



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO - CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CON TECHO RETRÁCTIL EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA 1 PARA EL TALLER AUTO LUJOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”

**EDISON RAÚL CARGUA TADAY
MOISÉS SEBASTIÁN GONZA SÁNCHEZ**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CARGUA TADAY EDISON RAÚL

Titulado:

**“DISEÑO - CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CON
TECHO RETRÁCTIL EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA 1 PARA EL
TALLER AUTO LUJOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos David Alvarez Basantes
DIRECTOR

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

GONZA SÁNCHEZ MOISÉS SEBASTIÁN

Titulado:

**“DISEÑO - CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CON
TECHO RETRÁCTIL EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA 1 PARA EL
TALLER AUTO LUJOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Carlos David Alvarez Basantes
DIRECTOR

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CARGUA TADAY EDISON RAÚL

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO - CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CON TECHO RETRÁCTIL EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA 1 PARA EL TALLER AUTO LUJOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”

Fecha de Examinación: 2017-06-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Carlos David Alvarez Basantes DIRECTOR			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GONZA SÁNCHEZ MOISÉS SEBASTIÁN

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO - CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CON TECHO RETRÁCTIL EN UN VEHÍCULO SUZUKI FORSA 1 PARA EL TALLER AUTO LUJOS DE LA CIUDAD DE AMBATO”

Fecha de Examinación: 2017-06-28

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Carlos David Álvarez Basantes DIRECTOR			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cargua Taday Edison Raúl

Gonza Sánchez Moisés Sebastián

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Gonza Sánchez Moisés Sebastián y Cargua Taday Edison Raúl, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Cargua Taday Edison Raúl

Cedula de Identidad: 060445019-7

Gonza Sánchez Moisés Sebastián

Cedula de Identidad: 220004933-2

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado en primera instancia a Dios, y a las personas más importantes en mi vida:

A mis padres María Teresa Taday, quien me dio la vida, me vio crecer, dándome su apoyo sus sabios consejos, a Segundo Rosalino Cargua que con el ejemplo han sabido guiarme por el camino de la bondad, responsabilidad y la verdad, acompañado en esta ardua lucha sin dejarme caer, enseñándome a vencer los obstáculos que se pongan en mi camino, hoy recompenso su esfuerzo y arduo trabajo ofreciéndoles mi éxito, que es el de ellos.

A mis hermanos y amigos que han sido mi apoyo incondicional en el transcurso de mi vida brindándome sus ánimos y consejos, que lograron ayudarme para salir adelante, a la Ing. Melania Shunta, por ser la persona más admirable que me enseñó a sonreír siempre, nunca darse por vencido sin importar la situación en que nos encontremos, solo me queda decirles un dios le pague a todos.

Edison Raúl Cargua Taday

El presente trabajo está dedicado primeramente a Dios por concederme cada día de vida.

A mi familia que ha sido un gran soporte y apoyo para hacer de mí un hombre de bien, a mi madre Margarita por su paciencia y amor que hace que todo esto sea posible, a mi padre Víctor por despertar en mí el afecto hacia los automotores, a Crissley y Zaid que hacen que valga la pena todo sacrificio.

Moisés Sebastián Gonza Sánchez.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre por ser el pilar fundamental en mi vida, que con su sacrificio me apoyo en mis estudios, en los momentos más difíciles y guiarme para ser una persona de bien, a mi querida Escuela de Ingeniería Automotriz, quien me abrió las puertas, para darme una oportunidad de adquirir conocimientos técnicos y prácticos, durante mi formación profesional, a docentes por impartir sus conocimientos, experiencias y enseñanzas, finalmente a cada uno de mis compañeros de clase, tanto tiempo, recuerdos, anécdotas y experiencias que seguirán sumándose a lo largo de mi vida, gracias a ellos por formar parte de una de las mejores etapas de mi vida en la Escuela de Ingeniería Automotriz.

Edison Raúl Cargua Taday.

Agradezco a Dios, a la virgen del Cisne por la sabiduría y fortaleza brindada en todo el camino estudiantil para alcanzar mi meta profesional, a mi familia y amigos por darme el apoyo incondicional para seguir adelante.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Moisés Sebastián Gonza Sánchez.

CONTENIDO

Pág.

1. INTRODUCCIÓN

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos.....	2
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos.</i>	2

2. MARCO TEÓRICO

2.1	Estructura del automóvil y mecanismo descapotable.....	3
2.1.1	<i>Carrocería</i>	3
2.1.2	<i>Chasis.</i>	3
2.1.3	<i>Descapotable.</i>	3
2.2	Sistema descapotable.....	4
2.2.1	<i>Introducción</i>	4
2.2.2	<i>Techos en vehículos descapotable</i>	5
2.2.3	<i>Estructura del sistema y componentes</i>	5
2.3	Hatchback	7
2.4	Carrocería auto portante o compacto (CAC).....	8
2.5	Elementos de una carrocería.....	9
2.5.1	<i>Paneles exteriores</i>	9
2.5.2	<i>Armazón central y posterior</i>	10
2.5.3	<i>Armazón anterior o delantera</i>	11
2.5.4	<i>Armazón del piso.</i>	12
2.5.5	<i>Puerta, capot y otras piezas interesantes</i>	12
2.6	Reparación de Carrocería	12
2.7	Soldadura.....	13
2.7.1	<i>Aspectos generales.</i>	13
2.8	Soldadura por arco eléctrico	13
2.8.1	<i>Proceso.</i>	14
2.8.2	<i>Equipo</i>	14

2.8.3	<i>El electrodo</i>	15
2.9	Seguridad en la carrocería de los descapotables.....	16
2.10	Mecanismos	16
2.10.1	<i>Introducción</i>	16
2.11	Términos básicos del mecanismo	16
2.11.1	<i>Maquina</i>	16
2.11.2	<i>Mecanismo</i>	16
2.11.3	<i>Eslabón</i>	17
2.11.4	<i>Concepto para el diseño del mecanismo</i>	17
2.11.5	<i>Movilidad de un mecanismo</i>	17

3. DISEÑO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DESCAPOTABLE

3.1	Alternativa de diseño de mecanismo	19
3.1.1	<i>Forma del vehículo</i>	19
3.1.2	<i>Estudio del diseño</i>	20
3.1.3	<i>Conclusión de los collages</i>	22
3.1.4	<i>Vehículo Suzuki Forsa 1 descapotable</i>	22
3.2	Modelado	27
3.3	Toma de datos.....	27
3.4	Proceso del modelado del sistema descapotable	29
3.4.1	<i>Partes principales de la carrocería y del mecanismo retráctil en el software</i> . 29	
3.5	Parámetros para el análisis	34
3.5.1	<i>Materiales para el mecanismo</i>	34
3.6	Análisis aerodinámico	35
3.6.1	<i>Carga aerodinámica</i>	35
3.6.2	<i>Resistencia aerodinámica</i>	36
3.6.3	<i>Condiciones de contorno para el análisis</i>	36
3.6.4	<i>Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 con carrocería original</i>	37
3.6.5	<i>Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 descapotable</i>	38
3.6.6	<i>Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 con carrocería modificada</i>	39
3.7	Método de elementos finitos (MEF).....	40
3.7.1	<i>Análisis y simulación mediante ANSYS</i>	41

3.7.1.1	<i>Descripción General del MEF.</i>	41
3.7.2	<i>Calidad de la malla.</i>	42
3.8	Análisis estático	42
3.8.1	<i>Análisis estático del sistema descapotable</i>	42
3.9	Análisis de los resultados	45

4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL TECHO RETRÁCTIL

4.1	Proceso de construcción e implementación del mecanismo descapotable	46
4.2	Proceso de modificación de la carrocería	46
4.3	Acabados Automotrices	51

5. ANALISIS DE COSTOS

5.1	Costos directos e indirectos de la implementación del mecanismo.....	58
5.1.1	<i>Costos directos de la implementación.</i>	58
5.1.2	<i>Costos indirectos de la implementación</i>	59
5.1.3	<i>Costo total de la implementación</i>	59

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	60
6.2	Recomendaciones	61

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1-2: Especificaciones de vehículo Suzuki Forsa 1	7
Tabla 2-3: Dimensiones del vehículo.	27
Tabla 3-3: Toma de datos del vehículo.....	28
Tabla 4-3: Pesos del mecanismo.....	34
Tabla 5-3: Materiales del mecanismo	34
Tabla 6-3: Propiedad del material ASTM A36 utilizados en el Sistema del Techo	35
Tabla 7-3: Coeficientes de sustentación (CL) y arrastre (Cd).	40
Tabla 8-4: Diferencia de pesos	53
Tabla 9-5: Detalles de los costos directos.....	58
Tabla 10-5: Detalles de los costos indirectos.....	59
Tabla 11-5: Detalles de los costos totales de fabricación	59

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2: Chasis	3
Figura 2-2: Peugeot 306 CC	5
Figura 3-2: Ferrari 458 Spider	5
Figura 4-2: Estructura de un descapotable.....	6
Figura 5-2: Suzuki Forsa 1.....	7
Figura 6-2: Carrocería Auto portante.....	8
Figura 7-2: Paneles exteriores.....	10
Figura 8-2: Armazón central y posterior.....	11
Figura 9-2: Elementos complementarios	12
Figura 10-2: Diagrama esquemático del proceso de soldadura	13
Figura 11-2: Proceso de soldadura.....	14
Figura 12-2: Equipo de soldadura.....	14
Figura 13-2: Electrodo	15
Figura 14-2: Norma AWS.....	15
Figura 15-2: Aplicaciones de la movilidad del criterio de Kutzbach.	18
Figura 16-2: Aplicaciones donde el criterio de Kutzbach falla.	18
Figura 17-3: Vista delantera Suzuki Forsa 1.	20
Figura 18-3: Vista lateral suzuki forsa 1.....	20
Figura 19-3: Collage Mercedes Benz descapotable.	21
Figura 20-3: Collage Peugeot descapotable.....	21
Figura 21-3: Vista lateral de autos con carrocería coupé.....	21
Figura 22-3: Vista posterior de autos con carrocería coupé.	22
Figura 23-3: Opción 1.....	23
Figura 24-3: Opción 2.....	23
Figura 25-3: Peugeot 206 CC descapotado.....	24
Figura 26-3: Mercedes Benz tipo C.....	24
Figura 27-3: Peugeot CC.	25
Figura 28-3: Mercedes tipo CC.	25

Figura 29-3: Mecanismo descapotable.	26
Figura 30-3: Grados de libertad en el mecanismo.	26
Figura 31-3: Modelado del sistema descapotable.	29
Figura 32-3: Vista lateral de la carrocería	29
Figura 33-3: Vista posterior de la carrocería	30
Figura 34-3: Vista Isométrica de la carrocería.....	30
Figura 35-3: Vista principal de la tapa del maletero.....	30
Figura 36-3: Vista superior	30
Figura 37-3: Vista Isométrica	31
Figura 38-3: Vista Isométrica eslabón superior.....	31
Figura 39-3: Bisagra tipo mariposa	31
Figura 40-3: Bisagra tipo tijera.....	32
Figura 41-3: Refuerzo lateral	32
Figura 42-3: Base de giro del eslabón posterior	32
Figura 43-3: Eslabón superior con bisagras.....	33
Figura 44-3: Eslabón posterior con bisagra y base de giro.....	33
Figura 45-3: Tapa del maletero con bisagras tipo mariposa.....	33
Figura 46-3: Carrocería con refuerzos laterales y bisagras posteriores	33
Figura 47-3: Ensamble Total	34
Figura 48-3: Presión (Pa) trayectoria de flujo.	37
Figura 49-3: Velocidad (m/s) trayectoria de flujo.	37
Figura 50-3: Resultados para Cd y CL del software.....	37
Figura 51-3: Presión (Pa) trayectoria de flujo.	38
Figura 52-3: Velocidad (m/s) trayectoria de flujo.	38
Figura 53-3: Resultados para Cd y CL del software.....	38
Figura 54-3: Presión (Pa) trayectoria de flujo.	39
Figura 55-3: Velocidad (m/s) trayectoria de flujo.	39
Figura 56-3: Resultados para Cd y CL del software.....	39
Figura 57-3: Las aplicaciones en ANSYS	41
Figura 58-3: Calidad de la malla.....	42
Figura 59-3: Análisis estático del sistema descapotable.....	43
Figura 60-3: Restricciones físicas.....	44
Figura 61-3: Representación del dominio de Von Mises	44

Figura 62-3: Representación del dominio deformado	45
Figura 63-4: Vista lateral Suzuki Forsa 1	46
Figura 64-4: Desmonte de accesorios y componentes del habitáculo	47
Figura 65-4: Corte posterior	47
Figura 66-4: Salpicadero de agua	47
Figura 67-4: Adecuación del maletero.....	48
Figura 68-4: Tapa del maletero.....	48
Figura 69-4: Refuerzos	49
Figura 70-4: Refuerzo en los pilares del parabrisas delantero.....	49
Figura 71-4: Refuerzos Laterales en la carrocería	49
Figura 72-4: Bisagras tipo tijera	50
Figura 73-4: Montaje del mecanismo	50
Figura 74-4: Montaje total del mecanismo en el vehículo.....	50
Figura 75-4: Preparación del auto para pintura	51
Figura 76-4: Propuesta del mecanismo descapotable finalizada	52
Figura 77-4: Suzuki descapotable.....	52

LISTA DE ABREVIACIONES

ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
AWS	Sociedad Americana de Soldadura
CAD	Diseño asistido por computadora
CAC	Carrocería auto portante o compacto
CAE	Ingeniería Asistida por Ordenador
C-C	Coupé Convertible
MEF	Método de los Elementos Finitos
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices

LISTA DE ANEXOS

- A** Planos del mecanismo descapotable.
- B** Proceso de construcción.
- C** Protocolos de funcionamiento del mecanismo retráctil.

RESUMEN

Mediante la presentación del diseño, construcción e implementación de un sistema con techo retráctil de accionamiento manual en un vehículo Suzuki Forsa 1 para obtener un vehículo mejorado estéticamente, basándose en dos tipos de marcas de vehículos conocidas en el campo de automotriz, Mercedes Benz y Peugeot cuyas características sirven de guía en el estudio del diseño. Mediante la modelación y análisis aerodinámico, para el planteamiento de diseño utilizamos el software SOLIDWORKS 2016, previo a ello se tomaron las dimensiones originales del auto para modificar la estructura de la carrocería, posteriormente ANSYS 16.2, esto nos brindan los resultados para identificar el diseño más apropiado, para determinar si los elementos a utilizarse soportarían el peso, las cargas y los esfuerzos a los que están sometidos. Para dicha construcción emplearemos procesos de corte, soldadura y análisis matemático dándonos como resultado una carrocería resistente, ligera capaz de soportar diferentes pesos. De acuerdo al análisis y la correcta selección del material, se construyó utilizando como material base el acero estructural, obteniendo resultados satisfactorios que garantizan a la implementación, que brinda la resistencia y la seguridad adecuada. Se modificó el maletero donde se guardará el techo rígido plegable cuando esté descapotado, además se reforzó en zonas específicas como las partes laterales de la carrocería y en el marco del parabrisas donde soportara la mayor concentración de esfuerzos. El resultado final será un auto descapotable con techo rígido manual apto para conducirse y utilizarse en cualquier ciudad del país, la misma que será cómoda y estéticamente agradable para los usuarios. Se recomienda conocer e informarse del protocolo de funcionamiento del sistema cuando se requiera descapotar el vehículo.

PALABRAS CLAVES: <TECHO RETRÁCTIL>, <ACCIONAMIENTO MANUAL>, <ANÁLISIS ESTÁTICO>, <SOLIDWORKS, ANSYS (SOFTWARE)>, <MECANISMO DESCAPOTABLE>, <A36 (MATERIAL ESTRUCTURAL)>, <CAPOTA RÍGIDA DESPEGABLE>, <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DEL DISEÑO>.

ABSTRACT

By presenting the design, construction and implementation of a manually operated retractable roof system on a Suzuki Forsa 1 vehicle to obtain an improved vehicle, based on two types of vehicle brands known in the automotive field, Mercedes Benz and Peugeot whose characteristics serve as guides in the study of design. By means of the aerodynamic modeling and analysis, for the design approach we used the software SOLIDWORKS 2016, prior to this we took the original dimensions of the car to modify the structure of the body, later ANSYS 16.2, these give us the results to identify the more appropriate design, to determine whether the elements to be used would support the weight, loads and stresses to which they are subjected. For such construction we will use processes of cutting, welding and mathematical analysis resulting in a sturdy, lightweight body capable of supporting different weights. According to the analysis and the correct selection of the material, it was constructed using structural steel as a base material, obtaining satisfactory results that guarantee the implementation, which provides the resistance and the adequate security. The luggage compartment was modified where the folding hardtop will be stored when it is open-topped, it has also been reinforced in specific areas such as the side of the body and in the frame of the windshield where it will withstand the greatest concentration of effort. The final result will be a convertible car with a manual rigid roof suitable for driving and used in any city of the country, which will be comfortable and aesthetically pleasing to the users. It is recommended to know and be informed of the protocol of operation of the system when it is necessary to deploy the vehicle.

KEY WORKS: <RETRACTABLE ROOF>, <MANUAL OVERRIDE>, <STATIC ANALYSIS>, <SOLIDWORKS, ANSYS (SOFTWARE)>, <CONVERTIBLE MECHANISM>, <A 36 (STRUCTURAL MATERIAL)>, <RIGID FOLDING TOP>, <ENGINEERING AND DESIGN TECHNOLOGY>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Los automóviles descapotables o convertibles son un símbolo de lujo y aventura, son modelos que por su diseño y cualidades se hacen irresistibles a cualquier mirada, estos autos han causado sensación en los aficionados de estas modificaciones que los hace inevitable adquirirlos.

