



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

AUTORES: CEDILLO CALUÑA, DANIEL ALEJANDRO

VILLAVICENCIO ZAMBRANO, EDGAR VINICIO

**TEMA: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL CHASIS,
CARROCERÍA Y ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DE UN
VEHÍCULO BLINDADO 4 X 4.**

DIRECTOR: ING. ARTEAGA, OSCAR

CODIRECTOR: ING. CRUZ, MAURICIO

LATACUNGA, FEBRERO 2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. ARTEAGA OSCAR (DIRECTOR)

ING. CRUZ MAURICIO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN

Que el trabajo “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL CHASIS, CARROCERÍA Y ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DE UN VEHÍCULO BLINDADO 4X4**”, realizado por DANIEL ALEJANDRO CEDILLO CALUÑA, EDGAR VINICIO VILLAVICENCIO ZAMBRANO, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza, aprendizaje, aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional por lo que si recomendamos su publicación.

El mencionado trabajo consta de DOS documentos empastados y DOS discos compactos, los cuales contienen los archivos en formato portátil de Acrobat PDF. Autorizan a: DANIEL ALEJANDRO CEDILLO CALUÑA, EDGAR VINICIO VILLAVICENCIO ZAMBRANO, que lo entregue al ING: JUAN CASTRO, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Febrero 2015

Ing. Arteaga Oscar

Ing. Cruz Mauricio

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Cedillo Caluña Daniel Alejandro

Villavicencio Zambrano Edgar Vinicio

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado titulado “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL CHASIS, CARROCERÍA Y ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DE UN VEHÍCULO BLINDADO 4X4**”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

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

Latacunga, Febrero 2015

Cedillo Caluña Daniel Alejandro
C.C.: 1717129215

Villavicencio Zambrano Edgar Vinicio
C.C.: 1718294273

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL CHASIS, CARROCERÍA Y ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DE UN VEHÍCULO BLINDADO 4X4**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad y autoría.

Latacunga, Febrero 2015

Cedillo Caluña Daniel Alejandro
C.C.: 1717129215

Villavicencio Zambrano Edgar Vinicio
C.C.: 1718294273

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado una vida llena de salud, por sus bendiciones y por la oportunidad que me da de seguir avanzando cada día.

A mis padres quienes siempre fueron el ejemplo a seguir, por ese apoyo incondicional, por tenerme paciencia, por el esfuerzo que hacen y por el amor que siempre me han dado.

Cedillo Caluña Daniel Alejandro.

Dedico la presente tesis a Dios por ser quien me dio la vida y me puso en este mundo, el cual me provee de grandes bendiciones y me ha dado una gran familia.

A mis padres quienes me llenan de amor, saben guiar en este duro pero maravilloso camino que es la vida y por los que he sacado adelante la carrera universitaria y el título que conlleva.

A mi familia que me ha esperado y dado todo su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Doy infinitas gracias a Dios por darme la vida y el carácter para no desistir en esta etapa universitaria, no fue fácil pero tampoco imposible y así como tuve inconvenientes y algunos obstáculos dios me dio las soluciones en el transcurso de mi vida estudiantil.

A mis padres por el apoyo tanto moral como económico así pues como sus palabras y consejos llenos de cariño y amor los cuales me sirvieron de aliento y motivación para seguir adelante en todo aspecto. Ellos fueron y son el motor que me impulsa y me ayuda alcanzar mis metas, ya que entendí que no se trata solo de estar en el camino si no, de llegar.

A mis tutores y profesores quienes compartieron sus conocimientos y guiatura en el transcurso de la carrera lo cual me sirvió para culminar esta etapa con éxito.

A Dios por darme la fuerza, sabiduría y entendimiento requeridos para culminar esta fase de mis estudios.

A mis padres porque son un pilar fundamental en mi vida y por ser los benefactores de los recursos tanto financieros como espirituales, con los cuales he culminado mi tesis y obtenido mi título.

A mis tutores, quienes me han guiado con sus conocimientos y experiencias en mi trabajo escrito y han sabido realizarlo con toda responsabilidad.

A mis profesores, quienes estuvieron en cada etapa de la vida estudiantil me guiaron con sus conocimientos impartidos en un aula y que próximamente aplicare en mi vida profesional.

A mi familia por ser un ejemplo de unidad que con su experiencia me ayudado a escoger el mejor camino y el sendero por el cual quiero transitar toda mi vida, por el camino del bien.

A mis amigos con los que compartí momentos maravillosos y me ayudaron cuando lo necesite.

A las personas con las cuales he coincidido en el transcurso de la vida y me han sabido ayudar o dar su punto de vista sobre la resolución de un problema no solo en la realización de este trabajo, sino en los que nos presenta la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
CERTIFICADO	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE CUADROS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Identificación del problema	1
1.3 Objetivo general:	1
1.4 Objetivos específicos:	2
1.5 Blindaje	2
1.5.1 Tipos de blindaje	2
1.5.2 Determinación del tipo de blindaje	5
1.5.3 Materiales utilizados en el blindaje	6
1.5.4 Formas de blindar un automotor	10
1.6 Chasis	11
1.7 Carrocería	12
1.7.1 Agujero Balístico	12
1.7.2 Pared de fuego	12
1.7.3 Puertas blindadas y bisagras resistentes	13
1.7.4 Techo y suelo.	14
1.7.5 Manillas y retrovisores.	14

1.7.6	Sistema de Parachoques	15
CAPÍTULO II		16
DISEÑO DEL CHASIS Y CARROCERÍA		16
2.1	Parámetros de diseño	16
2.2	Determinación de cargas para el blindaje	16
2.3	Selección del material para el blindaje	20
2.3.1	Blindaje Opaco:	20
2.3.2	Blindaje transparente:	21
2.4	Dimensionamiento del blindaje	22
2.4.1	Blindaje opaco	22
2.4.2	Blindaje transparente	22
2.5	Diseño geométrico de la carrocería	22
2.6	Análisis de la estructura del vehículo	23
2.6.1	Cargas estáticas	24
2.6.2	Cargas dinámicas	25
2.6.3	Combinaciones básicas de cargas	30
2.6.4	Consideraciones de apoyos en la estructura:	31
2.6.5	Consideraciones para el análisis de la estructura en computadora:	31
2.6.6	Tipo de estudio a realizar.	32
2.6.7	Tipo de juntas, uniones:	32
2.6.8	Asignación de cargas a la estructura:	32
CAPÍTULO III		40
CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE		40
3.1	Planos de construcción y montaje del bastidor	40
3.2	Construcción del bastidor	40
3.3	Montaje de los sistemas del vehículo	42
3.4	Montaje de los accesorios internos y externos del vehículo	44
3.5	Montaje de la carrocería	46
3.6	Análisis de costos	61
CAPÍTULO IV		62
PRUEBAS		62

	xi
4.1 Prueba del blindaje de la carrocería	62
4.2 Desempeño del automotor en diferentes superficies	66
4.2.1 Velocidad máxima en línea recta del vehículo en terreno arenoso	66
4.2.2 Velocidad máxima en pendiente (15%) del vehículo en terreno arenoso	66
4.2.3 Velocidad máxima en línea recta del vehículo en terreno asfaltado	67
4.2.4 Velocidad máxima en pendiente (15%) del vehículo en terreno asfaltado	67
4.2.5 Velocidad máxima del vehículo con una pendiente entre 12° - 13,2°	68
CAPÍTULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 Conclusiones	70
5.2 Recomendaciones	71
BIBLIOGRAFÍA	72
NETGRAFÍA:	73
ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: La síntesis química de Kevlar a partir de (para- fenilendiamina) y cloruro de tereftaloílo.	6
Figura 1.2: Kevlar.....	7
Figura 1.3: Corte de una lámina de acero para blindaje	8
Figura 1.4: Blindaje transparente	9
Figura 1.5: Runflat	10
Figura 1.6: Elementos a blindar	12
Figura 1.7: Pared de fuego	13
Figura 1.8: Puertas y Bisagras.....	13
Figura 1.9: Techo y piso blindado.....	14
Figura 1.10: Manillas y retrovisores	14
Figura 1.11: Parachoques.....	15
Figura 2.1: Representación esquemática de las capas del blindaje.	17
Figura 2.2: Fuerza de impacto según varios ángulos de inclinación.....	19
Figura 2.3: Kevlar.....	20
Figura 2.4: Acero balístico	21
Figura 2.5: Vidrio Blindado.....	21
Figura 2.6: Geometría de la carrocería	23
Figura 2.7: Efectos de la fuerza centrífuga.	27
Figura 2.8: Efecto de la inercia en las curvas.	27
Figura 2.9: Área que es afectada por el viento.	29
Figura 2.10: Esfuerzo de Von Mises, combinación 1	34
Figura 2.11: Esfuerzo de Von Mises, combinación 2	34
Figura 2.12: Esfuerzo de Von Mises, combinación 3.....	35
Figura 2.13: Esfuerzo de Von Mises, combinación 4	35
Figura 2.14: Esfuerzo de Von Mises, combinación 5.....	36
Figura 2.15: Esfuerzo de Von Mises, combinación 6	36
Figura 2.16: Esfuerzo de Von Mises, combinación 7	37
Figura 2.17: Esfuerzo de Von Mises, combinación 8.....	37
Figura 2.18: Desplazamiento resultante	38
Figura 2.19: Factor de seguridad.....	38

Figura 3.1: Largueros, travesaños y bases	40
Figura 3.2: Motor y caja de cambios	41
Figura 3.3: Tanque de combustible.....	41
Figura 3.4: Ilustración del motor y tren de rodaje.....	42
Figura 3.5: Sistema de transmisión y suspensión.....	42
Figura 3.6: Sistema de frenos delantero	43
Figura 3.7: Sistema de frenos posterior	43
Figura 3.8: Montaje de chapas delanteras.....	44
Figura 3.9: Chapa delantera	44
Figura 3.10: Chapa capot	45
Figura 3.11: Seguro del capot.....	45
Figura 3.12: Medición y corte de tubos	46
Figura 3.13: Soldadura de los parantes y travesaños.....	47
Figura 3.14: Nivelación de los tubos	47
Figura 3.15: Nivelación de parantes	48
Figura 3.16: Miembros estructurales.....	48
Figura 3.17: Travesaños del techo.....	49
Figura 3.18: Puertas delanteras.....	49
Figura 3.19: Puertas posteriores.....	50
Figura 3.20: Limpieza de residuos	50
Figura 3.21: Tubos Pulidos	51
Figura 3.22: Limpieza de limallas.....	51
Figura 3.23: Dobladora de tol.....	52
Figura 3.24: Techo con los canales diseñados	52
Figura 3.25: Vista del techo desde la parte interior.....	53
Figura 3.26: Bisagras.....	53
Figura 3.27: Persiana instalada con cuatro pernos.....	54
Figura 3.28: Puertas Posteriores	54
Figura 3.29: Carrocería pintada	55
Figura 3.30: Vehículo antes de ser transportado	55
Figura 3.31: Vehículo listo para ser blindado	56
Figura 3.32: Corte para la instalación del kevlar	56
Figura 3.33: Moldes de cartulina.....	57

Figura 3.34: Instalación del kevlar	57
Figura 3.35: Sujeción del acero balístico con prensas.....	58
Figura 3.36: Portaequipaje blindado con kevlar y acero balístico	58
Figura 3.37: Puerta blindada.....	59
Figura 3.38: Techo blindado	59
Figura 3.39: Bodega de vidrios Blindados	60
Figura 3.40: Vehículo forrado con plásticos y papel	60
Figura 3.41: Carrocería Finalizada.....	61
Figura 4.1: Pistola utilizada para la prueba del blindaje opaco y transparente.....	62
Figura 4.2: Antes de prueba Vidrio blindado.....	63
Figura 4.3: Resultados de la prueba vidrio blindado	64
Figura 4.4: Antes de la prueba del blindaje opaco	64
Figura 4.5: Prueba puerta blindada.....	65
Figura 4.6: Trauma Generado por la bala de 9mm de calibre	65
Figura 4.7: Velocidad máxima en terreno arenoso.	66
Figura 4.8: Velocidad máxima con inclinación en terreno arenoso.	67
Figura 4.9: Velocidad máxima en asfalto.	67
Figura 4.10: Velocidad máxima con inclinación en asfalto.....	68
Figura 4.11: Velocidad máxima en pendiente a 2500 r.p.m.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Nivel de blindaje según norma NIJ 108.01.....	4
Tabla 1.2: Propiedades del kevlar.....	7
Tabla 1.3: Propiedades del Nylon.....	9
Tabla 2.1: Dimensiones a considerar.....	16
Tabla 2.2: Angulo de inclinación vs fuerza de impacto de la bala.....	20
Tabla 2.3: Valores a tomar en cuenta para calcular la carga viva.....	25
Tabla 2.4: Velocidad en función del radio de curvatura para determinar la carga de Giro (CG).....	28
Tabla 2.5: Cargas estáticas en la estructura.....	32
Tabla 2.6: Cargas dinámicas en la estructura.....	32
Tabla 2.7: Valores de cargas de diseño.....	33
Tabla 2.8: Valores de cargas de diseño.....	33
Tabla 3.1: Propiedades del acero ss 303.....	40
Tabla 3.2: Costos de los materiales utilizados para la construcción y blindaje del vehículo.....	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1	17
Ecuación 2.2	18
Ecuación 2.3	18
Ecuación 2.4	24
Ecuación 2.5	24
Ecuación 2.6	25
Ecuación 2.7	25
Ecuación 2.8	26
Ecuación 2.9	27
Ecuación 2.10	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1: Niveles de blindaje	5
Cuadro 2.1: Criterios de aplicación del factor de seguridad.....	22
Cuadro 4.1: Análisis de resultados	69

RESUMEN

El siguiente proyecto se basa en el diseño y construcción de un vehículo blindado 4x4, debido a que en la actualidad se encuentra vehículos de este tipo pero con un tamaño muy grande y no apropiado para que se pueda camuflar en los medios por los que transita ya que se los puede identificar con facilidad desde distancias considerables; a diferencia de esos vehículos blindados existentes, este tipo de vehículo es de menor tamaño pero resistente, potente y veloz, diseñado para todo terreno. La principal idea fue diseñar un chasis y una carrocería resistente pero lo más liviana posible aplicando los respectivos esfuerzos, cargas y tensiones, mediante la simulación por software se encontró resultados favorables. Después de la construcción de la estructura metálica se implementó el material blindado el cual fue sometido a pruebas con un arma cuyo calibre era de 9 mm con un resultado favorable y acorde a lo estipulado por la norma escogida.

