubular, el mismo que permitirá al conductor y acompañante sentirse parte del entorno, será capaz de trasladarse en caminos de segundo orden, siendo agradable y fácil la conducción del vehículo por parte del usuario, brindando seguridad y confort.

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

I.- MARCO TEORICO

1.1- INTRODUCCIÓN A LOS CROSSCAR.

La palabra Car-Cross tal y como es utilizada por la Real Federación Española de Automovilismo. (Cross-Car o Crosscar como se utiliza en Francia). No Kart-Cross o Kartcross, ya que, por definición, un Kart es un vehículo sin suspensiones y con el eje trasero solidario con las ruedas, siendo esta la única característica en común.

Si bien el Car-Cross tiene suspensión trasera independiente y una total similitud con cualquier automóvil en todos los demás aspectos.

Los Kart-Cross son unos pequeños monoplazas creados inicialmente para carreras de tierra pero gracias a su gran versatilidad son actualmente utilizados para todo tipo de pruebas automovilísticas.

Estos vehículos fueron importados desde Francia, donde se realizan varias categorías en función de la motorización.



Fig. 1.1 CROSS CAR de competición

1.1.1- HISTORIA DEL BUGGY.

Los primeros datos existentes sobre buggies, provienen del estado de California, Estados Unidos, a mediados de los años 50. Inicialmente, los vehículos eran fabricados a nivel personal como "hobby" durante el fin de semana.

Estos, se diseñaban individualmente en garajes particulares sobre un modelo de coche ya comercializado en el mercado.



Fig. 1.2 Dune Buggy

Más adelante, ya en los años 60, empezó a popularizarse el buggy. A partir de 1970, se forman los primeros clubes para competir en las playas y siempre sobre superficies blandas y planas.

Mientras tanto, una nueva variante se iba creando: el "Dune Buggy".

Esta modalidad, consistía en subir montañas arenosas tipo dunas. Fue entonces, cuando empezaron a aparecer modelos con chasis tubulares completos, al estilo jaula, por su excelente seguridad ante volcadas ocasionales y también equipados con ruedas traseras más grandes obtenidas de los tractores de aquella época.

La historia del 4X4 siempre ha estado muy ligada a los conflictos bélicos, ya que para poder avanzar por terrenos abruptos los ejércitos de todos los países siempre han buscado vehículos que se pudieran desenvolver por estos tipos de terreno.

La arena del desierto, la nieve en las montañas y el barro en zonas pantanosas o con climatología donde se dan grandes precipitaciones son los obstáculos que se encuentra en una conducción "Off Road".



Fig. 1.3 Auto 4X4

En un principio, la mayor parte de los vehículos de tracción múltiple que llegaron al país eran Todo terreno.

Esto se debe a que en su mayor parte, el origen de los mismos era militar y fue la necesidad de mover vehículos, personal y suministros en lugares de difícil acceso lo que llevó al desarrollo masivo de la tecnología y a una producción que llevó los vehículos multitracción al alcance del público en general.

En los años 70, la introducción de nuevos conceptos como la tracción permanente en las cuatro ruedas

1.2 LA CARROCERÍA Y EL CHASIS

1.2.1- LA CARROCERÍA



Fig. 1.4 Carrocería

La carrocería o latonería de un automóvil es aquella parte del vehículo en la que reposan los pasajeros o la carga.

La carrocería sujeta además los elementos mecánicos del vehículo.

Estas carrocerías se construyen con una estructura resistente a los esfuerzos a que está sometida, y en función a las posibles deformaciones, en caso de accidente, atendiendo a la seguridad pasiva y a los conjuntos que soporta.

Originalmente, en los "todo terreno", la carrocería se monta sobre un bastidor formado por largueros y travesaños.

1.2.1.1- Carrocerías según construcción

1.2.1.1.1- Chasis independiente

En la construcción del chasis independiente se utiliza un chasis rígido que soporta todo el peso y las fuerzas del motor y de la transmisión. La carrocería, en esta técnica, no cumple ninguna función estructural.

Esta técnica de construcción era la única utilizada hasta 1923, año en el que se lanzó el primer automóvil con estructura monocasco. Los primeros chasis independientes eran de madera, heredando las técnicas de construcción de los coches de caballos.

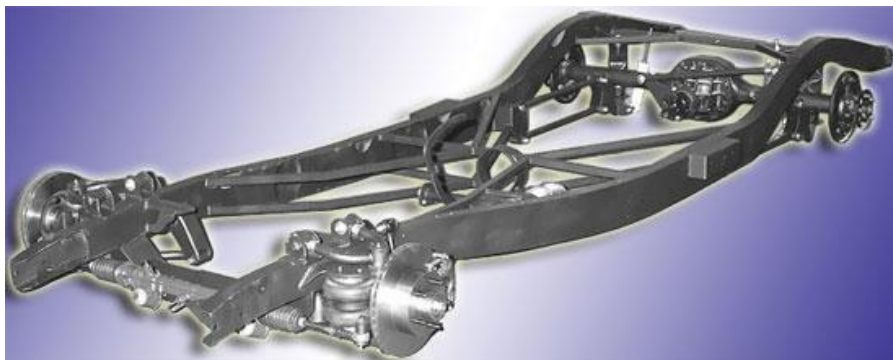


Fig. 1.5 Chasis Independiente

1.2.1.1.2- Autoportante

Las carrocerías autoportantes se fabrican en la gran mayoría de los casos con chapa metálica. Esta chapa llega en grandes rollos, y la fábrica la transforma por corte y estampado. La prensa tiene una matriz o molde para cada parte de la carrocería. Una presión de varias toneladas hace que la chapa se ajuste al molde para producir cada componente de la carrocería. El espesor de la chapa varía según la parte a la que está destinada.

Las diferentes secciones se sueldan para formar una carrocería completa. La técnica más utilizada hoy día es la soldadura por puntos. Los diseñadores pueden determinar dónde habrán de aplicarse los puntos de soldadura y cuántos se necesitarán para asegurar la máxima resistencia. Para la mayor parte de las soldaduras se utilizan robots industriales controlados por ordenador que pueden ser programados para realizar exactamente la soldadura en determinados puntos.

El primer vehículo en incorporar esta técnica constructiva fue el Lancia Lambda, de 1923.

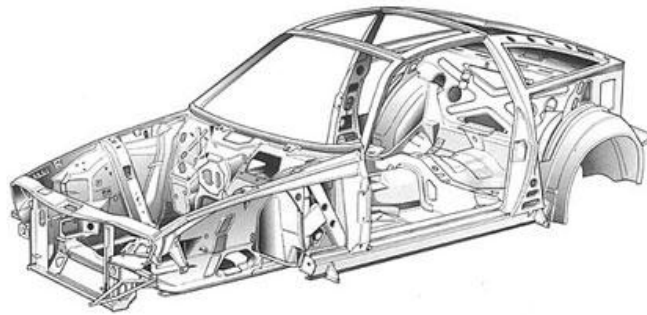


Fig. 1.6 Carrocería Autoportante

1.2.1.1.3- *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 carrocer italiano Touring en 1937.



Fig. 1.7 Carrocería Tubular

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

Esta técnica consigue una carrocería de gran rigidez y resistencia con muy poco peso. Por otra parte, la fabricación es muy cara y laboriosa.

La técnica todavía se utiliza en modelos deportivos hechos a mano.

1.2.1.2- Carrocerías según número de volúmenes

1.2.1.2.1- Monovolumen

Un monovolumen es una carrocería en la que no se diferencia más de un volumen. La zona del motor, la cabina y el maletero están completamente integrados. Generalmente, un monovolumen es más alto que un automóvil de turismo (1,60 a 1,80 metros contra 1,40 a 1,50 metros). Los monovolúmenes grandes y algunos compactos (desde 4,40 metros en adelante) tienen frecuentemente tres filas de asientos, mientras que los más pequeños sólo tienen dos filas.



Fig. 1.8 Monovolumen VW

1.2.1.2.2- Tres volúmenes

Tricuerpo o **tres volúmenes** (en inglés: *notchback*) es un formato de carrocería de automóvil cuyos tres volúmenes están claramente definidos: motor, habitáculo y maletero. Prácticamente todos los automóviles con carrocería sedán tienen una silueta así, y buena parte de los cupés también la tienen.

En algunas regiones, a los cupés tricuerpo se los denomina "sedán de dos puertas" en lugar de cupé. Los descapotables también se los puede asociar con el concepto de tricuerpo.



Fig. 1.9 Tricuerpo o tres volúmenes

El habitáculo y el maletero de un tricuerpo quedan claramente demarcados cuando el vidrio trasero es muy vertical y forma ángulos cerrados en las uniones con el techo y la cola (por lo general la tapa del maletero).

Esa característica puede dañar la aerodinámica del automóvil, cuando la corriente de aire que fluye por encima del techo genera turbulencias luego de la caída abrupta.

Por esa razón, los vidrios traseros de los tricuerpos se han vuelto cada vez menos verticales, y la unión con el techo y la tapa del maletero se han vuelto cada vez más redondeadas.

1.2.2- EL CHASIS

Al igual que los pies en los humanos son los que soportan el peso del cuerpo, el chasis y el bastidor son los que sostienen del auto, por lo cual son los más importantes.

Da soporte y suspensión a la masa total del vehículo, sostener los sistemas de dirección, cargar el motor y el sistema de frenos, asimismo sirve para que se transmita el torque, sin el cual ningún auto caminaría.

El chasis no es solo un marco de metal (conocido como bastidor) sobre el cual se colocan otras piezas, que conforman el chasis propiamente dicho, sino como ya se mencionó es un sistema que debe soportar el peso de todo el vehículo y, a la vez, garantizar un manejo sin contratiempos, como los producidos por las curvas cuando se viaja a exceso de velocidad.

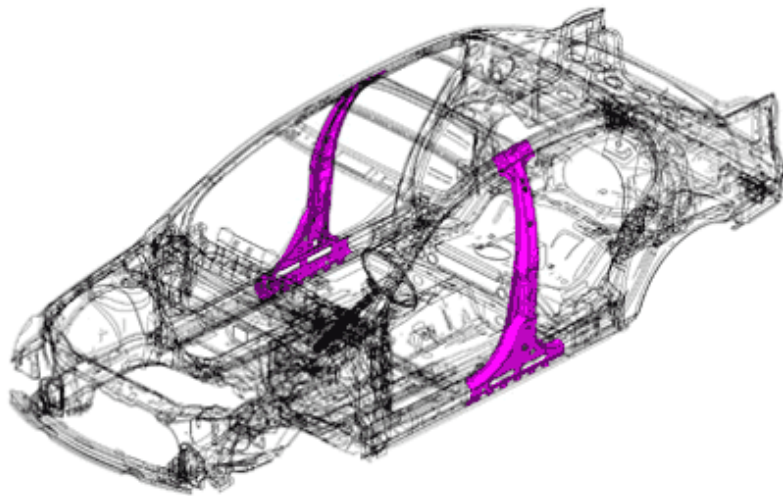


Fig. 1.10 El chasis

Los ejes delantero y trasero, con sus muchas partes, también se apoyan en el bastidor. Antes de llegar a una reparación adopte mejor una estrategia preventiva, para ello evite golpes, así como someter su auto a torsiones innecesarias provocadas por acelerones y frenazos bruscos. Nuestro chasis es el original Daihatsu F20 el cual pesa 164 lb.

1.3- REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO.

A veces la resistencia de un elemento en un sistema es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. Generalmente se tiene que tomar en cuenta varios de estos factores en un caso de diseño determinado.

Para el 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 en el análisis computacional, con el cual obtendremos los valores que nos indicarán si efectivamente la estructura tubular 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 de cargas que soportan la estructura tubular mediante el software SolidWorks, para la modelización de la estructura para el análisis estructural de la misma. Para dicho análisis nos basaremos en criterios sobre la rigidez, el peso y su distribución, el espacio, de estabilidad y de seguridad.

1.4- CRITERIOS SOBRE LA RIGIDEZ

Consistente en que bajo la acción de las fuerzas aplicadas las deformaciones o desplazamientos máximo obtenidos no superan ciertos límites admisibles.

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.

La expresión global de la rigidez es: $K = \frac{P}{\delta}$

Donde: P, la carga aplicada

δ , la deformación

La rigidez cumple las siguientes proporcionalidades: $K \propto E \cdot I$ y $K \propto E \cdot A$

Donde: E, el modulo de elasticidad o modulo de Young

I, el momento de inercia

A, el área de la sección

De estas proporcionalidades se deduce que a mayor modulo de elasticidad, momento de inercia y/o área de sección, mayor será la rigidez.

1.5- CRITERIOS SOBRE EL PESO Y SU DISTRIBUCIÓN

En el diseño de una estructura tubular, en cuanto al peso y su distribución se deberán tener en cuenta que en cuanto menos peso tenga la estructura, respetando la rigidez, mejor se aprovechara la potencia del motor. De igual manera debe ser resistente en caso de accidente y distribuido específicamente los arcos de seguridad del coche.

Las medidas de los pedales, la longitud y el ángulo de los pies determinan la altura de la parte frontal del chasis. Se debe considerar la facilidad de acceso para el mantenimiento de los elementos del motor, caja y transmisión.

1.6- 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 sistema de suspensión con una dureza regulable para que resulte confortable y tenga la suficiente rigidez para oponerse a los balanceos de la estructura tubular.

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

1.7- CRITERIOS DE SEGURIDAD

En una estructura tubular, como la carrocería en todo coche, tiene unas poderosas razones de ser:

- El proteger en caso de vuelco, por el propio arco de seguridad del coche. Es frecuente ver otros modelos en que va, literalmente, sobre el mismo, con consecuencias pésimas en caso de vuelco.
- Al no ir sobre el arco de seguridad y estar más bajo, rebaja el centro de gravedad y el roll center, que es, digamos, el centro sobre el que el coche "gira" por la inercia en las curvas.

II.- DISEÑO MECANICO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR

2.1.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Durante el proceso de diseño de la estructura tubular 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 2009.

2.2.- SELECCIÓN DE MODELO A CONSTRUIR.

El modelo que se seleccionó es un vehículo con capacidades 4x4 el cual nos va a permitir adentrarnos en caminos de segundo y tercer orden, la apariencia del vehículo seleccionada es atractiva al público en general y especialmente al público que busca de algo novedoso y funcional.



Fig. 2.1 Diferentes modelos de CROSSCAR 4X4

2.3.- CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DEL CROSSCAR.

Por lo general la mayoría de los CROSSCAR poseen las siguientes características técnicas:

Estructura Multitubular: Los requerimientos para la construcción de una estructura tubular:

- Para vehículos de hasta 3000 lbs. de peso, se utiliza tubo de 1,5 plg de diámetro exterior con espesor de 0,120 plg en los arcos principales los cuales protegen al ocupante.
- Son construidos en materiales metálicos, generalmente el acero al carbono estirado en frío sin soldadura. Este tubo tiene una gran resistencia en relación a su peso. Las uniones entre los tubos están realizadas mediante soldadura.

En nuestro caso los arcos principales son de 2,5 plg de diámetro exterior y 0,15 plg de espesor, el resto de la estructura tubular está construido en tubo de 2,0 plg de diámetro y 0,15 plg de espesor. Con lo cual sobrepasamos los requerimientos dados, obteniendo así mayor seguridad en el desempeño de la estructura.

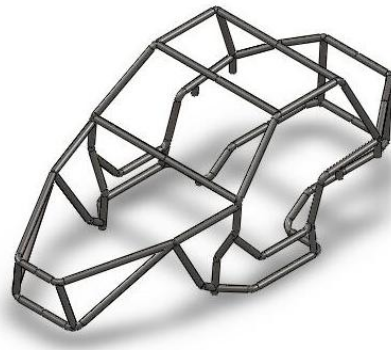


Fig. 2.2 Estructura Tubular

Suspensión: Los sistemas de suspensión utilizados son varios, pero principalmente se construyen sistemas como el de doble brazo superpuesto. En nuestro caso utilizaremos el sistema de suspensión por paquetes los cuales ofrecen la ventaja de una mayor simplicidad y sencillez e incluso mayor robustez. En cuanto a los amortiguadores también son varios los utilizados. Los hay de gas simples, con botella separada, etc. Nosotros adaptaremos un sistema de suspensión neumático regulable.

Dirección: Lo más común es la utilización del sistema de piñón-cremallera, de relación corta. También es posible montar un sistema de dirección directa como el montado en los Karts de pista con un mayor refuerzo pero no es recomendable por razones como el mayor espacio ocupado e incluso mayor peso. Es preferible instalar un sistema de volante extraíble para facilitar el acceso y la salida del habitáculo. Nuestro CROSSCAR tendrá un sistema de dirección de rodillo.

Frenos: Está extendida la utilización de frenos de disco con pinzas de mando hidráulico. Los discos delanteros rondan los 180mm diámetro y los traseros ofrecen varias medidas. Las pinzas utilizadas pueden ser de dos o cuatro pistones. En la parte delantera se montarán dos discos, mientras que en la trasera, se puede optar a montar uno por razones de peso y sencillez.

Transmisión: Primaria por engranajes rectos (mecanismo de velocidades del motor). Secundaria por cadena. La relación de transmisión puede ser de 13/52, pudiendo tomar más valores en función del piloto, circuito, y demás condiciones. Para el soporte del eje en el que va montado la corona y el disco trasero de freno se realiza un grupo autoblocante 100% es decir sin diferencia de par entre sus dos salidas. Mientras que nuestro CROSSCAR 4X4 posee transmisión totalmente 4x4, caja de cambios de 4 velocidades y transfer de dos posiciones.