El objetivo del presente proyecto es diseñar, construir e implementar un sistema de techo retráctil en un vehículo Suzuki Forsa 1, aportando con ideas innovadoras y tecnológicas al sector carrocerero junto con el taller de AUTOLUJOS de la ciudad de Ambato y la asesoría de CREAUTO que nos ayudará con la modificación de la carrocería en este automóvil, basado en los conocimientos adquiridos durante la formación profesional. Dicho proyecto servirá como base para la realización de investigaciones futuras y así incursionar en la producción de techos retractiles.

1.2 Justificación

En la actualidad en la Industria automotriz los vehículos han ido evolucionando constantemente, en el caso de los autos deportivos con techo retráctil (descapotables) cuya transformación de la carrocería tiene gran aceptación, debido que este modelo se enfocan en un vehículo que brinda mayor comodidad y estilo, es por esto que se realizan adelantos tecnológicos que ayudan a crear y buscar formas de diseño que agraden y mejoren a las carrocerías existentes, de manera que en un futuro se logre mejorar la estética del vehículo.

Teniendo en cuenta que los vehículos deportivos son costosos y de adquisición limitada, surge la necesidad de realizar la implementación del sistema de techo retráctil (descapotable) con un costo accesible, para poderlo implementar en un vehículo común con el fin de obtener un automóvil modificado.

La necesidad de análisis previo de ingeniería para poder implementar este tipo de mecanismos con sistemas de techo retráctil (descapotable), es de gran importancia en el Taller Auto lujos ya que en la actualidad se realiza dicha implementación de una manera artesanal por medio de experiencias obtenidas por años de trabajo, por esta razón se pretende alcanzar un diseño que tenga menor costo y que este a la par con los vehículos que poseen este mecanismo en la actualidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar, construir e implementar de un sistema con techo retráctil en un vehículo suzuki forsa 1 para el taller auto lujos de la ciudad de Ambato.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Analizar alternativas del mecanismo de techo retráctil, por medio de software CAD para el respectivo diseño.
- Diseñar y modelar el sistema descapotable del vehículo mediante software SolidWorks.
- Realizar el análisis cinemático y aerodinámico del sistema de techo retráctil (descapotable), utilizando software CAE para su implementación.
- Seleccionar los materiales adecuados para la construcción del mecanismo de techo retráctil (descapotable).
- Construir e implementar el sistema descapotable en un vehículo Suzuki Forsa 1, valiéndose del diseño y empleando herramientas adecuadas para su construcción.
- Realizar protocolos de funcionamiento del mecanismo retráctil.
-

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estructura del automóvil y mecanismo descapotable

2.1.1 Carrocería. Se define como una caja especial concebida para transportar personas o mercancías, durante la circulación del automóvil, tiene algunas prolongaciones cuyo objetivo es la protección de los órganos automotrices, que asegura su movilidad y su dirección, combinado a veces una configuración que ofrezca una resistencia reducida al avance en el aire. (VILLEGER, 1982)

2.1.2 Chasis. El chasis es un marco metálico conocido como bastidor, sobre el cual se montan todos los componentes del vehículo. La carrocería se instala sobre el chasis y depende su configuración ya que si es empernada se conoce como “carrocería independiente” y si es soldada se conoce como “auto portante”. (J. M., 2008).

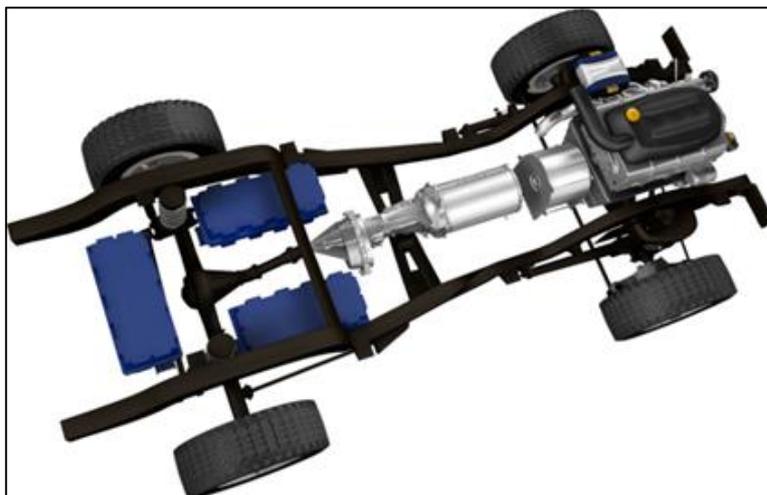


Figura 1-2: Chasis

Fuente: <http://gas2.org/wp-content/uploads/2009/04/chasis.jpg>

2.1.3 Descapotable. (Convertible o cabriolet) este tipo es una carrocería sin techo o cuyo techo puede o bien quitarse o bien plegarse y guardarse en el maletero, este techo, es más conocido como capota puede ser de diferentes materiales como tela, plástico o

metal. Prácticamente todos los descapotables poseen dos puertas laterales, debido a que aperturas más grandes causarían problemas estructurales en el chasis.

Estos tipos de vehículos fueron llamados Spider por los italianos, Roadster por los ingleses, cabriolet por los franceses, así como convertibles por los norteamericanos y el resto del mundo.

2.2 Sistema descapotable

2.2.1 *Introducción.* Los automóviles descapotables actualmente son pocos en la oferta y cuentan con diferentes materiales y sistemas para el techo y su manipulación, sin embargo, los primeros automóviles eran descapotables pues derivaban de carruajes tipos calesas. Con el transcurso se vio la necesidad de proteger a los ocupantes del viento, la velocidad media era sensiblemente superior a los vehículos de tiro animal, y para viajes es imprescindible por la lluvia y demás inclemencias climáticas.

Los modelos descapotables, Cabriolet, descubiertos o sin techo son en casi todos los casos para personas que buscan en el automóvil algo más que un medio de transporte. La capota de lona tiene sus inconvenientes; ruido a partir de cierta velocidad, deformación de la capota, peor aislamiento térmico, acústico y estanquidad no siempre conseguida, capotado y descapotado más o menos laborioso, menos seguridad activa y pasiva, robo más fácil, etc. (AGUSTO, 2016)

Los diseños más avanzados en descapotables son los llamados (coupé-convertible; CC), que presentan los Peugeot, Renault y Opel. En estos modelos su carrocería coupé se dobla y guarda en un espacio entre el baúl y los asientos traseros, tornándose en un descapotable. Este proceso toma unos cuantos segundos, sin embargo, se percataron de que los descapotables tenían un comportamiento dinámico errático, inestable y con un alto grado de torsión lateral. Limitaciones producidas porque al cortar los pilares y quitar el techo, la estructura de la carrocería se debilita.



Figura 2-2: Peugeot 306 CC

Fuente:http://images.cdn.autocar.co.uk/sites/autocar.co.uk/files/styles/gallery_slide/public/13933124156.jpg?itok=XD54zmgZ

2.2.2 *Techos en vehículos descapotable.* La principal característica de estos vehículos es la posibilidad de retirar su techo cuando el usuario desde. Para esta operación, se diseñan techos de una elevada complejidad, formados por varios módulos y totalmente articulados para que plegar y recoger hasta ser alojados en el maletero. (MAURENZA, 2014)

2.2.3 *Estructura del sistema y componentes.* La estructura puede variar y regirse a diferentes formas dependiendo del fabricante del vehículo, pero la más habitual actualmente es la que consta de un techo rígido plegado en dos partes. Un primer eslabón se diseña para mantener una alineación perfecta con el montante del parabrisas evitando la discontinuidad en la zona de acoplamiento que supondría un empeoramiento en la estética del vehículo y su aerodinámica. Este eslabón está sujeto a un segundo eslabón por medio de una bisagra que ayuda a mantener alineado el primer eslabón con el segundo.



Figura 3-2: Ferrari 458 Spider

Fuente: http://4.bp.blogspot.com/-P_EoJXmGEAM/TiFt53hJKPI/AAAAAAAAAKNI/9tmu1T41NsM/s1600/4.jpg

El segundo eslabón está sujeto a un mecanismo móvil que consta de un eje y un bocín dentro del cual gira el mismo. Estos eslabones forman los arcos de la estructura de la capota con la misma carrocería y están fijos a ésta por medio de pernos, guías, bases, puntos de apoyo y seguros de sujeción.

El accionamiento de apertura y cierre de la capota es manual, además consta con una palanca de accionamiento de apertura para el maletero y el cierre es manual.

Por razones de seguridad es aconsejable hacer funcionar el sistema con el vehículo estacionado y esto se logra evitando un mando común de fácil accionamiento y colocando mandos individuales para accionar cada eslabón considerando la compuerta del maletero como uno de ellos, sin descartar que los seguros del sistema son únicamente manuales

La parte inferior de la estructura de un descapotable debe ser debidamente asegurada y reforzada. Por este motivo los coches convertibles suelen pesar más que los descapotables convencionales.

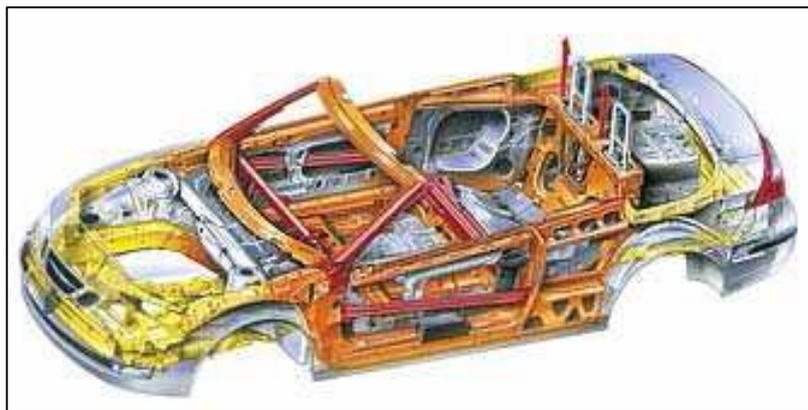


Figura 4-2: Estructura de un descapotable

Fuente: <http://www.banrepcultural.org/sites/default/files/lablaa/ciencias/sena/mecanica/gas-preconversion-vehiculos/imagenes/7.jpg>

Lo más importante en este tipo de convertibles tenga una estructura específica que compense la falta de techo cuando este está bajado.

2.2.4 Clasificación de los sistemas descapotables. Los sistemas descapotables se pueden clasificar y diseñar según el fabricante del vehículo y adoptar diferentes configuraciones en función del mismo, no existe en el mercado una clasificación definida, sino más bien se puede clasificar por el diseño de los mecanismos, por el método de accionamiento y control, y por el material de construcción de la capota del vehículo.

Es así que podemos decir que en el mercado existen los sistemas descapotables con fibra de lona y arcos de acero o aluminio, de control manual, de control automático, con techo duro retráctil, de accionamiento eléctrico, mecánico, neumático o hidráulico, y el de techo replegable.

2.3 Hatchback

Este tipo de carrocería se describe al diseño de un vehículo, que consiste en un área para pasajeros o cabina con un pequeño espacio de carga (cajuela) integrado, el acceso a este es mediante un portón trasero es una puerta más, un vidrio trasero es incluido al portón y el voladizo trasero es corto. Es una carrocería que también es denominada como dos volúmenes.



Figura 5-2: Suzuki Forsa 1

Fuente: Autores

Tabla 1-2: Especificaciones de vehículo Suzuki Forsa 1

Motor	
Tipo	Ciclo de cuatro tiempos, enfriado por agua
Numero de cilindros	3
Sistema de lubricación	Resumidero húmedo
Relación de compresión	8,8:1
Carburador	AISAN de aspiración descendente de 2 tambores
Filtro de aire	Elemento de tela no tejida, tipo seco
Dimensiones	
Longitud total	3,67 m
Batalla (Distancia entre ejes)	2,245m

Tabla 2-2(Continua): Especificaciones de vehículo Suzuki Forsa 1

Trocha delantera	1,445m
Trocha posterior	1,37m
Altura sobre el suelo libre	0,18m
Peso	
Peso del vehículo sin carga	658 kg (1451 lb)
Peso del vehículo con carga	710 kg (1565,3 lb)
Peso máximo tolerable	1145 kg (2524.3 lb)
Diseño de chasis	Motor – tracción delantera

Fuente: Autores

2.4 Carrocería auto portante o compacto (CAC)

La carrocería auto portante también necesita de un bastidor para poder soportar todos los elementos mecánicos, está formado por un gran número de piezas de chapas unidas entre sí mediante puntos de soldaduras por resistencia eléctrica y al arco. El bastidor va integrado a la carrocería formando una misma estructura recibiendo el nombre de monocasco auto portante.

Características de la carrocería auto portante o compacto

Esta carrocería está conformada por un número elevado de elementos que son factibles de desmontar y se reducen al mínimo por lo que se encuentra unidas entre sí por medio de soldaduras.

El elemento que forma el suelo de la caja actúa como si fuese un bastidor aligerado proporciona la debida resistencia a todas las planchas, que compone el conjunto monocasco haciendo con esto que todas las piezas soporten los esfuerzo. (CROUSE, 1984)



Figura 6-2: Carrocería Auto portante

Fuente: <http://2.bp.blogspot.com/-Fezzhq9hggQ/UmAA9wi9vRI/AAAAAAAAAFU/QwIj5VzQ9XQ/s1600/carroceria.jpg>

2.5 Elementos de una carrocería.

Generalmente en una carrocería el número de piezas que las conforman son muy grandes a pesar de que existen muchas diferencias entre unas y otras, por esta razón, se van a subdividir en cinco grupos principales que se mencionaran a continuación. (PASEO MANUEL, 2013)

2.5.1 Paneles exteriores. Los paneles exteriores son todas aquellas piezas de plancha que dan al exterior de un vehículo, constituyen nexo de unión entre diferentes niveles de las planchas y en muchos casos forman un revestimiento de piezas de refuerzos y seguridad. Así pues, entre ellas se encuentran muchas piezas que configuran el aspecto exterior de un vehículo.

Vierteaguas: Con el fin de recoger el agua procedente de la lluvia o de los sucesivos lavados de la carrocería, las partes laterales del techo del vehículo estuvieron dotadas de unos canales que orientaban la expulsión del agua. (Ver figura 7- 2 a)

Marco del parabrisas: Es la pieza que forma la base del asentamiento de la luna o cristal del parabrisas a través de su junta de goma de perfil continuo, el cual sostiene al mismo. (Ver figura 7- 2 d)

Techo: el techo es una de las piezas de plancha más grande del vehículo que se coloca en la parte más elevada de la carrocería, apoyándose sobre los montantes de la caja y sobre los marcos del parabrisas y de la luna trasera. (Ver figura 7- 2 b)

Panel trasero: El panel trasero está constituido por la pieza de revestimiento que forma la parte más fuerte de la carrocería y une entre si las aletas y las piezas del armazón trasero. (Ver figura 7- 2 g)

Panel delantero: se trata de una pieza de iguales características a la anterior pero instalada en la parte delantera de la carrocería también con el fin de reforzar y unir entre si las dos aletas delanteras y dar paso a un soporte importante para la instalación del paragolpes. (Ver figura 7- 2 e)

Montantes: Reciben el nombre de montantes de las piezas verticales de revestimiento, o parantes de puertas, que se unen a los pilares haciendo cuerpo con ellos. (Ver figura 7- 2 h)

Pilares y cimbra: Se trata de una pieza básica para dar la suficiente rigidez al habitáculo cuando el pilar se prolongó por debajo del techo y se une al pilar de la parte opuesta, formando un arco, recibe el nombre de cimbra. (Ver figura 7- 2 c)

Estribo: El estribo es la pieza que forma la parte baja de la caja sobre la que se apoyan los pilares, se trata de una pieza que esta soldada a los laterales del piso. (Ver figura 7- 2 f)



Figura 7-2: Paneles exteriores

Fuente: Autores

2.5.2 *Armazón central y posterior.* Visto ya el grupo de piezas de revestimiento pasemos a continuación, al estudio de las piezas que forman la armazón de una carrocería. Este grupo de piezas no queda a la vista ante una observación hecha desde el exterior de una carrocería, ya que forma parte de la estructura interior de una carrocería.

Los elementos a destacar son los siguientes:

Pasarruedas: recibe el nombre de guardafangos son elementos que se ubican en el contorno de las ruedas, los cuales son bastantes amplios para dejar espacio suficiente a que la rueda gire libremente y a que la suspensión pueda comprimirse sin que la rueda tope con ellas. (Ver figura 8-2 m)

Largueros: se trata de piezas longitudinales que acostumbran a tener forma de viga tabular, o de sección rectangular, que constituyen la base del soporte lateral de la caja, siendo muy importante para la sustentación de la carrocería. (Ver figura 8-2 l).

Travesaños: reciben el nombre de travesaños, todos los elementos transversales, en forma de vigas de refuerzos, que se coloca para aumentar la rigidez de los largueros. (Ver figura 8-2 k)

Traviesas: cuando los travesaños son pequeños, o efectúan una labor de sujeción de menor importancia, se les suele dar el nombre de traviesa. (Ver figura 8-2 i)

Bandejas: son elementos que van montados transversalmente en el vehículo y los cuales son hechos de planchas aligeradas, posteriormente que van a servir luego para soportar a una pieza exterior de la carrocería. (Ver figura 8-2 j)

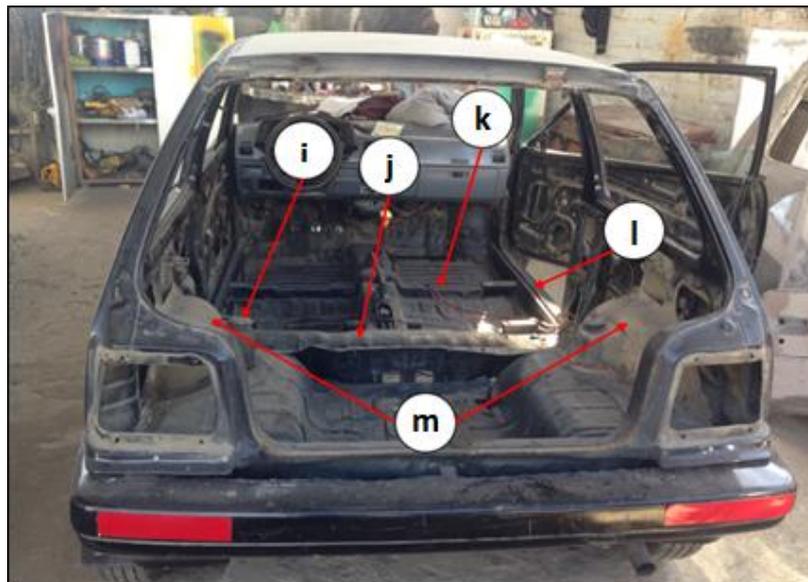


Figura 8-2: Armazón central y posterior

Fuente: Autores

2.5.3 Armazón anterior o delantera. La armazón delantera de la carrocería pues, está prevista para la sustentación del motor que, como es bien conocido, forma la parte más pesada del vehículo en relación con su tamaño. Podemos ver que los principales elementos de que consta son los siguientes.