PALABRAS CLAVE: MATERIAL BLINDADO, ESTRUCTURA METÁLICA, CHASIS Y CARROCERÍA, VEHÍCULO BLINDADO, CAMUFLAJE VEHICULAR.

ABSTRACT

The current Project is based on the design and build of an armored 4x4 vehicle. Because of today we only found vehicles of this type but so big and inadequate to camouflage them in ways which they transit because of these vehicles are easily identified from considerable distances. Different of these existent armor vehicles, this type of vehicle is smaller but strong, powerful and fast, designed for all terrain. The main idea was design a chassis and bodywork very resistant but the lightest possible applying the respective charges, efforts and strains by means of software simulation with favorable results. After of the built of the metallic structure it was implemented the armor material which was tested with a gun with a caliber of 9 mm with a favorable result and according to the stipulations of the chosen prescript.

***KEYWORDS:* ARMOR MATERIAL, METALLIC STRUCTURE, CHASSIS AND BODYWORK, ARMOR VEHICLE, VEHICULAR CAMOUFLAGE.**

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en diseñar, construir y montar la carrocería de un vehículo blindado 4 x 4, mediante la correcta aplicación de diferentes herramientas computacionales de última tecnología y utilizando componentes nacionales o internacionales de fácil adquisición en el mercado; cumpliendo para ello con todos los estándares de seguridad y confiabilidad exigidos para este tipo de vehículos y con la posibilidad de ser complementado en proyectos futuros con armamento, sistemas automáticos o autónomos de seguridad y control, para así poder ofertarlo a las Fuerzas Armadas del Ecuador.

1.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el Ejército Ecuatoriano no cuenta con un vehículo pequeño (biplaza) que le permita realizar, de forma ágil, segura y económica, operaciones de reconocimiento y vigilancia en lugares de difícil acceso, con caminos demasiados estrechos y en ambientes muchas veces hostiles.

Los vehículos blindados que pueden ser utilizados para maniobras de reconocimiento o de rescate tienen costos elevados y muchas veces no se adaptan a los condiciones del medio en el que va ha ser utilizados, por lo que, además de ser vehículos a los que pocas Instituciones Nacionales pueden acceder debido a que se requiere elevados recursos económicos, en varios ocasiones no cumplen con las expectativas esperadas debido a que no fueron diseñados para nuestro medio, por lo que este proyecto se enfoca en solucionar este problema a nivel nacional así como para otros países en vías de desarrollo.

1.3 OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar y construir un vehículo blindado 4 x 4 maniobrable en terrenos poco accesibles para usarse en el ámbito militar, de seguridad o de rescate.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñar y construir el bastidor y la carrocería blindada para el vehículo 4 x 4.
- Realizar el estudio y selección de los materiales para el blindaje del vehículo y la forma de la carrocería para el fin propuesto.
- Utilizar software de ingeniería asistida por computador para simular, diseñar el bastidor y carrocería del vehículo.

1.5 BLINDAJE

El término blindaje se refiere a barreras físicas de protección, utilizadas en sistemas de transporte o combate para reducir o evitar el daño causado por el fuego enemigo.

En el blindaje clásico se emplean para esta finalidad planchas metálicas, como el acero, de un cierto grosor, actuando como cubierta del cuerpo a proteger. Un factor de importancia a considerar es el peso agregado al cuerpo como resultado del blindaje y los efectos de éste sobre la maniobrabilidad. Por ejemplo, los tanques, y las naves, pueden ser equipados con fuertes blindajes de peso significativo, ya que su maniobrabilidad relativa es de por sí reducida, con respecto a un jeep, camión, o aeronave de transporte militar, que requiere de una maniobrabilidad mayor, no puede ser equipado con un blindaje muy pesado.

1.5.1 TIPOS DE BLINDAJE

Para la medición del nivel de protección de los materiales que componen el auto blindado, existen varias normas en distintos países, como la norma Norteamericana NIJ (National Institute of Justice), norma alemana DIN (Deutsches Institut für Normung) y norma europea CEN (Comité Europeo de normalización).

Según la norma NIJ 0108.01 tenemos los siguientes niveles de blindaje.

a) NIVEL I: Projectiles calibre .22 lr y .38 special (spl).

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .22 LRHV, punta de plomo (SL), con masas nominales de 2.6 gr (40 grains), disparados por cañones de 15 cm a 16.5 cm de longitud que impactan a una velocidad de 320+/-12 m/s (1050+/-40 pies/seg) y del calibre .38 SPL, punta redonda de plomo (RNSL), con masas nominales de 10.2 gramos (158 grains), disparados por cañones de prueba de 15cm a 16,5 cm de longitud que impactan a una velocidad de 259+/-15 m/s (850+/-50 pies/seg).

b) NIVEL II-A: Projectiles calibre 0.357 magnum (mg) de baja velocidad y 9 mm de baja velocidad

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre 0.357 Mg encamisados de punta blanda (JSP), con masas nominales de 10.2 gr. (158 grains), disparados por cañones de 10 cm a 12 cm de longitud que impactan a una velocidad de 381+/-15 m/s (1250+/-50 pies/seg) y de calibre 9 mm encamisados (FMJ), con masas nominales de 8.0 gr. (124 grains), disparados por cañones de prueba de 10 cm a 12 cm de longitud impactando a una velocidad de 332+/-12 m/s (1090+/-40 pies/seg).

c) NIVEL II: Projectiles calibre 0.357 mg de alta velocidad y 9 mm de media velocidad

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre 0.357 Mg encamisados punta blanda (JSP) con masas nominales de 10.2 g (158 grains), disparados por cañones de 15 cm a 16.5 cm de longitud que impactan a una velocidad de 425+/-15 m/s (1395+/-50 pies/seg) y calibre 9 mm encamisados (FMJ) con masas nominales de 8.0 g (124 grains), disparados por cañones de prueba de 10 cm a 12 cm que impactan a una velocidad de 358+/-12 m/s (1175+/-40 pies/seg.).

d) NIVEL III-A: Projectiles calibre .44 mg y 9 mm de alta velocidad

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre .44 Mg de plomo semi-sacabocado, con gas check (SWC-GC), con masas nominales de 15.55 gramos (240 grains), disparados por cañones de 14 cm a 16 cm que impactan a una velocidad de 426+/-15 m/s (1400+/-50 pies/seg.) y calibre 9

mm encamisado (FMJ) con masas nominales de 8.0 g (124 grains), disparados por cañones de 24 cm a 26 cm que impactan a una velocidad de 426+/-15 m/s (1400+/-50 pies/seg.) .







e) NIVEL III: Projectiles calibre 7.62 mm nato.

Estos blindajes protegen contra proyectiles calibre 7.62 mm NATO (.308 Winchester), encamisado (FMJ), con masas nominales de 9.7 g (150 grains), disparados por cañones de 56 cm que impactan a una velocidad de 838+/-15 m/s (2750+/-50 pies/seg).

f) NIVEL IV: Projectiles perforantes calibre 30-06 ap.

Estos blindajes protegen contra un disparo de proyectil perforante 30-06 AP, con masas nominales de 10.8 gr (166 grains), disparado por cañones de 56 cm que impactan a una velocidad de 868+/-15 m/s (2850+/-50 pies/seg). Proporcionan protección contra un solo disparo, como mínimo, de los proyectiles de los calibres correspondientes a los niveles II-A, II, III-A y III, mostrados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Nivel de blindaje según norma NIJ 108.01

Armor Type (Protection Level)	Test Ammunition	Nominal Bullet Mass	Suggested Barrel Length	Required Bullet Velocity	Required Hits Per Arm or Specimen	Permitted Penetrations
	22 LRHV	2.6 g	15 to 16.5 cm	320 ± 12 m/s	5	0
	Lead	40 gr	6 to 6.5 in	1050 ± 40 ft/s		
	38 Special	10.2 g	15 to 16.5 cm	259 ± 15 m/s	5	0
	RN Lead	158 gr	6 to 6.5 in	850 ± 50 ft/s		
	357 Magnum	10.2 g	10 to 12 cm	381 ± 15 m/s	5	0
	JSP	158 gr	4 to 4.75 in	1250 ± 50 ft/s		
	9 mm	8.0 g	10 to 12 cm	332 ± 12 m/s	5	0
	FMJ	124 gr	4 to 4.75 in	1090 ± 40 ft/s		
	357 Magnum	10.2 g	15 to 16.5 cm	425 ± 15 m/s	5	0
	JSP	158 gr	6 to 6.5 in	1395 ± 50 ft/s		
	9 mm	8.0 g	10 to 12 cm	358 ± 12 m/s	5	0
	FMJ	124 gr	4 to 4.75 in	1175 ± 40 ft/s		
	44 Magnum	15.55 g	14 to 16 cm	426 ± 15 m/s	5	0
	Lead SWC Gas Checked	240 gr	5.5 to 6.25 in	1400 ± 50 ft/s		
	9 mm	8.0 g	24 to 26 cm	426 ± 15 m/s	5	0
	FMJ	124 gr	9.5 to 10.25 in	1400 ± 50 ft/s		
	7.62 mm	9.7 g	56 cm	838 ± 15 m/s	5	0
	308 Winchester FMJ	150 gr	22 in	2750 ± 50 ft/s		
	30-06	10.8 g	56 cm	868 ± 15 m/s	1	0
	AP	166 gr	22 in	2850 ± 50 ft/s		

(AP) Armor Piercing, (FMJ) Full Metal Jacket, (JSP) Jacketed Soft Point, (LRHV) Long Rifle High Velocity, (RN) Round Nose, (SWC) Semi-Wadcutter

Fuente: <http://www.inkastrans.com/about-us/ballistic-chart/>

1.5.2 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE BLINDAJE

El nivel de blindaje se determina de acuerdo al calibre de las municiones que puede soportar. Por ejemplo, un blindaje nivel cuatro puede resistir a varios tipos de pistolas y rifles. Hay que tener en cuenta que los niveles de blindajes se clasifican de manera diferente en Europa y en Estados Unidos. El blindaje se clasifica en cinco niveles dependiendo de su resistencia a los distintos tipos de armas y proyectiles. Una manera simple de entender la protección que brindan los distintos niveles es la siguiente:

Los niveles II-A y II protegen de ataques realizados con armas conocidas como cortas.

- Los revólveres, escuadras y subametralladoras se consideran en su mayoría armas cortas.
- Las estadísticas disponibles en el mundo demuestran que estas son las armas que generalmente usa la delincuencia común.

Los niveles III-A, III y IV resisten prácticamente todas las armas de mano, incluyendo las conocidas como largas.

- Los rifles, rifles de asalto y algunas escopetas se clasifican generalmente como armas largas.
- Este tipo de armas es empleado más comúnmente por el crimen organizado.

Cuadro 1.1: Niveles de blindaje

Nivel de blindaje	Delito	Tipo de arma
II-A y II	Robo del automóvil en presencia de sus pasajeros. Todas las armas convencionales	Todas las armas convencionales de calibres .22, .38, .45, 9 mm y .357 Magnum.
III-A y III	Asalto a los pasajeros. Todas las armas convencionales	Todas las armas convencionales de calibres .22, .38, .45, 9 mm, .357 Magnum y Magnum .44, y subametralladoras de los mismos calibres.

CONTINUA 

IV	Secuestro	Rifles militares AK-47 o de calibres 7.62 x .39 FMJ/PB/FE e inferiores, AR-15 y M-16.
V y VI	Atentado	Rifles militares de calibres 7.62 x .51 FMJ/SC/AP e inferiores, M80 Galil, 5.56 NATO, etc.

Fuente: <https://sites.google.com/a/uabc.edu.mx/seguridad-express/que-es-el-blindaje/niveles-de-blindaje>

1.5.3 MATERIALES UTILIZADOS EN EL BLINDAJE

a) Aramida:

Se utilizan para fines militares, como pueden ser compuestos balísticos o protecciones personales, y en el campo aeroespacial. Las cadenas moleculares de las fibras de aramida están altamente orientadas en el eje longitudinal, lo que permite aprovechar la fuerza de sus uniones químicas para usos industriales.

Las aramidias se utilizan en forma de fibras, forman fibras aún mejores que las poliamidas no aromáticas, como el nylon 6,6.

Un tipo de aramida es el Kevlar, el cual es utilizado en el área del blindaje.

Las fibras de KEVLAR consisten en las cadenas moleculares largas producidas de terephthalamidepoly-paraphenylene-paraphenylene. Las cadenas se orientan altamente con la vinculación fuerte del intercambio que da lugar a una combinación única de características.

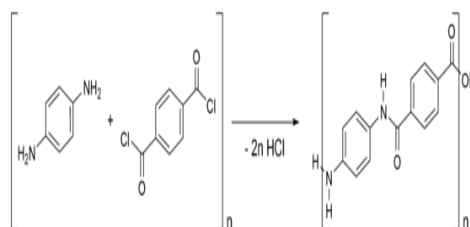


Figura 1.1: La síntesis química de Kevlar a partir de (para-fenilendiamina) y cloruro de tereftaloilo.