Carrocería: La carrocería de los CROSSCAR está construida en fibra de vidrio reforzada o como en nuestro caso con tol de acero el cual es un material liviano y con gran resistencia y capacidad de absorción de los impactos. La carrocería tiene varias funciones como la de proteger al piloto de piedras y tierra como otra serie de funciones, como la aerodinámica.

Dimensiones: Las dimensiones utilizadas en el CROSSCAR 4X4 tienen 53 grados como ángulo de salida, 52 grados como ángulo de batalla, 128 grados como ángulo de vadeo.

Distancia entre ejes es de 2,01 metros, 26,1 centímetros de altura del piso al punto más bajo del vehículo es decir a la coraza del diferencial, 1,82 metros de alto total del vehículo, el ancho del vehículo es de 1,48 metros, de largo 3,45 metros.

Ruedas: Las ruedas utilizadas son tipo pantaneras de un RIN 15 a 17. Nuestras ruedas son RIN 16 y pesan 82lb c/u.

Refrigeración: Generalmente es usada la refrigeración por agua con la ayuda de un radiador sobredimensionado y ventilador, indispensable para forzar el flujo de aire.

Motor: Los motores utilizados son principalmente provenientes de automóviles de cilindrada alta desde 1600 c.c. en adelante. También pueden tener turbo sobrealimentados. Nuestro motor utilizado es de 1600 c.c.

Peso: El peso mínimo puede variar según el uso que se le quiera dar al vehículo, ya que depende de muchos factores como peso del tren de rodaje, carrocerías modificadas, etc.

2.4.- DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS QUE SOPORTAN LA ESTRUCTURA TUBULAR.

2.4.1.- 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 $40 \frac{km}{h} \left| \frac{1h}{60min} \right| \left| \frac{1min}{60seg} \right| \left| \frac{1000m}{1km} \right| = 11.11m/s$

2.4.2.- ACELERACIÓN LONGITUDINAL

$$a_x = \frac{v^2}{2s}$$
$$a_x = \frac{(11.11m/s)^2}{2 \times 15m}$$
$$a_x = 4.11 m/s^2$$

En donde:

a_x = Aceleración en m/s^2

v = Velocidad final de aceleración

s = Recorrido

Piloto y Copiloto = 75 kg c/u

Peso Vehículo = 1000 kg

Motor = 1600 cc

Neumáticos = $30.25 \cancel{in} \left| \frac{2.54cm}{1in} \right| \left| \frac{1m}{100cm} \right| = 0.76835m$

Torque = 123 Nm = 3800 rpm

Factor de rodadura = 87%

Relación total = 8.17@ marcha max.

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

$$F_{empuje} = \frac{(123Nm \times 8.17 \times 0.87)}{0.384m}$$

$$F_{empuje} = 2276.74N$$

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.

$$\frac{F_{empuje}}{peso \times g} = \frac{2276.74N}{1000kg \times 9.8m/s^2} = 0.23g$$

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)

$$T1 = 0.23 \times \frac{1000kg \times 0.37m}{2.015m} = 42.15kg$$

Este valor es aproximado por lo tanto tendremos que multiplicar por un factor de seguridad el cual toma el valor de 3 porque el vehículo va a usarse en condiciones ambientales inciertas y soportar cargas variables*.

γ_f = Factor de seguridad

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

$$T_{real} = 42.15 \times 3 \times 9.8m/s^2 = 1239.3N$$

2.4.3.- FUERZA DE INERCIA DEL PILOTO EN LOS AMARRES DEL ASIENTO

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

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

$$F_{inercia} = 75kg \times 4.11m/s^2 \times 3 = 924.75N$$

$$F_{amarre} = \frac{F_{inercia}}{4} = \frac{924.75N}{4} = 231.18N$$

2.4.4.- 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.

$$a_s = \frac{v^2}{2s_f}$$
$$a_s = \frac{(11.11m/s)^2}{2 \times 6m}$$
$$a_s = 10.28m/s^2$$

En donde:

a_s = Desaceleración final en m/s^2

v = Velocidad final de aceleración

s_f = Distancia final de frenado

2.4.5.- 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.

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

$$F_{inercia} = 75kg \times 10.28m/s^2 \times 3 = 2314.35N$$

$$F_{amarre} = \frac{F_{inercia}}{4} = \frac{2314.35N}{4}$$

$$F_{amarre} = 578.58N$$

2.4.6.- TRANSFERENCIA LONGITUDINAL DEL PESO DEBIDO A LA DESACELERACIÓN.

Con el valor de la desaceleración tenemos.

$$G = \frac{d}{g}$$
$$G = \frac{10.28}{9.8}$$
$$G = 1.04$$

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

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)

$$T1 = 1.04 \times \frac{1000kg \times 0.37m}{2.015m}$$
$$T1 = 192.25kg$$

Este valor es aproximado por lo tanto tendremos que multiplicar por un factor de seguridad el cual toma el valor de 3 porque el vehículo va a usarse en condiciones ambientales inciertas y soportar cargas variables.

$$T_{real} = T1 \times \gamma_f \times g$$
$$T_{real} = 192.25kg \times 3 \times 9.8m/s^2 = 5652.21N$$

2.4.7.- 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.

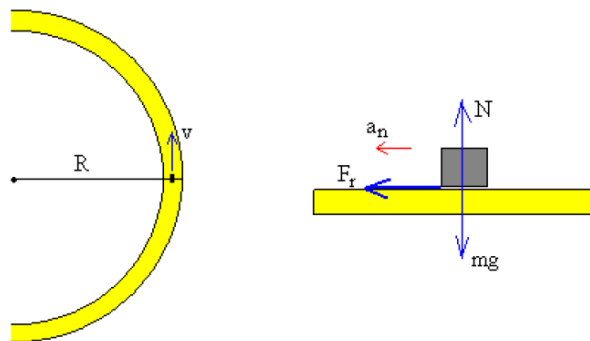
2.4.7.1.- Curva sin peralte.

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

$$F_r = m \times a_n$$

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

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 sin peralte es, por tanto

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

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

2.4.7.2.- Curva con peralte.

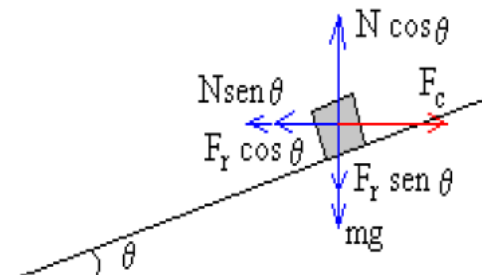
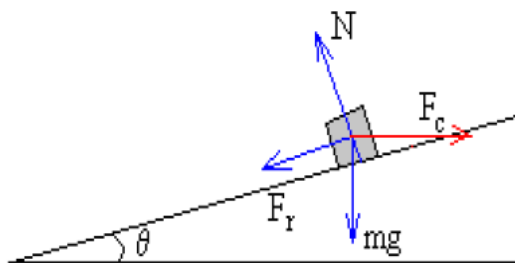
Consideremos ahora el caso de que la curva tiene un peralte de ángulo θ . Las fuerzas que intervienen son:

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

$$V = \sqrt{R \frac{g \sin \theta + \mu \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta}}$$

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 10% (Ver Anexo 2) y en una curva promedio de 50m

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

$$v = \sqrt{0.1 \times \frac{9.8m}{s^2} \times 50}$$

$$v = \frac{7}{s^2}$$

$$v = 25.2Km/h$$

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

$$a_l = \frac{(7)^2}{50m}$$

$$a_l = 0.98m/s^2$$

Para el cálculo en una curva con peralte de la velocidad máxima y la aceleración lateral, se toma un coeficiente de rozamiento del 10% (Ver Anexo 1) y en una curva promedio de 50m y el ángulo del peralte es de 15°

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

$$v = \sqrt{\frac{9.8m/s^2 \times 50m \frac{\sin 15^\circ + 0.1 \cos 15^\circ}{\cos 15^\circ - 0.1 \sin 15^\circ}}{}}$$

$$v = 13.61m/s = 49Km/h$$

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

$$a_l = \frac{(13.61m/s)^2}{50m}$$

$$a_l = 3.7m/s^2$$

2.4.8.- FUERZA DE INERCIA DEL PILOTO EN LOS AMARRES DEL ASIENTO

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

$$F1 = F2 = \frac{75kg \times 0.98m/s^2}{2} = 3.43N$$

2.5.- DISEÑO GEOMÉTRICO Y DIMENSIONAL PREVIO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR

Para proceder al diseño geométrico previo de la estructura tubular tomamos los siguientes datos o lineamientos generales, el largo, ancho y alto del vehículo, y otras medidas de la estructura siendo parámetros ya 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 dónde 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 nuestra estructura tubular.

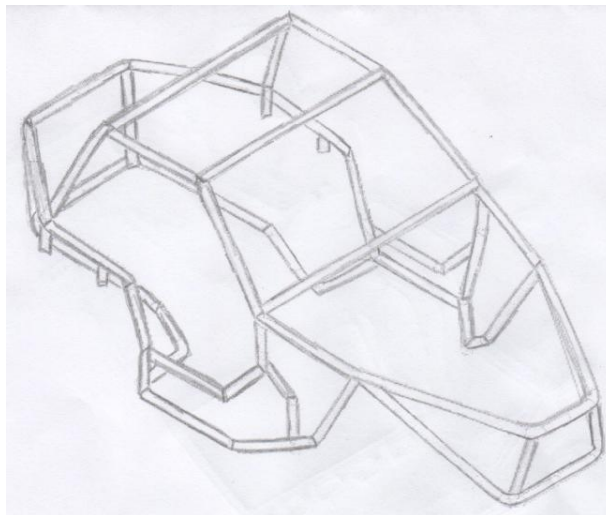


Fig. 2.3 Diseño Geométrico previo de la estructura tubular

Luego de algunas ideas planteadas y correcciones en las formas geométricas llegamos a obtener un diseño que cumple con los requerimientos generales.

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.

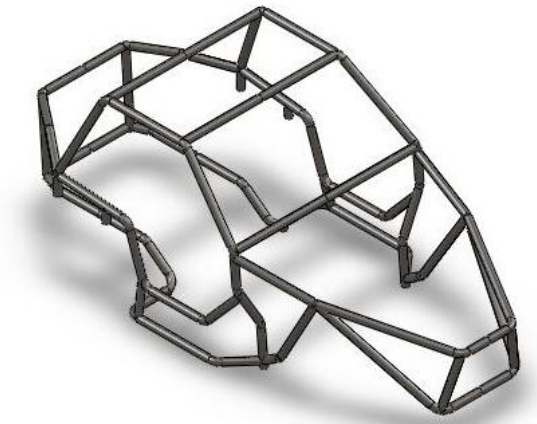


Fig. 2.4 Bosquejo de la estructura tubular

El modelo nos quedaría como se muestra en la Figura 2.5, 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, 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. 2.5 Diseño a mano del CROSSCAR 4X4

2.6.- MODELIZACIÓN EN SOLIDWORKS DE LA ESTRUCTURA.

Partiendo de parámetros, un diseño geométrico previo de la estructura con los soportes y un estudio de los sistemas a instalar en el chasis y carrocería procedemos a la modelización del chasis mediante la ayuda de un software de diseño mecánico, en este caso SolidWorks.

"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.

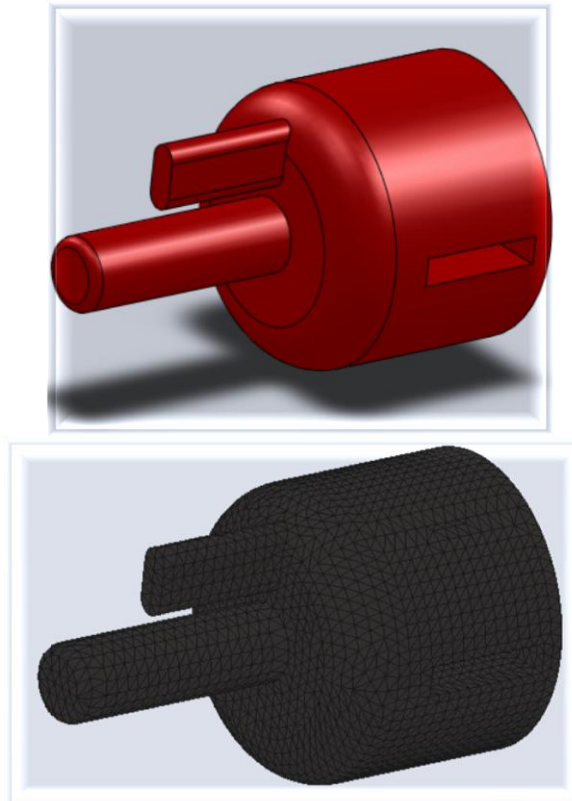


Fig. 2.6 Método de elementos finitos utilizado por SolidWorks

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.

2.6.1.- CROQUIS DE LA ESTRUCTURA.

Para comenzar a crear un croquis en 3D hacemos los siguientes pasos

Click en Croquis 3D de la barra de herramientas Croquis como se muestra en la siguiente grafica:

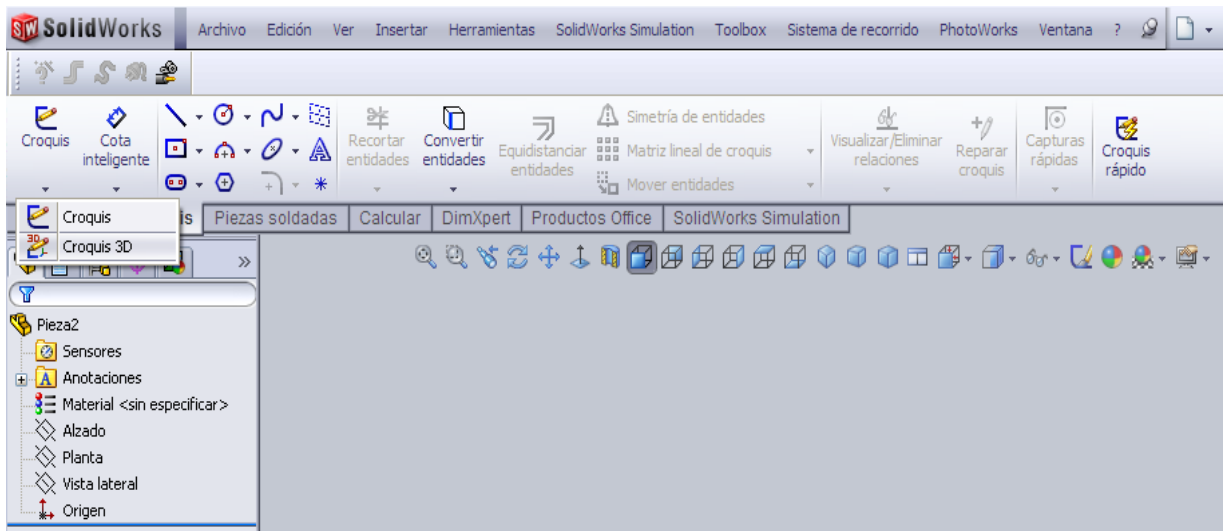


Fig. 2.7 Croquis 3D

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 inteligente.

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**.

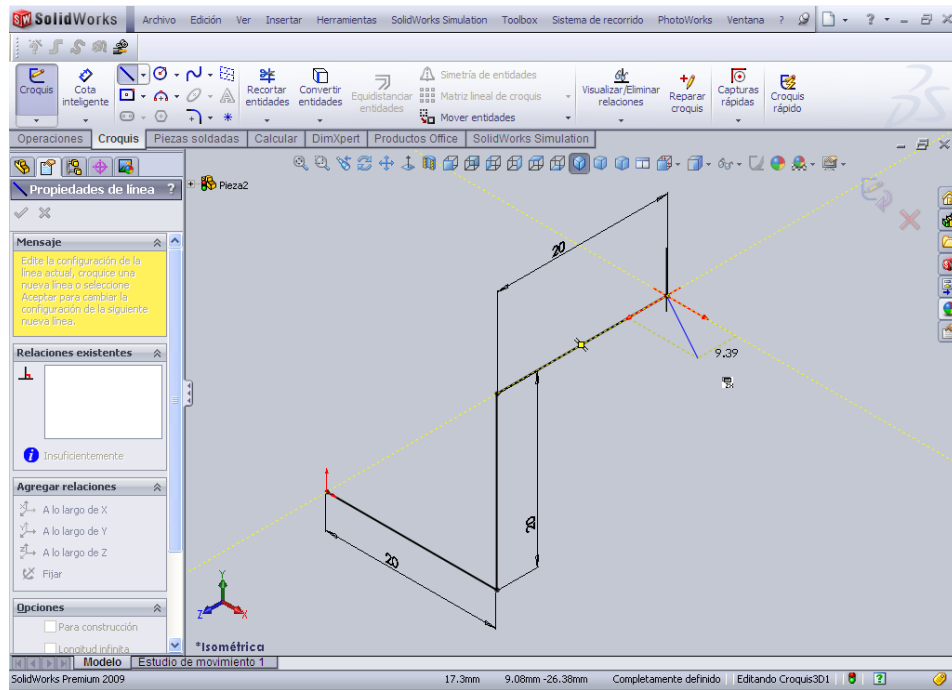


Fig. 2.8 Croquis 3D en construcción de la estructura tubular

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.