Salpicadero: el salpicadero es una plancha, que forma una separación entre el cofre del motor y el habitáculo para los pasajeros, comúnmente se lo llama tablero delantero.

2.5.4 Armazón del piso. Otros de los grupos de plancha a tener en cuenta es el que está formando por aquellas piezas de refuerzos que forma el piso del vehículo. Recibe el nombre de piso la que constituye el suelo del vehículo, al número de planchas que se hallan soldadas a los largueros y travesaños.

2.5.5 Puerta, capot y otras piezas interesantes.

Puerta: son los elementos giratorios, de sobra conocidos, por medio de los cuales se tiene acceso al interior del habitáculo. (Ver figura 9-2 n)

Capó: denominación que proviene de la palabra francesa “capot”, es el conjunto de plancha, de gran superficie, que cierra el compartimento del motor. (PASEO MANUEL, 2013). (Ver figura 9-2 o)

Maletero: compartimiento destinado (Richard G., 2012) para guardar el equipaje, puede estar ubicado en la parte posterior o delantera según sea el modelo del vehículo. (Ver figura 9-2 p)



Figura 9-2: Elementos complementarios

Fuente: Autores

2.6 Reparación de Carrocería

En la mayor parte de los automóviles, su carrocería está compuesto de varias piezas de chapa, generalmente soldadas y ensambladas entre si atreves de uniones soldadas.

En el taller que se vaya a realizar este tipo de trabajo en el automóvil, se debe conocer los procesos de soldadura, el más adecuado en cada unión. Para cada vehículo se especifica

el tipo de soldadura que se ha de usar en cada uno de ellos y cuando no se cuenta con esta información se deberá optar por otro tipo de soldadura, que tenga en cuenta características como el espesor de las chapas a unir, la accesibilidad a la zona, longitud de uniones y esfuerzos a los que estará sometido la unión, los cuales deberán ser valorados para conseguir un comportamiento óptimo.

El objetivo principal que se debe tomar en cuenta, es conseguir restituir las condiciones iniciales del material, para conseguir en las uniones condiciones mecánicas adecuadas, aunque no es posible conseguir los mismos tipos de soldadura que los que se realizan en el proceso de fabricación debido a que las condiciones de trabajo no son las mismas. Por lo cual es necesario optar por otros tipos de soldadura.

2.7 Soldadura

2.7.1 Aspectos generales. Según la AWS define una soldadura como una coalescencia (unión de dos metales en uno) localizada de metal, en donde esa conglutinación se produce por calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte.

2.8 Soldadura por arco eléctrico

Este tipo de soldadura es uno de los procesos de unión de metales más antiguos que existe, en la que se utilizaba un electrodo de carbón para producir el arco eléctrico.

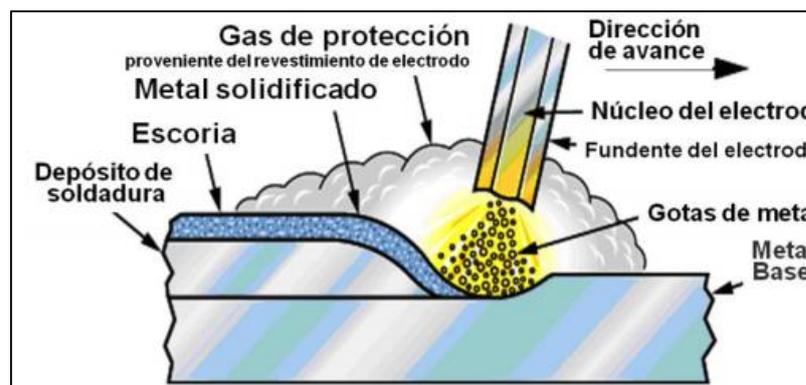


Figura 10-2: Diagrama esquemático del proceso de soldadura
Fuente: ITW WELDING PRODUCT GRUP. <http://www.itw-welding-spain.com/>

2.8.1 *Proceso.* Consiste en la utilización de un electrodo con un determinado recubrimiento, según sea las características específicas, y que describiremos brevemente enseguida. A través del mismo se hace circular un determinado tipo de corriente eléctrica, ya sea esta de tipo alterna o directa. Se establece un corto circuito entre el electrodo y el material base que se desea soldar o unir, este arco eléctrico puede alcanzar temperaturas del orden de los 5500 °C, depositándose el núcleo del electrodo fundido al material que se está soldando, de paso se genera mediante la combustión del recubrimiento, una atmosfera que permite la protección del proceso, esta protección se circunscribe a evitar la penetración de humedad y posibles elementos contaminantes. También se produce una escoria que recubre el cordón de soldadura generado. En la soldadura de arco, la longitud del arco está directamente relacionada con el voltaje, y la capacidad de entrada de calor está relacionada con la corriente.



Figura 11-2: Proceso de soldadura
Fuente: Autores

2.8.2 *Equipo.* Podemos observar en la figura 12-2 que el equipo es relativamente sencillo, y se compone básicamente de una fuente de poder, porta electrodo, y cable de fuerza.

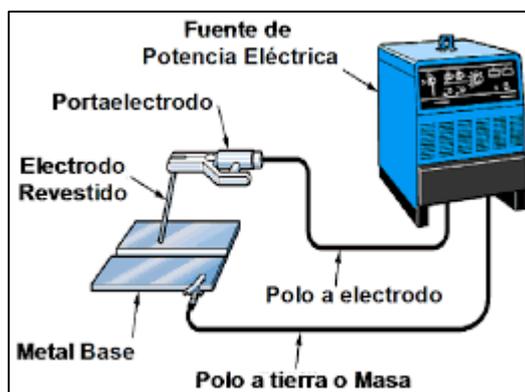


Figura 12-2: Equipo de soldadura
Fuente: ITW WELDING PRODUCT GRUP. <http://www.itw-welding-spain.com/>

2.8.3 *El electrodo.* Varilla metálica que actúa de material de aportación, recubierta de otras sustancias, que tienen como propósito favorecer la creación del arco y su mantenimiento, además de ser fundente, disolviendo óxidos y proteger el cordón.

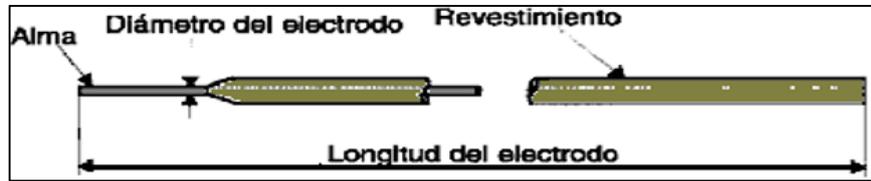


Figura 13-2: Electrodo

Fuente: <http://www.ceti.cl/blog/wp-content/uploads/2012/04/ident.jp>

Como ya hemos visto, para poder realizar este proceso de soldadura al arco con electrodo recubierto, se dispone de una gran diversidad de tipos de electrodos, cada uno de ellos se selecciona en base al material de que está constituido su núcleo, así como por su tipo de recubrimiento y además por el diámetro del electrodo. La AWS. (American Welding Society) ha normalizado su diseño y utilización.

Para efectos de identificación se utiliza las siguientes siglas. Como podemos ver en la figura 14-2. Esta identificación aparece en la parte superior de cada electrodo. Como una aclaración: diremos que la sigla de posiciones, se refiere a la posición en la que se coloca el electrodo a la hora de estar ejecutando el cordón de soldadura. (AWS, Welding Handbook volumen seis, 2013)

NORMA AWS A 5.1: ELECTRODOS REVESTIDOS PARA ACEROS AL CARBONO

E X X X X

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÍNIMA EN Klb/pulg²

POSICIÓN DE SOLDADURA:

1: TODA POSICIÓN

2: HORIZONTAL Y PLANA

3: PLANA SOLAMENTE

4: TODA POSICIÓN Y VERTICAL DESCENDENTE

TIPO DE REVESTIMIENTO

TIPO DE FUENTE DE ESCORIA

PENETRACIÓN

CONTENIDO DE POLVO DE HIERRO

INTERPRETACION DEL ULTIMO DIGITO: NORMA AWS A5.1

ULTIMO DIGITO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
CORRIENTE Y POLARIDAD	CC(+)	CA CC(+)	CA CC(-)	CA CC(+/-)	CA CC(+/-)	CC(+)	CA CC(+)	CA CC(+)	CA CC(+)
ESCORIA	ORGÁNICA	ORGÁNICA	RÚTILICA	RÚTILICA	RÚTILICA	BÁSICA	BÁSICA	MINERAL	BÁSICA
ARCO	ENERGICO	ENERGICO	MEDIO	SUAVE	SUAVE	MEDIO	MEDIO	SUAVE	MEDIO
PENETRACIÓN	PROFUNDA	PROFUNDA	MEDIANA	POCA	POCA	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA	MEDIANA
POLVO DE Fe	0 - 10%	---	0 - 10%	0 - 10%	30 - 50%	---	---	50%	30 - 50%

1 kpsi = 1 Klb/pulg² = 0,7 Kg/mm² = 6.8 MPa

Figura 14-2: Norma AWS

Fuente: AWS; Welding Hándbol volumen seis

Por esta razón se optó a este tipo de soldadura de arco eléctrico ya que ofrece muchas ventajas, entre ellas se encuentran; Estanqueidad, resistencia mecánica, resistencia a la

corrosión y escaso volumen que ocupa, además en las uniones a tope permite disposición firme de los metales a determinadas condiciones y máxima economía.

2.9 Seguridad en la carrocería de los descapotables

A lo largo de la historia los fabricantes de vehículos descapotables no solo han fomentado la estética y el equipamiento en sus modelos, que hacen lo posible para tener mayor seguridad y apostar por el confort. Debido a que carece de techo se debe realizar un estudio completo de seguridad mejorando las características estructurales. Cuando se quita el techo de un auto para transformarlo en descapotable, se pierde hasta un 80 por ciento de resistencia a la torsión y 70 por ciento de resistencia a la flexión. Así también se refuerzan sus puertas, especialmente sus cierres y sus lunas aumentan su grosor llegando a los 5 mm para mejorar la rigidez, el cristal del parabrisas se monta pegado y no sobre goma. (CESVIMAP, 1995)

2.10 Mecanismos

2.10.1 *Introducción.* Para poder estudiar mecanismos, primeramente, debemos definir qué es y que no es un mecanismo. En varias ocasiones los conceptos de máquina y mecanismo se usan de manera indistinta, aunque existe clara diferencia entre ellos. Para ello debemos resulta de gran vitalidad estudiar ambos conceptos.

2.11 Términos básicos del mecanismo

2.11.1 *Maquina.* Las maquinas son dispositivos que se utilizan al modificar, transmitir y dirigir fuerzas para llevar a cabo específicamente un objetivo. (MYSZKA, 2012)

Es un ensamble de partes que transmiten fuerzas, movimiento y energía de una manera determinada. (MIRANDA, 2009)

2.11.2 *Mecanismo.* Es una parte mecánica de una maquina cuya función es transmitir fuerza y movimiento de una fuente de una potencia a una salida, se

consideran como mecanismo las partes rígidas que están configuradas y conectadas de modo que se produce el movimiento que se desee en la máquina. (MYSZKA, 2012).

Es una combinación de piezas de materiales resistentes cuyas partes tienen movimiento relativo restringido. (MIRANDA, 2009)

2.11.3 *Eslabón.* Son las partes individuales del mecanismo y se consideran cuerpos rígidos que están conectados con otros eslabones para transmitir movimiento y fuerza. Los eslabones de un mecanismo se diseñan considerando una deformación mínima y se suponen rígidos.

2.11.4 *Concepto para el diseño del mecanismo.* El primer paso para el estudio o diseño, tenemos que encontrar los grados de libertad o la movilidad del mecanismo.

Un mecanismo plano es aquel mecanismo del que todos sus eslabones describen curvas en un solo plano o en paralelos. Se denominan como planos bidimensionales, del cual la mayoría de mecanismos son de este tipo.

2.11.5 *Movilidad de un mecanismo.* Es el número de parámetros de entrada que deben ser controlados independientemente cuya finalidad será llevar al mecanismo hasta una posición adecuada y específica. Para poder realizar esta relación que nos ayude a encontrar el número de grados de libertad de un mecanismo se debe tomar en cuenta que:

- Un eslabón posee tres grados de libertad antes de conectarse en un mecanismo plano.
- Un mecanismo siempre tendrá un eslabón fijo.
- Un mecanismo de n eslabones tendrá $3(n-1)$ grados de libertad antes de conectarse.
- Al conectar dos eslabones usando un par con un grado de libertad, se aplican restricciones entre los eslabones conectados.
- Cuando las restricciones de todas las articulaciones se restan, se restan del total de grados de libertad de los eslabones no conectados se encuentra la movilidad del mecanismo conectado.

Se denota al número de pares de un solo grado de libertad (juntas completas) como ($j1$) y al número de pares de dos grados de libertad (juntas medias) como ($j2$), del cual la movilidad (m) de un mecanismo de (n) eslabones está dada por:

$$m = 3(n - 1) - 2j1 - j2 \quad (1)$$

Según la ecuación 1 se conoce como criterio de Kutzbach para la movilidad de un mecanismo plano.

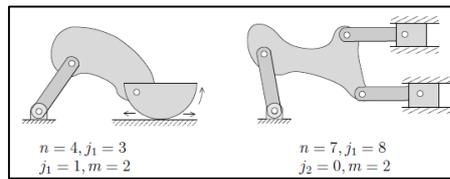


Figura 15-2: Aplicaciones de la movilidad del criterio de Kutzbach.

Fuente: MIRANDA, 2009.

El número de articulaciones a considerar es igual al número de eslabones conectados por el perno menos uno.

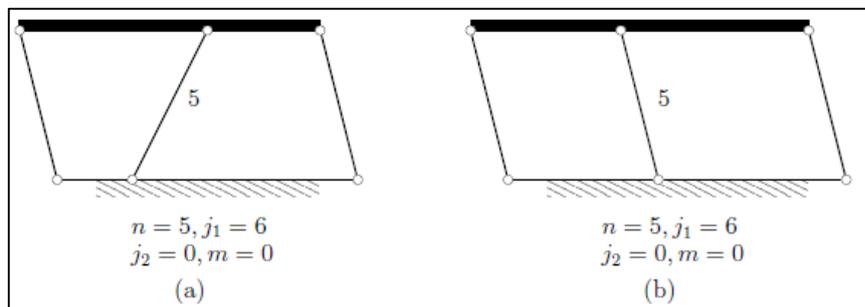


Figura 16-2: Aplicaciones donde el criterio de Kutzbach falla.

Fuente: MIRANDA, 2009.

- Si $m > 0$ el mecanismo tiene m grados de libertad.
- Si $m = 0$ el mecanismo no se puede mover y el mecanismo forma una estructura.
- Si $m < 0$ el mecanismo forma una estructura con restricciones redundantes.

CAPITULO III

3. DISEÑO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DESCAPOTABLE

3.1 Alternativa de diseño de mecanismo

Existen varias alternativas de mecanismos para este tipo de modelos descapotables como son:

- Descapotable de lona
- Descapotable con techo rígido automático y manual

Tomando en cuenta las características, modelo y dimensión del Suzuki Forsa 1, el diseño se basa en un descapotable con techo retráctil rígido manual, que causa gran impresión y aceptación en su diseño para con ello mejorar la estética en el vehículo.

Para la fase de estudio primeramente se debe tener la información necesaria y útil para desarrollar el diseño final de la carrocería, esta etapa tiene como objetivo ilustrar mediante fotos las características de la carrocería del vehículo Suzuki Forsa 1 y los estilos actuales de autos descapotables y vehículos deportivos para determinar alternativas que tendremos para el diseño del vehículo descapotable.

3.1.1 Forma del vehículo. El estilo que tiene el vehículo Suzuki Forsa 1 se componen tanto en la parte delantera (ver Figura 17-3) como lateral (ver Figura 18-3) de tendencias de diseño básicas y no contiene formas complejas en su carrocería, podemos observar el techo con carencia de curvas, líneas rectas a lo largo de su carrocería con pocos bordes, los faroles cuadrados en la parte delantera, inclinaciones agresivos cercanas a los 60°, y esto es comprensible ya que el automóvil se desarrolló hace unos 25 años y para aquellos años su modelo era algo transformador e innovador que convocaba a la atención de los espectadores. Aun así, sus formas atrevidas y características únicas lo hicieron muy comercial.



Figura 17-3: Vista delantera Suzuki Forsa 1.
Fuente : Autores.



Figura 18-3: Vista lateral suzuki forsa 1.
Fuente: Autores.

3.1.2 Estudio del diseño. Primeramente, se obtiene mediante videos, collages, catálogos de concesionarias de vehículos y revistas de autos que tiene este tipo de modelos descapotables, la forma y el modelo que requiere para la implementación.

A continuación, se observa las tendencias de diseño que actualmente se producen para este tipo de mecanismos descapotables además de diseños de vehículos de tipo coupé. De estas características de modelos de vehículos son las que se tomarán en cuenta para la modificación de la carrocería del Suzuki Forsa 1.