Fuente: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/679805>

Características generales de KEVLAR:

- Alta fuerza extensible con bajo peso
- Alargamiento bajo para romper el módulo alto (rigidez estructural)
- Conductividad Eléctrica Baja
- Alta Resistencia Química
- Contracción Termal Baja
- Alta Dureza (Trabajar-A-Romperse)
- Estabilidad Dimensional Excelente
- Alta Resistencia Del Corte

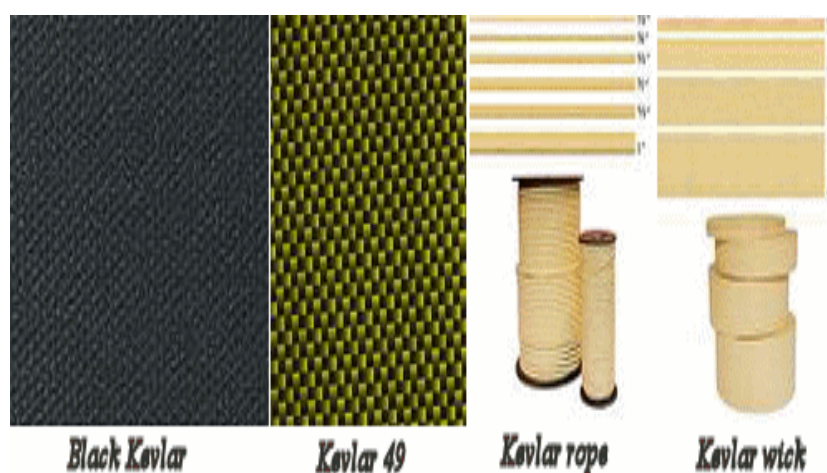


Figura 1.2: Kevlar

Fuente: <http://www.formula1-dictionary.net/kevlar.html>

Existen varios tipos de kevlar pero se detallan los tres más importantes cuyas propiedades mecánicas son:

Tabla 1.2: Propiedades del kevlar

PROPIEDADES MECÁNICAS	KEVLAR 29	KEVLAR 49	KEVLAR 129
Módulo de elasticidad (GPa)	70	113	96
Resistencia a la tracción (MPa)	2965	2965	3390
Alargamiento a la rotura (%)	4.2	2.6	3.5

Fuente: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.383.7433&rep=rep1&type=pdf>

El Kevlar se utiliza para hacer objetos tales como chalecos a prueba de balas y neumáticos de bicicleta resistentes a las pinchaduras. Las mezclas de Nomex y de Kevlar se utilizan para hacer ropas anti-llama.

b) Acero balístico

Desde el punto de vista balístico es el material con más aplicaciones dentro del amplio abanico de elementos de blindaje para uso militar y trabajo pesado (vehículos, trenes, plataformas, lanchas o edificios) por su bajo costo y facilidad de manejo e instalación, maleabilidad, resistencia a impactos repetitivos y la facilidad de ser cortado y conformado en formas complejas, además de ser soldado y unido mecánicamente.



Figura 1.3: Corte de una lámina de acero para blindaje

Fuente: <http://www.ballistic.hn/materiales/>

c) Vidrios Blindados.

Los Cristales proveen un nivel superior de protección contra los desafíos más difíciles de seguridad; desde ataques fortuitos hasta actos de violencia callejera para proteger a los tripulantes. Los Terroristas disparan lo que ellos ven, y usualmente eso es a través de las ventanas de los carros. La forma de blindaje es reemplazando todos los cristales existentes con el cristal curvo que haga juego para proveer máxima seguridad, óptica superior, de construcción de peso ligero y servicio de larga duración.

Las ventanas son compuestas de cristal y sustratos de policarbonato laminados con capas interiores como se muestra en la Figura 1.4. Diseñado para absorber la energía de varias amenazas balísticas.

Características del cristal:

- Libre de distorsión
- Diseñado para lucir como un cristal convencional automovilístico.
- No es afectado por las fluctuaciones de temperatura.
- Ofrece protección confiable contra una variedad de armas de fuego.



Figura 1.4: Blindaje transparente

Fuente: www.sabercurioso.es/tag/vidrio/

d) Nylon anti fragmentario

Fue desarrollado inicialmente para el campo aeroespacial, por su gran resistencia al corte y capacidad atenuante de la onda explosiva, actúa como protector para esos fragmentos y proyectiles secundarios que son característicos en ataques con explosivos, cuyas propiedades se observa en la tabla 1.3.

Tabla 1.3: Propiedades del Nylon

	Densidad (g/c.c)	Alargamiento (%)	Absorción de H2O a 23°C(%)	Módulo de elasticidad (MPa)
Nylon 6	1.14	4 - 5	10	2600 - 3200
Nylon 6.6	1.14	4.5 - 5	9	2700 - 3300

Fuente: www.ua.es/dpto/dqino/RTM/.../FibrasPolimericas_Vero_Paz_Ainara.pps

pps

e) *Runflat*

Es un neumático reforzado que permite seguir rodando durante una cierta distancia y a una cierta velocidad cuando se produce un pinchazo, los hay de diversos materiales, entre los que se encuentran caucho, aluminio, nylon y polímeros. El aro va instalado sobre la cara interna de la llanta, perfectamente moldeado a ésta y sujeto de tal manera que no pueda girar sobre ella. La superficie de rodado del aro sobresale de la llanta entre 1 y 5 cm, dependiendo de la aplicación, de tal manera que, al quedar sin aire el neumático, el vehículo rueda sobre la llanta apoyada en los aros, evitando que corte las caras de los neumáticos y ofreciendo un mejor agarre del neumático al piso y una mayor durabilidad del mismo. Permiten al vehículo viajar entre 80 y 100 Km. a un máximo de 70 km/h, en condiciones óptimas.



Figura 1.5: Runflat

Fuente: <http://www.carparts.com/carcare/runflattires.htm>

1.5.4 FORMAS DE BLINDAR UN AUTOMOTOR

a) *En el caso de un automóvil particular,*

El proceso inicia con un completo inventario de las partes y su funcionamiento; posteriormente son desmontados los vidrios, el tablero, tanque de combustible, asientos, instrumentos electrónicos y componentes para dejar solo la carrocería; se continúa con la medición del piso, techo,

cortafuegos y puertas con el fin de crear moldes de estas piezas con materiales balísticos (vidrio, acero o compuestos).

Igualmente, el motor es blindado para proteger la batería y tanque de combustible y son colocados los vidrios de seguridad y llantas runflat (inmune a las perforaciones). Se puede cambiar la tapicería por un material que proteja contra el fuego. Esta transformación puede aumentar entre 250 kilos y 1000 kg de peso, lo que obliga a aumentar la potencia del motor, los amortiguadores, fortalecer los frenos con discos de mayor agarre y mejorar la transmisión para no afectar el rendimiento del vehículo.

A continuación el automotor se ensambla con sus piezas originales, este proceso de blindaje termina con el control de calidad (certificación de cero defectos), el cual asegura la apariencia estética del carro o el acabado de fábrica. Por último las empresas de seguridad o blindaje recomiendan realizar una revisión cada seis meses para vigilar el desgaste o actualizar el equipamiento.

b) En el caso del vehículo militar

El proceso inicia de cero, a partir del chasis comienza la fabricación de la carrocería (las soldaduras para este tipo de blindaje son muy exigentes, casi indestructibles).

Además la estructura de este tipo de auto es diferente a la de uno civil, pues es mono bloqué o monocasco. Adicionalmente son instalados algunos equipos tecnológicos (visión nocturna, comunicaciones, instalación de torretas en la parte superior para armas), por ello son muy utilizados como blindaje el acero.

1.6 CHASIS

El bastidor es una de las partes fundamentales del vehículo, se adiciona el sistema de transmisión, de frenado, de dirección, suspensión y cuyo conjunto se llama chasis.

Los materiales que más se emplean para la construcción de bastidores son, el acero aleado de alto límite elástico (desde los 380 N/mm² hasta los 600 N/mm²), comúnmente conocidos como aceros ss.

El bastidor al no tener puntos visibles, gracias a la cubierta que ofrece la carrocería, no necesita de un blindaje especial, al tener nuevas cargas, se debe determinar de forma teórica y práctica si es necesario hacer un reforzamiento del bastidor.

Según normas de blindaje, los fabricantes de los materiales de protección establecen los pesos aproximados que son sumados al peso del vehículo y cuyos efectos de torsión, tracción y flexión recaen en el bastidor.

1.7 CARROCERÍA

1.7.1 Agujero Balístico

Se lo realizará mediante la fabricación de una celda de blindaje balística.

La Figura 1.6 nos indica los elementos más importantes a blindar en un automóvil.

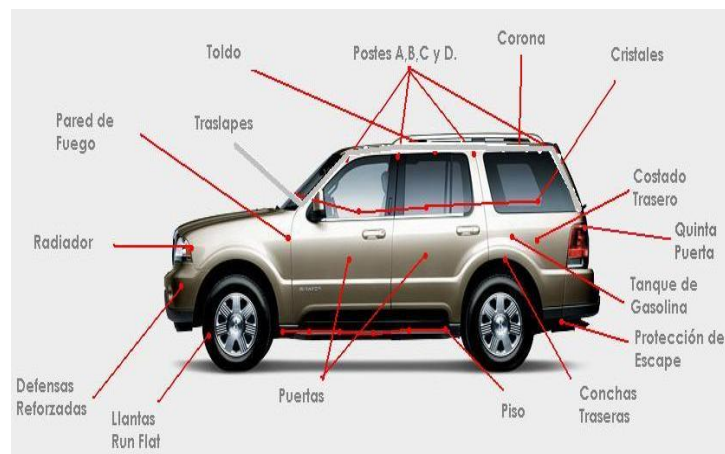


Figura 1.6: Elementos a blindar

Fuente: <http://tbimexico.net/site/blindaje/>

1.7.2 Pared de fuego

Zona intermedia, divisoria, entre el motor y la cabina de pasajeros del vehículo, blindada con acero balístico o Kevlar (Figura 1.7), asegurando con

esto que ningún proyectil penetre por la parte frontal al interior de la cabina del vehículo.

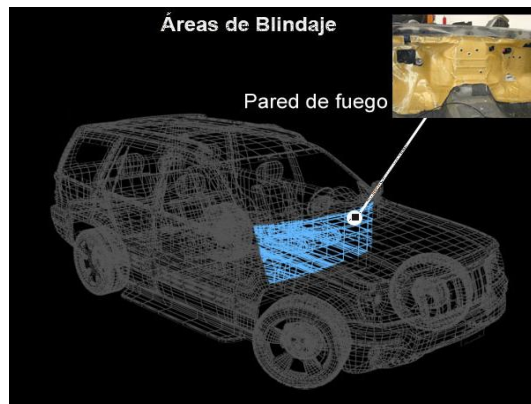


Figura 1.7: Pared de fuego

Fuente: <http://www.vehiculosblindadosmexico.com.mx/es/areas-de-blindaje/>

1.7.3 Puertas blindadas y bisagras resistentes

Una de las principales características que hace especial a un vehículo blindado es su cuerpo reforzado (Figura 1.8). Desde las puertas y bisagras que deben soportar una carga adicional de hasta 70 kg, junto con pilares, postes, paneles laterales, paneles de cuarto delantero, paneles y la puerta trasera blindadas con acero balístico o kevlar, dependiendo de la necesidad.



Figura 1.8: Puertas y Bisagras

Fuente: <http://www.armorcar.com.ec/blindaje02.php>

1.7.4 Techo y suelo.

Techo y suelo blindado con Kevlar (Figura 1.9).



Figura 1.9: Techo y piso blindado

Fuente: <http://www.armorinternational.com/es/productos/blindaje/automovilesycamionetas.html>

1.7.5 Manillas y retrovisores.

Blindadas por el interior con acero balístico o Kevlar.



Figura 1.10: Manillas y retrovisores

Fuente: <http://www.armorcar.com.ec/blindaje02.php>

1.7.6 Sistema de Parachoques

Los parachoques son muy importantes, ya que en determinada situación pueden usarse para abrir camino, embistiendo.

A su vez es reforzada la zona del radiador, que incluye acero balístico para no permitir que una bala atraviese el sistema.

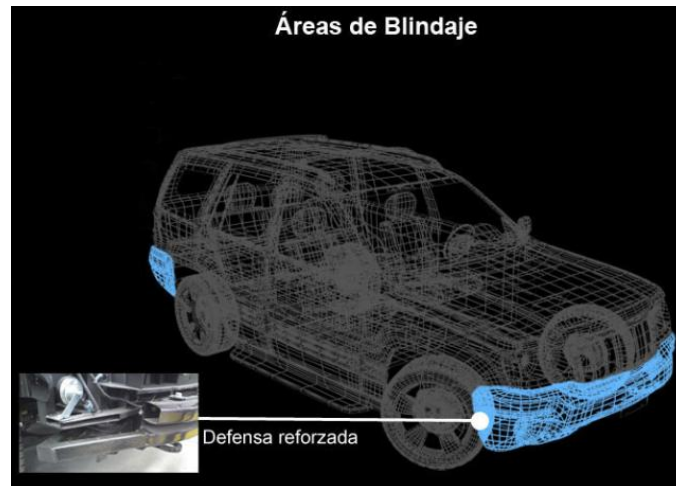


Figura 1.11: Parachoques

Fuente: <http://www.vehiculosblindadosmexico.com.mx/es/areas-de-blindaje/>

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL CHASIS Y CARROCERÍA

2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

El nivel de blindaje a utilizar es el tipo II A, determinado en la norma NIJ 0108.001 que está dirigida al blindaje de vehículos automotores, según se observa en la tabla 1.1.

Se escogió este nivel de blindaje por motivos del peso del blindaje, dicho peso es adicionado al vehículo de forma homogénea y haciendo que el bastidor soporte un peso adicional de 200 kg.

El vehículo a utilizarse será de tipo carrocería de chasis independiente siendo las siguientes las medidas a respetarse, dichas medidas son consideradas para este diseño, cumplen normativas ecuatorianas, como la Ordenanza de Gestión Urbana Territorial, respecto al ancho de vía por la que transita un vehículo y depende del bastidor diseñado, siendo este un bastidor parecido al de un vitara tres puertas clásico.

Tabla 2.1: Dimensiones a considerar.

DIMENSIONES	(mm)
Ancho	1720
Altura	1590
Largo	3420

Al tener un motor 1600 c.c. su potencia y velocidad va a estar disminuida por el peso adicional del blindaje, así como su desempeño.