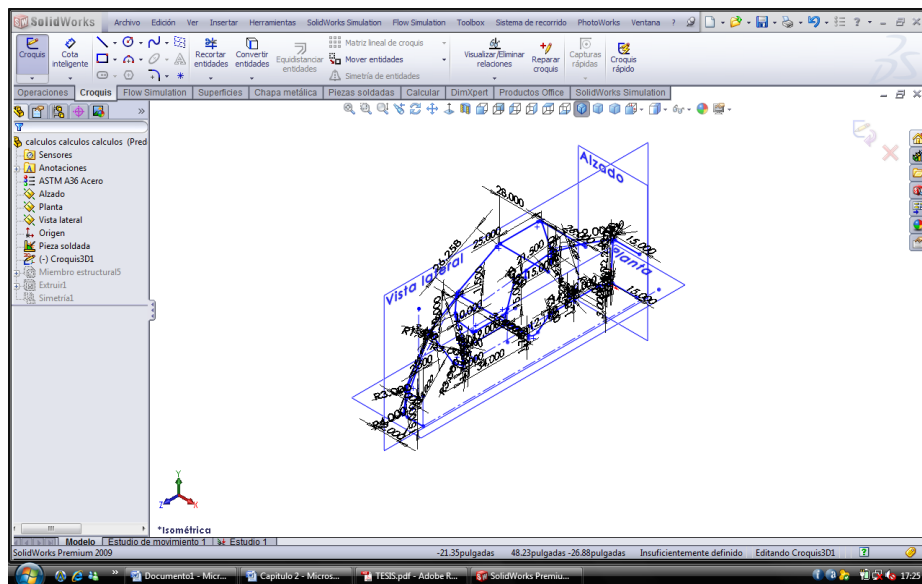


Fig. 2.9 Croquis 3D terminado, incluido cotas

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.

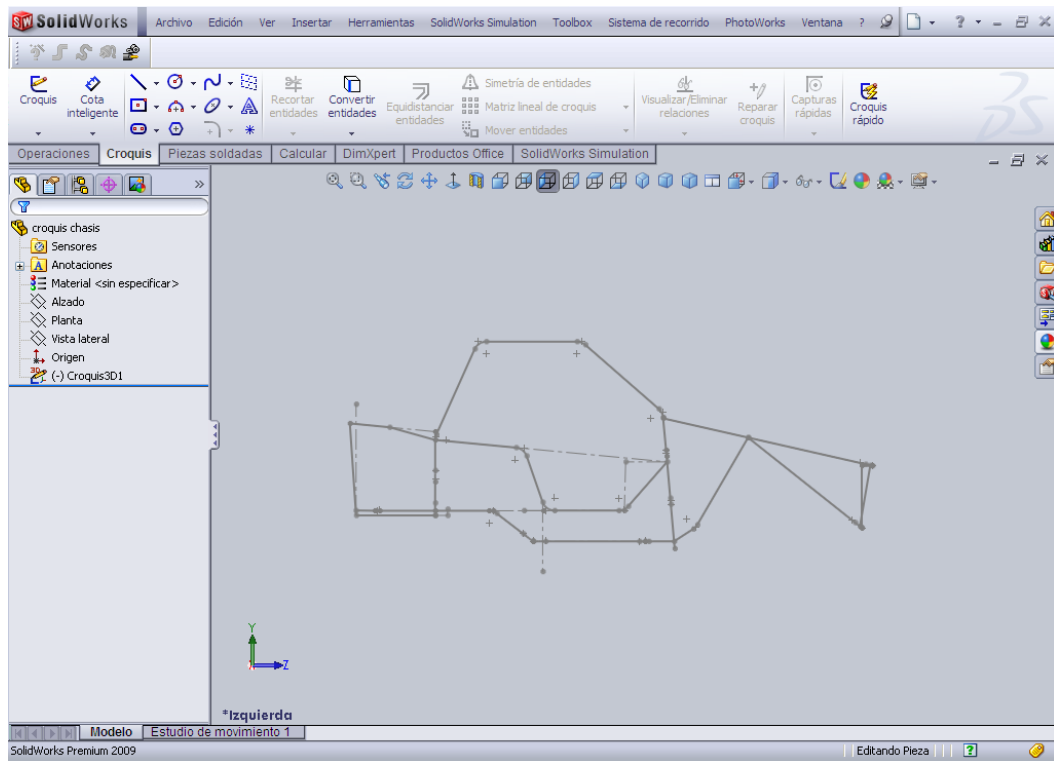


Fig. 2.10 Croquis 3D terminado

2.6.2.- MODELADO DEL 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 2.5 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.

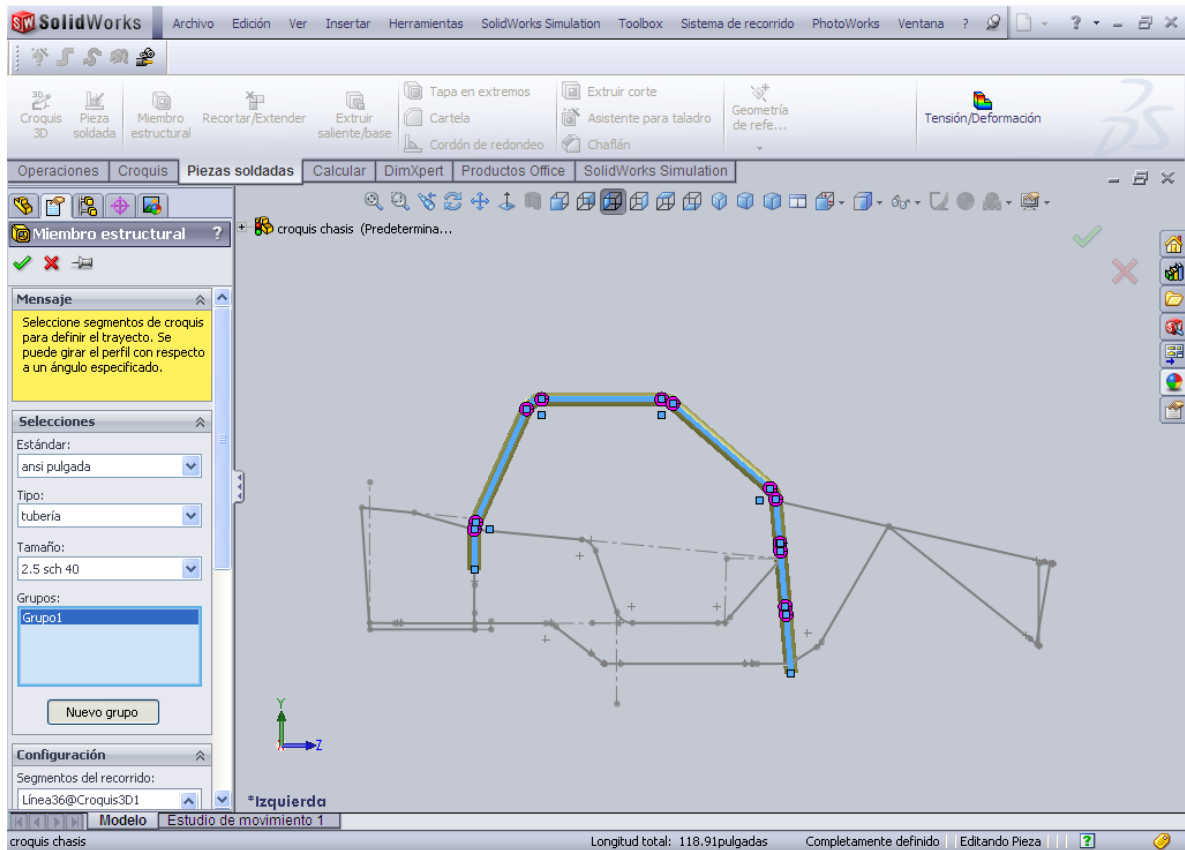


Fig. 2.11 Construcción Miembro Estructural

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 de la estructura tubular el cual cumple con todas las normas que nos hemos establecido 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.

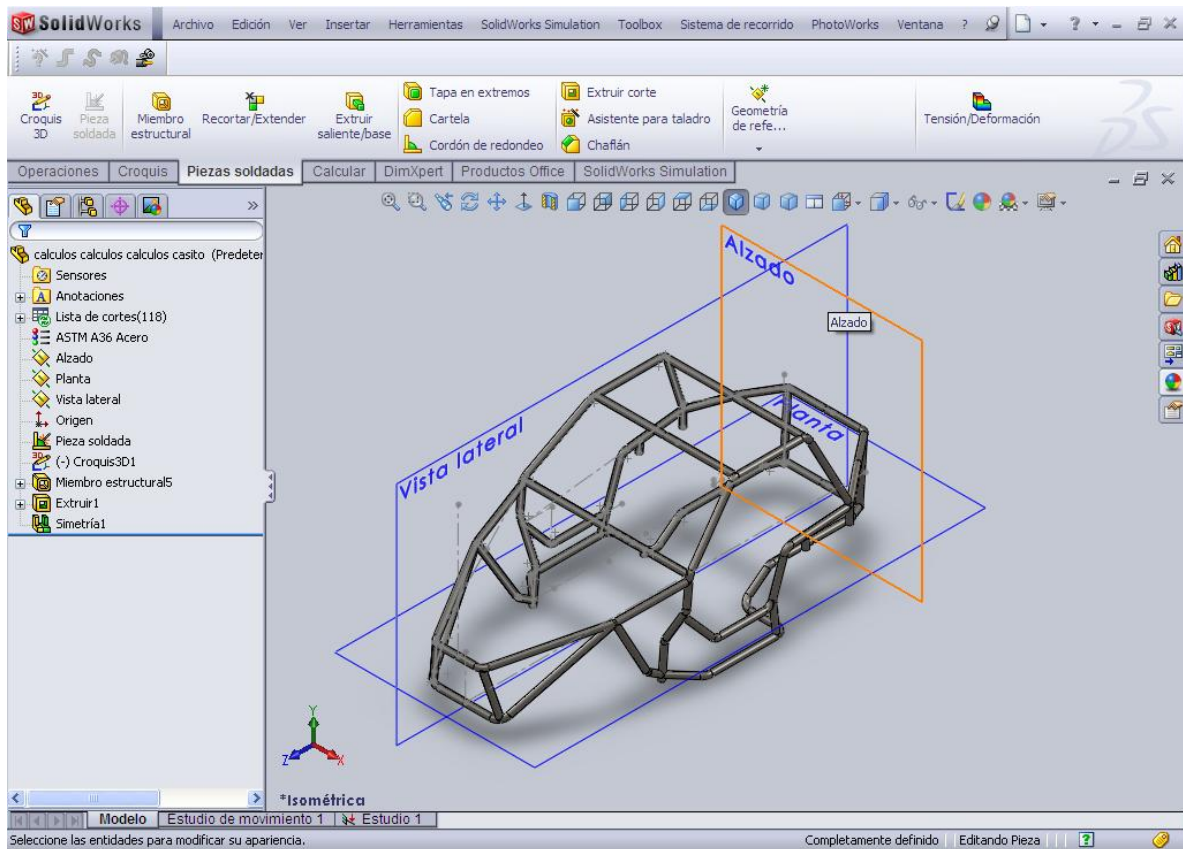


Fig. 2.12 Estructura Tubular terminada con sus dimensiones principales

2.7.- APLICACIÓN DE CARGAS EN LA ESTRUCTURA TUBULAR

La estructura tubular debe cumplir los siguientes requerimientos, para tomar en cuenta las cargas dinámicas que se producen cuando existen impactos se establece en función del reglamento de la FAU que considera las siguientes cargas.

- 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 150 kg. Siendo P el peso de 850 kg del vehículo en condiciones de normales de funcionamiento, adicionándole los 150 kg del conductor y acompañante.

Obteniéndose un total de 1000 kg.

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

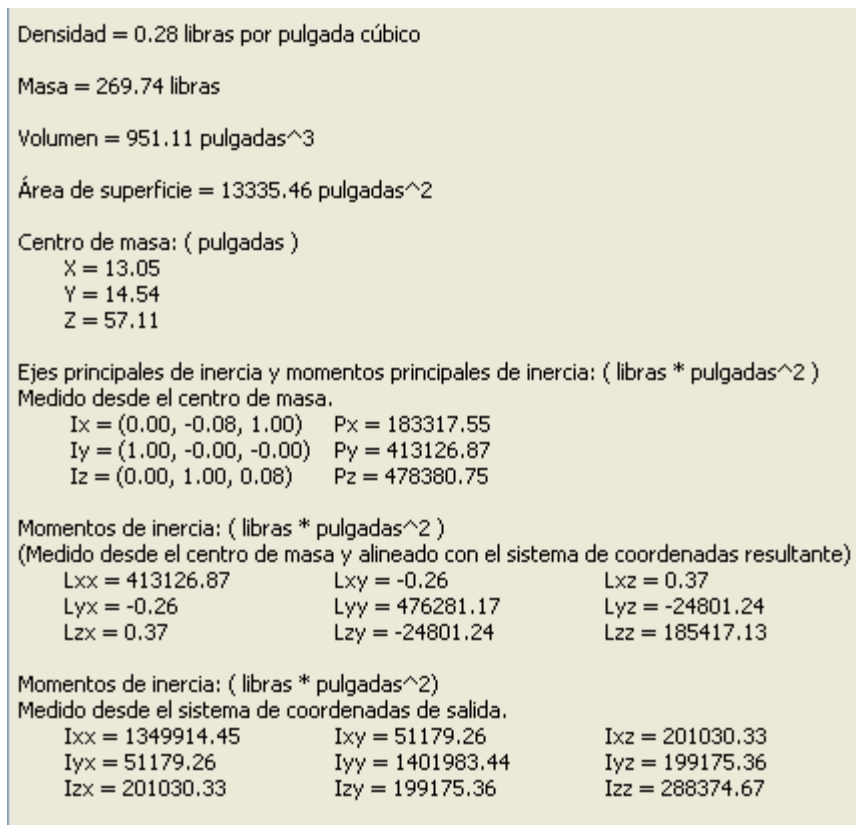


Fig. 2.13 Propiedades Físicas de la estructura tubular

Teniendo hasta el momento 122.6 kg. de masa de la estructura tubular, dato que nos es de mucha importancia ya que para optimizar el rendimiento del vehículo debemos llegar a obtener el menor peso posible.

De esta manera las cargas aplicadas según lo estipulado serían:

- Peso Total del Vehículo mas Conductor y Ocupante Promedio = 1000 kg.
- Peso Lateral = 2P = 1000 x 2 = 2000 kg
- Peso Longitudinal = 6P = 1000 x 6 = 6000 kg
- Peso Vertical = 8P = 1000 x 8 = 8000 kg

2.8.- ANÁLISIS Y DISEÑO DEL CHASIS MEDIANTE SOLIDWORKS SIMULATION

2.8.1.- CONCEPTOS BÁSICOS DE SOLIDWORKS SIMULATION

SolidWorks Simulation es un sistema de análisis de diseño que está completamente integrado con SolidWorks®. SolidWorks Simulation 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), SolidWorks Simulation permite resolver grandes problemas. SolidWorks Simulation viene en varios paquetes para satisfacer diferentes necesidades de análisis.

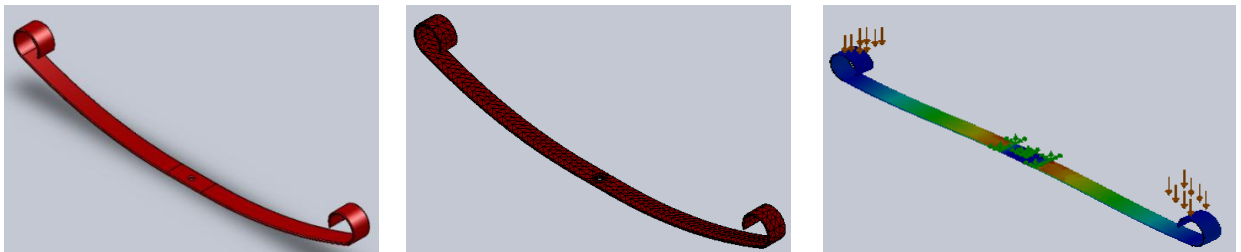


Fig. 2.14 Infograma de las Funciones de SOLIDWORKS SIMULATION.

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
- 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.

2.8.1.1.- 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.

2.8.2.- SECUENCIA DE CÁLCULOS UTILIZADA POR SOLIDWORKS SIMULATION

Dado un modelo mallado 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.

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.

2.8.2.1.- 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.

2.8.2.2.- Miembros Estructurales – Vigas

El estudio a realizar en el modelo será un análisis estático de un miembro estructural, el cual dentro de SOLIDWORKS SIMULATION 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 2.15 muestra el miembro estructural; las juntas cuando el miembro se define como una viga; y, por último, la malla donde la viga se subdivide en un número de elementos de viga representados por cilindros.

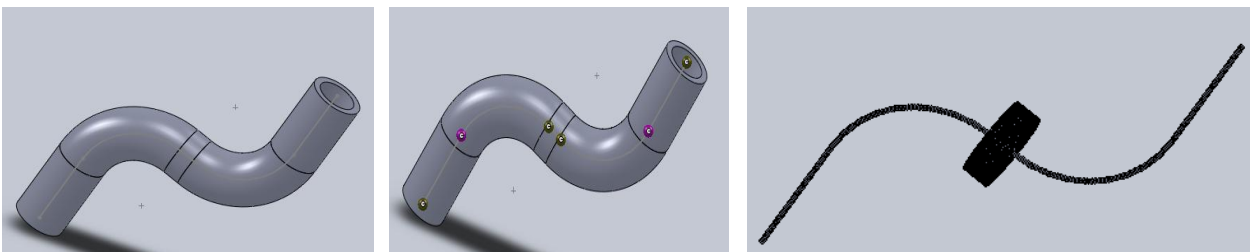


Fig.2.15 Modelado de un miembro estructural (a: miembro estructural, b: juntas, c: viga)

2.8.3.- ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA TUBULAR

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.