Figura 19-3: Collage Mercedes Benz descapotable.
Fuente: Autores.



Figura 20-3: Collage Peugeot descapotable.
Fuente: Autores.



Figura 21-3: Vista lateral de autos con carrocería coupé.
Fuente: Autores.



Figura 22-3: Vista posterior de autos con carrocería coupé.
Fuente: Autores.

3.1.3 *Conclusión de los collages.* Tras apreciar el estilo de diseño en las marcas de vehículos descapotables, se pudieron identificar líneas que marcan este tipo de vehículos y los caracterizan dentro de su rama.

Rasgos de líneas claras y continuas precisan la silueta de los autos descapotables, el espacio del maletero amplios propios de estos vehículos, son características fundamentales para implementar un vehículo descapotable.

En los vehículos coupé se puede definir una línea que recorre todo el vehículo desde sus luces traseras hasta las delanteras dando base a las ventanas laterales del vehículo y convirtiendo su vértice delantero en el punto de fijación de los retrovisores. Se observa poco espacio en la parte trasera, debido a que se suprimen los asientos traseros.

En algunos casos se da gran importancia al maletero debido a que pueden ser descapotables, además que esta línea les ayuda a mejorar su estética, estas características de vehículos coupé son el punto de partida para establecer el diseño en el vehículo Suzuki Forsa 1 cuya carrocería Hatchback será modificada.

3.1.4 *Vehículo Suzuki Forsa 1 descapotable.* Como se observa en el collage (Figura 19-3 y Figura 20-3) la carrocería de un descapotable es Coupé, partiendo de aquello se propuso dos opciones:

- Primera opción (Figura 23-3), agregar el maletero es decir alargar la carrocería del vehículo para poder guardar el mecanismo retráctil.



Figura 23-3: Opción 1.

Fuente: Autores.

- **Segunda opción** (Figura 24-3) se propone crear el maletero en los asientos posteriores y con ello dejar solo los asientos delanteros cuando el vehículo este descapotable.



Figura 24-3: Opción 2.

Fuente: Autores.

Con estas dos opciones propuestas se inclinó por la segunda opción ya que la primera opción de alargar el chasis del vehículo se tiene que dividir el techo en 3 partes y con ello aumentamos peso en exceso mucho más que la segunda opción, otro de los motivos es perder la estética del vehículo ya que el Suzuki Forsa 1 es de dimensiones pequeñas.

Para cumplir con este objetivo de la segunda opción durante el proceso de diseño del modelo se discuten ideas resaltando algunos de los aspectos de interés que se obtienen verificando los modelos de los vehículos (Figuras 19-3, 20-3, 21-3, 22-3), estos aspectos son:

El vehículo en general que llama la atención es el Peugeot 206 CC, por el diseño de su maletero en el límite de las luces trasera (ver detalle A Figura 25-3), además el mecanismo que se usa en este vehículo divide en dos partes al techo ideal para el vehículo Suzuki Forsa 1 que posee poco espacio en el maletero que se adecuara modificando su carrocería original, el detalle B que se muestra (ver Figura 25-3) permitirá que el movimiento del techo sea mucho mejor y cuando se proceda al cierre de la carrocería sea capaz de recoger

el agua procedente de la lluvia o de lavados de la carrocería a través de un canal instalado en el mismo en conjunto con las partes laterales dotadas de canales que expulsaran el agua.



Figura 25-3: Peugeot 206 CC descapotado.

Fuente: <http://i57.tinypic.com/2yjsl6g.jpg>

La línea marcada de corte donde se apoyará el mecanismo cuando el vehículo quede completamente cerrado.



Figura 26-3: Mercedes Benz tipo C.

Fuente: <http://st.motortrend.com/uploads/sites/5/2016/04/2017-Mercedes-Benz-S550-Cabriolet-front-three-quarters.jpg>

Ventoleras posteriores (figura 27-3), que permitirá cerrar el habitáculo cubriendo el espacio entre el vidrio de las puertas y el eslabón posterior con vidrio.



Figura 27-3: Peugeot CC.

Fuente: <https://i.ytimg.com/vi/YzTBPHWPogA/hqdefault.jpg>

Ventoleras delanteras que ayudará a la estabilidad y rigidez para el soporte del parabrisas además se tiene en cuenta para que los vidrios de la puerta no produzcan vibración ni ruido cuando el vehículo este completamente cerrado.

Se Debe tener en cuenta que el marco del parabrisas se debe reforzar para evitar vibraciones, por esta razón construir las ventoleras delanteras es de gran importancia tanto para ayudar al soporte del marco del parabrisas y servir de guía al vidrio y con ello evitar vibraciones del mismo.



Figura 28-3: Mercedes tipo CC.

Fuente: <https://assets.mbusa.com/vcm/MB/DigitalAssets/Vehicles/ClassLanding/2017/S/CAB/Features/2017-S-CLASS-CABRIOLET-082-CCF-D.jpg>

Se concluye que el vehículo tendrá su carrocería en similitud a algunas características importantes encontradas durante el estudio de diseño, la propuesta de adecuar un maletero en la zona de los asientos traseros del vehículo Suzuki Forsa 1 donde se guardara el mecanismo plegable tiene como finalidad que el techo rígido tenga dos eslabones, por las características de dimensiones pequeñas del techo que tendrá la modificación de la carrocería. A continuación, se emite ideas de los eslabones para el mecanismo y sus grados de libertad para su movimiento:

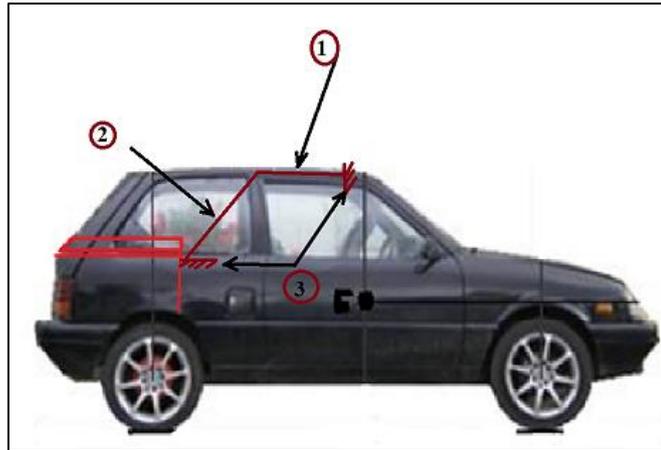


Figura 29-3: Mecanismo descapotable.
Fuente: Autores.

Como se muestra en la Figura 29-3 se toma en cuenta todos los apoyos como un eslabón mientras que eslabón 1 será el eslabón superior y el eslabón 2 es el eslabón posterior con vidrio, por lo tanto $n=3$, j_1 números de pares = 2, juntas medias $j_2=0$ porque en el mecanismo no hay eslabones que tengan movimientos complejos.

Con: $n=3$, $j_1=2$ $j_2=0$ en la **Ecuación 1** tenemos:

$$m = 3(3 - 1) - 2(2) - 0$$

$$m = 2$$

Como se observa en la Figura 30-3 el mecanismo tendrá 2 grados de libertad: el primero con respecto al eje de movimiento que soporta el sistema y segundo del eslabón superior con respecto a las bisagras que permitirán el pliegue del techo.

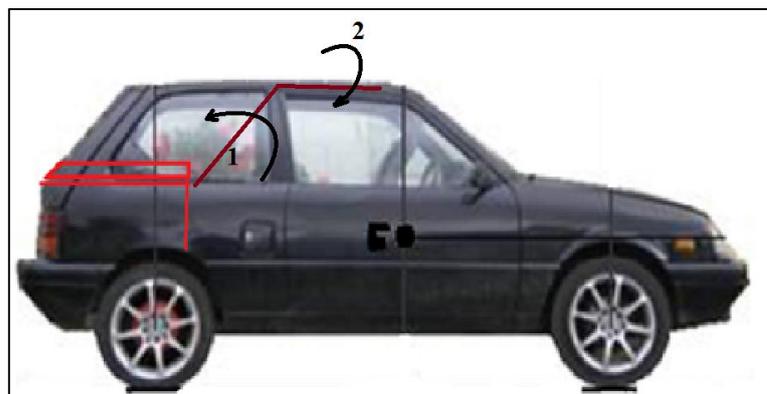


Figura 30-3: Grados de libertad en el mecanismo.
Fuente: Autores.

3.2 Modelado

Para el modelado del sistema descapotable con techo retráctil utilizaremos las herramientas del CAD, como el software SOLIDWORKS 2016, el cual es un programa basado en el diseño asistido por computador en 3D que nos permite realizar piezas, modelar conjuntos, extraer fácilmente los planos y otras informaciones necesarias para la producción, ya que nos ayuda a plasmar la idea del diseñador, construyendo de forma virtual la pieza o conjunto de acuerdo a la idea planteada. El programa se caracteriza por disponer herramientas fáciles de utilizar esto ayuda con el desarrollo de este proyecto.

3.3 Toma de datos

Según la tabla 2-3 y tabla 3-3 se muestra sus dimensiones correspondientes:

Tabla 3-3: Dimensiones del vehículo.

Dimensiones del vehículo	Valor	Unidad
Longitud total	3,67	[m]
Batalla (Distancia entre ejes)	2,245	
Trocha delantera	1,445	
Trocha posterior	1,37	
Altura sobre el suelo libre	0,22	

Fuente: Autores

Tabla 4-3: Toma de datos del vehículo

Longitud total	Batalla
	
Trocha delantera	Trocha posterior
	
Altura sobre el suelo libre	Altura del centro de la rueda
	

Fuente: Autores

3.4 Proceso del modelado del sistema descapotable

El primer paso para el modelado es realizar el diseño del prototipo con un bosquejo a lápiz para tener una idea clara hacia donde se va llegar, lo cual será la base del diseño en el software. Tomando en cuenta las características y dimensiones reales del vehículo se procede al modelado en SOLIDWORKS que facilitara el trabajo por sus características de diseño, además permitirnos realizar modificaciones en nuestro diseño.

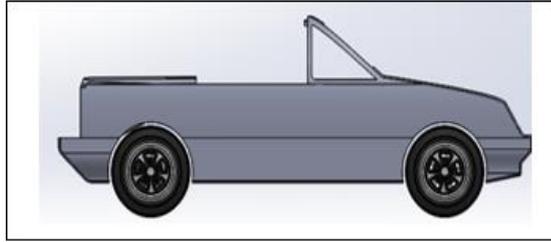


Figura 31-3: Modelado del sistema descapotable.

Fuente: Autores

3.4.1 Partes principales de la carrocería y del mecanismo retráctil en el software.

En la siguiente figura 32-3 se muestra vista lateral de la carrocería. (ANEXO A lámina 12).

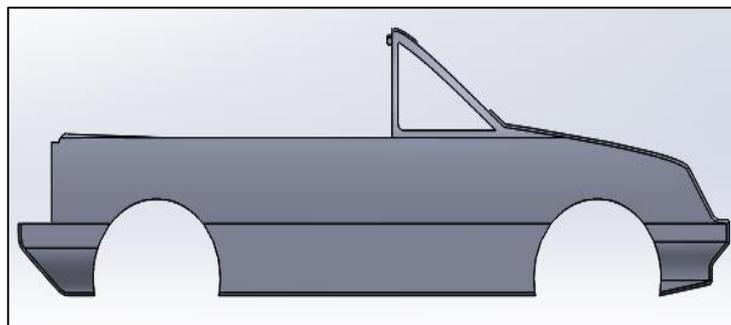


Figura 32-3: Vista lateral de la carrocería

Fuente: Autores

- Dimensiones: (ANEXO A lámina 03).



Figura 33-3: Vista posterior de la carrocería
Fuente: Autores

- Dimensiones: (ANEXO A lámina 03).

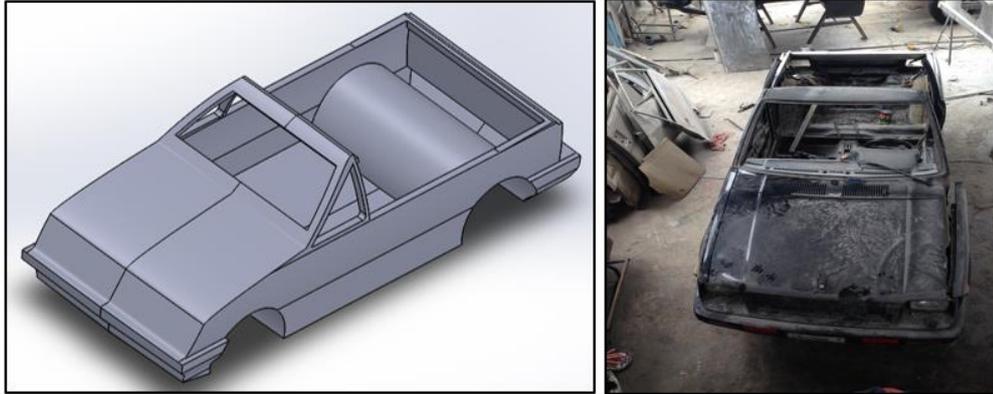


Figura 34-3: Vista Isométrica de la carrocería
Fuente: Autores

- Modelado de la tapa del maletero en el software: (ANEXO A lámina 12).

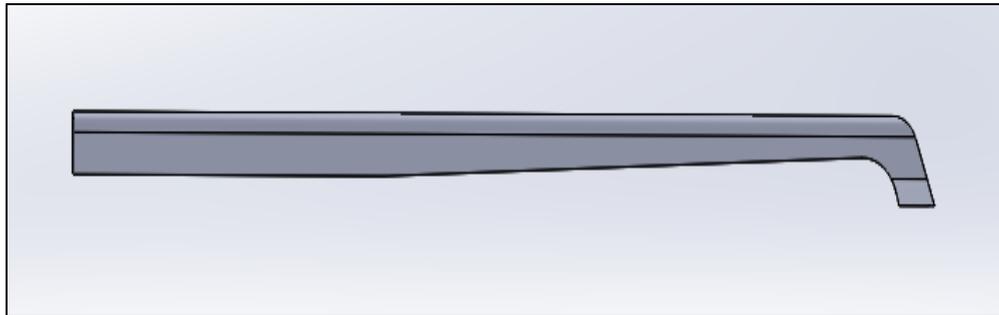


Figura 35-3: Vista principal de la tapa del maletero
Fuente: Autores

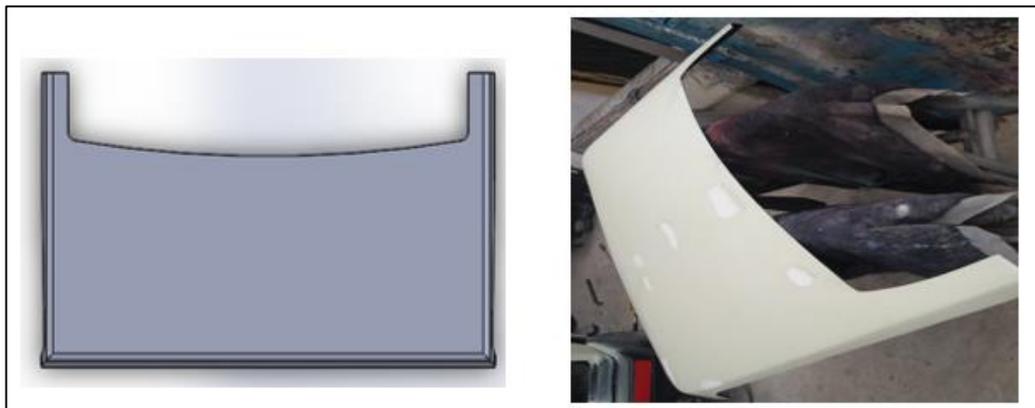


Figura 36-3: Vista superior
Fuente: Autores

- Modelado del eslabón posterior con vidrio en el software: (ANEXO A lámina 14).

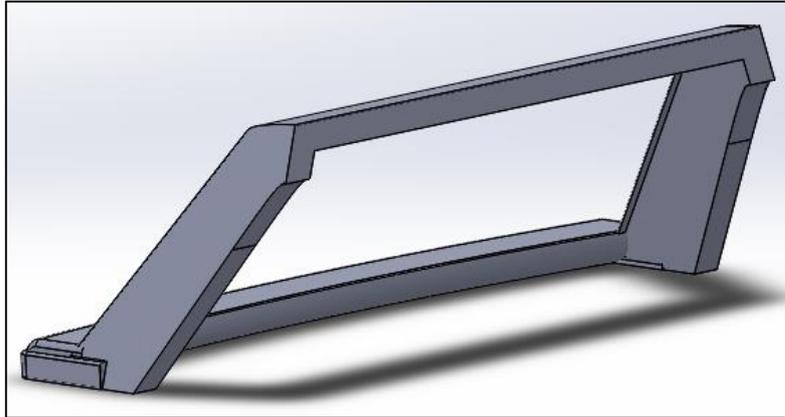


Figura 37-3: Vista Isométrica

Fuente: Autores

- Modelado del eslabón superior en el software: (ANEXO A lámina 04).

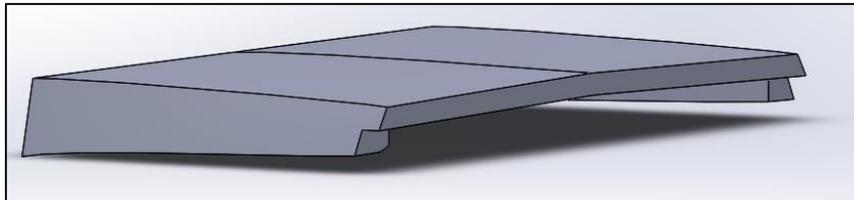


Figura 38-3: Vista Isométrica eslabón superior

Fuente: Autores

- Modelado de las bisagras del mecanismo retráctil: (ANEXO A lámina 05-06-07-08).