2.2 DETERMINACIÓN DE CARGAS PARA EL BLINDAJE

En la tabla 1.1 se encuentra datos de la bala de calibre 9 mm como la velocidad con la que se realiza la prueba del blindaje y la masa de la bala considerada a continuación:

Masa: 8 g = 0.008 kg

Velocidad final: 332 m/s

Velocidad inicial: 347 m/s

Distancia: 5m

$$V_f^2 = V_i^2 \pm 2 \cdot e \cdot a$$

Ecuación 2.1

Despejando la aceleración tenemos:

$$a = \frac{V_f^2 - V_i^2}{\pm 2 \cdot e}$$

$$a = \frac{332^2 - 347^2}{2(5)}$$

$$a = -1018.5 \text{ m s}^2$$

La aceleración es negativa por que desacelera en el transcurso de la trayectoria de 5 m que es a la cual se realiza la prueba al blindaje.

En la figura 2.1 tenemos una representación de corte transversal del blindaje con sus diferentes capas que se compone de 3 mm de espesor de acero A-36, una capa de aire de 5 mm que se produce por la utilización de pegamento en los bordes del kevlar y 9 capas de aramida de 1 mm de espesor cada una y en las que se va a disipar la energía de la bala.

Espesor: 0.017m



Figura 2.1: Representación esquemática de las capas del blindaje.

Se aplica las siguientes ecuaciones para determinar la aceleración y fuerza con la cual impacta la bala a cualquier parte de la carrocería.

$$a = \frac{V_f^2 - V_i^2}{\pm 2 \cdot e}$$

La velocidad final es cero por que se toma en cuenta que la bala se tiene que detener.

$$a = \frac{0 - 332^2}{\pm 2(0.017)}$$

$$a = -3241882.35 \text{ m s}^2$$

La aceleración es negativa por que desacelera en el transcurso de la trayectoria desde que impacta hasta que se detiene por completo que es una distancia de 17 mm.

Y la ecuación de la fuerza según la segunda ley de newton es:

$$F = m \cdot a \quad \textbf{Ecuación 2.2}$$

$$F = 0.008 (3241882.35)$$

$$F = 25935.06 \text{ N}$$

La fuerza antes mencionada es cuando la bala impacta de forma perpendicular con el material de blindaje sea este transparente u opaco, si tiene una inclinación diferente, esta fuerza será inferior a la calculada anteriormente como se observa en la figura 2.2.

La fuerza de impacto de la bala según el ángulo de inclinación del blindaje se calcula gracias a la función trigonométrica coseno.

$$\cos\phi = \frac{F_i}{F_{bala}} \quad \textbf{Ecuación 2.3}$$

Donde:

Fi= Fuerza de impacto (N)

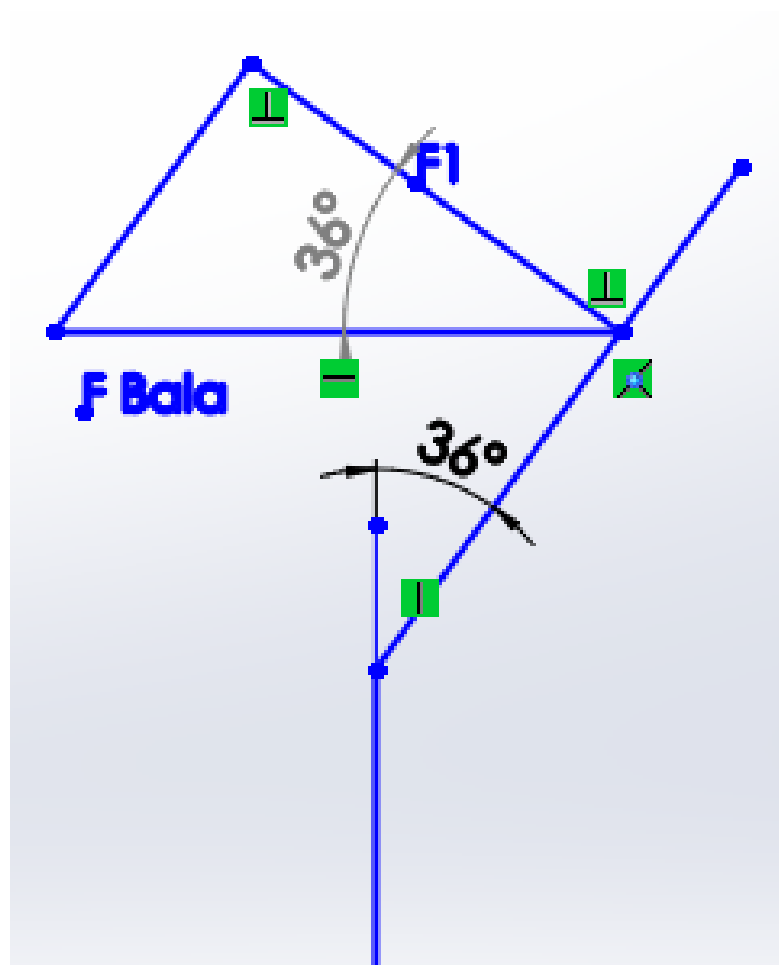


Figura 2.2: Fuerza de impacto según varios ángulos de inclinación.

Del cálculo anterior se tiene la fuerza de la bala con un ángulo de incidencia de 90° y se procede a calcular la fuerza que tiene con el blindaje a diferentes ángulos.

De la ecuación 2.3 despejamos la F_i :

$$F_i = F_{bala} \cdot \cos\phi$$

$$F_i = 25935,06 \cdot \cos 36^\circ$$

$$F_i = 20981,90(N)$$

En la tabla 2.2 se determinan varias fuerzas de impacto según el ángulo de inclinación que tiene el blindaje y la aplicación de las ecuaciones anteriores.

Tabla 2.2: Angulo de inclinación vs fuerza de impacto de la bala

Ángulo de inclinación (°)	Fuera resultante(N)
10	25541.05
18	24665.71
20	24370.98
30	22460.42
36	20981.90
40	19867.41
50	16670.73
60	12967.53
70	8870.31
80	4503.57
90	0

Se toma un ángulo de inclinación del blindaje de 18° en los costados y parte posterior del vehículo por motivos de ergonomía, espacio y confort para los pasajeros y un ángulo de 36° en el parabrisas delantero ya que la fuerza de impacto es menor a la calculada anteriormente como se observa en la tabla 2.2.

2.3 SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA EL BLINDAJE

2.3.1 Blindaje Opaco:

En zonas de gran espacio se instaló kevlar 129 por su moldeabilidad y gran resistencia, como podemos observar en la figura 2.3.



Figura 2.3: Kevlar

En los parantes y zonas donde el espacio es reducido, se instaló acero balístico, de acuerdo al criterio de expertos en la empresa ARMORCAR, como lo podemos observar en la figura 2.4.



Figura 2.4: Acero balístico

En la pared de fuego o pared que está entre el habitáculo y el compartimiento del motor se instaló tanto kevlar como acero balístico, el acero balístico para los lugares de limitado acceso y el kevlar en áreas grandes.

Para protección del radiador se instaló una persiana fija construida con acero balístico.

2.3.2 Blindaje transparente:

En los vidrios se utilizó una combinación de vidrio templado por sus buenas propiedades mecánicas, polivinil butiral, poliuretano y policarbonato.



Figura 2.5: Vidrio Blindado

Cuadro 2.1: Criterios de aplicación del factor de seguridad

Factor de Seguridad	Criterio para materiales dúctiles
N= 1,25 a 2	El diseño de estructura bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
N= 2 a 2.5	Diseño de elementos de maquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.

Fuente: Diseño de elementos de máquinas, Robert L. Mott, pág. 185

2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL BLINDAJE

2.4.1 Blindaje opaco

El kevlar utilizado en el nivel II A es recocido de 9 capas con un espesor de 1 mm por capa

El acero balístico es de 2 mm de espesor teniendo las mismas características del acero inoxidable 306.

2.4.2 Blindaje transparente

El vidrio blindado está compuesto por diferentes capas como son vidrio templado, polivil butiral, poliuretano y policarbonato, cuyo espesor es de 17 mm.

Las pruebas de resistencia balística para determinar si cumple con el nivel escogido esta detallado en el capítulo IV de esta tesis y donde se observa que se cumple con los requisitos existentes en la norma NIJ 108.01.

2.5 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARROCERÍA

En la figura 2.6 se observa las medidas mencionadas en el área de parámetros de diseño de este capítulo y siendo las medidas a respetarse en la construcción del vehículo blindado 4 x 4, además se observa que se aplicó ángulos de inclinación, a los costados y parte posterior de aproximadamente 18°, en la parte frontal el ángulo de inclinación del parabrisas es de 36°.

Además cuenta con ventoleras delanteras para que tenga una recirculación de aire y no exista recalentamiento del motor.

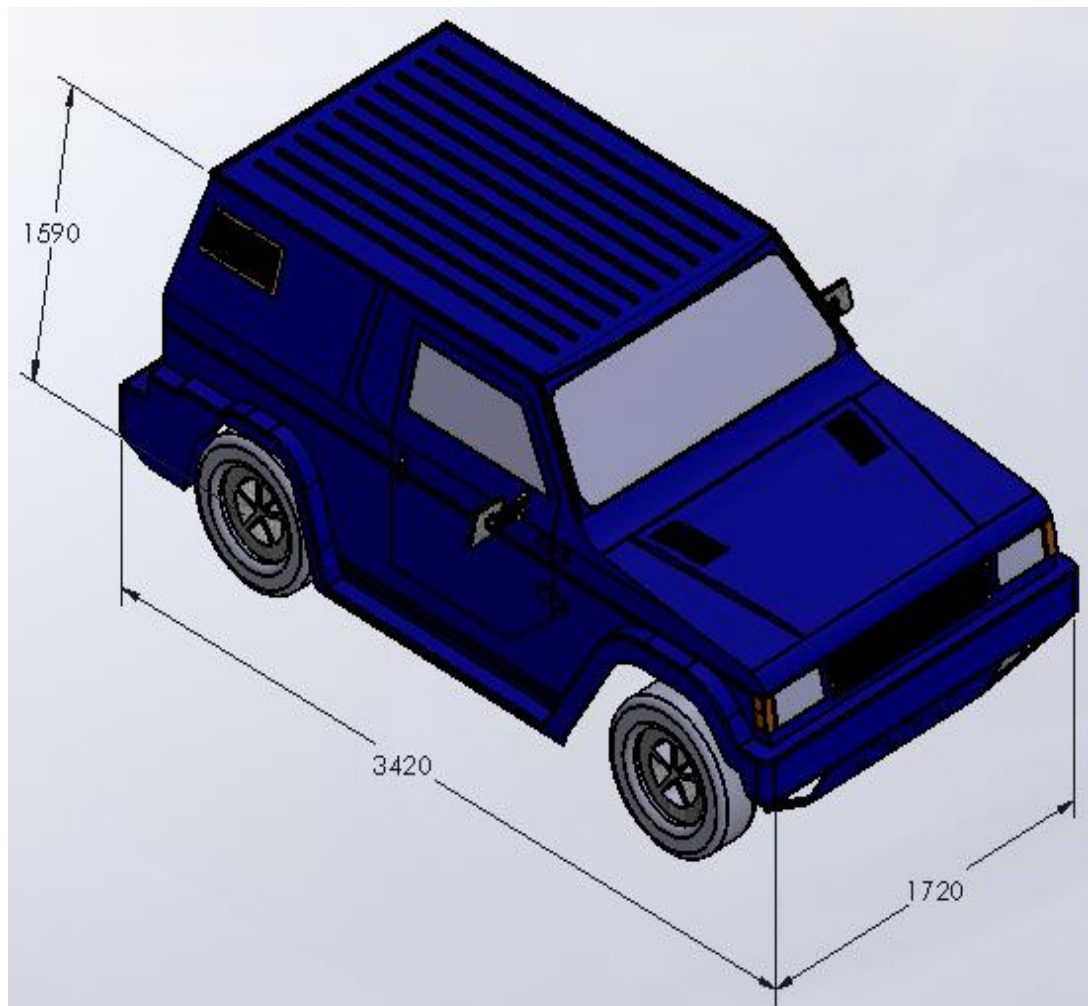


Figura 2.6: Geometría de la carrocería

2.6 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DEL VEHÍCULO

Al no existir en el país una normativa para el diseño de carrocerías de vehículos todo terreno se basó el estudio en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE 1 323:2009. La que da una idea de los factores de seguridad existentes en los parámetros de diseño.

Esta Norma establece los requisitos para el diseño, fabricación y montaje de carrocerías y son las que a continuación se detallan:

- Carga muerta (CM).
- Carga viva (CV).

- Carga de aceleración brusca (CAb).
- Carga de frenado (CF).
- Carga de giro (CG).
- Carga por Resistencia del Aire frontal (CRaf).

2.6.1 Cargas estáticas

Son aquellas cargas que soporta la estructura metálica de la carrocería de un autobús y que por naturaleza de concepción aparecen, es decir, las correspondientes a su peso total, y el peso de los pasajeros incluido su equipaje de mano. Por lo tanto, con un diseño adecuado de la estructura, esta soporta sin problemas las cargas estáticas, las cuales son:

a) Carga muerta (CM)

Corresponde al peso total de la carrocería en condiciones operativas, lo que incluye todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes; es decir, la carrocería terminada con todos sus accesorios.

$$CM = M_V \cdot g \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Donde:

M_V : Masa vehículo terminado (kg)

g : Gravedad (9,8 m/s²)

$$CM = 1441 \text{ (kg)} \times 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$CM = 14175,04 \text{ (N)}$$

c) Carga viva (CV)

Corresponde a la carga por ocupación y se la considerará como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería. Para el análisis de las cargas y esfuerzos a los que está sometida la estructura de la carrocería en estudio se tomarán las condiciones de viaje aplicadas al diseño de un vehículo en las condiciones más críticas detalladas en la tabla 2.3.

$$CV = \#Ocupantes \times 75 \text{ kg} + \text{masa equipaje} \cdot g \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Tabla 2.3: Valores a tomar en cuenta para calcular la carga viva

		Valores
# ocupantes	2 x 75 kg	150 kg
Equipaje		79 kg
Total		229 kg

$$CV = 229 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$CV = 2244,2(N)$$

2.6.2 Cargas dinámicas

a) Carga de frenado (CF)

Se presentan cuando el vehículo es sometido a una aceleración negativa (sentido contrario al movimiento) dando como resultado la presencia de este tipo de fuerzas que actúan empujando la estructura en el sentido del movimiento original debido a la inercia de la unidad.