2.8.3.1.- 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 SOLID WORKS SIMULATION 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 Malla 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.

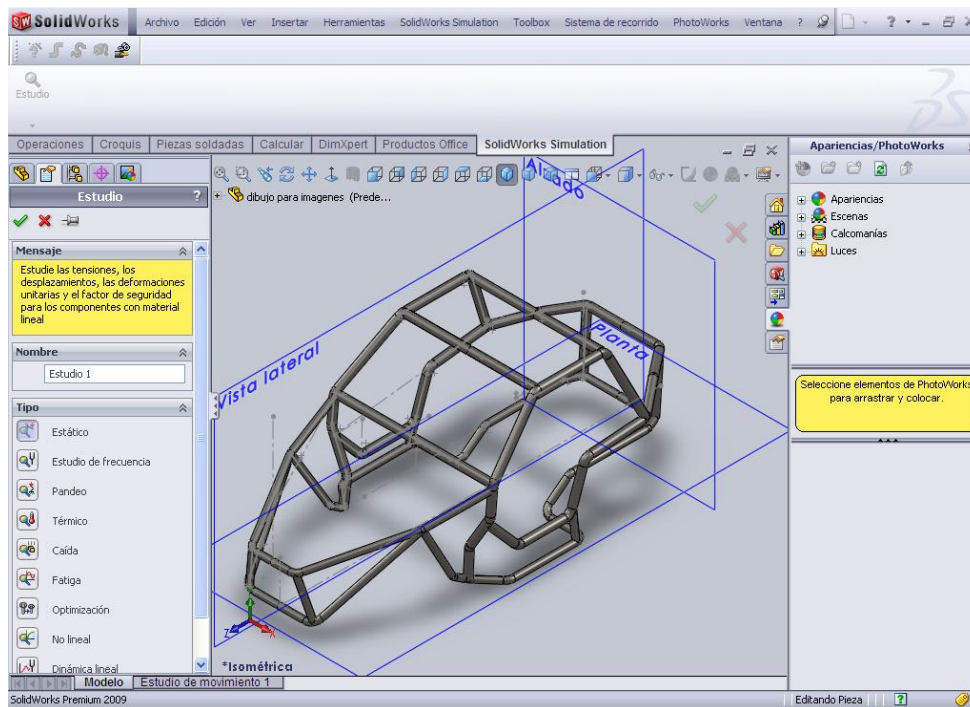


Fig. 2.16 Pasos para crear un estudio de tipo estático

2.8.3.2.- 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 SOLIDWORKS SIMULATION 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.

2.8.3.3.- 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.

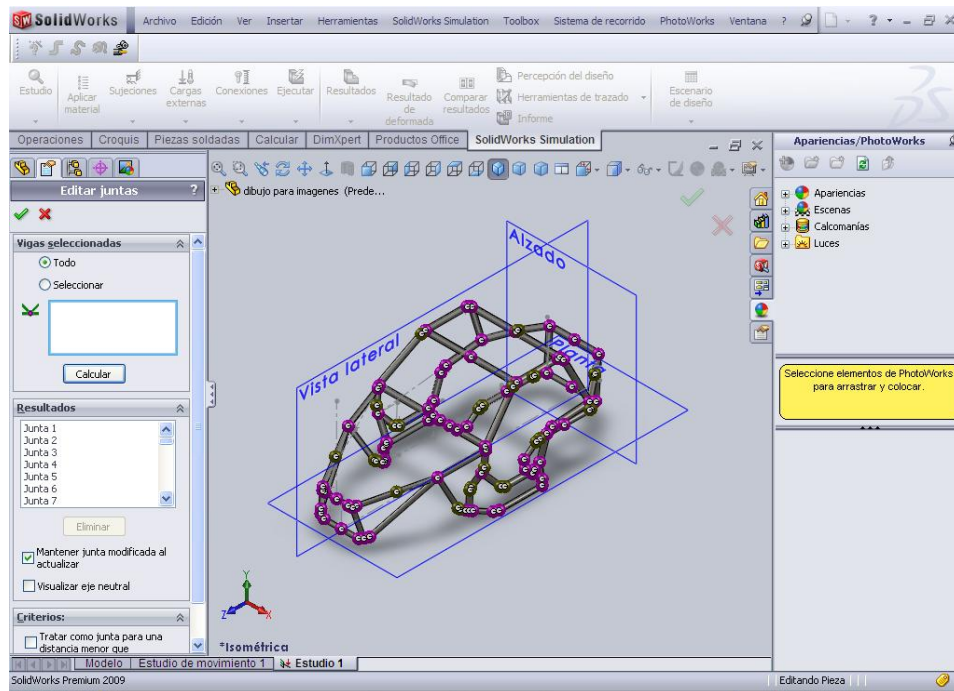


Fig. 2.17 Edición de Juntas para el Estudio

2.8.3.4.- 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 nuestra estructura tubular 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.

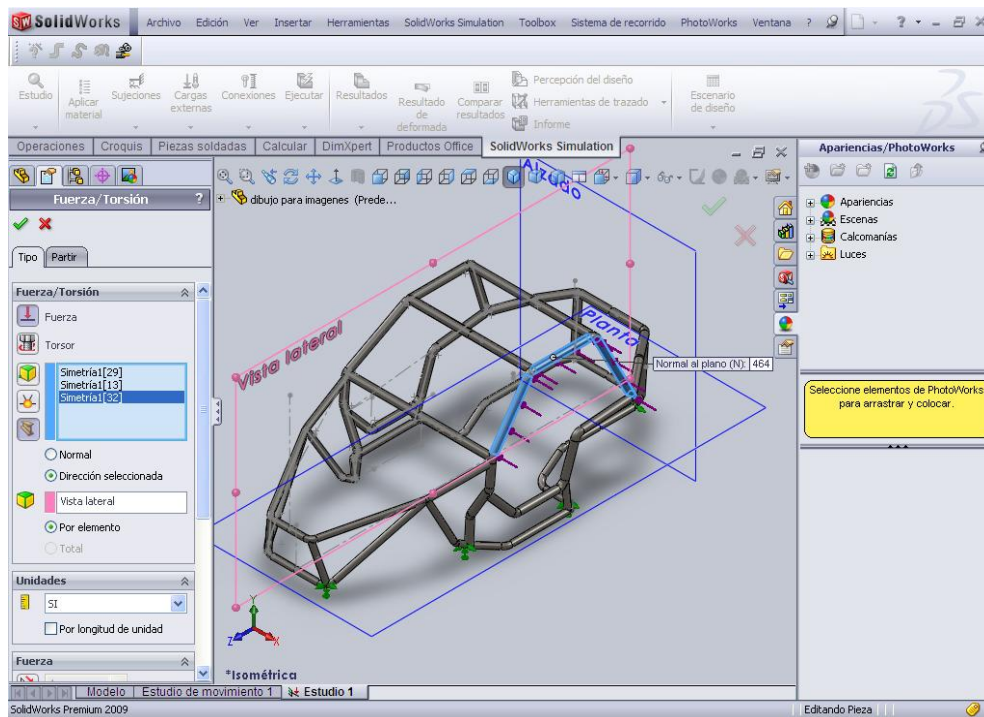


Fig. 2.18 Ejemplo de Aplicación de Fuerzas y Restricciones.

2.8.3.5.- Mallado y Ejecución del Estudio.

El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño. El mallado 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 son:

- Resultados de factor de seguridad
- Resultados de módulos cortantes
- Resultados de desplazamientos
- Resultados de tensiones

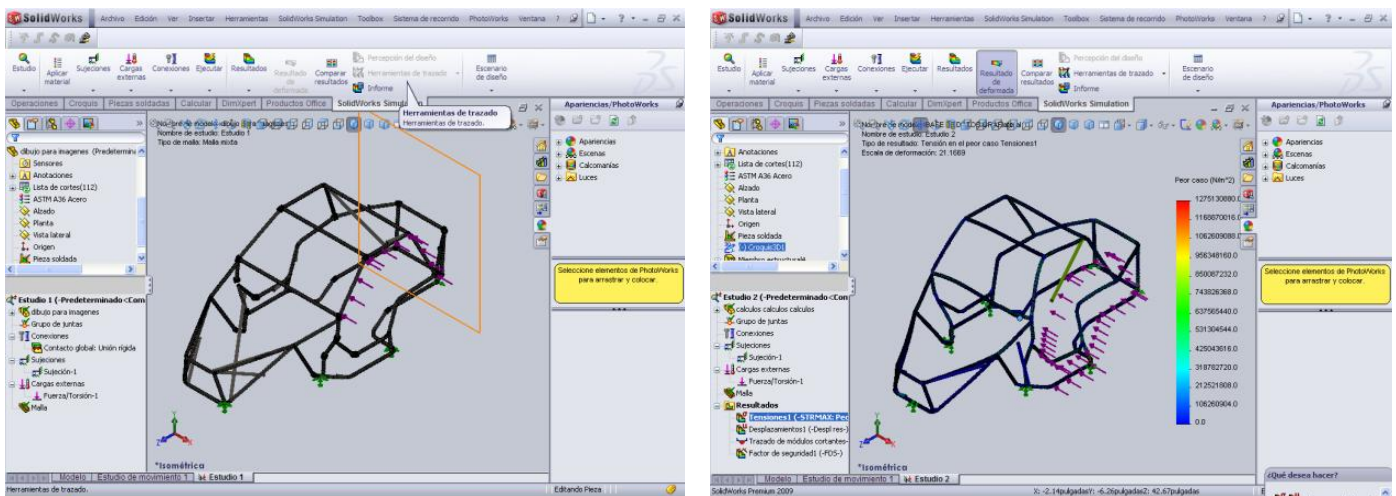


Fig. 2.19 Mallado y Visualización de Resultados.

2.8.4.- ESTUDIO DE APLICACIÓN DE CARGAS LATERALES.

Como se mencionó 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 seleccionó 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 2000 kg correspondiente a lo estipulado.

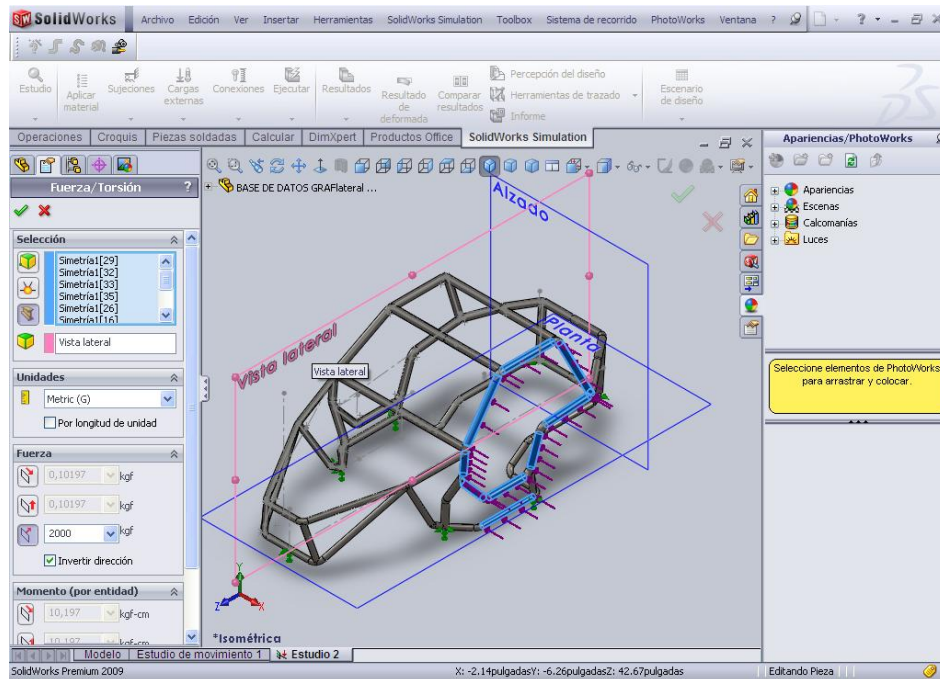


Fig. 2.20 Aplicación de cargas laterales en la estructura tubular

2.8.4.1.- 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:

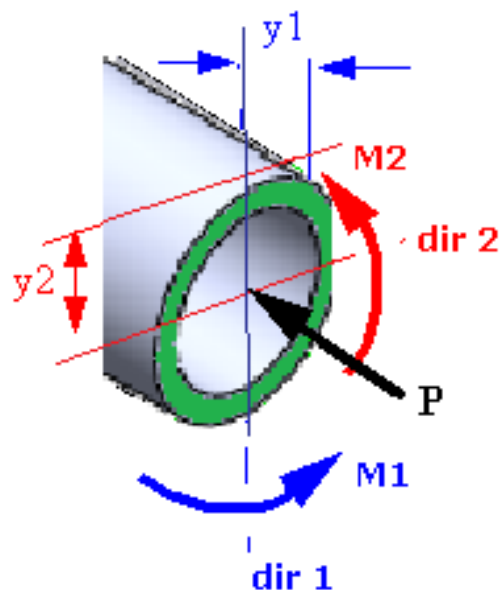


Fig. 2.21 Aplicación de cargas laterales en la estructura tubular

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.

El factor de seguridad que se ha tomado es de 2 como valor mínimo, por el motivo de la conformación estructural del vehículo el cual consta de un chasis con largueros y travesaños, tomando en cuenta que estos van a ser los que soporten en su mayoría el impacto, mas no directamente a la estructura tubular.

2.8.5.- RESULTADOS OBTENIDOS

2.8.5.1.- Resultados Obtenidos Cargas Laterales

En la siguiente figura el color rojo en esta gama nos indica donde va a fallar la estructura en caso de una colisión en la parte lateral por un valor máximo de 34.1 MPa.

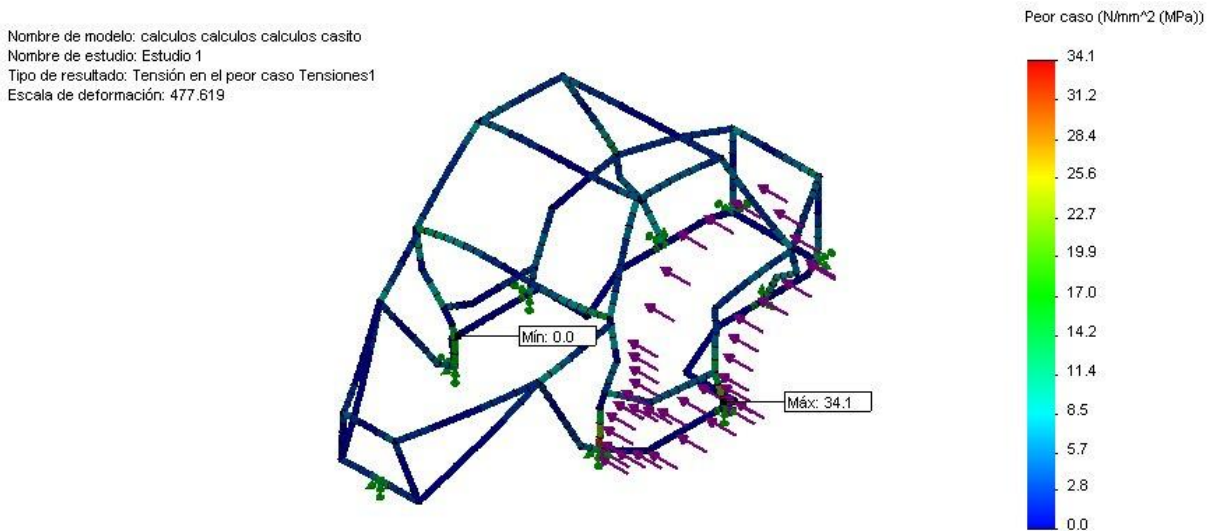


Fig. 2.22 Resultados Obtenidos Cargas laterales Peor Caso

En la siguiente figura nos indica donde vamos a tener desplazamientos con un valor máximo de 0.068 cm en la parte roja.