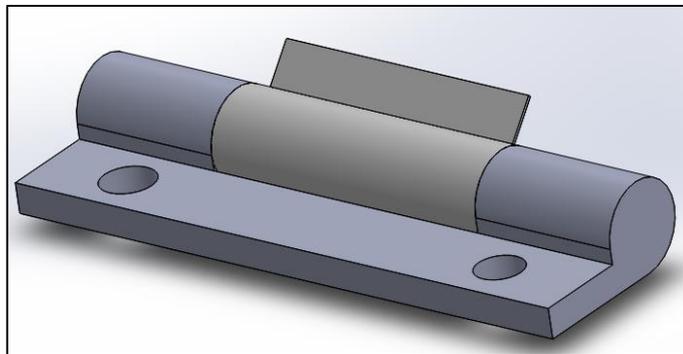


Figura 39-3: Bisagra tipo mariposa

Fuente: Autores

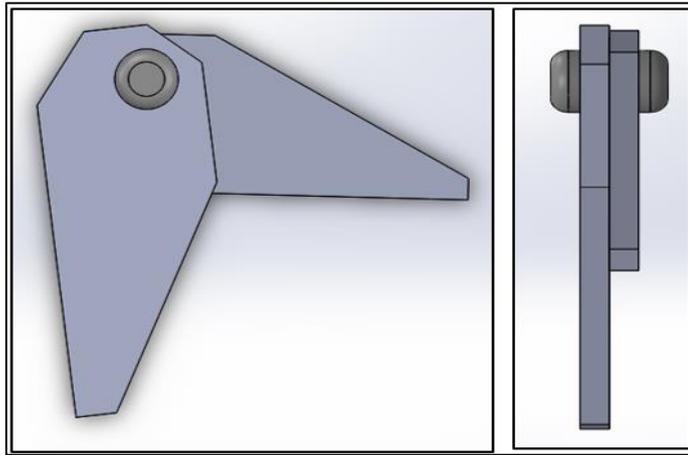


Figura 40-3: Bisagra tipo tijera.
Fuente: Autores

- Dimensiones de refuerzo: (ANEXO A lámina 09).

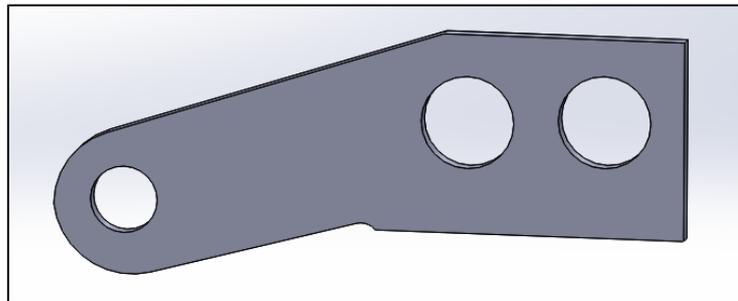


Figura 41-3: Refuerzo lateral
Fuente: Autores

- Dimensiones: (ANEXO A lámina 10).

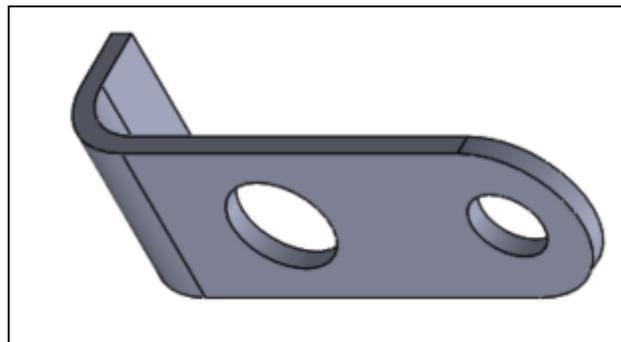


Figura 42-3: Base de giro del eslabón posterior
Fuente: Autores

Proceso de ensamble para las piezas complementarias en la carrocería:

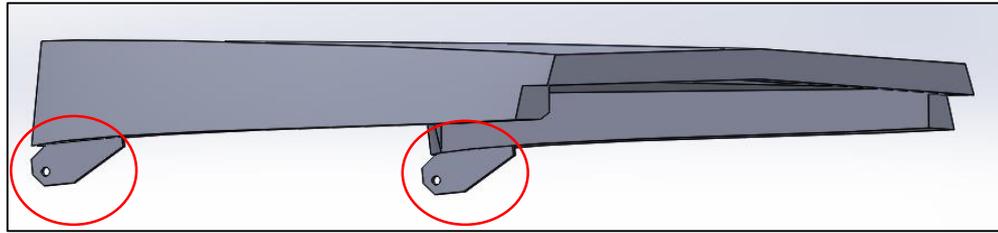


Figura 43-3: Eslabón superior con bisagras
Fuente: Autores

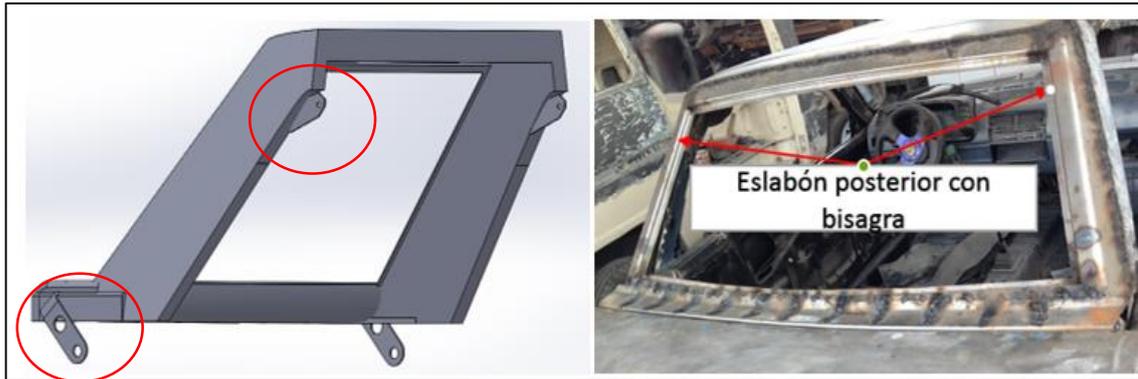


Figura 44-3: Eslabón posterior con bisagra y base de giro
Fuente: Autores

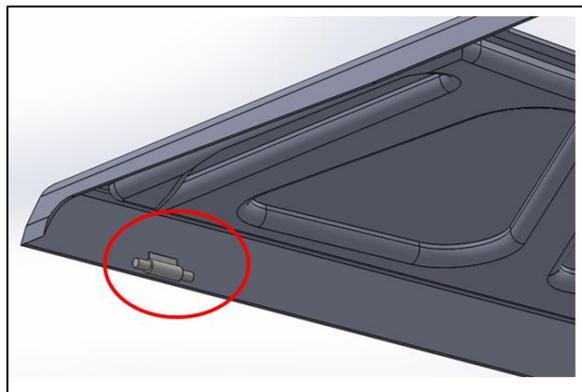


Figura 45-3: Tapa del maletero con bisagras tipo mariposa
Fuente: Autores



Figura 46-3: Carrocería con refuerzos laterales y bisagras posteriores
Fuente: Autores

- Ensamble total del mecanismo para el modelado completo del vehículo: Dimensiones de refuerzo: (ANEXO A lámina 01-02).

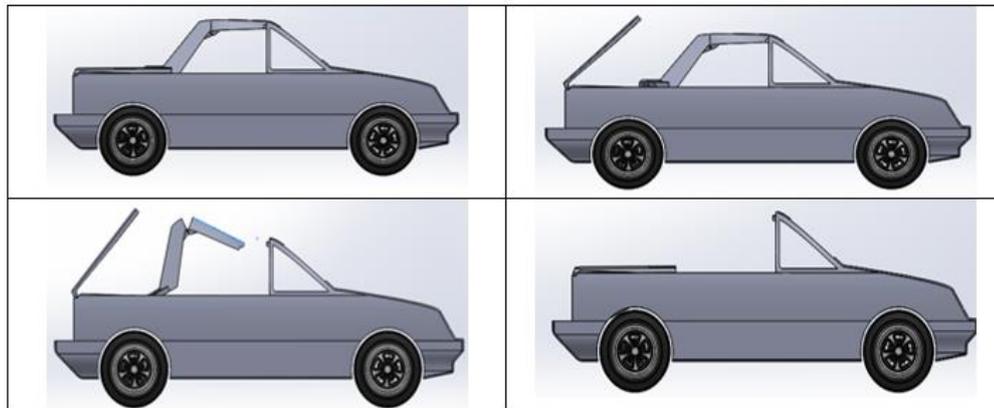


Figura 47-3: Ensamble Total
Fuente: Autores

3.5 Parámetros para el análisis

Tabla 5-3: Pesos del mecanismo

Componentes	Pesos			
	Valor	Unidad	Valor	unidad
Tapa del maletero	35	[Lb]	15,873	[kg]
Eslabón posterior con vidrio	45		20,408	
Eslabón superior	25		11,337	

Fuente: Autores

3.5.1 Materiales para el mecanismo.. Como se muestra en la siguiente tabla los elementos del mecanismo con su respectivo material de construcción y peso.

Tabla 6-3: Materiales del mecanismo

N°	Componentes	Tipo de material	Masa	Unidad
1	Tapa de maletero	ASTM A36	15	[Kg]
2	Eslabón posterior con vidrio	ASTM A36	20	
3	Eslabón superior	ASTM A36	11	
4	Amortiguador de maletero	ASTM A36	0,4535	
5	Bisagra mariposa	ASTM A36	0,4195	
6	Bisagra tijera	ASTM A36	0,337	
7	Perno para el movimiento	ASTM A354	0,187	

Tabla 7-3: (Continuación) Materiales del mecanismo

8	Base soporte de mecanismo	ASTM A36	0,256	
9	Eslabón de movimiento	ASTM A36	0,208	

Fuente: Autores

Tabla 8-3: Propiedad del material ASTM A36 utilizados en el Sistema del Techo

ASTM A36 Acero		
Propiedades	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coefficiente de Poisson	0,26	NA
Módulo cortante	7,93e+010	N/m ²
Densidad	7850	Kg/m ³
Límite de tracción	4e+008	N/m ²
Limite elástico	2,5e+008	N/m ²

Fuente: Autores

Según la norma SAE J429 - ASTM 354, seleccionamos el perno de grado 8 y medida 7/8 in , que servirá como eje de movimiento del mecanismo.

3.6 Análisis aerodinámico

Una vez modelado el vehículo Suzuki Forsa 1 en CAD se procede a realizar el análisis aerodinámico en Flow Simulation de SolidWorks 2016 para lo cual se tomarán en cuenta tres pruebas en el vehículo:

- Prueba original del vehículo Suzuki Forsa 1
- Prueba con el techo retráctil
- Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 con carrocería modificada

3.6.1 Carga aerodinámica. La carga aerodinámica es la componente vertical de la fuerza aerodinámica y perpendicular a la dirección del viento relativo. A pesar de que es la encargada de mantener el vehículo en el suelo, esta fuerza de sustentación negativa

puede verse modificada debido a la forma, superficie, la densidad del aire y la velocidad. Para poder comparar perfiles tiene como coeficiente el de sustentación (CL).

3.6.2 Resistencia aerodinámica. La resistencia aerodinámica (D) es la fuerza que se opone al avance de un objeto por el aire. En vez de la fuerza total se utiliza el coeficiente de resistencia (Cd) para comparar perfiles.

3.6.3 Condiciones de contorno para el análisis. Para el análisis aerodinámico se debe tener en cuenta que el modelo debe estar completamente cerrado, en el caso del análisis para el modelo del vehículo con techo retráctil debemos guardar en formato IGS el cual se abrirá como solido importado y el programa lo considera como sólido.

Para la simulación se debe de considerar ciertos aspectos con los cuales trabajara el programa de simulación, estos valores y condiciones son necesarios ya que durante la simulación el programa los usa para tener similitud a un túnel de viento, estos aspectos a considerar son:

- Velocidad del aire: 33 m/s (120 k/h), este valor es la velocidad tolerable para el vehículo en estudio.
- Tipo de análisis: externa, además cerrar las cavidades para que el programa excluya cavidades sin condición de flujo.
- Considerar que no existe cambios de temperatura dentro de la simulación por lo cual 0 °C que equivale a 273 °K.
- Presión de referencia: 101325 Pa equivale a la presión que ejerce la atmosfera terrestre al nivel del mar.
- Adecuación de la malla en 3 con ello se conseguirá que el programa pueda realizar el análisis debido al tamaño real en la modelación del vehículo.
- Tipo de flujo: Turbulencia, habitual para el estudio de modelos aerodinámico. El programa considera al aire fluido imperfecto, simulado condiciones realistas como en el ambiente.

Se deben tener en cuenta los aspectos antes mencionados en cada uno de los modelos de carrocería del vehículo para el análisis aerodinámico.

Los datos que se recolecte en el análisis aerodinámico serán utilizados para tener claro la comparación de pérdida de eficiencia aerodinámica para cada prueba.

3.6.4 Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 con carrocería original

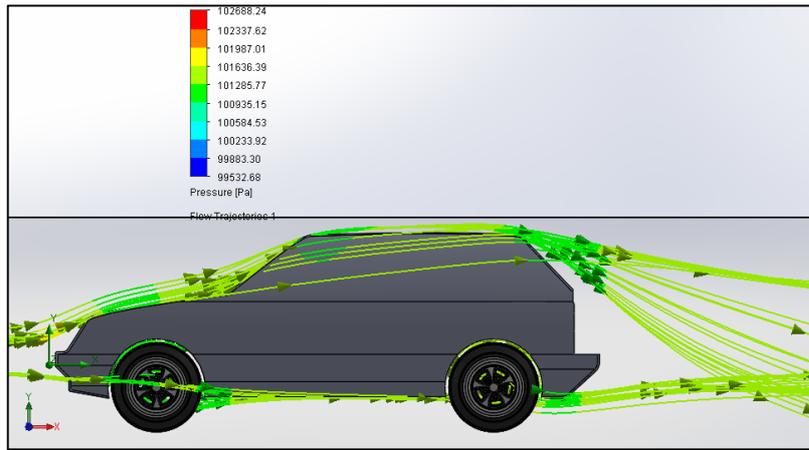


Figura 48-3: Presión (Pa) trayectoria de flujo.
Fuente: Autores.

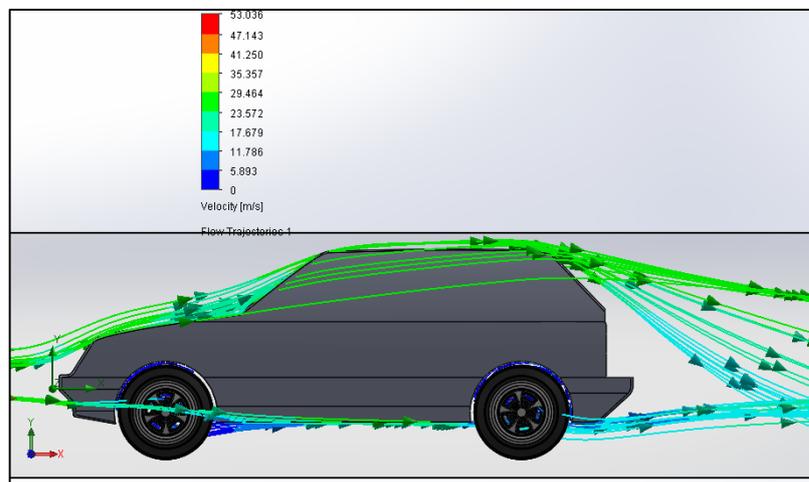


Figura 49-3: Velocidad (m/s) trayectoria de flujo.
Fuente: Autores.

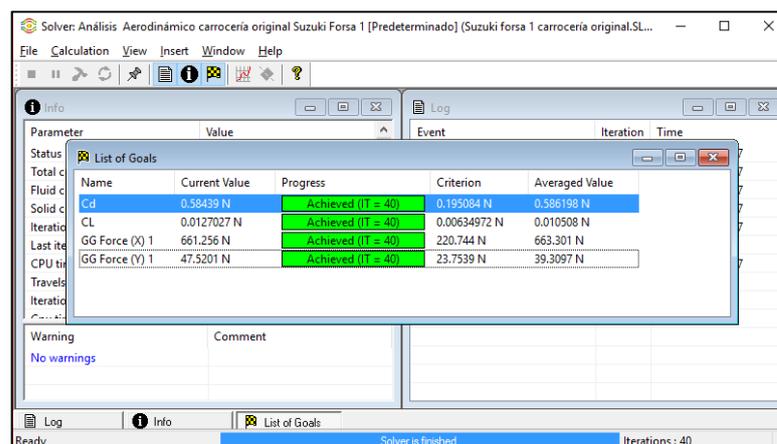


Figura 50-3: Resultados para Cd y CL del software.
Fuente: Autores.

3.6.5 Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 descapotable

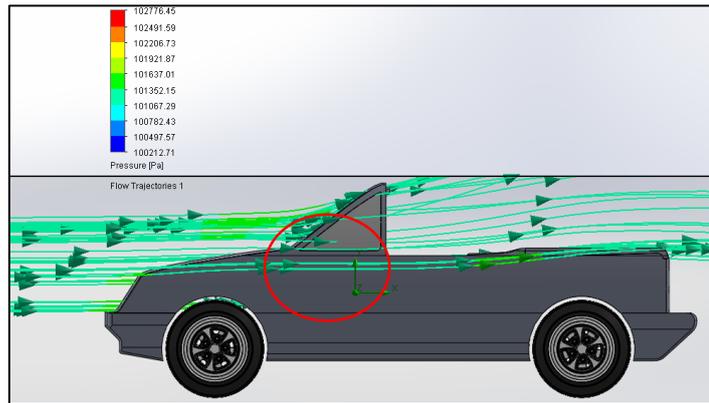


Figura 51-3: Presión (Pa) trayectoria de flujo.
Fuente: Autores.