Se ha considerado cargas de aceleración o frenado partiendo del parámetro de frenado de pánico; es decir, el vehículo circulando a una velocidad de 100 Km/h a su máximo peso bruto vehicular sobre una superficie horizontal, debe frenar totalmente en una distancia no mayor de 85 m. utilizando los frenos de servicio.

Para calcular el valor de esta carga se reemplazaran los valores en la ecuación 2.6 y 2.7:

$$CF = M_t \cdot a \quad \text{Ecuación 2.6}$$

$$V_1^2 = V_0^2 + 2aS$$

$$a = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2S} \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Dónde:

Mt: Masa total del vehículo no incluye chasis (kg)

V_0 : Velocidad inicial (m/s)

V_1 : Velocidad final (m/s)

a : Aceleración (m/s^2)

S : Espacio de desplazamiento (m)

Este valor deberá ser aplicado en el mismo sentido del movimiento del vehículo (desaceleración.)

$$a = \frac{0^2 - 27.7^2}{2 \cdot 60} = 6.07 \frac{m}{s^2}$$

$$CF = 953,87(Kg) \cdot 6.07(\frac{m}{s^2}) = 5790 (N)$$

b) Carga de aceleración brusca (CAb)

La carga de aceleración brusca siempre se considera mucho menor en comparación a la carga de frenado, puesto que por ejemplo: si se quiere acelerar de 0 a 90 km/h conlleva un largo tiempo para vehículos incluso si se necesitara acelerar de urgencia; pero si se viaja a 90km/h y por causa de emergencia o accidente se necesita frenar el vehículo donde están en juego vidas humanas, se tiene pocos segundos para hacerlo, lo que implica tener mayores cargas en esta instancia.

Las cargas de aceleración, al igual que la de frenado se transmiten desde los puntos de sujeción de la carrocería hacia las uniones entre la estructura del piso y los laterales y éstos con la estructura del techo, donde son absorbidas por la estructura en conjunto.

$$C_{Ab} = -CF \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$C_{Ab} = - 5790 (N)$$

c) Carga de giro (CG)

El vehículo al describir una trayectoria curvilínea; se ve sometido a la fuerza centrífuga (figura 2.7), como si se pusiera a girar en redondo sobre una circunferencia cuyo centro coincide con el centro geométrico de la curva de la carretera.

Aunque no realice un giro de 360°, por pequeña que sea la longitud del trazado en curva de la carretera, aparece la fuerza centrífuga.



Figura 2.7: Efectos de la fuerza centrífuga.

Fuente: www.aerodinamicaenautomoviles.com, efectos de fuerzas en los automóviles

La fuerza centrífuga se manifiesta aplicada al centro de gravedad del automóvil y su dirección es la del radio de la curva tirando del vehículo hacia el exterior de esta.

La inercia que se genera en el coche al tomar las curvas hace que se salga de la pista al arrastrar al vehículo hacia la parte exterior de la curva.

$$F_c = \frac{v^2}{r_c} \cdot M_t = CG \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Siendo:

F_c: Fuerza centrífuga (N)

M_t: Masa total de la carrocería terminada sin chasis (kg)

V: velocidad del vehículo (m/s²)

r_c: Radio de curvatura (m)

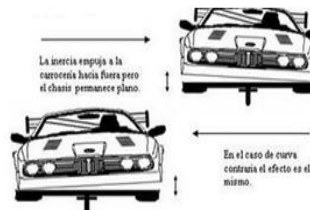


Figura 2.8: Efecto de la inercia en las curvas.

Fuente: www.aerodinamicaenautomoviles.com, efectos de fuerzas en los automóviles

La fuerza centrífuga que se genera cuando el vehículo circula en una curva, deberá ser inferior a la fuerza de vuelco, calculada sobre la base del peso total del vehículo a plena carga y su centro de gravedad. La velocidad crítica deberá ser considerada de al menos 90 km/h y el radio de giro se establecerá en función de tabla 2.4, que es 350 m. La carga de giro mencionada se calcula reemplazando los valores en la ecuación 2.9:

Tabla 2.4: Velocidad en función del radio de curvatura para determinar la carga de Giro (CG).

Velocidad del vehículo (Km/h)	Radio de curvatura de la carretera (m)
80	250
85	300
90	350
95	400
100	450
105	500
110	550
115	600
120	700
125	800
130	900
135	1050
140	1250
145	11475
150	1725

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1323-2009

$$CG = \frac{25^2}{350} 1656,50 = 4141,26 (N)$$

d) *Carga por resistencia del aire frontal (CR_{af})*

Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal (Figura 2.9).

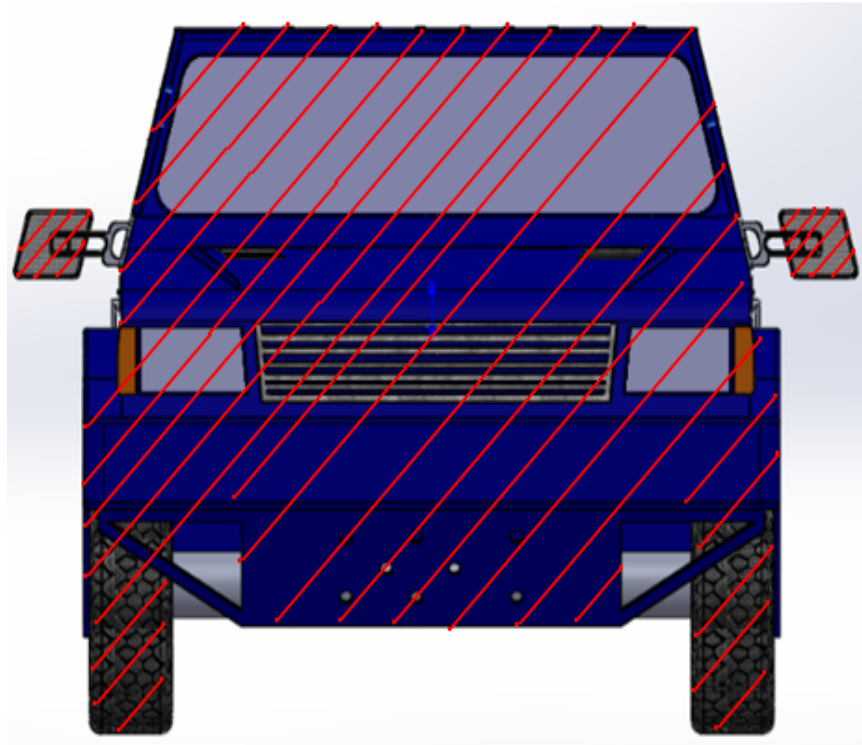


Figura 2.9: Área que es afectada por el viento.

El flujo aerodinámico también afecta al confort de los pasajeros a través de la sonoridad.

Las fuentes de ruido aerodinámico suelen coincidir con las que forman turbulencias, por lo que en principio, un buen coeficiente aerodinámico hace que el vehículo sea silencioso.

No obstante, el confort acústico no se basa solo en el nivel de ruido, sino en la amplitud y frecuencia del mismo.

$$CR_{af} = \frac{c_x (\rho) A_f V_a^2}{2} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Donde:

Cx: Coeficiente de resistencia frontal del aire

ρ : Densidad del aire (kg/m³)

A_f: Área correspondiente a la proyección del vehículo en un plano perpendicular a su eje longitudinal (m²)

V_a: Velocidad del aire (m/s)

Para el presente cálculo del valor de la carga se emplearan los siguientes datos con las siguientes consideraciones:

- Para el cálculo se tomara un valor de 90 Km/h (25 m/s)
- Área correspondiente a la proyección del vehículo 1,823m².
- Densidad del aire a nivel del mar, condición más crítica. 1.225 kg/m³.
- Coeficiente de resistencia aerodinámica valor mínimo en la norma 0,5 por tablas donde se determina el Cx por medio del tipo de vehículo, siendo 0,5 el utilizado en vehículos todoterreno.

$$CRaf = \frac{(0,5)(1,22)(2,06)(25)^2}{2} = 392,97 (N)$$

2.6.3 Combinaciones básicas de cargas

Las estructuras de las carrocerías deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados en base a las combinaciones de cargas básicas.

En estas combinaciones existen varias posibilidades, para el motivo de análisis se tomara la combinación más crítica, puesto que si la estructura metálica de la carrocería soporta esta combinación no tendrá problema de soportar las demás.

Las combinaciones establecidas se pueden obtener empleando los métodos ASD y LRFD, pero el que se va a utilizar es el segundo método por las siguientes razones:

En el método LRFD las cargas de servicio son multiplicadas por los llamados factores de carga o de seguridad. Con esto se obtienen las

cargas factorizadas, mismas que serán utilizadas para el diseño de la estructura.

Esta estructura deberá tener un diseño lo suficientemente fuerte que permita resistir estas cargas factorizadas.

De acuerdo a la NTE INEN 1323, se tiene para este método las siguientes combinaciones de carga.

1. $1.4CM + CV$
2. $1.2CM + 1.6CV + 0.5CG$
3. $1.2CM + 0.5CV + 1.6CG$
4. $1.2CM + 1.6CF + 0.8CRaf$
5. $1.2CM + 0.5CV + 0.5CF + 1.3CRaf$
6. $1.2CM + 1.5CAb + 0.5CV$
7. $0.9CM - 1.3CRaf$
8. $0.9CM + 1.3CRaf$.

Las cargas combinadas, según los 2 métodos (ASD y LRFD), deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a $L/240$ veces su longitud.

2.6.4 Consideraciones de apoyos en la estructura:

Los apoyos de suspensión se consideran fijos tanto en traslación como en rotación con los seis grados de libertad restringidos, intentando simular la condición teórica de empotramiento perfecto sobre el chasis.

2.6.5 Consideraciones para el análisis de la estructura en computadora:

La estructura analizada se encuentra unida al bastidor del vehículo a través de conexiones soldadas y empernadas, las cuales se consideran como puntos de apoyo.

Es importante señalar que para estos apoyos se consideran todas las restricciones, es decir fijos en traslación y en rotación, no hay desplazamiento de ningún tipo.

Tabla 2.5: Cargas estáticas en la estructura.

VALORES DE CARGAS	
CARGAS	VALOR (N)
CM	14175,04
CV	2244,2

Tabla 2.6: Cargas dinámicas en la estructura.

VALORES DE CARGAS	
CARGAS	VALOR (N)
CAb	-5790
CF	5790
CRaf	392,97

2.6.6 Tipo de estudio a realizar.

Para el caso se procede con un estudio de tipo cuasi-estático que significa que la unidad de transporte es estable.

2.6.7 Tipo de juntas, uniones:

Se refiere al tipo de unión entre los miembros estructurales, no debe existir ningún tipo de abertura, esto no permitirá el mallado de la estructura, el programa considera la unión como soldada.

2.6.8 Asignación de cargas a la estructura:

Para el diseño del sistema estructural tomó en cuenta cargas, dos de tipo estático, carga viva (CM), carga muerta (CM) como se ve en la tabla 2.5 y tres de tipo dinámicas, carga de frenado (CF), carga de aceleración (CA_b) y carga de resistencia al aire frontal (CRaf) cuyos valores están en la tabla 2.6.

En la tabla 2.7 se muestran los valores calculados en la determinación de cargas.

Tabla 2.7: Valores de cargas de diseño

VALORES DE CARGAS	
CARGAS	VALOR (N)
CM	14175,04
CV	2244,2
CAb	-5790
CF	5790
CRaf	392,97

Tabla 2.8: Valores de cargas de diseño

CARGAS	CM	CV	CG	CF	CRaf
COMBINACIONES					
1.4CM+CV	19845.06	2244.2	-----	-----	-----
1.2CM+1.6CV+0.5CG	17010.05	3590.72	2070.63	-----	-----
1.2CM+0.5CV+1.6CG	17010.05	1122.1	6626.02	-----	-----
1.2CM+1.6CF+0.8CRaf	17010.05	-----	-----	9264	314.38
1.2CM+0.5CV+0.5CF+1.3CRaf	17010.05	1122.1	-----	2895	510.86
1.2CM+1.5CAb+0.5CV	17010.05	1122.1	-----	8685	-----
0.9CM-1.3CRaf	12757.54	-----	-----	-----	510.86
0.9CM+1.3CRaf	12757.54	-----	-----	-----	510.86

En la tabla 2.8 se observa las combinaciones y cargas a ser utilizadas cuyos valores van a ser ingresados en el programa computacional Solid Works para determinar los esfuerzos, deformaciones y factores de seguridad con los cuales se va a establecer si es factible la construcción de la carrocería y cuál es el grado de satisfacción del diseño.

En la figura 2.10 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $88406568 \text{ N/m}^2 = 88.4 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número uno mostrada en la tabla 2.8.

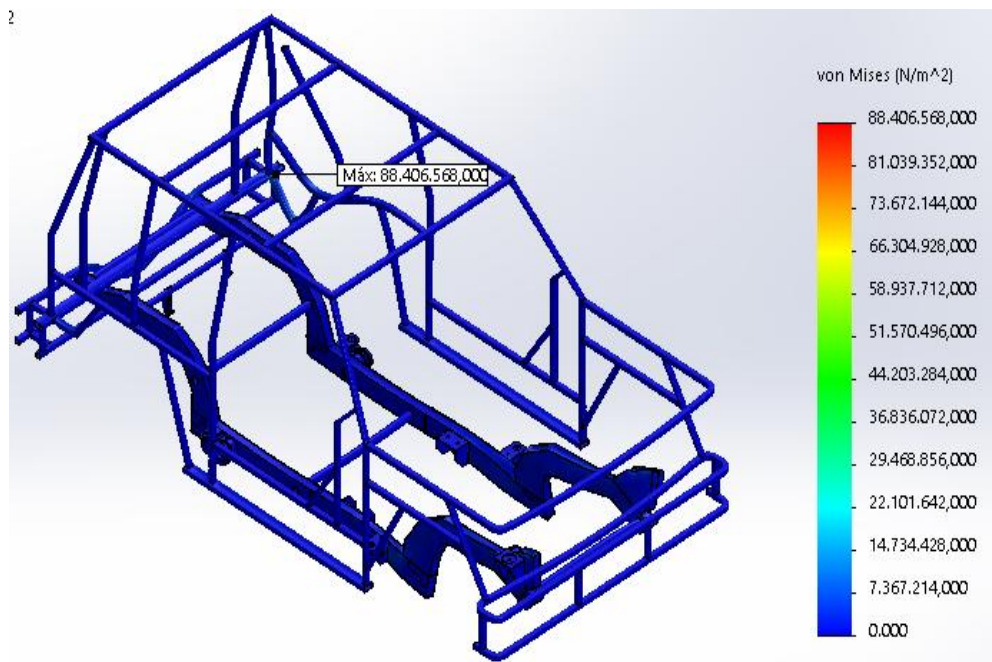


Figura 2.10: Esfuerzo de Von Mises, combinación 1

En la figura 2.11 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $97187512 \text{ N/m}^2 = 97.18\text{MPa}$. Y hace referencia a la combinación número dos mostrada en la tabla 2.8.