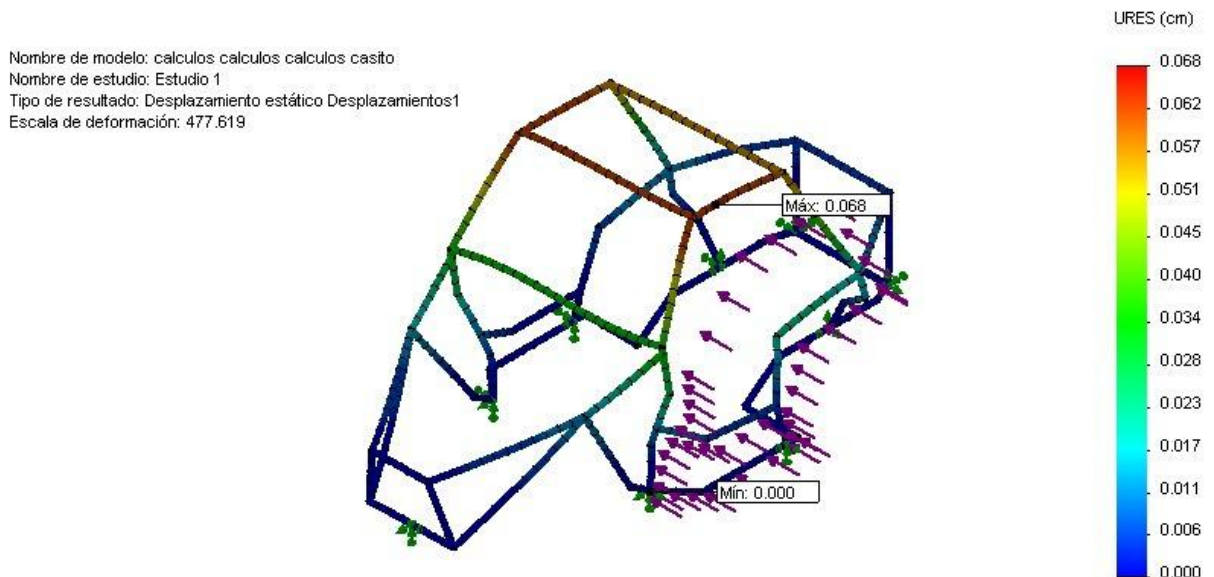


Fig. 2.23 Resultados Obtenidos Cargas laterales Desplazamientos

2.8.5.1.1.- Trazado del Factor de Seguridad

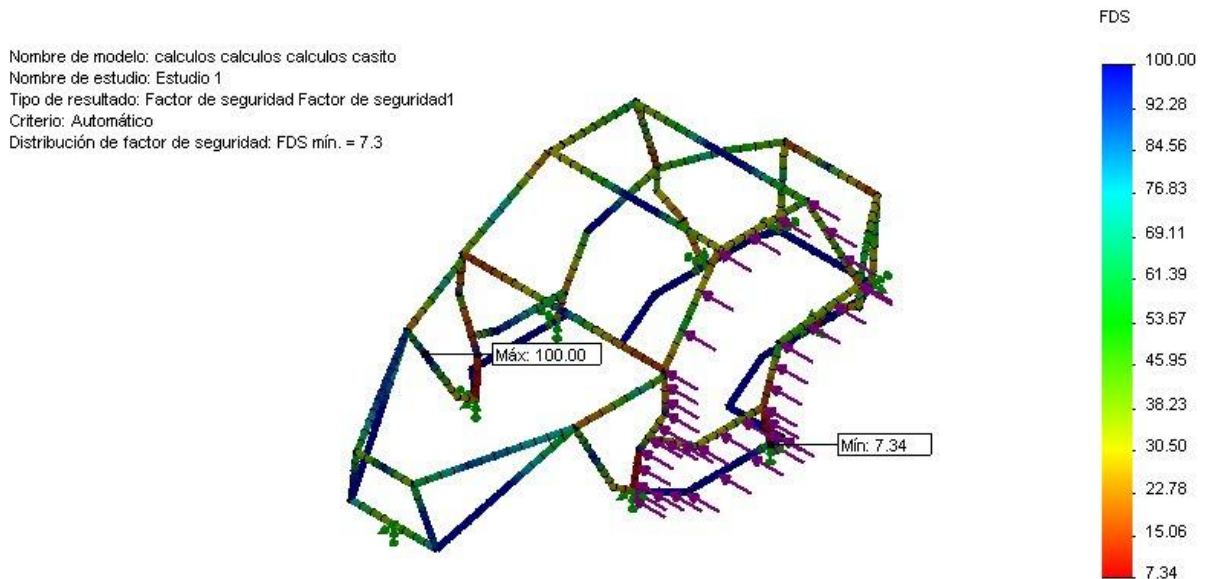


Fig. 2.24 Diagrama del Factor de Seguridad – Cargas Laterales

La Fig. 2.24 muestra a través de un mapa de colores como se reparte el factor de seguridad frente a tensiones de Von-Mises en el diseño.

Este factor de seguridad resulta de dividir la tensión Von-Mises en cada punto entre el valor del límite elástico del material, obteniendo así una visión directa de la bondad del diseño, permitiendo ver qué zonas están más tensionadas que otras y donde se puede eliminar o incrementar el material.

De acuerdo con el criterio de fallo de Von-Mises el factor de seguridad mínimo del modelo en cargas laterales es el siguiente:

$$f_s = \frac{\text{límite elástico}}{\text{max valor peor caso}} = \frac{250\text{Mpa}}{34.1\text{Mpa}} = 7.33$$

Lo cual cumple con el factor de seguridad mínimo previsto para el diseño de la estructura tubular.

2.8.5.2.- Resultados Obtenidos Cargas Longitudinales Delanteras.

Basándose en los mismos principios y conceptos bajo el cual se estudio las cargas laterales se realizará un estudio con cargas longitudinales.

Para este caso la fuerza a ser aplicada será de 6000 kg, siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente.

En la siguiente figura el color rojo en esta gama nos indica donde va a fallar la estructura en caso de una colisión en la parte lateral por un valor máximo de 105.0 MPa.

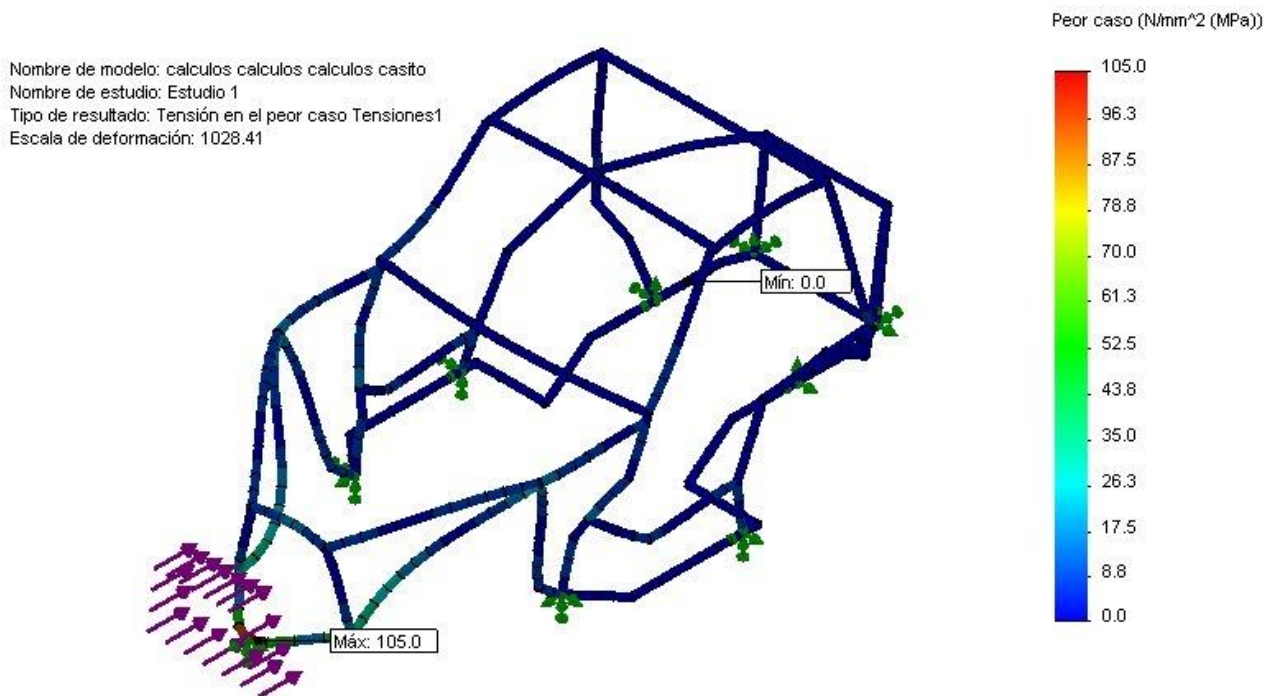


Fig. 2.25 Resultados Obtenidos Cargas longitudinales Peor Caso

En la Fig. 2.26 nos indica donde vamos a tener desplazamientos con un valor máximo de 0.031 cm en la parte roja.

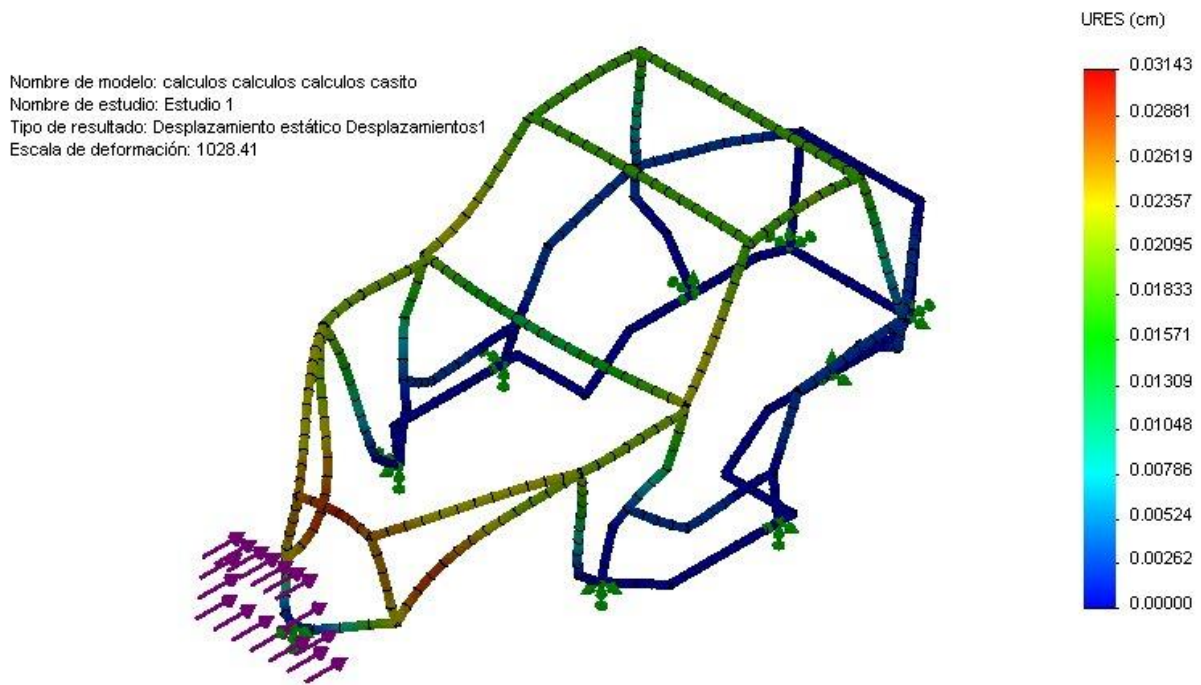


Fig. 2.26 Resultados Obtenidos Cargas longitudinales Desplazamientos

2.8.5.2.1.- Trazado del Factor de Seguridad.

La Fig. 2.27 muestra a través de un mapa de colores como se reparte el factor de seguridad frente a tensiones de Von-Mises en el diseño.

Este factor de seguridad resulta de dividir la tensión Von-Mises en cada punto entre el valor del límite elástico del material, obteniendo así una visión directa de la bondad del diseño, permitiendo ver qué zonas están más tensionadas que otras y donde se puede eliminar o incrementar el material.

De acuerdo con el criterio de fallo de Von-Mises el factor de seguridad mínimo del modelo en cargas laterales es el siguiente:

$$f_s = \frac{\text{límite elástico}}{\text{max valor peor caso}} = \frac{250\text{Mpa}}{105\text{Mpa}} = 2.38$$

Lo cual cumple con el factor de seguridad mínimo previsto para el diseño de la estructura tubular.

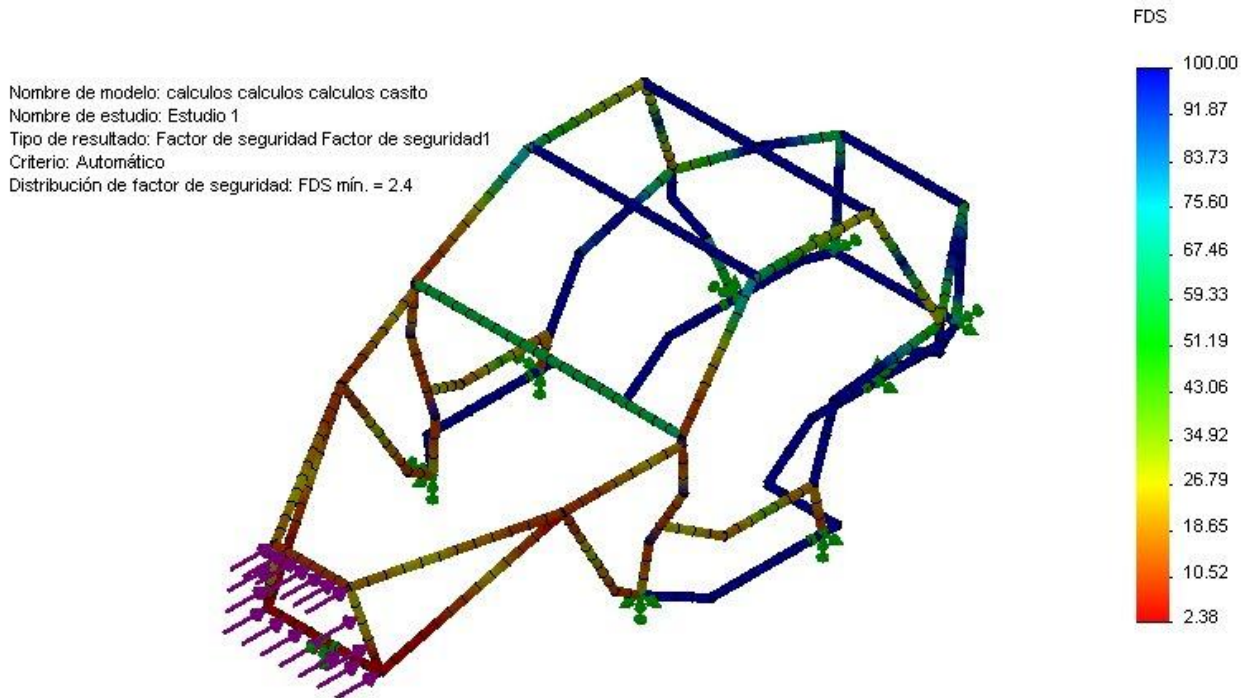


Fig. 2.27 Diagrama del Factor de Seguridad – Cargas Laterales

2.8.5.3.- Resultados Obtenidos Cargas Verticales.

En esta parte del estudio la colocación de las cargas se las realizará en la parte superior del vehículo, ya que es la parte de la estructura que mas debe soportar la aplicación de una fuerza.

Siendo esta de un valor de 8000 kg equivalente a 8 veces el peso del vehículo tomando en cuenta este valor se optó por la triangulación de algunas partes principales del chasis para que así la estructura pueda soportar dicho valor cuyo estudio se lo detalla a continuación.

En la siguiente figura el color rojo en esta gama nos indica donde va a fallar la estructura en caso de una colisión en la parte lateral por un valor máximo de 124.2 MPa.

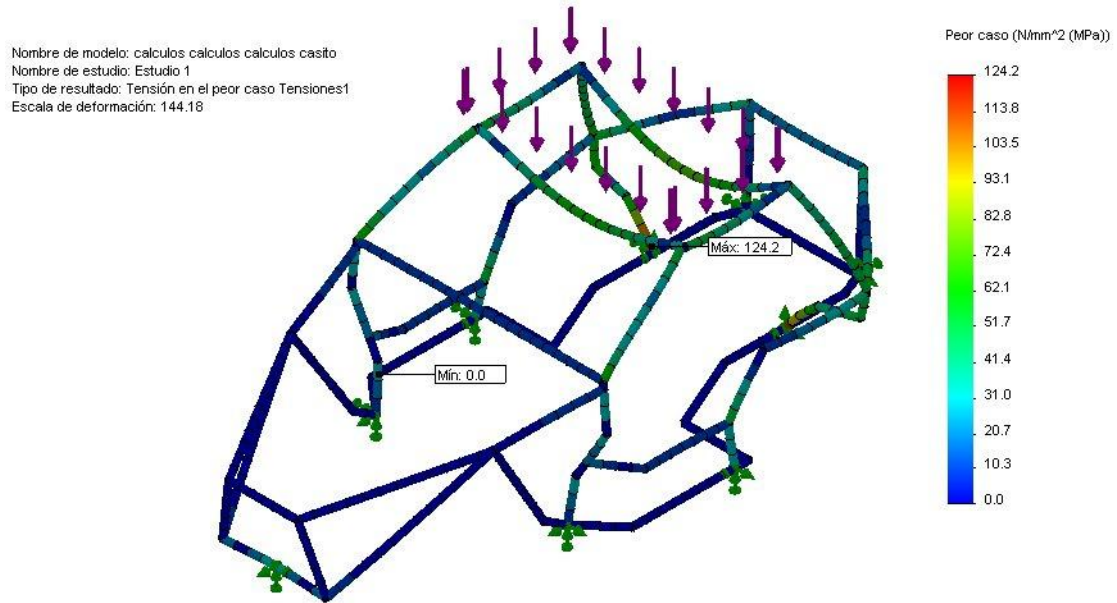


Fig. 2.28 Resultados Obtenidos Cargas Verticales Peor Caso

En la siguiente figura nos indica donde vamos a tener desplazamientos con un valor máximo de 0.228 cm en la parte roja.