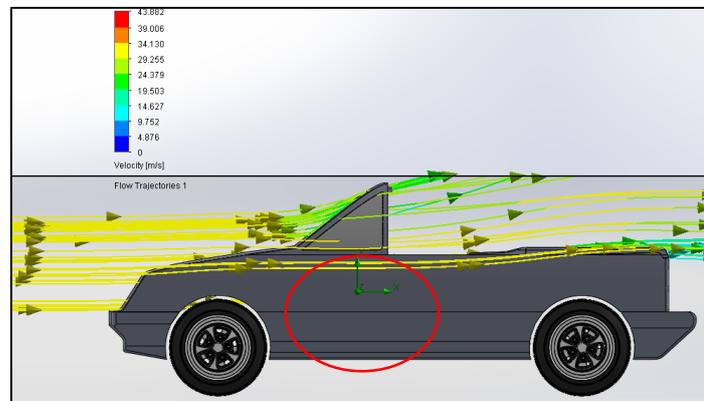


Figura 52-3: Velocidad (m/s) trayectoria de flujo.
Fuente: Autores.

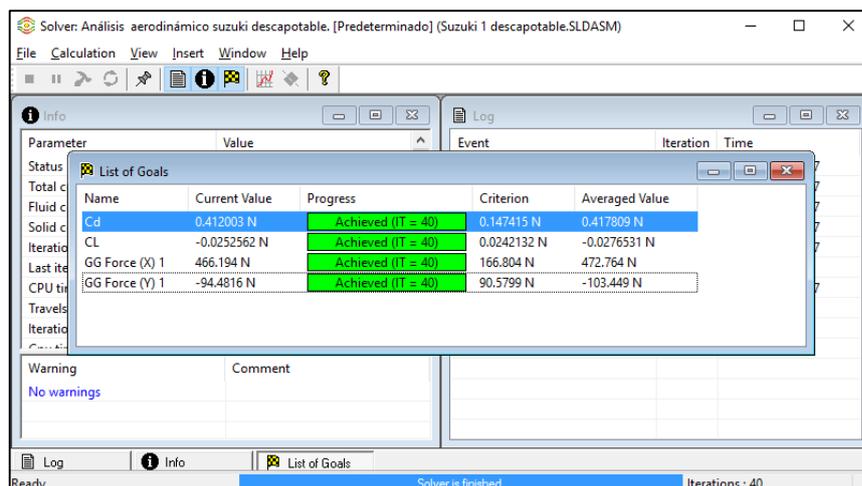


Figura 53-3: Resultados para Cd y CL del software.
Fuente: Autores.

3.6.6 Prueba del vehículo Suzuki Forsa 1 con carrocería modificada

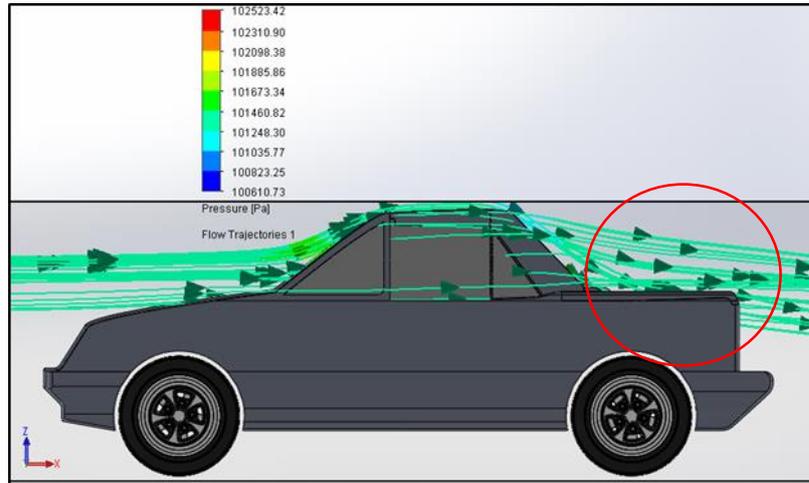


Figura 54-3: Presión (Pa) trayectoria de flujo.
Fuente: Autores

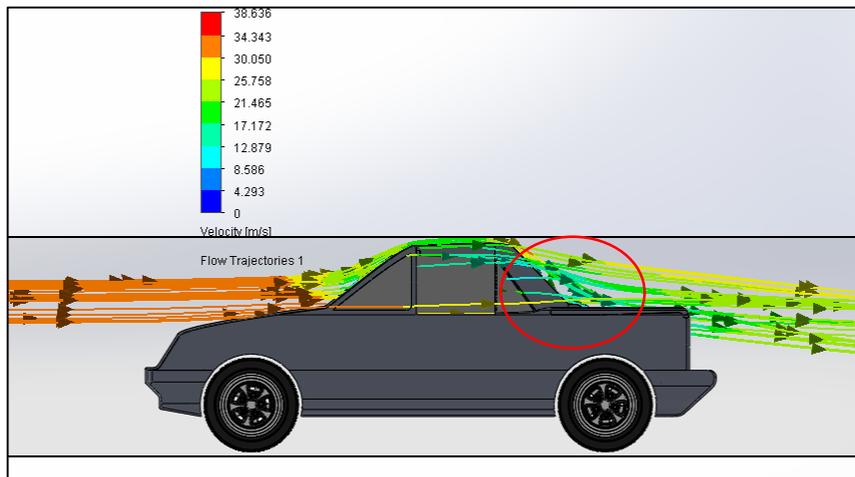


Figura 55-3: Velocidad (m/s) trayectoria de flujo.
Fuente: Autores.

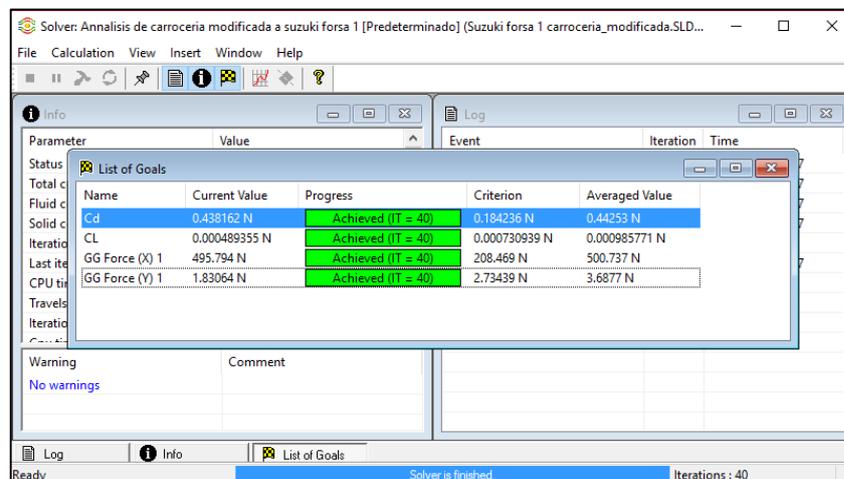


Figura 56-3: Resultados para Cd y CL del software.
Fuente: Autores.

Tabla 9-3: Coeficientes de sustentación (CL) y arrastre (Cd).

MODELO DE VEHICULO	CL	CD	EFICIENCIA (CL/CD)
Suzuki Forsa 1 con carrocería original	0,012702744	0,584390205	0.02
Suzuki Forsa 1 con carrocería modificada	0,000489355	0,438162073	1.1 x 10⁻³
Suzuki Forsa 1 descapotable	-0,025256157	0,412002775	0.06

Fuente: Autores.

- En la Tabla 7-3 se observa el comportamiento del coeficiente de sustentación (CL) y arrastre (Cd) en cada uno de las pruebas del vehículo Suzuki Forsa 1, la velocidad del fluido (Figura 55-3) debe permanecer a lo largo de la carrocería y como se observa en la zona del eslabón posterior disminuye permitiendo que la presión aumente en el eslabón posterior (ver Figura 54-3) esto genera sustentación de 0,0127 aumentando también el coeficiente de arrastre.
- En lo que respecta al modelo del vehículo descapotable las líneas de presión del fluido no varía drásticamente (ver Figura 51-3) y continúan el sentido a lo largo de la carrocería, prestemos atención en las ventoleras delanteras (Figura 52-3) la velocidad del fluido en esa zona es mayor es decir las ventoleras ayudan a disipar el fluido hacia afuera y por consiguiente la presión permanece generando el efecto anti sustentación o sustentación negativa de -0,025 este efecto ayudará a mantener al vehículo pegado al piso.

3.7 Método de elementos finitos (MEF)

El Método de los Elementos Finitos (MEF), o Análisis de Elementos Finitos (FEA), está basado en la idea de construir un objeto complicado con bloques simples, o dividiendo un objeto complicado en piezas pequeñas y manejables. La aplicación de esta idea simple puede ser encontrada en todas partes en la vida cotidiana, ha llegado a ser una herramienta poderosa en la solución numérica de un amplio rango de problemas de ingeniería, aeronaves, edificios y estructuras de puentes hasta el análisis de campos del flujo de calor, de fluidos, magnéticas, filtraciones y otros problemas de flujo.

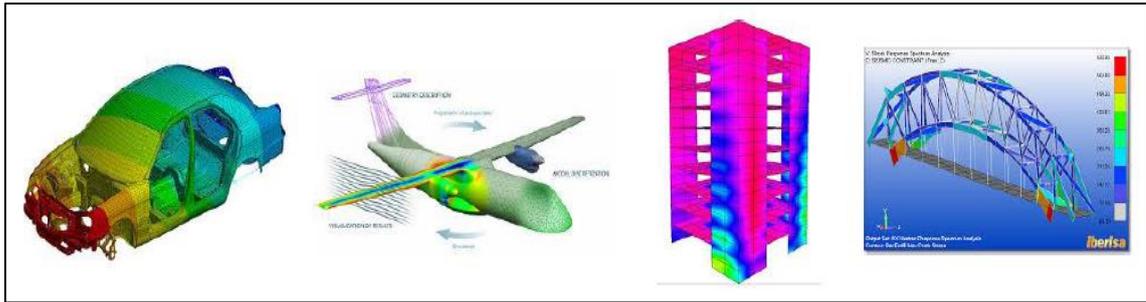


Figura 57-3: Las aplicaciones en ANSYS

Fuente: Autores

3.7.1 *Análisis y simulación mediante ANSYS*

3.7.1.1 *Descripción General del MEF.* El Método de los Elementos Finitos esta sintetizado en los siguientes pasos:

PREPROCESO (Preparación del problema)

- Definir el dominio geométrico del problema
- Definir el tipo de elemento que será utilizado en la discretización.
- Definir las propiedades de los materiales de cada elemento.
- Definir las propiedades geométricas de los elementos (longitud, área, etc.)
- Definir las conectividades de los elementos (malla de modelo).
- Definir las restricciones físicas del problema (condiciones de contorno).
- Definir las cargas aplicadas sobre el dominio.

PROCESO (Solución del problema)

- Cálculo de las matrices de rigidez y vectores de carga de cada elemento.
- Ensamblaje de las matrices de rigidez y de los vectores de carga elementales. Obtención del sistema global de ecuaciones.
- Reducción del sistema de ecuaciones mediante la aplicación de las condiciones de contorno.
- Resolución del sistema de ecuaciones asociado al problema. Obtención de los valores nodales de las variables de campo que representan el problema.
- Cálculo de variables derivadas como fuerzas de reacción, tensiones en los elementos, flujos de calor, etc.

POSTPROCESO (Análisis y evaluación de los resultados)

- Representación gráfica de los resultados (clasificación en colores dependiendo la magnitud de las variables, curvas de resultados, etc.).
- Verificación de la condición de equilibrio.
- Representación del dominio deformado (en caso de que se trate de un problema estructural). (PILAR ARIZA & PÉREZ SÁEZ, 2015)

3.7.2 *Calidad de la malla.* El software Ansys interactúa con varios métodos de calidad de malla los más conocidos son: Element Quality, Aspect Ratio, Parallel Deviation, Jacobian Ratio, Warping Ratio, Maximum Corner Deviation, Skewness y Orthogonal Quality.

La calidad de malla con el que se evaluó el mecanismo, es el Element Quality, ya que este método es muy en común y el más utilizado en el mallado.

En la siguiente figura 58-3, se muestra una barra de colores donde dependiendo del color varía la calidad de malla, mientras más cerca de 0 (rojo) la calidad de malla no es aceptable y más cerca de 1 (azul) la calidad de malla excelente.



Figura 58-3: Calidad de la malla

Fuente: <http://Lecture 07 Mesh Quality Introduction to Ansys CFD Professional p.8>

3.8 Análisis estático

Se analiza el comportamiento de las tensiones internas del mecanismo retráctil, a partir del análisis estático. Se determinará los esfuerzos máximos y mínimos de las deformaciones provocadas por las diferentes cargas que se aplican en el techo. Para realizar este análisis se utilizará elementos finitos Workbench 16.2, del software ANSYS donde nos dará los resultados de las reacciones y deformaciones que sufre el mecanismo retráctil.

3.8.1 *Análisis estático del sistema descapotable.* Para el análisis estático, se trabajó primero con la geometría en SpaceClaim eliminando interferencias y errores que se producen en el modelado, en realidad la mayor diferencia radica en que se deberá tomar

en cuenta las relaciones de contacto estén correctas y que al ser un conjunto complejo el cálculos de los modelos matemáticos requiere de una computadora con mayores propiedades, por esta razón se tomó la parte superior de la carrocería, eslabón superior y eslabón con vidrio posterior para este cálculo. En la figura 59-3, que se muestra a continuación aparece la geometría del sistema descapotable importada desde SolidWorks.

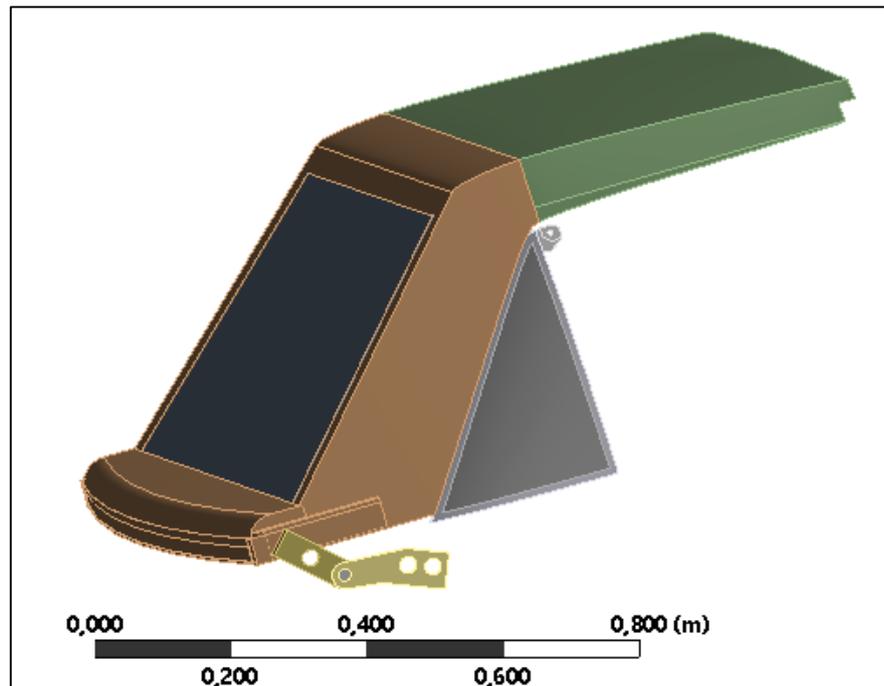


Figura 59-3: Análisis estático del sistema descapotable

Fuente: Autores

Una vez importada la geometría se da relaciones de contacto y editarlas en caso de no estar correctamente configuradas condiciones de restricciones a cada elemento, teniendo en cuenta el material a cada uno de los componentes que conforman. Luego se procede al mallado y posteriormente se configuran las condiciones de cargas como el centro de gravedad, en este caso se trabajó con masas distribuidas en cada elemento, como se muestra en la figura 60-3.

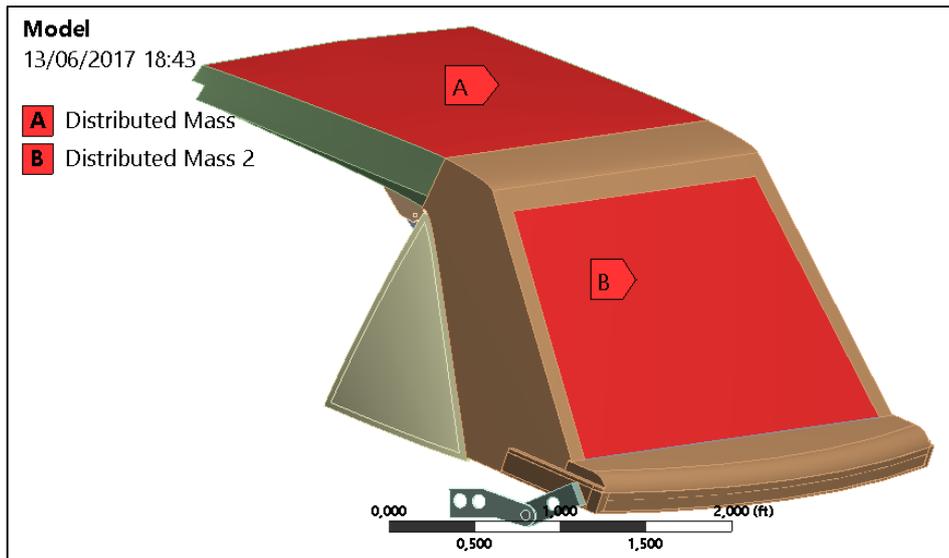


Figura 60-3: Restricciones físicas

Fuente: Autores

En la figura 61-3 se puede observar que el equivalente a Von Mises es prácticamente imperceptible en casi la totalidad de la geometría, sin embargo se marca un máximo valor igual a $1,2054 \times 10^8$ Pa lo que equivale a 120,54 MPa el cual se concentra en el punto de contacto con la base de giro del eslabón posterior, es decir en el punto donde se trasmite el esfuerzo y el movimiento que ejerce el mecanismo.