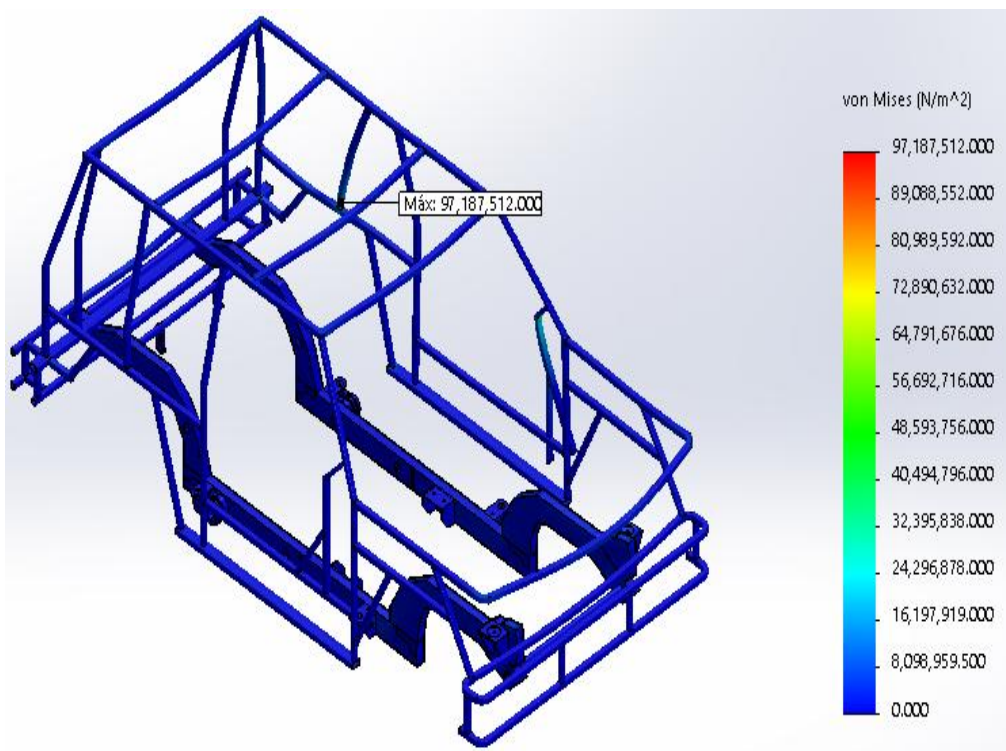


Figura 2.11: Esfuerzo de Von Mises, combinación 2

En la figura 2.12 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $150217872 \text{ N/m}^2 = 150.22 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número tres mostrada en la tabla 2.8.

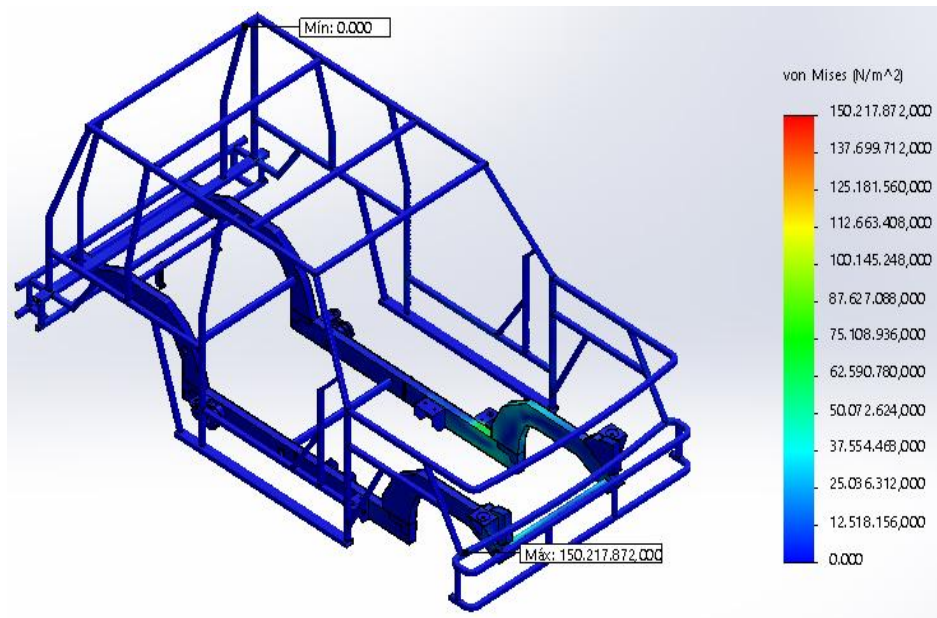


Figura 2.12: Esfuerzo de Von Mises, combinación 3

En la figura 2.13 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $97636216 \text{ N/m}^2 = 97.64 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número cuatro mostrada en la tabla 2.8.

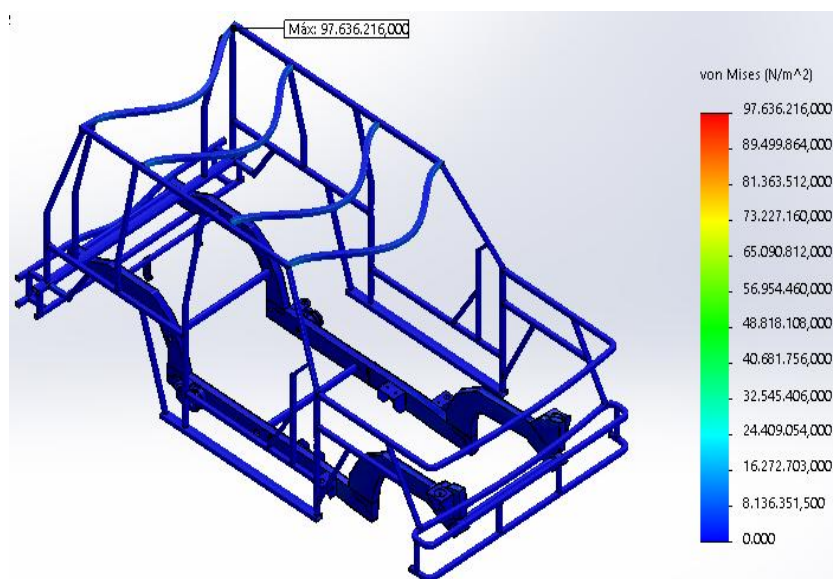


Figura 2.13: Esfuerzo de Von Mises, combinación 4

En la figura 2.14 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $97391112 \text{ N/m}^2 = 97.4 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número cinco mostrada en la tabla 2.8.

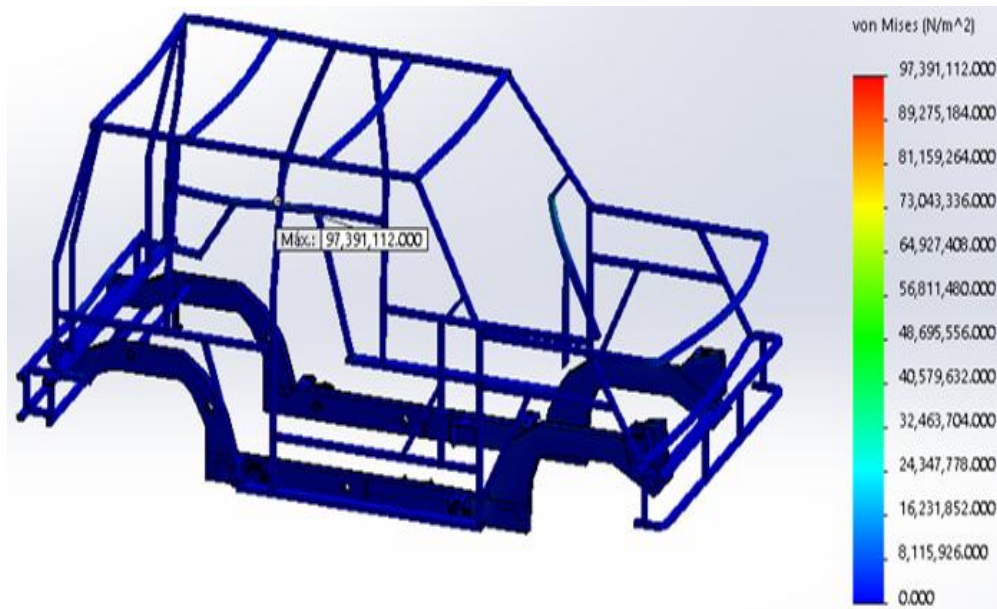


Figura 2.14: Esfuerzo de Von Mises, combinación 5

En la figura 2.15 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $116341896 \text{ N/m}^2 = 116.34 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número seis mostrada en la tabla 2.8.

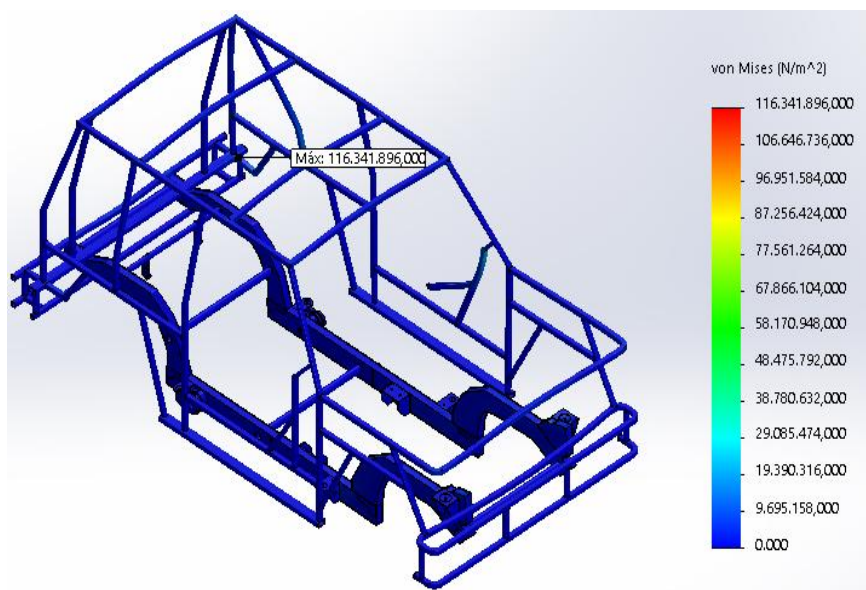


Figura 2.15: Esfuerzo de Von Mises, combinación 6

En la figura 2.16 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $57125920 \text{ N/m}^2 = 57.13 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número siete mostrada en la tabla 2.8.

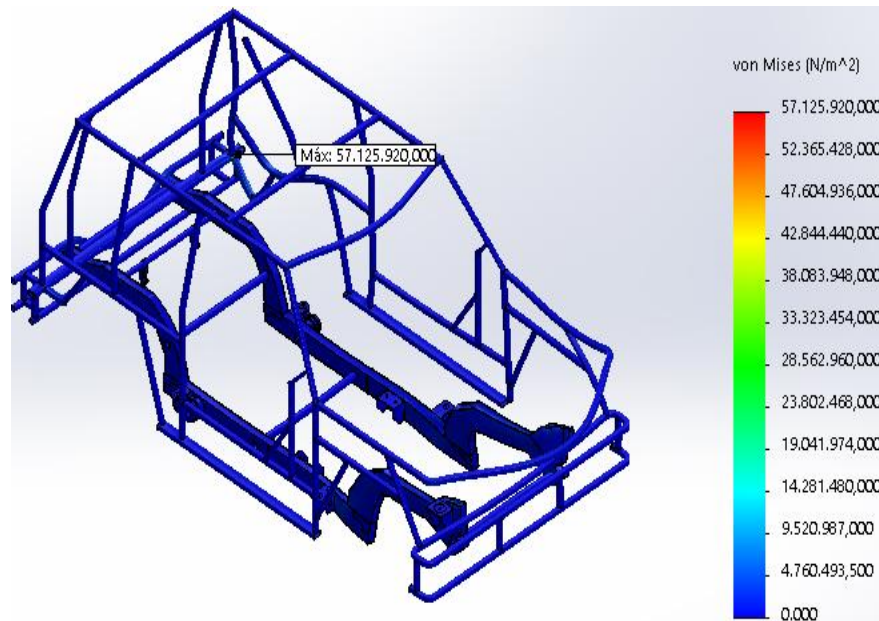


Figura 2.16: Esfuerzo de Von Mises, combinación 7

En la figura 2.17 se muestra el esfuerzo máximo de Von Mises que es de $57054616 \text{ N/m}^2 = 57.05 \text{ MPa}$. Y hace referencia a la combinación número ocho mostrada en la tabla 2.8.