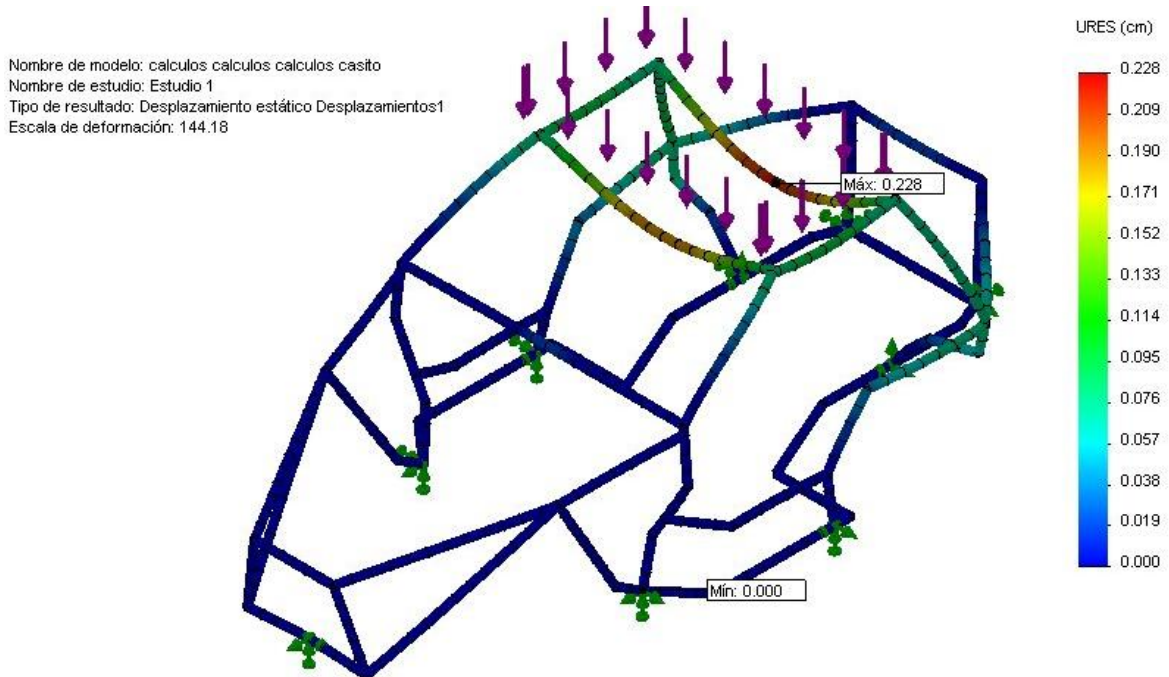


Fig. 2.29 Resultados Obtenidos Cargas Verticales Desplazamientos

2.8.5.3.1.- Trazado del Factor de Seguridad.

La Fig. 2.30 muestra a través de un mapa de colores como se reparte el factor de seguridad frente a tensiones de Von-Mises en el diseño.

Este factor de seguridad resulta de dividir la tensión Von-Mises en cada punto entre el valor del límite elástico del material, obteniendo así una visión directa de la bondad del diseño, permitiendo ver qué zonas están más tensionadas que otras y donde se puede eliminar o incrementar el material.

De acuerdo con el criterio de fallo de Von-Mises el factor de seguridad mínimo del modelo en cargas laterales es el siguiente:

$$f_s = \frac{\text{límite elástico}}{\text{max valor peor caso}} = \frac{250\text{Mpa}}{124.2\text{Mpa}} = 2.01$$

Lo cual cumple con el factor de seguridad mínimo previsto para el diseño de la estructura tubular.

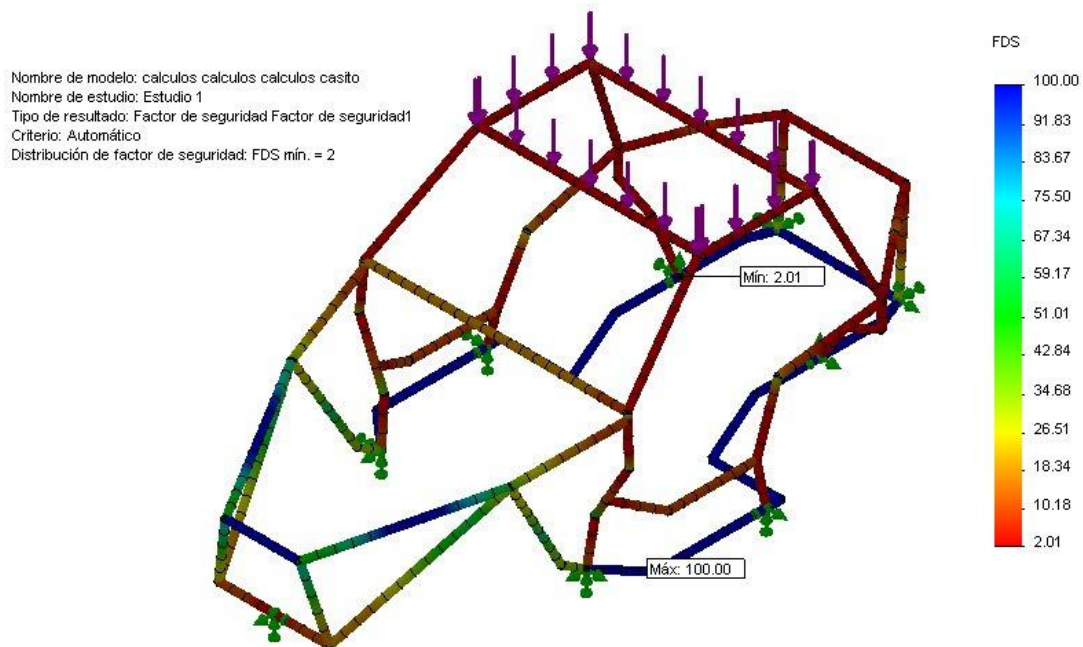


Fig. 2.30 Diagrama del Factor de Seguridad – Cargas Verticales

III.- SELECCIÓN Y ADAPTACIÓN DEL TREN DE RODAJE

3.1.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DEL MOTOR.

3.1.1.- QUE SIGNIFICA TAFT?



Tough & Almighty Four-wheel Touring vehicle

“Resistente y Todopoderoso vehículo doble tracción”

El Taft nace en 1974, usando inicialmente la denominación Scat, convirtiéndose o intentado ser el competidor directo del Jimmy de Suzuki (Samurai en España).

Fue sustituido en 1984 por un modelo de gama superior, el Rocky o Fourtrack, modelo a través del que Daihatsu prolongaba su historia dentro del segmento de los pequeños 4x4, hasta que en 2002 desaparece y entra en el mercado de los SUV y los todo-camino.

La evolución de los Taft fue identificada por la marca a través de la nomenclatura F10, F20... hasta los últimos modelos denominados F60 y F65.

Inicialmente el F10 y el F20 llevaban un motor a gasolina y no fue hasta 1977 cuando la marca introdujo un modelo, el F50, con motor diesel. Todos, gasolina o diesel, eran de cuatro cilindros, cuatro marchas, con relación de velocidades corta y alta.

Tabla. 3.1 Características del motor 12R

CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR 12R-J	
<i>Año</i>	1978 - 1983
<i>Cilindrada</i>	1.587L
<i>Cilindros</i>	4
<i>Diámetro Cilindro</i>	80,5 mm / 3,17 plg
<i>Carrera</i>	78 mm / 3,07 plg
<i>Relación de compresión</i>	8,5:1
<i>Tipo</i>	8 válvulas OHV único carburador
<i>Válvula de Admisión</i>	C 0,20 mm / C 0,008 plg
<i>Válvula de Escape</i>	C 0,35 mm / C 0,014
<i>Orden de encendido</i>	1-3-4-2
<i>Potencia</i>	58.8 kw
<i>Max Power</i>	90hp/5400rpm SAE
<i>Diámetro interior x Carrera</i>	80,5 x 78,0
<i>Referencia de salida</i>	80ps / 5.200 rpm
<i>Referencia del par</i>	12.5kg*m / 3.000 rpm
<i>Transmisión</i>	4 velocidades manual
<i>Velocidad Max</i>	120 km/h
<i>Peso</i>	300 lb



Fig. 3.1 Motor 12R

3.1.2.- PROCESO DE PREPARACIÓN DEL MOTOR.

El motor fue reparado en su totalidad y la mayoría de partes fueron cambiadas por partes nuevas, para que el motor trabaje al 100%.



Fig. 3.2 (a) Motor 12R desarmado (b) Múltiple de escape y admisión (c) Reparación del motor



Fig. 3.3 (a) Bomba de aceite, agua, juego de empaques nuevos (b) Árbol de levas, propulsores, rines +40, chaquetas nuevas (c) Cabezote y cigüeñal rectificado, block del motor cepillado

Luego del armado del motor, pasamos al proceso de pintura para que tenga una buena presencia dentro del automóvil.



Fig. 3.4 (a) Etapa pre-pintura (b) Enmascarado del motor (c) Motor pintado Parte Lateral

Ya con el motor pintado y armado con todas sus partes adicionales, lo pesamos en una balanza, dándonos 300 lb.



Fig. 3.5 (a) Motor pintado Parte Frontal (b) Pesaje del motor (c) Motor adaptado en chasis

Luego de esto lo montamos en las bases originales del chasis, las cuales encajaron perfectamente.



Fig. 3.6 Motor armado en chasis y estructura tubular




Fig. 3.7 Adaptación final del motor

3.2.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DE LA CAJA DE CAMBIOS

3.2.1.- RELACIONES DE TRANSMISION DAIHATSU F20

Tabla. 3.2 Relaciones de Transmisión Daihatsu F20

 DAIHATSU <u>Gearbox</u>	<u>F10</u>	<u>F20</u>	<u>F50</u>	<u>F60</u>	<u>F70</u>	<u>F70turbo</u>	<u>F80</u>
1ste	3.717	←	←	←	3.647	3.477	3.647
2nd	2.177	←	←	←	2.136	2.037	2.136
3rd	1.408	1.513	1.513 or 1.408	1.408	1.382	1.317	1.382
4th	1.000	←	←	←	1.000	←	←
5th				(0.876)	0.860	0.820	0.860
reverse	4.434	←	←	←	4.351	←	←
high	1.383	1.300	←	←	1.295	←	←
low	2.407	←	←	←	2.367	←	←

3.2.2.- PROCESO DE PREPARACIÓN DE LA CAJA DE CAMBIOS.

La caja de cambios fue desmontada y revisada, la cual estuvo en muy buen estado y con un rendimiento excelente. Su peso es de 260 lb.



Fig. 3.8 (a) Desmontaje de caja de cambios (b) Inspección caja de cambios (c) Cambio de cauchos y retenes

Luego de esto preparamos la caja de cambios para entrar en el proceso de pintura.

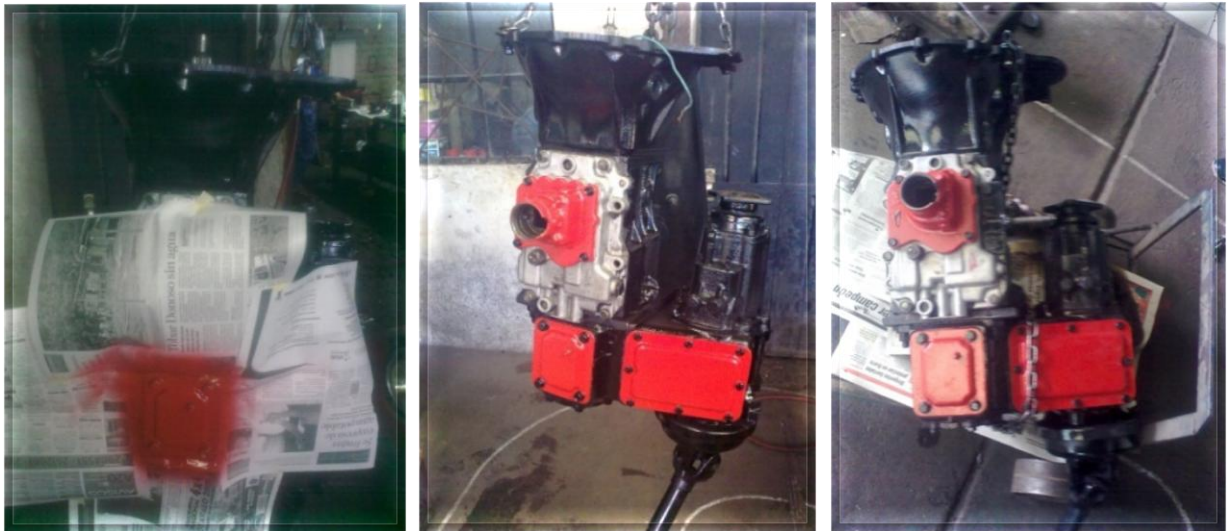


Fig. 3.9 (a) Etapa pre-pintura de la caja de cambios (b) Caja de cambios pintada (c) Pesaje de la Caja de cambios


La caja de cambios fue montada en las bases originales del chasis.



Fig. 3.10 (a) Caja de cambios montada en chasis (b) Caja de cambios montada en chasis y estructura

3.3.- ADAPTACIÓN Y MONTAJE DEL DIFERENCIAL

Tabla. 3.3 Relaciones de Transmisión del Diferencial Daihatsu F20

 DAIHATSU	<u>F10</u>	<u>F20</u>	<u>F50</u>	<u>F60</u>	<u>F70</u>	<u>F70turbo</u>	<u>F80</u>
<u>Axle</u>	5.571	4.777	3.545	3.363	3.363	←	3.909

3.3.1.- PROCESO DE PREPARACIÓN DEL DIFERENCIAL.

Las transmisiones fueron desmontadas y revisadas y no tuvieron ningún problema en su funcionamiento. La transmisión delantera pesa 277 lb.



Fig. 3.11 Transmisiones desmontadas



Fig. 3.12 Transmisión trasera destapada y revisada

A igual de los demás elementos, las transmisiones también fueron pintadas, para así dar a todo el tren de rodaje una estética excelente. La transmisión trasera pesa 237 lb.



Fig. 3.13 (a) Transmisión delantera pintada (b) Transmisión trasera pintada

Las transmisiones fueron montadas en el chasis con el sistema de suspensión de paquetes.



Fig. 3.14 (a) Transmisión trasera montada en el chasis (b) Transmisión delantera montada en el chasis



Fig. 3.15 Transmisiones en el chasis



Fig. 3.16 Adaptación final de las Transmisiones en el chasis

IV.- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA TUBULAR

4.1.- MÉTODO DE FABRICACIÓN.

La decisión más apropiada para el diseño de estructuras tubulares es el tipo de material, la forma y el tamaño que este debe tener garantizando los esfuerzos que debe soportar el diseño, el costo que representara el material y el proceso de manufactura.

4.1.1.- TIPOS DE MATERIALES

Para determinar el tipo de material a utilizar debemos tener en cuenta el comportamiento mecánico, las posibilidades de maleabilidad que tiene y el costo; por lo que el material determinado para este proyecto es el acero estructural por las ventajas que este presenta en comparación con los demás materiales.

Las ventajas que representa el acero estructural son:

- Su modulo de elasticidad es superior
- Presenta una excelente soldabilidad
- Es un material dúctil
- Y su precio es relativamente bajo.



Fig. 4.1 Acero Estructural Tubular

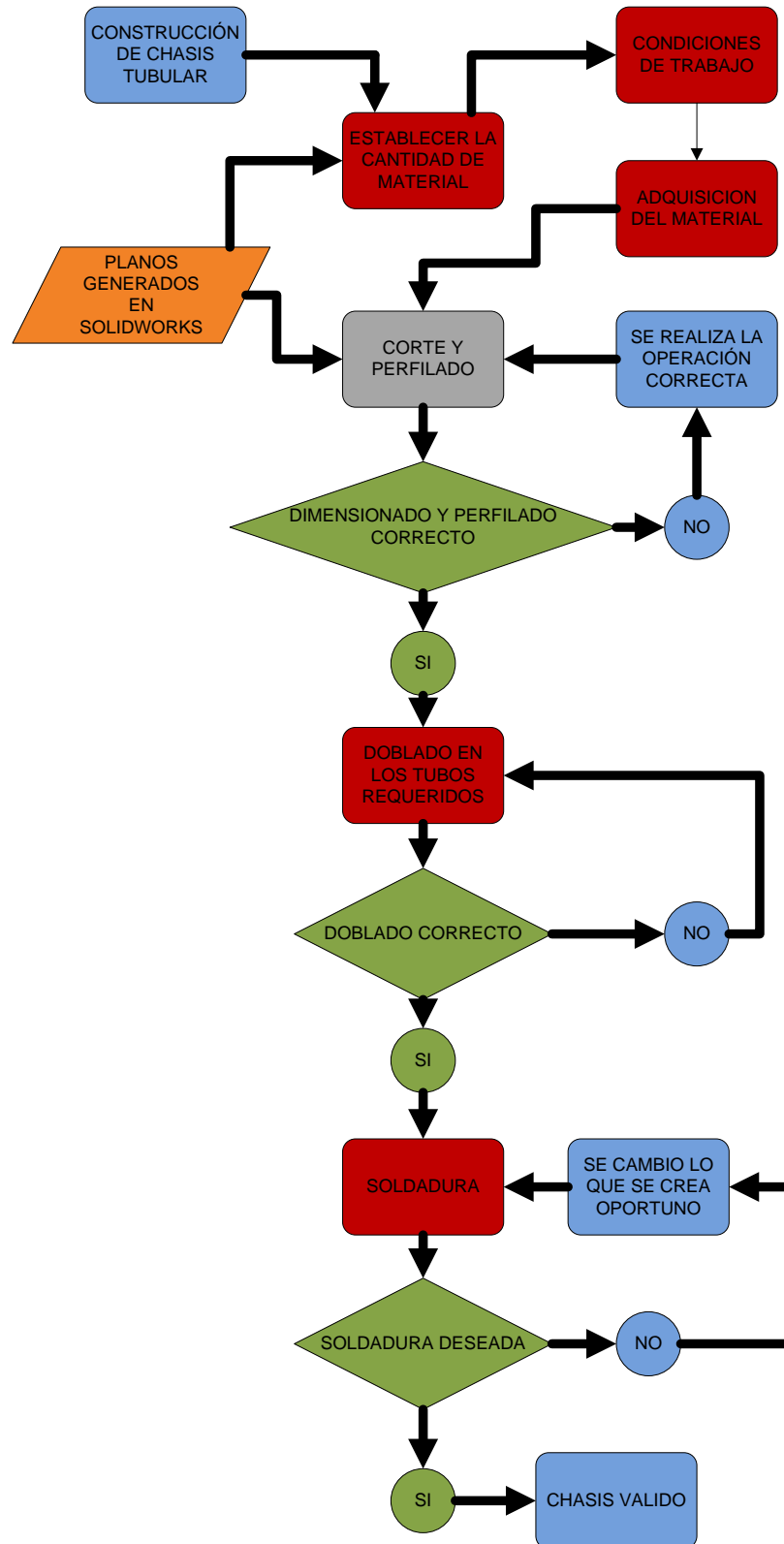
Una vez determinado el tipo de material se tuvo luego en cuenta si el tipo de sección del material es una tubería de sección circular o de sección rectangular, por lo que nos inclinamos por escoger el acero estructural de sección circular teniendo presente que estos tubos ofrecen mínimas resistencias frente a cargas de viento y de agua.