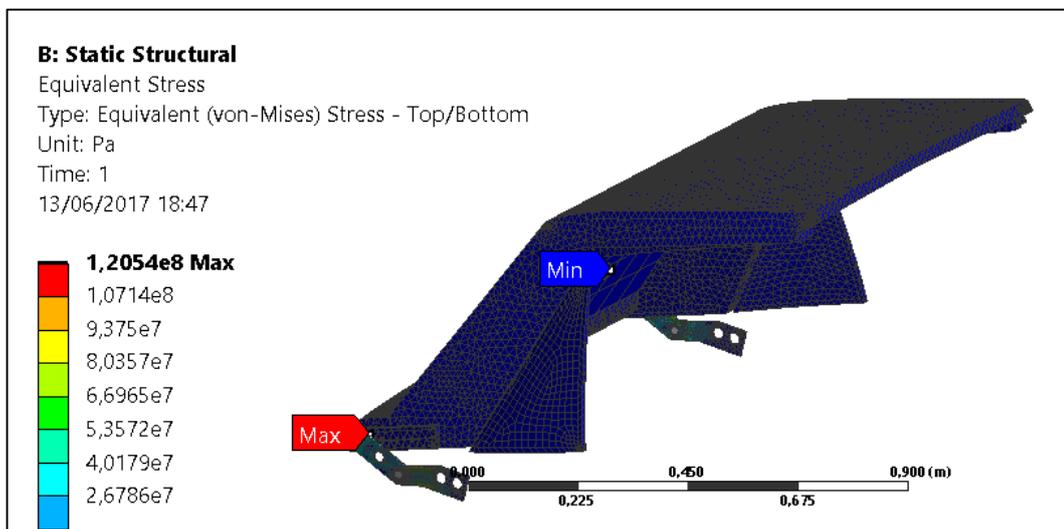


Figura 61-3: Representación del dominio de Von Mises

Fuente: Autores

En la figura 62-3. Que se muestra a continuación aparece la deformación total que sufre el techo. En dicha imagen se pueden observar los valores como la localización de estas deformaciones. Las deformaciones se localizan en el refuerzo del eje del movimiento y el eslabón superior tomando un valor máximo de $4,1462 \times 10^{-4}$ m lo que equivale a 0,41462 mm.

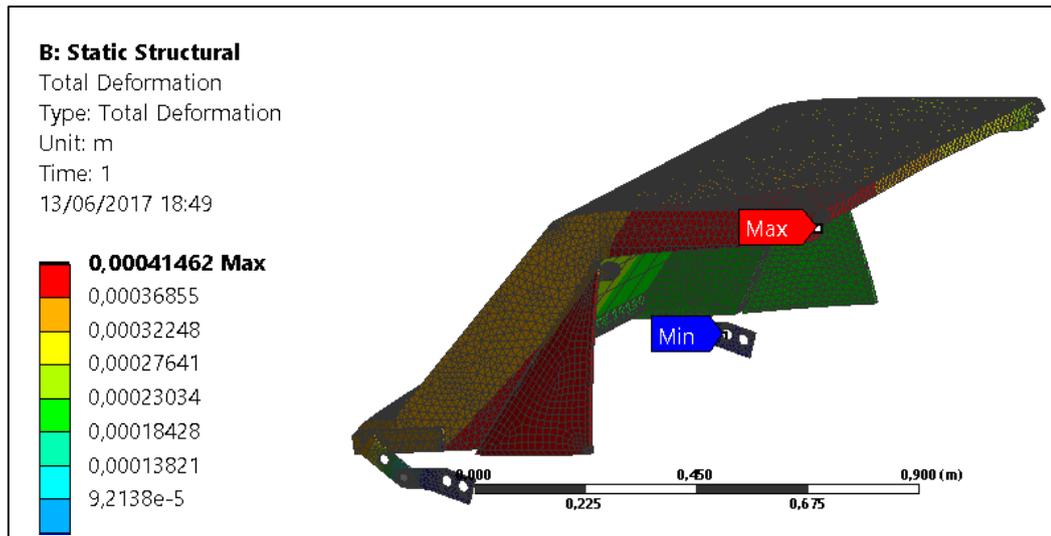


Figura 62-3: Representación del dominio deformado

Fuente: Autores

3.9 Análisis de los resultados

El analizar los resultados obtenidos luego de la simulación del techo en su totalidad se puede observar que los valores de Stress equivalente y deformación total del techo son muy pequeños.

Al finalizar el proceso de análisis se concluyó que el material utilizado acero estructural A36 cumple con las características y soporta los esfuerzos y deformaciones que se presentan en el sistema siendo adecuado para proceder al proceso de fabricación de acuerdo a los resultados obtenidos.

CAPITULO IV

4. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL TECHO RETRÁCTIL

4.1 Proceso de construcción e implementación del mecanismo descapotable

Para el proceso de construcción del sistema descapotable e implementación, se enfoca en los parámetros anteriormente vistos y deben de cumplir con dichas dimensiones y geometrías específicas las cuales varían de acuerdo a la modificación del vehículo, se toma en cuenta todos los aspectos que ayudará a realizar el mecanismo descapotable adecuado. Para la cual involucra proceso de corte, soldadura, mecanizados, pintura y tapizado interior del vehículo que más adelante será detallado cada uno de estos.

4.2 Proceso de modificación de la carrocería

Para la realización del proyecto es necesario un vehículo que cumpla con ciertas características físicas en la carrocería, por esta razón seleccionamos el Suzuki Forsa 1 tipo Hatchback, ya que cumple con dicha característica física, para la funcionalidad del mecanismo descapotable y el volumen del mecanismo.



Figura 63-4: Vista lateral Suzuki Forsa 1

Fuente: Autores

La modificación de la carrocería comenzó desmontando el habitáculo interior del vehículo (Figura 64-4) como la tapicería, los asientos, los cristales y el tanque de combustible, así tener más comodidad al trabajar y para posteriormente proceder al corte de la carrocería.



Figura 64-4: Desmonte de accesorios y componentes del habitáculo
Fuente: Autores

Para el corte del techo de la carrocería (Figura 65-4) de la parte delantera superior y en la parte trasera del vehículo se realizó con un disco de corte y con una amoladora de acuerdo con las medidas adquiridas en la modelación del prototipo. (Figura 80-ANEXO B)



Figura 65-4: Corte posterior
Fuente: Autores

Adecuación del habitáculo del maletero, colocando canales de evacuación de agua llamado vierteaguas, se construyó el vierteaguas con una plancha de tol de 2mm de espesor, formando un canal como se muestra en la (figura 66-4) para evitar la corrosión en el interior del vehículo y con ello poder definir el borde superior el cual soportará el capot del maletero.



Figura 66-4: Salpicadero de agua
Fuente: Autores

Para mejorar estéticamente la parte posterior del vehículo procedemos a cerrar el maletero adicionando material, pero tomando en cuenta la silueta deseada como se observa en la (Figura 67-4), además verificar donde se colocará las bisagras de la tapa del maletero.



Figura 67-4: Adecuación del maletero
Fuente: Autores

Según las características del vehículo y los modelos previamente analizados, determinamos que el mecanismo necesario es el de 2 eslabones plegable, se comenzó con el dimensionamiento total del vehículo, y en especial las zonas en donde se va a trabajar para la adaptación del mecanismo descapotable, para esto la primera modificación en la carrocería con la adaptación de una cajuela horizontal (Figura 68-4), para conocer el volumen de los eslabones que estos requieren cuando se plieguen y guarde en el maletero.



Figura 68-4: Tapa del maletero
Fuente: Autores

Con el maletero construido y con el volumen necesario para el mecanismo, se verifica las áreas de soporte y apoyos donde tendrá mayor esfuerzo:

En la parte delantera donde el mecanismo recorrerá su parte final y donde llegará a acoplarse (Figura 69-4), así como los parantes principales del vidrio delantero (Figura 70-4), se sueldan refuerzos de platina de 2 mm de espesor.



Figura 69-4: Refuerzos
Fuente: Autores



Figura 70-4: Refuerzo en los pilares del parabrisas delantero.
Fuente: Autores

Colocamos refuerzos en las partes lateral (Figura 71-4) aumentando material con una platina de 5 mm de espesor.



Figura 71-4: Refuerzos Laterales en la carrocería
Fuente: Autores

Se construyen las bisagras tipo mariposa (Figura 72-4) que serán de soporte para el giro de nuestro mecanismo descapotable.



Figura 72-4: Bisagras tipo tijera
Fuente: Autores

Se une las piezas tanto en los refuerzos laterales (Figura 73-4) y en el techo formando la estructura del mecanismo descapotable, tomando en cuenta la estética del vehículo.



Figura 73-4: Montaje del mecanismo
Fuente: Autores

Con todos los elementos ensamblados (Figura 74-4), con las partes reforzadas se verifica y realiza sus primeras pruebas de giro del movimiento del sistema y así verificar que no exista interferencias para que se acomode en el maletero. (VILLEGGER, 1982)



Figura 74-4: Montaje total del mecanismo en el vehículo
Fuente: Autores

4.3 Acabados Automotrices

Para los acabados estéticos exterior e interior en el Suzuki, con la adaptación del sistema retráctil hemos decidido realizar las siguientes modificaciones.

Pintura. En el proceso de pintura en el vehículo comienza aplicándose removedor de pintura para poder dejar en lata la carrocería, proceso que se lo realiza con brocha, luego se retira todo el residuo de pintura con espátula, inclusive las partes del vehículo que contienen masilla. Al finalizar este proceso aplicamos un producto desoxidante para eliminar y proteger a la carrocería de óxido y corrosión. Aplicamos una capa de masilla rápida roja Duretan 119-163 en las partes de la carrocería que presenten imperfecciones, continuando con un lijado a mano minuciosamente realizado (lijas 180 y 220), de esta forma preparamos la carrocería hasta dejarla lisa. Para terminar el proceso de lijado utilizamos lijas 360 y 400, y así aplicar un fondo poliuretano PU-650 mezclado con una sustancia diluyente PU3BL para obtener una viscosidad óptima en toda la carrocería. De ser necesario se corrige ciertas fallas con masilla, las cuales tendrán que pasar nuevamente por el proceso de lijado (lijas 220, 320 y un lijado total con lija 400).

Se debe empapelar todas las zonas del vehículo que no vayan a ser pintadas, unidas con cinta adhesiva.



Figura 75-4: Preparación del auto para pintura
Fuente: Autores

A continuación del empapelado del vehículo aplicamos 4 manos de pintura mate Glasurit poliuretano de color negro mezclado con diluyente hasta obtener la viscosidad deseada, los intervalos serán de 10 minutos por cada mano, para lograr el color y consistencia completamente uniforme. Se da un acabado con barniz Glasurit el cual es mezclado con catalizador rápido Glasurit para poliuretano y se lo aplica en tres ocasiones, con intervalos de 10 minutos. Luego de

un proceso de secado, se aplica nuevamente un proceso de lijado (lijas 3M 1000 y 1200), y pulido con maquina pulidora y pulimento 3M. Y para finalizar todo el proceso se encera la carrocería con abrillantador 3M para obtener el terminado y brillo deseado. (GARCÍA, 2010)



Figura 76-4: Propuesta del mecanismo descapotable finalizada
Fuente: Autores

Interior

En el interior del vehículo los asientos forrados en cuero darán un máximo confort a sus tripulantes. El tapizado interior por completo de cueran.

Neumáticos y Aros

El vehículo está dotado de neumáticos y aros de 13 pulgadas para la seguridad de los ocupantes y para una mejor visualización estética del mismo.

Concluido con todo su proceso de construcción la propuesta del techo retráctil en el vehículo Suzuki Forsa 1 está finalizada.



Figura 77-4: Suzuki descapotable
Fuente: Autores

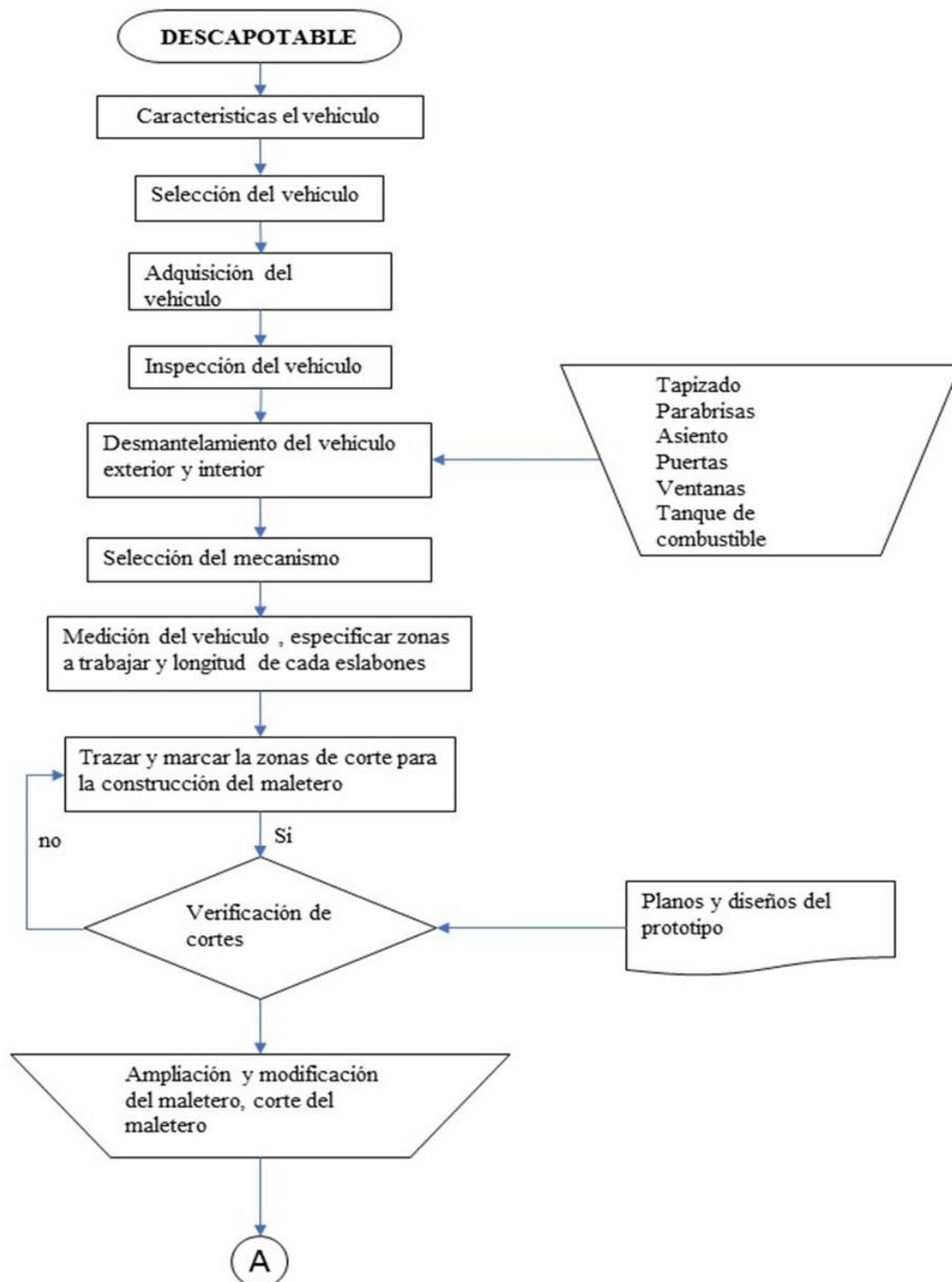
Tabla 10-4: Diferencia de pesos

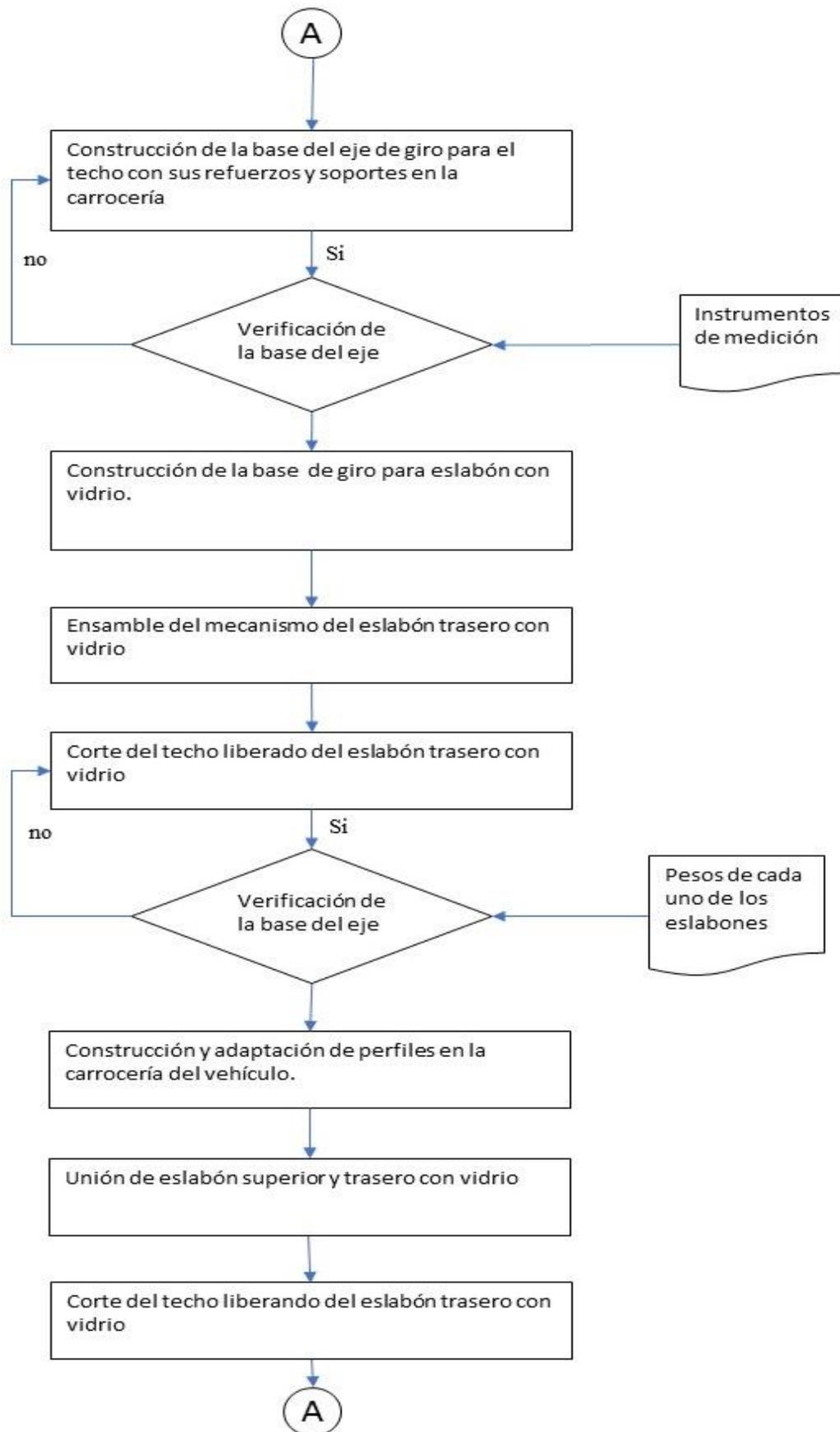
Denominación	Peso sin el sistema descapotable		Peso con el sistema descapotable	
	valor	Unidad	Valor	Unidad
Peso del vehículo sin carga	658	[kg]	667	[kg]
	1451	[lb]	1470,7	[lb]
Peso del vehículo con carga	710	[kg]	719	[kg]
	1565,3	[lb]	1585,4	[lb]
Peso máximo tolerable	1145	[kg]	1145	[kg]
	2524,3	[lb]	2524,3	[lb]