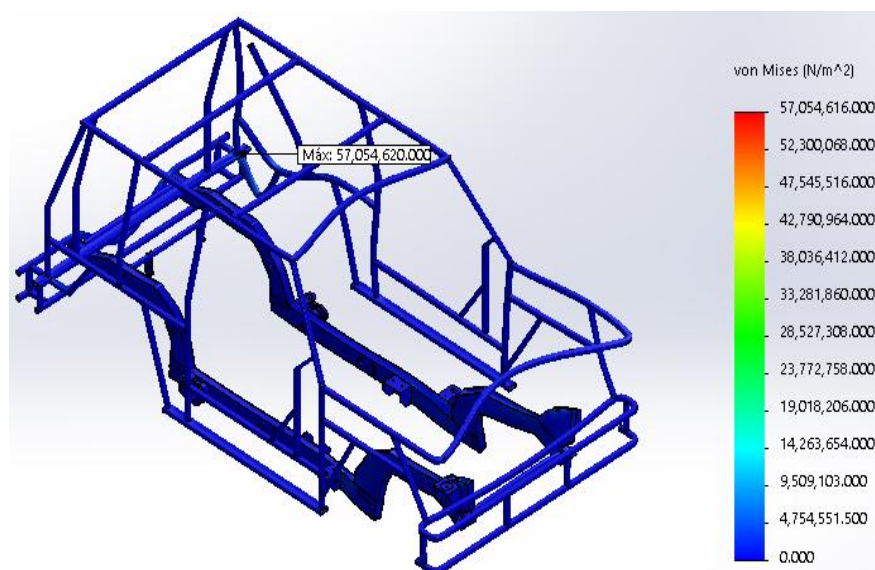


Figura 2.17: Esfuerzo de Von Mises, combinación 8

Como se puede ver en las figuras desde la 2.10 a la 2.17, se determina que la combinación con los esfuerzos más críticos es la tercera cuyo esfuerzo se representa en la figura 2.12 y con la cual se va a realizar el diseño estructural.

La combinación 3: $1.2CM+0.5CV+1.6 CG$ es con la cual se va a realizar el diseño y cuyo desplazamiento máximo tiene un valor de 2.97 mm (figura 2.18) y de acuerdo a la norma de $L/240$ las condiciones para la construcción de la carrocería y bastidor están correctas por que la deformación limite debe ser de 3.95 mm.

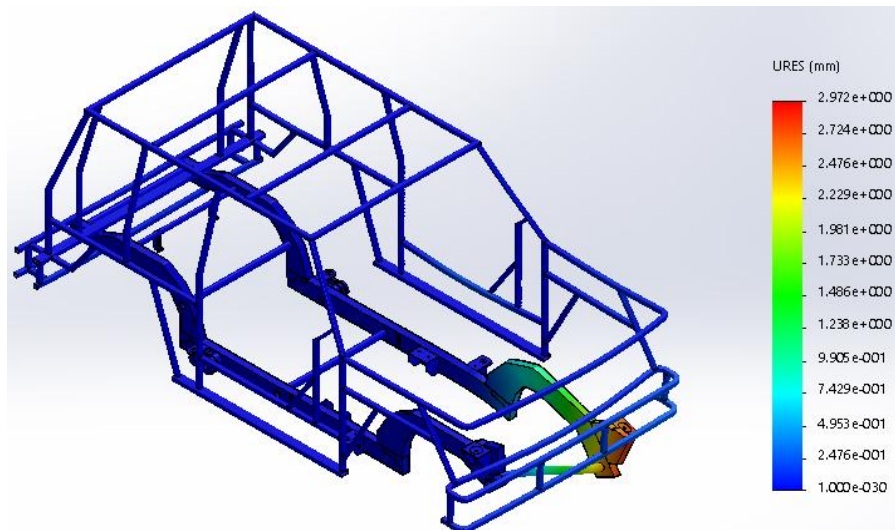


Figura 2.18: Desplazamiento resultante

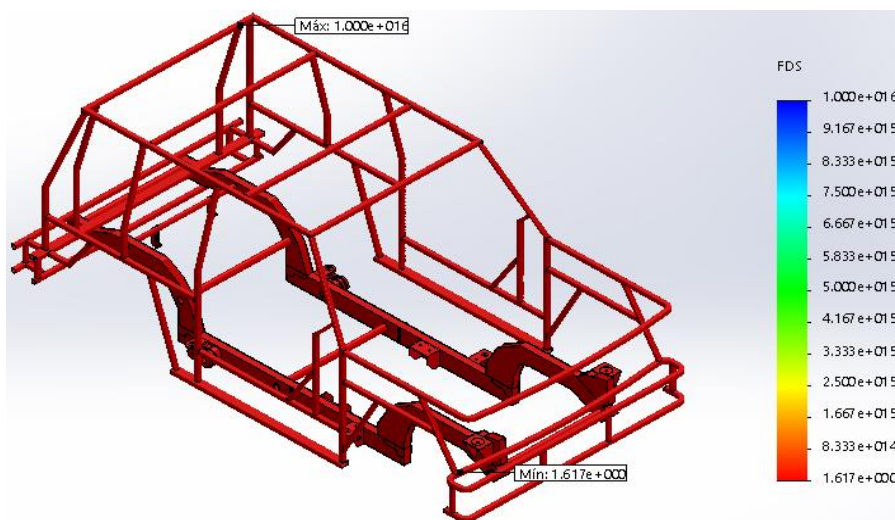


Figura 2.19: Factor de seguridad

En la figura 2.19 se observa que el resultado del factor de seguridad es de 1.62 cumpliendo con el criterio 1 del cuadro 2.1 y por consiguiente haciendo factible la realización de la estructura de forma física.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

3.1 PLANOS DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL BASTIDOR

Se encuentran en el ANEXO A

3.2 CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR

Después de realizar los estudios correspondientes sobre el diseño del bastidor con sus respectivos análisis y simulaciones, se obtuvieron resultados favorables permitiendo realizar la construcción del bastidor.

Para la construcción se utilizó acero aleado SS 303 con las siguientes propiedades:

Tabla 3.1: Propiedades del acero ss 303

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Módulo elástico	$2,70 \times 10^8$	N/m ²
Coefficiente de poisson	0,28	-----
Módulo cortante	$2,20 \times 10^8$	N/m ²
Límite de tracción	5.93×10^8	N/m ²

Fuente: Handbook, specialty Steels and heat resistant alloys, página 808

Después de obtener el material, se unió los largueros con los travesaños según el modelo y el diseño ya establecido, como se observa en la figura 3.1, después de eso se incorporó el sistema de escape y bases correspondientes.



Figura 3.1: Largueros, travesaños y bases

Se instaló el motor sujetándolo con bases y pernos y a la vez se colocó la caja de cambios como se observa en la figura 3.2.



Figura 3.2: Motor y caja de cambios

Se acopló el tanque de combustible sujetándolo con dos bases en el travesaño número cuatro del bastidor como se indica en la figura 3.3.

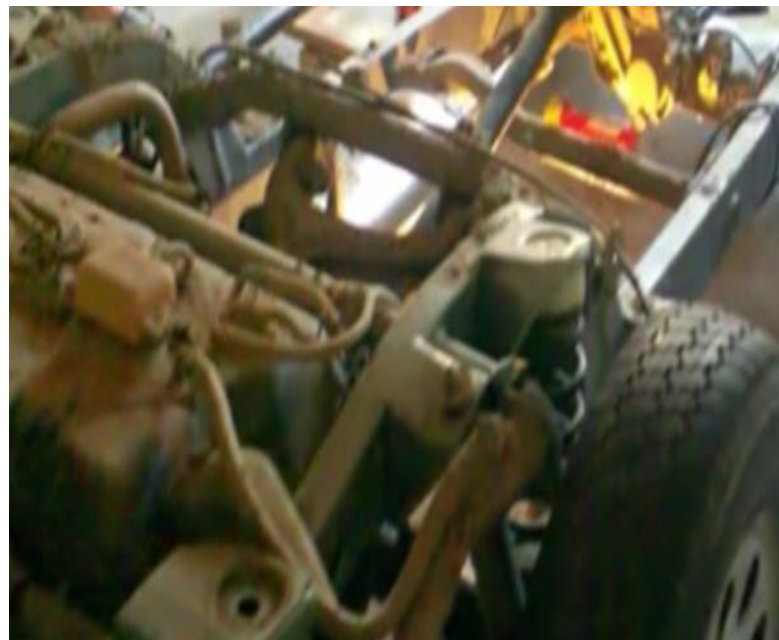


Figura 3.3: Tanque de combustible

3.3 MONTAJE DE LOS SISTEMAS DEL VEHÍCULO

Se montó el Sistema de transmisión como se observa en la figura 3.4.



Figura 3.4: Ilustración del motor y tren de rodaje

Se instaló el diferencial posterior y a su vez se empezó con la instalación del sistema de suspensión como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5: Sistema de transmisión y suspensión

Cambio del Sistema de frenos en cuanto a lo que se refiere pastillas y discos (figura 3.6), zapatas y tambores (figura 3.7)



Figura 3.6: Sistema de frenos delantero

Comprobación del cambio del sistema de frenos en cuanto se refiere a tambores y zapatas de freno con su respectivas pruebas de purgado de frenos.



Figura 3.7: Sistema de frenos posterior

3.4 MONTAJE DE LOS ACCESORIOS INTERNOS Y EXTERNOS DEL VEHÍCULO

Después de haber masillado y de haber dado fondo como se muestra en la figura 3.8, se hizo los orificios para la instalación de las chapas



Figura 3.8: Montaje de chapas delanteras

Para la instalación de las chapas también se utilizó masilla para que tenga una buena apariencia y un buen acabado como se indica en la figura 3.9.



Figura 3.9: Chapa delantera

La chapa de capot (figura 3.10) fue sujeta con pernos

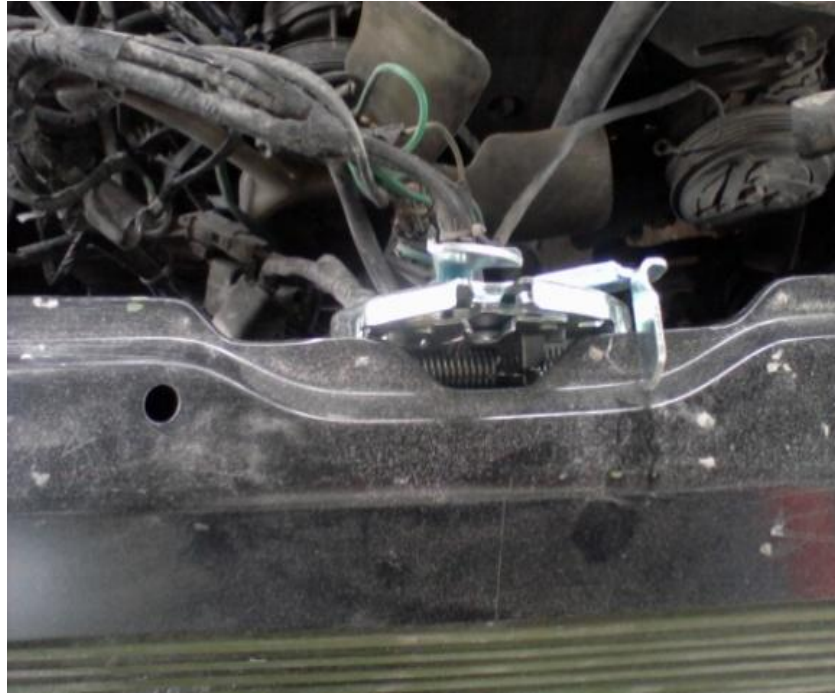


Figura 3.10: Chapa capot



Figura 3.11: Seguro del capot

3.5 MONTAJE DE LA CARROCERÍA

Al tener el bastidor con los sistemas, se procede a construir la carrocería, poniendo énfasis al diseño previo que se realizó en el programa Solid Works 2014 y los planos del ANEXO B y ANEXO C.

Y siguiendo los pasos que se aconseja en el libro de Tratado de la carrocería del automóvil, Cases R. y Garrote R. páginas 48 y 49.

Material empleado: Tubo estructural cuadrado ASTM A-36 de 30 x 30 mm y espesor de 3 mm y tubo estructural rectangular ASTM A-36 de 60 x 30 mm y espesor 3mm.

Lo primero que se hizo es cortar los tubos de acuerdo a las medidas del diseño, como se muestra en la figura 3.12.



Figura 3.12: Medición y corte de tubos

Una vez obtenidos los tubos cortados se procede a soldar los parantes y largueros donde va a ir colocado el armazón del techo como se observa en la figura 3.13.



Figura 3.13: Soldadura de los parantes y travesaños

El siguiente paso es observar si están nivelados los estribos del techo, como se aprecia en la figura 3.14.



Figura 3.14: Nivelación de los tubos

Nivelación de los parantes, figura 3.15



Figura 3.15: Nivelación de parantes

Para proceder a realizar el ensamble de los demás miembros estructurales de la carrocería como se muestra en la figura 3.16.



Figura 3.16: Miembros estructurales

Y los travesaños o nervios de la parte superior donde va el techo como se observa en la figura 3.17.



Figura 3.17: Travesaños del techo

Siguiente paso, realizar los marcos de las puertas delanteras como se observa en la figura 3.18.



Figura 3.18: Puertas delanteras

Y a su vez se realizó los marcos de las puertas posteriores como se muestra en la figura 3.19.



Figura 3.19: Puertas posteriores

Una vez soldado todos los tubos, se esmerilo todas las escorias y residuos de suelda como se indica en la figura 3.20.



Figura 3.20: Limpieza de residuos

Con el fin de tener un buen acabado en todas las juntas de soldadura que se realizó, se hizo la limpieza de las mismas como se muestra en la figura 3.21.



Figura 3.21: Tubos Pulidos

Luego se limpió todas las limallas que se produjeron en el piso de la carrocería como se observa en la figura 3.22.



Figura 3.22: Limpieza de limallas

Una vez terminado este proceso, se empezó con el forrado utilizando tol, con espesor de 3 mm, para lo cual le se dio un diseño al tol con unos canales, utilizando la dobladora como se muestra en la figura 3.23.



Figura 3.23: Dobladora de tol

Y es como se obtuvo el techo con su respectivo modelo, medida y canales diseñados como se indica en la figura 3.24.



Figura 3.24: Techo con los canales diseñados

Después de haber forrado con tol todos los tubos, se dio fondo a toda la estructura de la carrocería como se observa en la figura 3.25.



Figura 3.25: Vista del techo desde la parte interior

Se colocó bisagras muy resistentes como se observa en la figura 3.26 las cuales se instalaron dos en cada puerta, debido al peso que va a soportar.