Su forma es muy atractiva para el trabajo predestinado y ofrece una distribución efectiva del acero alrededor del eje centroidal.

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 parantes superiores tiene un tubo de 2.5 plg de diámetro y de espesor 0.15 plg.
- Soportes del arco principal y el resto del bastidor consta de un tubo de 2.0 plg de diámetro y el espesor del tubo es de 0.15 plg.

4.1.2.- 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 de la estructura tubular 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 realizó considerando las dimensiones en los planos del chasis y teniendo muy en cuenta el espacio desprendido por la sierra en el corte; de tal forma que al cortar el tubo este tenga las mismas medidas que en los planos.

Las medidas se lo toman en pulgadas y el instrumento a utilizar para determinar esta medida es un flexómetro, y el marcado de esta medida se lo realizó con un rayador.

4.2.3.- CORTE POR ACERRADO.

La fabricación de la estructura tubular 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 realizó 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.

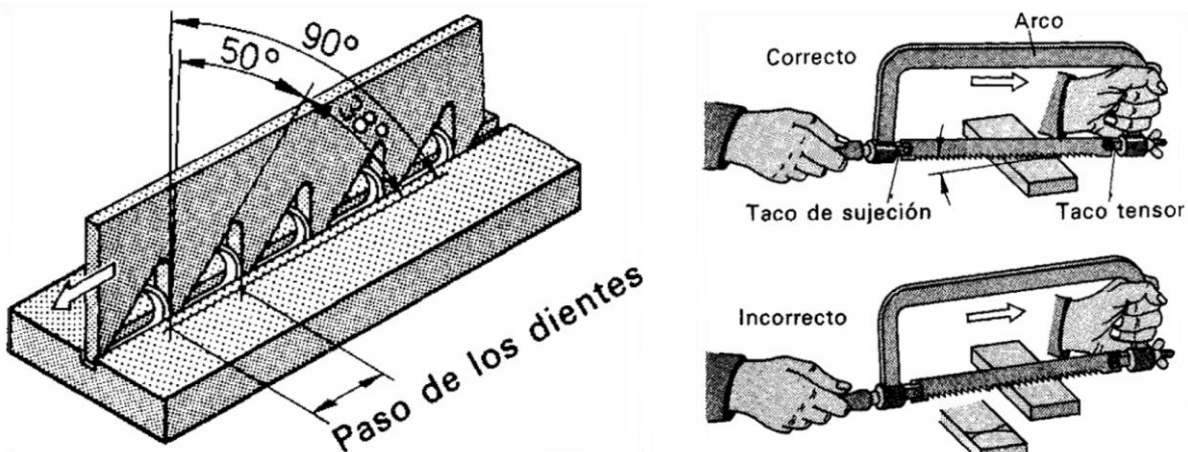


Fig. 4.2 (a) Forma de actuación de la sierra (b) Iniciación del aserrado en piezas

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 da intersección multiplanares, que se utilizaron dependiendo de la configuración de los tubos en los planos.

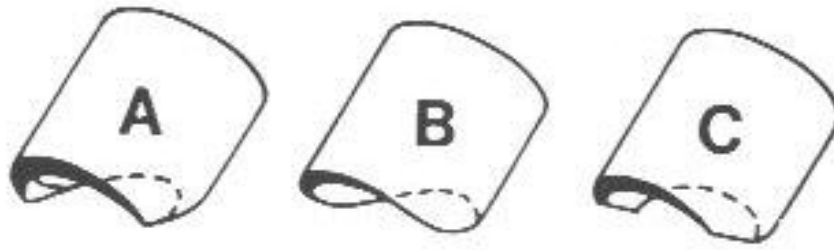


Fig. 4.3 Operaciones para alisar el área de punta (a) rectificando los ángulos internos (b) rectificando con plantilla (c) cizallando

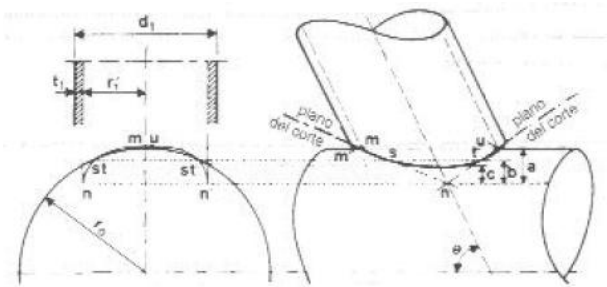


Fig. 4.4 (a) Método A de corte por aserrado (b) Método de corte utilizando en la estructura (aserrado)

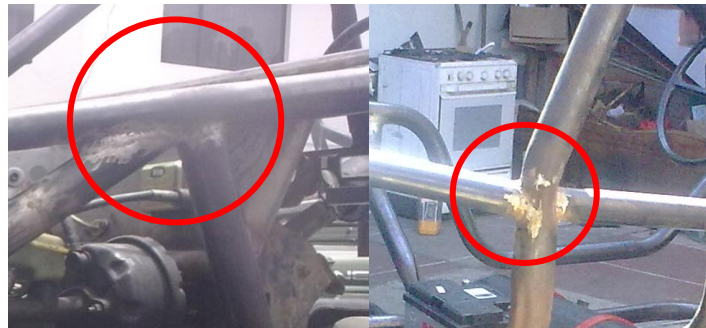
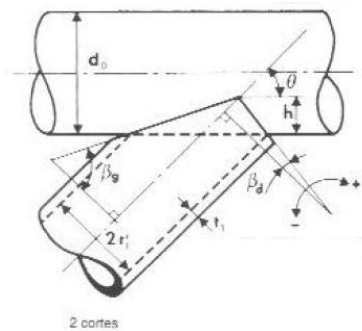


Fig. 4.5 (a) Método B de corte por aserrado 2 cortes (b) Método de corte utilizando en la estructura (aserrado 2 cortes)

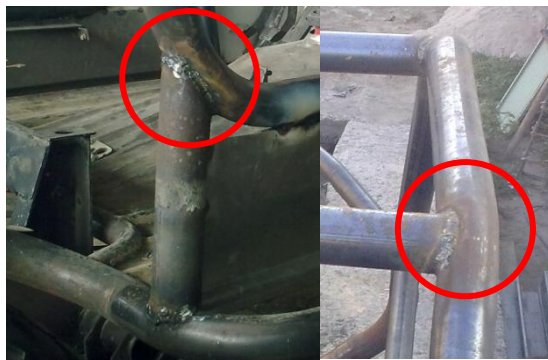
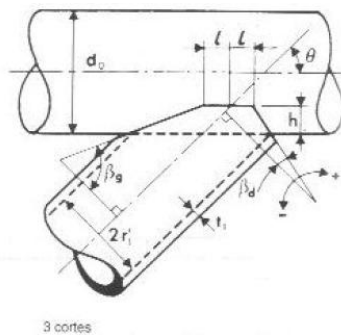


Fig. 4.6 (a) Método B de corte por aserrado 3 cortes (b) Método de corte utilizando en la estructura (aserrado 3 cortes)

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. El método utilizado es el curvado mediante el curvado mecánico



Fig. 4.7 Dobladora de tubos manual

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



Fig. 4.8 Tubo doblado

4.2.6.- SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA.

Para la fabricación de la estructura tubular es muy importante seleccionar el proceso de soldadura; y la soldadura que se utiliza para los perfiles tubulares son los de tipo de soldadura de fusión, para la construcción se utilizó el proceso GMAW.

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.



Fig. 4.9 Maquina soladora MIG utilizada

Tabla 4.1 Características de las maquinas de soldar GMAW utilizada.

Características Técnicas	K1288-17
Fuente de energía	DC-600 con los medidores-230/460/3/60
Ciclo de trabajo	
Consumo en amperios	

4.2.7.- 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 Cmax 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 0.15 plg, por lo tanto se tiene la siguiente tabla.

Tabla 4.2 Condiciones de soldado para proceso GMAW.

TABLA DE CONDICIONES DE SOLDADO PARA PROCESO GMAW¹⁰		
<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

4.2.8.- POSICIONES A SOLDAR Y SECUENCIAS DE SOLDADURA.

Para conseguir una estructura soldada correctamente, se debe seguir unas secuencias apropiadas de soldadura, de lo contrario ocurrirá contracciones, tensiones residuales y deformaciones indeseables en la estructura.

En el procedimiento de soldadura de tubos utilizamos la posición en vertical ascendente para soldar la estructura tubular. Esta sección soldada no se puede girar o mover.

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

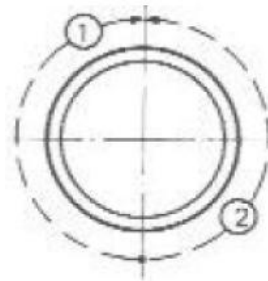


Fig. 4.10 Soldadura vertical ascendente.

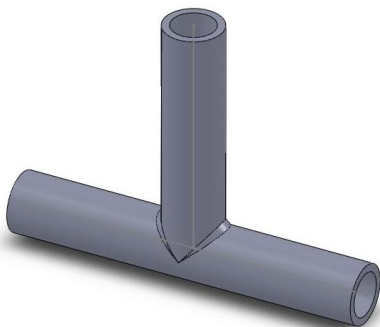


Fig. 4.11 (a) Soldadura vertical ascendente (Dibujo SolidWorks), (b) Soldadura vertical ascendente utilizada en la estructura

4.2.9.- UNIONES SOLDADAS.

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

4.2.9.1.- Soldadura en T, de doble chaflán.

Características:

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

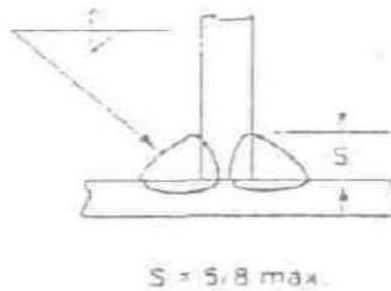


Fig. 4.12 Unión en T doble chaflán.

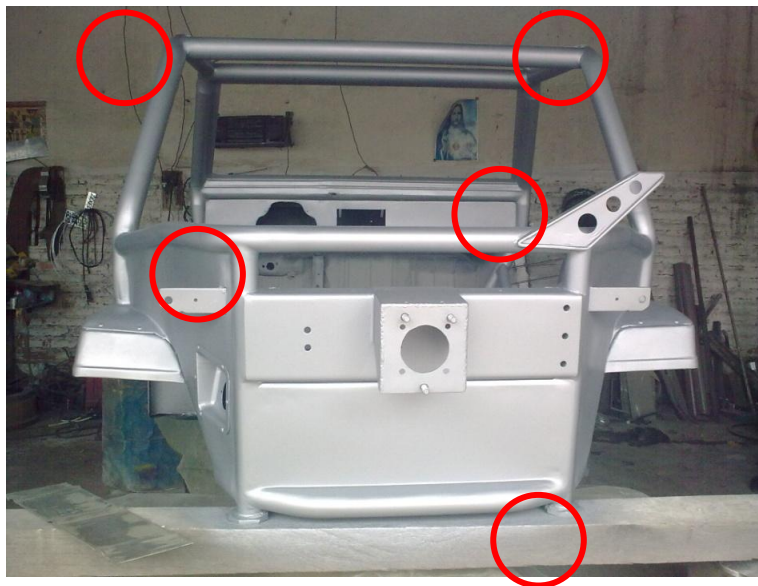


Fig. 4.13 Uniones en T doble chaflán utilizadas en la estructura

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

Características:

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

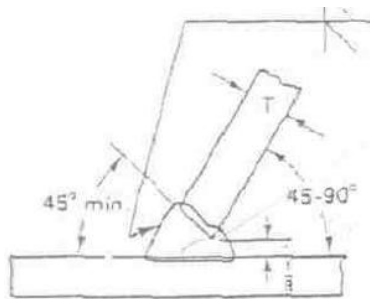


Fig. 4.14 Unión de bisel sencillo con ángulo de desviación.



Fig. 4.15 Uniones de bisel sencillo con ángulo $<45^\circ$ utilizadas en la estructura

4.3.- PREPARACIÓN DEL CHASIS

Luego de cortar y preparar los materiales se procede a construir la estructura de acuerdo a los planos generados.

Como primer paso se construye los parantes principales de tubo de 2.5 plg de diámetro y 0.15 plg de espesor.



Fig. 4.16 Arcos principales laterales

Seguido construimos el tubo frontal el cual es el soporte del parabrisas y el tablero de instrumentos.



Fig. 4.17 Tubo soporte frontal

Construimos la parte del frente del auto, soporte del capot y protección para el motor.



Fig. 4.18 (a) Tubo soporte del capot vista frontal (b) Tubo soporte del capot vista lateral

Los tubos superiores tienen un diámetro de 2.5 plg y espesor 0.15 plg.



Fig. 4.19 (a) Tubos superiores, tubos laterales inferiores y tubo protección motor frente vista frontal
(b) Tubos superiores, tubos laterales inferiores y tubo protección motor frente vista lateral

Parte del frente construida con tubos de 2 plg de diámetro y 0.15 de espesor.



Fig. 4.20 (a) Frente y tubos medias puertas terminadas (b) Frente y tubos medias puertas terminadas

Parte trasera construida con tubos de 2 plg de diámetro y espesor de 0.15 plg.



Fig. 4.21 (a) Vista trasera (b) Vista lateral

4.3.1.- CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad se basa más a la apariencia visual de la estructura tubular 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 realizó de una forma visual siguiendo procedimientos de la AWS.

4.3.1.1.- 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

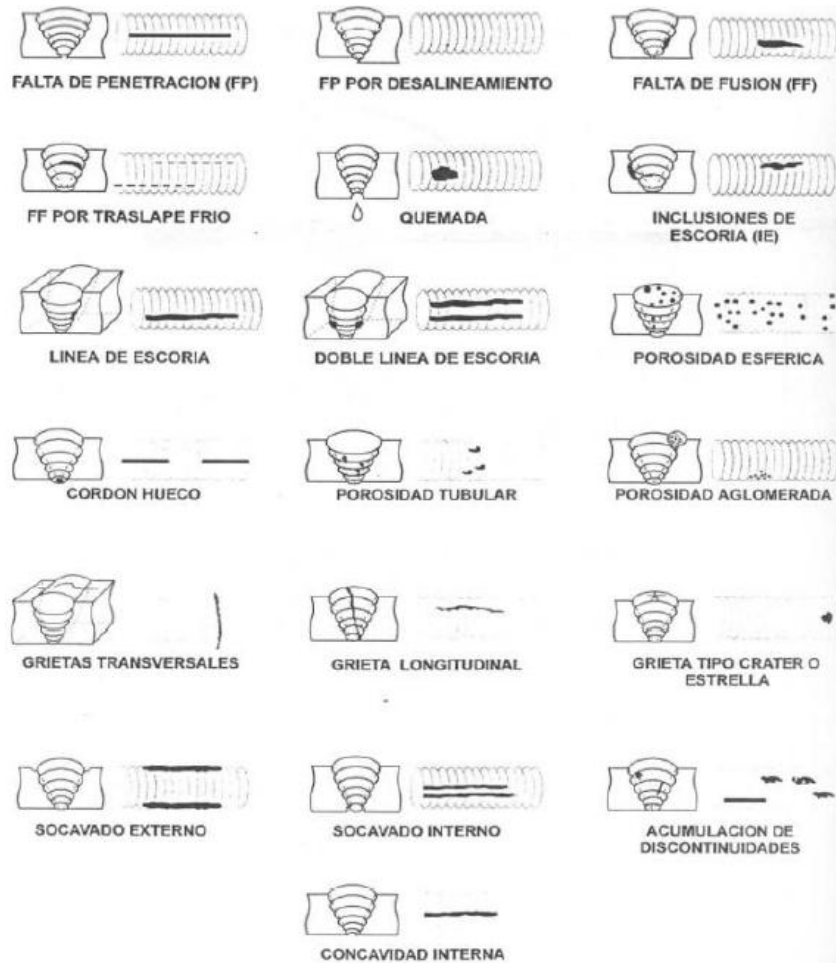


Fig. 4.22 Fallas en la soldadura

En un análisis breve de las uniones soldadas en la estructura tubular encontramos pequeñas fallas como **Inclusiones de escoria y Falta de penetración.**

Las cuales fueron corregidas, puliendo el cordón de soldadura defectuoso y realizando un nuevo proceso de soldado en la unión.