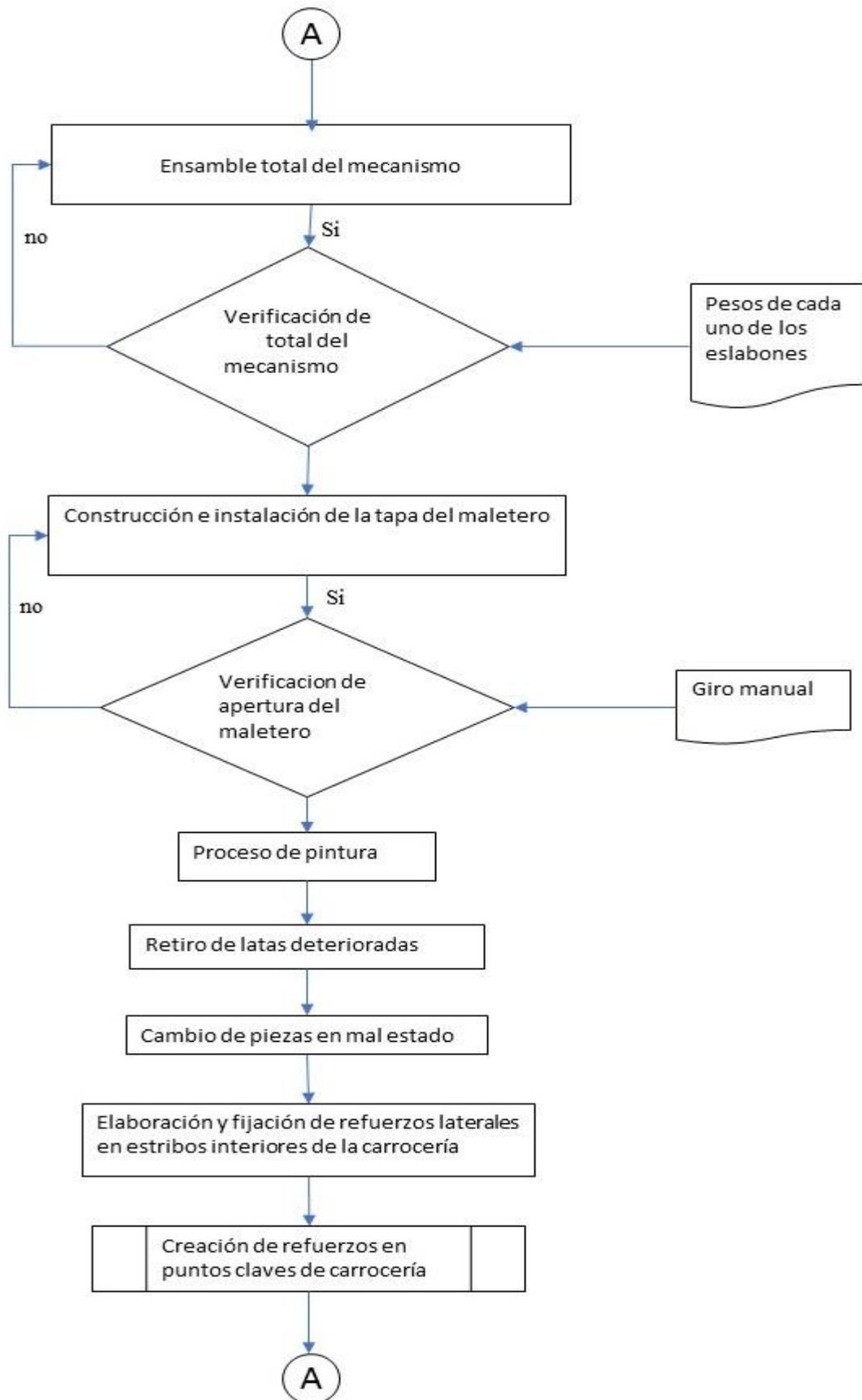
Fuente: Autores

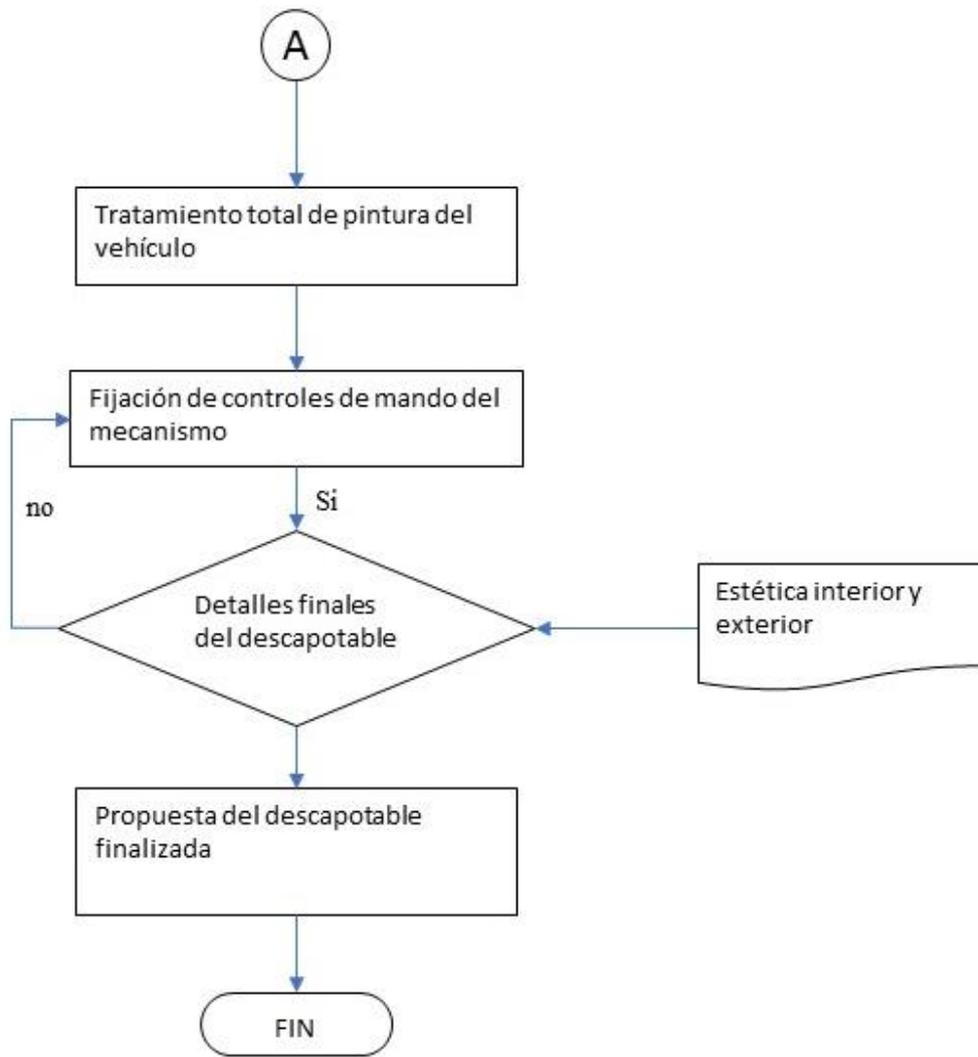
Según la tabla 8-4. De acuerdo con la implementación del sistema se obtuvo una diferencia de incremento de peso de 20 lb con el sistema descapotable, el cual entra rango apropiado según el peso máximo tolerable establecido por el fabricante el vehículo.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO CON TECHO RETRÁCTIL.









-  Fin
-  Operación manual
-  Operación
-  Control al 100%

CAPITULO V

5. ANALISIS DE COSTOS

El objetivo primordial del análisis de costo de la implementación del sistema retráctil es dar a conocer la cantidad de materiales empleados en el proceso de modificación y fabricación del mismo, y así dar a conocer el costo total, también podemos agregar que proceso de modificación en el vehículo se tomó un tiempo de dos meses para llegar a obtener buenos resultados en la implementación.

5.1 Costos directos e indirectos de la implementación del mecanismo

5.1.1 Costos directos de la implementación. Los costos se elaboraron de acuerdo al proceso de construcción del mecanismo del techo retráctil, teniendo en cuenta el precio de toda la materia prima y mano de obra empleado.

Los costos de la implementación de sistema se describen en la siguiente tabla sin tener en cuenta el costo del transporte, como indica en la Tabla 9-5.

Tabla 11-5: Detalles de los costos directos

N°	Cantidad	Tipo de material	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
1	2	Láminas de tol A36 1.20×2.40 espesor: 2 mm	35,00	70,00
2	1	Lamina de tol A36 1.2 mm	27,00	27,00
3	2	Catalizador en pasta	4,00	8,00
4	10	secante	1,50	15,00
5	8	Lija 36	0,50	4,00
6	3	Disco lijadura 36	0,80	2,400
7	2	Amortiguador de aire	35,00	70,00
8	5	Disco lijadura 80	0,90	4,50
9	5	Disco lijadura 240	1,00	5,00
10	8	Lija 240	0,75	6,00

Tabla 12-5(Continua): Detalles de los costos directos

11	20 lt	Masilla poliéster	7,00	140 ,00
12	2 lt	Fondo de relleno de poliuretano	7,50	15,00
13	4 lt.	Pintura negra de poliuretano	22,00	88, 00
14	1	Vidrio posterior	45,00	45,00
15	2	Vidrio lateral	15,00	30,00
16	2	Vidrio ventolera	10,00	20,00
17	1	Tapicería	120,00	120 ,00
18	12 (Lb)	Electrodos 6011	2,70	32,40
19	1	Mano de obra	500,00	500,00
20	1	Chapa capo	12,00	12,00
TOTAL				1214,3

Fuente: Autores

5.1.2 *Costos indirectos de la implementación.* Según la Tabla 10-5, el costo consiste en la suma de los gastos indirectos por uso de maquinaria y herramientas para la implantación del sistema con techo retráctil.

Tabla 13-5: Detalles de los costos indirectos

DESCRIPCION	COSTO(USD)
Transporte	\$150
Gastos adicionales	\$200
Documento e investigación	\$100
Total	\$450

Fuente: Autores

5.1.3 *Costo total de la implementación.* Obtenido los cotos directos y los costos indirectos se procedió a sacar el costo total de la implantación del sistema con techo retráctil como se muestra en la siguiente tabla 11-5.

Tabla 14-5: Detalles de los costos totales de fabricación

Tipo	Valor [USD]
Costos Directos	\$1214,3
Costos Indirectos	\$450
Costo Total	\$1664,3

Fuente: Autores

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se optó por el diseño del Peugeot 306 por las características de modelo y semejanza en el perfil de la carrocería.

Determinamos el mecanismo adecuado para el techo retráctil el cual consta de dos eslabones con dos movimientos independientes.

El análisis aerodinámico demostró que el Suzuki Forsa 1 descapotable mejora la eficiencia de la carrocería original además que genera sustentación negativa o anti sustentación que permite mayor agarre con el suelo por lo tanto en las curvas podrá ir más rápido sin que esta fuerza exceda los límites y el automóvil no derrape este parámetro es muy importante ya que este tipo de modificaciones se pueden implementar en vehículos para competencias.

Se realizó las simulaciones en el software Ansys y se obtuvo resultados favorables para la construcción, obteniendo factores de seguridad mayores a 1,6 siendo óptimos para evitar fallos en la estructura..

Se realizó las simulaciones en el software Ansys y se obtuvo resultados favorables para la construcción, obteniendo factores de seguridad mayores a 1,6 siendo óptimos para evitar fallos en la estructura.

El mecanismo del techo está diseñado para soportar hasta el doble de su peso sin alterar su forma original y sin sufrir roturas, al igual que el mecanismo del maletero, que está diseñado para soportar hasta 4 veces su peso. Los elementos están contruidos con material base acero ASTM A36 ya que este material es el más económico en el mercado, A36 posee un porcentaje superior de Carbono mejorando su resistencia a la tracción, durante el análisis por elementos finitos no presento ningún problema.

En el proceso de la construcción se llevó a cabo con herramientas específicas, que ayudó a que no se presente ningún limitante durante la implementación del mecanismo descapotable.

Se elaboraron las pruebas de protocolo de funcionamiento del mecanismo retráctil con sus respectivas fichas de mantenimiento como se muestra en los ANEXOS B.

6.2 Recomendaciones

En este proyecto se debe tomar en cuenta las medidas que se obtienen mediante la modelación de piezas para evitar posibles fallos y corregirlos a tiempo, los esfuerzos y cargas deben concordar con lo que se pretende obtener con el proyecto.

Así mismo se propone el modelado total del vehículo, con el fin de lograr una mejor aproximación de las deformaciones obtenidas en el análisis de la estructura, considerando que este modelado implica manejo de materiales de todos los elementos del vehículo, aproximación de geometría y pesos de la carrocería, elementos que influyen directamente en este tipo de ensayo.

Para la construcción del mecanismo es necesario contar con un taller en el que se disponga de todas las herramientas requeridas. Cortadoras, Soldadoras, amoladoras, compresores, etc.

Disponer de personal capacitado para procesos de soldadura, y posteriormente realizar una inspección de soldadura.

Durante el transcurso de descapotar y capotar el automóvil, se lo debe hacer con el auto estacionado y primeramente el maletero, para que el techo pueda plegarse y guardarse con facilidad además de tener en cuenta las recomendaciones establecidas en los protocolos de funcionamiento del mecanismo.

Se recomienda en posteriores proyectos un estudio para la automatización del mecanismo.

BIBLIOGRAFÍA

AGUSTO, Ramon; & MEJIA, A. *Tecnología del Automóvil*. [En línea] 13 de enero de 2016. [Consulta: 28 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://autastec.com/blog/tag/descapotables/>.

AWS. *Norma de soldadura vol. 6*. [En línea] AWS, 17 de 09 de 2013. [Consulta: 09 de 05 de 2017]. Disponible en: https://cityofmaterials.asminternational.org/content/ASM/StoreFiles/05264G_index.pdf.

CESVIMAP. *Seguridad Vial*. [En línea] Agosto de 1995. [Consulta: 17 de Noviembre de 2016]. Disponible en: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1040960.

CROUSE, William, H. *Chasis y carrocería del automóvil*. Barcelona: S.A. Marcombo, 1984. pp. 22-30.

EMITH. *Análisis y Actualidad del motor*. [En línea] 09 de noviembre de 2007. [Consulta: 14 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.coches20.com/definicion-de-coupe/>.

GARCÍA; & Pérez, Concepción. *Carrocería y Pintura*. [En línea] 9 de Julio de 2010. [Citado el: 19 de Noviembre de 2016]. Disponible en: http://www.centrozaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R9_A1.pdf.

ALONSO, J. M. *Técnicas del automóvil chasis*. Madrid, ESPAÑA: S.A. EDICIONES Paraninfo, 2008. p 135

MAURENZA, Ramon. *Techos en vehículos cabrio*. [En línea] 12 de julio de 2014. [Consulta: 13 de Diciembre de 2016]. Disponible en: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1070469.

MIRANDA, Jose. *Apuntes de mecanismos*. Mexico: Oceano, 2009. pp. 85-88.

MYSZKA, David. *Maquinas y mecanismos*. DF. Mexico: Pearson Educación, 2012. p. 99

NORTON, Robert. *Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos.* Worcester-Massachusetts: McGraw-HILL/Interamericana, 2009. pp. 56-58.

PASEO MANUEL, Girona. *Manual CEAC del Automovil.* Barcelona: Ceac, S.A., 2013. pp. 852-874.

PÉREZ, Jose; & Alfonso, Manuel. *Técnicas del Automovil- Chasis.* Madrid: Paraninfo, 2010. pp. 67-85.

PÉREZ, Roque. *Fundamentos de mecanismos y maquinaria para ingenieros.* Madrid: Mac-Graw/Hill Interamericana , 1997. pp. 135-145.

Richard, G; & Nisvett, Keith J. *Diseño e ingeniería mecánica de shigley.* Missouri: MCGRAW-HILL, 2012. pp. 148-160.

PILAR ARIZA, Moreno; & PÉREZ SÁEZ, Andrés. *Metodo de los elementos finitos. introduccion a ansys.* Barcelona-España: Universidad de Sevilla. 2015. p. 141

VILLEGGER, Yvon. *Reparacion de carrocerias: tecnicas y practicas.* Barcelona : CEAC, 1982. pp. 865-867.