4.4.- MONTAJE DE LOS ELEMENTOS SOBRE DEL CHASIS Y LA ESTRUCTURA TUBULAR.

4.4.1.- MOTOR, CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISIÓN SOBRE EL CHASIS

Luego de realizar el desmontaje y la reparación de algunos sistemas del motor Toyota 12R, Caja de cambios y Transmisiones marca Daihatsu y siendo este probado sin aplicaciones de carga, se procede al montaje del motor sobre el chasis.



Fig. 4.23 (a) Motor y Transmisiones montadas (b) Caja de cambios montada



Fig. 4.24 (a) Parte frontal del motor (b) Vista superior del motor, caja de cambios

4.4.2.- MOTOR, CAJA DE CAMBIOS Y TRANSMISIONES EN EL CHASIS Y LA ESTRUCTURA TUBULAR.

Luego de tener listo el chasis con todos los elementos del tren de rodaje montado, se procede a la colocación de la estructura tubular sobre el chasis.



Fig. 4.25 (a) Parte lateral del chasis y estructura tubular (b) Frontal y protección del motor

Fig. 4.26 (a) Vista superior del motor con la estructura tubular (b) Estructura ensamblada en el chasis con los elementos



4.4.3.- MONTAJE DE TANQUE DE GASOLINA

El tanque de gasolina es el original Daihatsu F20 el cual abarca 12 galones.

4.4.3.1.- Preparación del Tanque de Gasolina

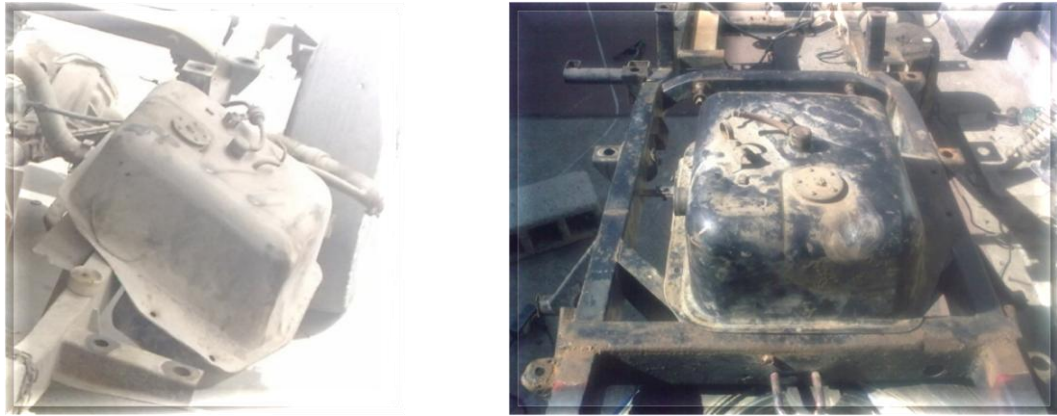


Fig. 4.27 (a) Tanque en la posición original (b) Tanque en la nueva posición sobre el chasis



Fig. 4.28 (a) Preparación del tanque masillado y enderezado (b) Tanque pintado y enderezado



Fig. 4.29 (a) Tanque adaptado en chasis y la estructura tubular (b) Toma de carga de gasolina en la estructura

4.5.- FABRICACIÓN DEL PISO, TABLERO Y CARROCERIA

El piso del automóvil fue realizado con tol corrugado de acero de 1/16 de espesor.



Fig. 4.30 (a) Piso fabricado (b) Tapa que cubre los mandos de la caja de cambios

La fabricación del tablero fue realizado en tol de acero de 1/16 de espesor

Fig. 4.31 Tablero montado Tablero con cubiertas de los relojes



Fig. 4.32 Piso y tablero fabricado

La fabricación de la carrocería del automóvil fue realizada con piezas de tol de acero de 1/16 de espesor, las cuales fueron soldadas con el proceso SMAW siguiendo un procedimiento por puntos continuos.



Fig. 4.33 Soldadura por puntos continuos

La forma de las piezas que conforman la carrocería fueron dobladas con la maquina dobladora de tol manual.



Fig. 4.34 Dobladora manual de tol

Luego de esto se procede a cortar y pulir con las herramientas adecuadas para realizar un trabajo de precisión y colocación.



Fig. 4.35 Cizalla y amoladora

Después de tener las piezas listas procedemos a colocarlas en la estructura tubular.



Fig. 4.36 (a) Piezas laterales (b) Cubrimiento lateral del motor

Las piezas del cubrimiento frontal del motor fueron fabricadas con tol malla de 1/16 de espesor.



Fig. 4.37 (a) Piezas frontales (b) Cubrimiento frontal del motor

La piezas traseras igualmente fueron fabricadas en tol de acero 1/16.



Fig. 4.38 (a) Piezas laterales traseras (b) Cubierta trasera del tanque de gasolina

La fabricación del capot fue tomada de una variación del modelo del Ford Mustang Cobra y del Jeep Renegade.



Fig. 4.39 (a) Capot doblado y cortado (b) Capot Montado

Los guardafangos además de proteger a los elementos de automóvil de suciedades y la humedad, estos abarcan los focos direccionales y principalmente dan mayor estética al diseño de la carrocería. Igualmente fueron fabricados en tol de acero de 1/16 de espesor.



Fig. 4.40 (a) Guardafangos cortado y doblado (b) Guardafangos delanteros montados



Fig. 4.41 (a) Guardafangos traseros cortados (b) Guardafangos traseros montados

Carrocería lista para entrar en el proceso de pulido de partes soldadas, enmasillado y pintura total.



Fig. 4.42 (a) Carrocería lista-Vista lateral (b) Carrocería lista-Vista superior



Fig. 4.43 (a) Base del neblinero para el retro (b) Carrocería lista con el portallanta de emergencia

4.6.- 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.

4.6.1.- EQUIPO BÁSICO Y MAQUINARIA UTILIZADA.

4.6.1.1.- Pistola de Pintado.

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



Fig. 4.44 Pistola de gravedad

4.6.1.2.- Lijas

Lijar significa alisar, pulir, abrillantar o limpiar algo mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente una lija. El lijado es una tarea fundamental en cualquier trabajo de acabado. Un buen acabado es imposible sin un perfecto lijado.

GRANO	TIPO DE LIJA	
de 40 a 50	muy gruesa	
de 60 a 80	gruesa	
de 100 a 120	media	
de 150 a 180	fin	
de 240 a 400	muy fina	

Fig. 4.45 Tipos de lija

4.6.2.- PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.

Se realizó 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:

- Pulido
- Lavado y Desengrasado
- Masillado
- Fondeado
- Lijado
- Enmascarado o tapado de zonas que no ha de ser pintadas

4.6.2.1.- Pulido

Para este proceso utilizamos la amoladora y el buril, para pulir zonas que contengan excesos de soldadura entre los tubos.

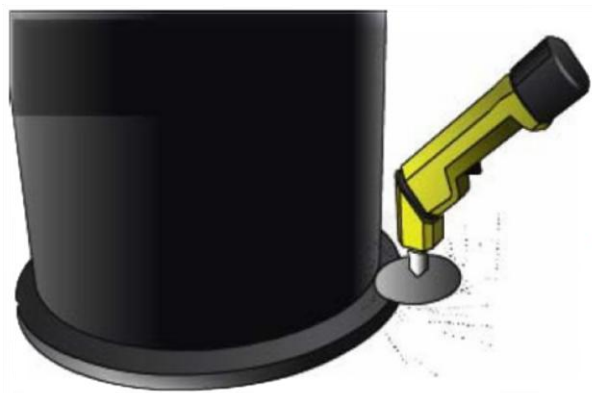


Fig. 4.46 Limpieza del material

4.6.2.2.- Lavado y Desengrasado.

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

Finalmente se procede al lavado con agua limpia.

4.6.2.3.- Masillado.

Se podría decir que es la operación más 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 preparó 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. 4.47 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 último con la espátula en posición casi plana se añadió una pequeña cantidad de masilla para alisar la superficie.



Fig. 4.48 (a) Carrocería completamente masillada (b) Capot masillado

4.6.2.4.- Fondeado.

Luego de la preparación de acuerdo a lo recomendado por el fabricante se aplicó 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.



4.6.2.5.- Lijado.

La finalidad del lijado es 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.

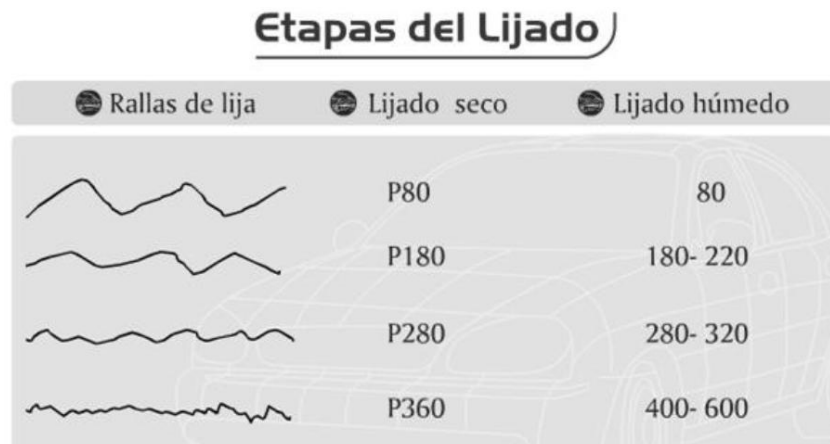


Fig. 4.50 Etapas de lijado

4.6.2.6.- 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 no procedimos a enmascarar ningún elemento del chasis o accesorios, ya q la carrocería fue desmontada íntegramente del chasis y pintada fuera de este.

4.6.3.- 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 mejor pintado del vehículo.

4.6.3.1.- 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.

4.6.3.2.- 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 más 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.

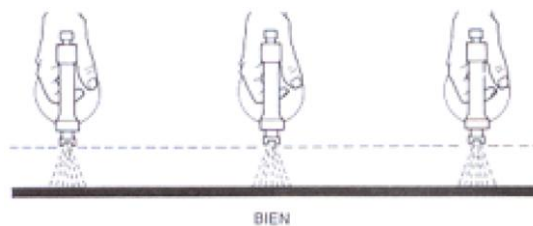


Fig. 4.51 Forma correcta de pintar. Obsérvese que la pistola se mantiene siempre en posición perpendicular y siempre a la misma distancia de la superficie que se pinta.

4.6.3.3.- Pintura al agua, Proceso de pintado del Chasis.

Para el chasis se eligió un proceso de pintura al agua debido a que no se necesita un acabado finamente estético más bien un elemento que lo proteja de la corrosión y sea extremadamente resistente 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 es una pintura al agua y no utiliza catalizador.



Fig. 4.52 Proceso de pintado del chasis

4.6.3.4.- Pintura Poliuretano, Proceso de pintado de la Carrocería.

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

Este tipo de pintura tiene como ventaja que da mayor profundidad, brillo, durabilidad y belleza a los recubrimientos y adicionalmente hemos agregado perlas doradas y azules a la pintura las cuales le dan un toque de calidad al momento que se expone al sol.



Fig. 4.53 Proceso de pintado de la carrocería

4.6.4.- 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.

Realizando el control de calidad en la carrocería no encontramos 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 se corrigieron fácilmente durante la fase de pulido de la carrocería, lo cual dejó un acabado de calidad al pintado de la carrocería.

En cuanto a los acabados y accesorios se procedió a colocar asientos tapizados, cinturones de seguridad, carpa, el recubrimiento de las instalaciones eléctricas, el montaje de neblineros en el techo y frente del vehículo, parabrisa, retrovisores laterales, adhesivos, guardachoques, llanta de emergencia ; teniendo todo esto una finalidad estética para todo el vehículo.



Fig. 4.54 Vehículo terminado

V. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

5.1- PRUEBAS DE CAMPO

Al término de la construcción del vehículo, este se encuentra en las condiciones ideales para la comprobación y comportamiento de la estructura tubular, 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 soportó todas las cargas y fuerzas producidas tanto por el motor y la transmisión así también como las fuerzas generadas durante las pruebas realizadas. En cuanto a la estabilidad no se encontró dificultades mayores en asfalto y en otros tipos de terrenos, ya que el vehículo posee llantas pantaneras RIN 16 las cuales proveen gran confort y por sus 10.5 plg de ancho de banda de rodadura la cual nos da gran estabilidad en el manejo.

Suspensión: El sistema de suspensión neumático regulable cargado al 100% cumple satisfactoriamente sus funciones de amortiguar las irregularidades del camino, y tiene buen comportamiento en condiciones de aceleración y frenado. Aunque al momento de que el sistema este descargado, estos presentan un poco de golpeteos pero no mayores ya que el vehículo posee ballestas de suspensión los cuales ayudan a la suspensión general.

Frenos: Este sistema cumplió satisfactoriamente a las necesidades requeridas por el piloto de pruebas.

Dirección: Este sistema funcionó perfectamente a todas las pruebas realizadas.

Motor y tren de potencia: El motor no presentó ningún inconveniente ya que fue reparado en su totalidad y sus partes secundarias como distribuidor, carburador y arranque fueron partes nuevas.

En cuanto a la caja de cambios no presentó ningún inconveniente ya que fue cambiado todo su kit de embrague. Las transmisiones no presentaron novedades relevantes. En el transfer el único inconveniente fue un retenedor roto el cual fue cambiado inmediatamente.

Se adaptó el árbol del transfer, acortando su largo y modificando sus bridas.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES

- Se diseñó, analizó y construyó una estructura tubular para un CROSSCAR 4X4 el cual cumple con todos los requerimientos generales; lo cual formó base principal para la realización de nuestro proyecto.
- SolidWorks nos proporciona una modelización estructural y una visualización del vehículo con todos sus sistemas montados en tres dimensiones, logrando determinar los planos de construcción y propiedades físicas.
- La estructura tubular se diseño teniendo en cuenta cargas que simulen condiciones reales de funcionamiento, por ejemplo curvas, frenada, aceleración, caso de colisión tanto longitudinal, lateral y vertical mediante la ayuda de SolidWorks y SolidWorks Simulation.
- El motor seleccionado superó las expectativas trazadas durante este proyecto, lográndose así una buen equilibrio entre la relación de peso y potencia.
- Todos los sistemas acoplados a la estructura tubular fueron modificados, para que de esta manera se adapten al vehículo, produciéndose en un inicio un alto índice de complejidad en su adaptación y montaje.
- Las pruebas de campo realizadas revelaron el eficiente trabajo realizado en la fase de diseño y adaptación logrando una confiabilidad del chasis en el momento de la conducción.

6.2.- RECOMENDACIONES

- Para la realización del diseño se debe tener conocimientos de todos los conceptos que conllevan a un análisis estructural, ya que de ello depende que se tenga una excelente interpretación de los resultados obtenidos.
- Para la modelización y análisis de la estructura tubular mediante SolidWorks y SolidWorks Simulation, el diseñador tendrá que poseer conocimientos avanzados para el manejo y utilización del mismo.
- Es recomendable la selección de elementos mecánicos que tengan un optimo diseño y que su montaje sea lo menos complejo posible.
- Se recomienda dar un tratamiento anticorrosivo a la estructura tubular para evitar la oxidación de la misma.
- Es recomendable que la carrocería del vehículo sea de un material liviano y seguro, el cual provea gran resistencia a golpes.
- Se recomienda usar materiales con gran durabilidad ya que va a ser sometido a pruebas extremas en todo terreno.

VII.- ANEXOS

7.1.- ANEXO 1

Tabla 2.1. Coeficientes de rozamiento		
Clase de rozamiento	Ejemplo	Coeficiente de rozamiento
Rozamiento de adherencia	Neumáticos sobre asfalto, seco Neumáticos sobre asfalto, mojado Neumáticos sobre asfalto, con hielo	aprox. 0,6 0,2 ... 0,3 aprox. 0,1
Rozamiento de deslizamiento	Buenos cojinetes de fricción Frenos de automóviles	aprox. 0,03 0,25 ... 0,35
Rozamiento de rodadura	Cojinetes de rodamiento Neumáticos sobre asfalto	0,001 ... 0,003 aprox. 0,015

Coeficiente de rozamiento*

PLANOS

BIBLIOGRAFIA.

- MOTT, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas, México: Hispanoamericana, 1992
- CEAC, Manual Del Automóvil, edición MMVI, editorial Cultural S.A., Madrid España.
- ESPOCH, Reglamento formula automovilística universitaria, Riobamba, 2008
- CIDECT, Guía de diseño para la fabricación y ensamblaje y montaje de estructuras de perfiles tubulares, J. Wardenier 1998
- KINDLER, H, Gtz- Matematica aplicada para la tecnica del automovil, 8va edición Reverte, 1986.
- J.M. ALONSO, Técnicas del automovil – CHASIS, Paraninfo, 2003.
- Manuales SolidWorks, SolidWorks Simulation.
- 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://kartcross.tripod.com/Kart-cross.htm>, Características Generales Kart-Cross
- <http://daihatsu4x4.mforos.com/>, Características Daihatsu F20
- <http://gonzo4x4.be/>, Relaciones de transmisión Daihatsu F20

Latacunga, Junio del 2010

LOS AUTORES:

Grijalva Imbaquingo Eduardo Xavier

Torres Reina Kleber Fabián

EL DIRECTOR DE CARRERA:

Ing. Juan Castro Clavijo

UNIDAD DE ADMISIÓN Y REGISTRO:

Dr. Rodrigo Vaca Corrales