Figura 3.26: Bisagras

Después se construyó la persiana de pura varilla cuadrada, la cual se hizo desmontable porque esta sujeta con cuatro pernos, uno en cada extremo para dar mayor facilidad al momento de montar o desmontar como se aprecia en la figura 3.27.



Figura 3.27: Persiana instalada con cuatro pernos

Se dio fondo a toda la estructura ya casi completa, y a la vez se colocó masilla en donde existían pequeñas imperfecciones como se observa en la figura 3.28.



Figura 3.28: Puertas Posteriores

Finalmente después de haber cogido todas las fallas se pintó la carrocería con pintura esmalte como se muestra en la figura 3.29.



Figura 3.29: Carrocería pintada

Y a continuación se trasladó al vehículo como se muestra en la figura 3.30, para proceder con el blindaje del vehículo.



Figura 3.30: Vehículo antes de ser transportado

Lo primero que se hizo es forrar el tablero de instrumentos una capa con cartulina o cartón y por encima una capa con papel aluminio por protección y seguridad del vehículo como se indica en la figura 3.31.



Figura 3.31: Vehículo listo para ser blindado

Después se comenzó a cortar las partes en donde iba ir el Kevlar utilizando una cortadora neumática como se observa en la figura 3.32.



Figura 3.32: Corte para la instalación del kevlar

A continuación se procede a tomar los moldes en cartulina y se los instala previo a la instalación del kevlar como se observa en la figura 3.33.



Figura 3.33: Moldes de cartulina

Se colocó el kevlar como se muestra en la figura 3.34, el cual tiene las mismas dimensiones al molde antes hecho de cartulina en el mismo lugar donde se lo probó anteriormente.



Figura 3.34: Instalación del kevlar

Después de haber instalado el Kevlar. Se procedió a instalar el acero balístico en los parantes, travesaños y todo el contorno de la carrocería como se observa en la figura 3.35.



Figura 3.35: Sujeción del acero balístico con prensas

La instalación del acero balístico, se realizó con puntos y cordones de suelda, utilizando el proceso GMAW como se observa en la figura 3.36.



Figura 3.36: Portaequipaje blindado con kevlar y acero balístico

Luego se procedió al blindaje de puertas. El kevlar es pegado y reforzado con nervios de acero balístico por seguridad en el caso de impactos de bala como se observa en la figura 3.37.



Figura 3.37: Puerta blindada

A continuación se realizó el blindaje del techo en el cual el procedimiento fue el mismo de las puertas, primero se instaló el kevlar y luego los nervios con acero balístico, una vez hecho ese procedimiento se pintó el kevlar de negro con la finalidad de camuflar el blindaje como se observa en la figura 3.38.



Figura 3.38: Techo blindado

Finalmente para concluir el proceso de Blindaje se instalaron los vidrios blindados (figura 3.39) tanto el de puertas delanteras, puertas posteriores y parabrisas.



Figura 3.39: Bodega de vidrios Blindados

Una vez colocado los vidrios se procedió a pintar las fallas hechas durante el proceso de blindaje, se forro con plásticos y papel, para pintar las fallas como se muestra en la figura 3.40.



Figura 3.40: Vehículo forrado con plásticos y papel

Vehículo ya con toda la estética terminada como slogans, sellos, y demás atractivos visuales como se muestra en la figura 3.41.



Figura 3.41: Carrocería Finalizada

3.6 ANÁLISIS DE COSTOS

En la siguiente tabla se describe los costos utilizados en la construcción y blindaje de la carrocería del vehículo blindado 4 x 4.

Tabla 3.2: Costos de los materiales utilizados para la construcción y blindaje del vehículo.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR
12	Kevlar (1 x 1) m2	10752
1	Acero balístico IIA (3 x 1) m2	504
1	Protección para el radiador	560
1	Vidrios de acuerdo a medidas solicitadas	1120
	Varios	2240
VALOR TOTAL		15176

CAPÍTULO IV

PRUEBAS

4.1 PRUEBA DEL BLINDAJE DE LA CARROCERÍA

El NIJ es la agencia de evaluación, investigación y desarrollo del Departamento de Justicia de los Estados Unidos, quien dicta a través de sus investigaciones normas internacionales que rigen las pruebas y resistencias balísticas de los materiales blindados. Esta norma NIJ 0108.01 requiere para los niveles II-A, II, III-A y III, un arreglo de cinco (5) impactos, cuatro de ellos en las esquinas de un cuadrado de 20 cm X 20 cm más un quinto impacto en el centro.

Dicha prueba es realizada a probetas de los materiales de una empresa antes de ser comercializados, las probetas son de una dimensión mínima de 40 cm x 40 cm como dice en la norma de la RENAR, ANEXO E.

Se realizó una prueba balística a un vidrio que tenía un espesor de 17 mm y se realizó la prueba con una pistola (Figura 4.1) cuyo proyectil es de 9 mm de calibre.



Figura 4.1: Pistola utilizada para la prueba del blindaje opaco y transparente



Figura 4.2: Antes de prueba Vidrio blindado

La prueba se realizó con la munición de 9 mm de calibre, cuya velocidad según la caja de municiones es de 400 ± 9 m/s a una distancia de 5 m, una masa de 8 gramos y con la disposición del vidrio como se muestra en la figura 4.2.

Se realizaron tres disparos, dando como resultado la no perforación del vidrio como se observa en la Figura 4.3 y se detalla en el informe expuesto en el Anexo F.



Figura 4.3: Resultados de la prueba vidrio blindado

En la figura 4.4 se observa cómo está el vehículo antes de la prueba balística.



Figura 4.4: Antes de la prueba del blindaje opaco



Figura 4.5: Prueba puerta blindada

Se dio un disparo, el cual no perforó la puerta como se muestra en la figura 4.5 y cuyo nivel de trauma fue de 20.5 mm (Figura 4.6).

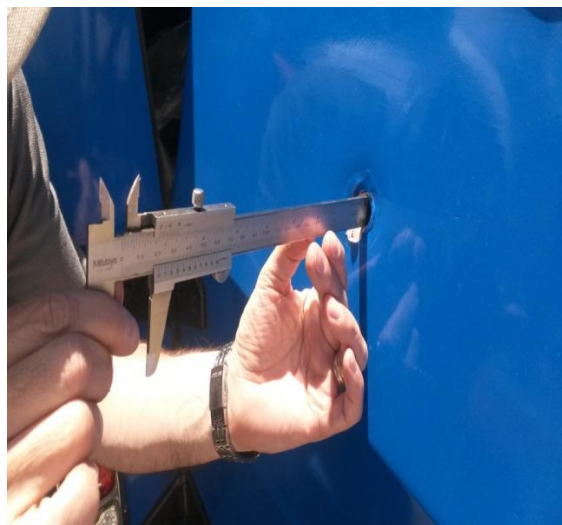


Figura 4.6: Trauma Generado por la bala de 9 mm de calibre

4.2 DESEMPEÑO DEL AUTOMOTOR EN DIFERENTES SUPERFICIES

Como primera instancia las diferentes pruebas de ruta se la realizó en el trayecto de Machachi - Latacunga, el día lunes 9 de junio de 2014 a las 11:00, en vista de que existía 30 % de humedad relativa. Este dato de humedad se obtuvo en el sitio web, mediante datos del pronóstico del día en Machachi.

4.2.1 Velocidad máxima en línea recta del vehículo en terreno arenoso

Continuando con este tipo de prueba, se realizó en la ciudad de Latacunga a la altura del barrio Santan; por ser un terreno arenoso y se puede apreciar en la figura 4.7 que el vehículo alcanza aproximadamente 109 km/h.



Figura 4.7: Velocidad máxima en terreno arenoso.

4.2.2 Velocidad máxima en pendiente (15%) del vehículo en terreno arenoso

Para éste tipo de prueba de igual forma se realizó en el sector especificado anteriormente, por poseer una inclinación de aproximadamente $8,5^\circ$ y el vehículo alcanzó una velocidad de 49 km/h como se muestra en la figura 4.8.



Figura 4.8: Velocidad máxima con inclinación en terreno arenoso.

4.2.3 Velocidad máxima en línea recta del vehículo en terreno asfaltado

La prueba correspondiente se la realizó en la panamericana sur km 51, viajando a la ciudad de Latacunga en línea recta, se obtuvo una velocidad de 122 km/h en éste tipo de terreno como se observa en la figura 4.9.



Figura 4.9: Velocidad máxima en asfalto.

4.2.4 Velocidad máxima en pendiente (15%) del vehículo en terreno asfaltado

En el trayecto del viaje a la ciudad de Latacunga, se pudo apreciar una inclinación del 15% en el sector de Romerillos, por consultas realizadas en el

sitio web, de acuerdo al mapa geográfico; donde se obtuvo como resultado una velocidad de 74 km/h, como se puede apreciar en la figura 4.10.



Figura 4.10: Velocidad máxima con inclinación en asfalto.

4.2.5 Velocidad máxima del vehículo con una pendiente entre 12° - 13,2°

Al llegar al sector de “Tío Pullo”, se verifica que existe una inclinación en la calzada de aproximadamente 12°, donde se observa que el vehículo desarrolla una velocidad de 47 km/h a 2500 rpm como se observa en la figura 4.11.

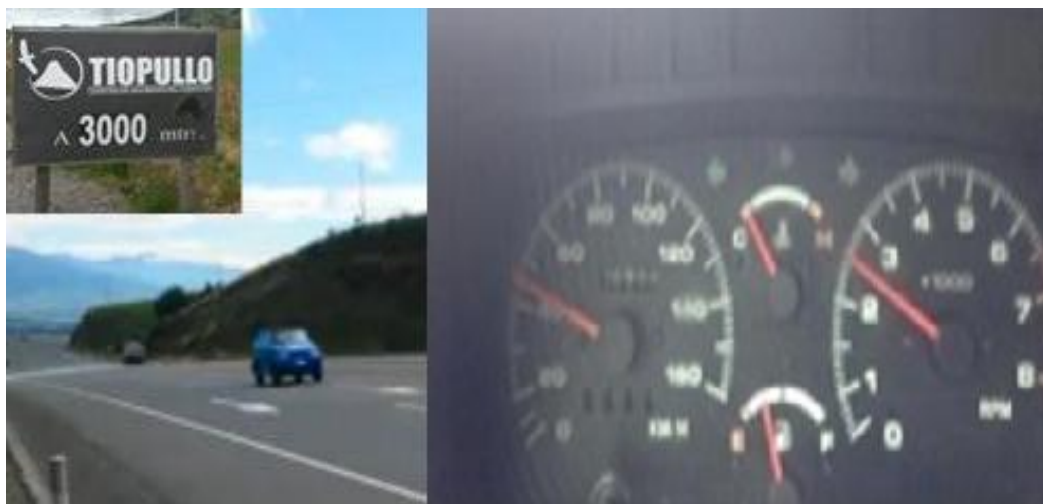


Figura 4.11: Velocidad máxima en pendiente a 2500 r.p.m.

Relacionando las velocidades teóricas – prácticas, se puede observar en el Cuadro 4.1 que en éstas condiciones existe diferencia, por lo que se encuentra dentro de los parámetros el valor de velocidad obtenido en el vehículo.

Cuadro 4.1: Análisis de resultados

Detalle	Posición	Velocidad Teórica (Km/h)	Velocidad Real (Km/h)	Observaciones
Terreno Arenoso	Línea Recta	120,042	109	Existe diferencia porque depende de la humedad de la arena
	Inclinación del 15%	56,648	49	Se aproxima a lo teórico, la diferencia es por pérdidas mecánicas
Terreno Asfaltado	Línea Recta	140,90	122	Por motivos de que la velocidad máxima permitida en carretera es de 100 km/h no fue posible desarrollar al máximo el motor.
	Inclinación del 15%	75,06	74	La diferencia influye por pérdidas mecánicas y estado de la calzada

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se diseñó y construyó el bastidor y la carrocería de un vehículo blindado 4 x 4 para dos personas con dimensiones apropiadas para el desplazamiento en cualquier lugar y un compartimiento amplio para equipo adicional (armamento, caja fuerte, equipo de primeros auxilios) con manufactura nacional.
- Con la utilización de herramientas informáticas como es el software llamado Solid Works se determinó fuerzas, esfuerzos y deformaciones y dando una confiabilidad en el diseño, y por lo tanto la realización del prototipo blindado.
- Mediante las pruebas realizadas en el prototipo blindado en el polígono de tiro, se determinó que no existe perforación de los materiales empleados y el nivel de blindaje escogido cumple con la norma NIJ 0108.001, nivel II A, el mismo que fue instalado en el prototipo blindado.
- Los ángulos de inclinación de la carrocería de la parte delantera como de los lados tienen gran incidencia en el momento del impacto con la bala ya que estos disminuyen la fuerza de choque entre la bala y el blindaje debido a que el impacto no es directo.

5.2 Recomendaciones

- La carrocería debe tener ángulos de inclinación tanto atrás, adelante y a los lados debido a que esas inclinaciones logran reducir la fuerza de impacto directo de la bala en un porcentaje considerable, tomando en cuenta que a mayor inclinación se tiene menores medidas internas en el vehículo.
- Al tener un vehículo con mayores prestaciones, el nivel de blindaje pudo ser superior al ya existente.
- Tener en cuenta que al blindar un vehículo la ventilación se restringe en un 80% con lo cual se debe implementar un sistema adicional de ventilación.
- Implementar nuevos sistemas de seguridad como por ejemplo, jaula antivuelco, protección anti choques con el fin de que no exista daños al motor, ni deformación de la cabina y por ende no dañe al blindaje.

BIBLIOGRAFÍA

Cases, R. (1980). Tratado de la carrocería del automóvil, carrocería. Barcelona: Editorial J. Montesó.

García, J. (2009). Automoción estructuras del vehículo, diseño de la carrocería. Madrid: Paraninfo.

Juvinall, R. (1993). Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica, factores de seguridad. México: Limusa.

NTE INEN 1323 – 2009, Instituto ecuatoriano de normalización, vehículos automotores y carrocerías de autobuses.

Alonso, J. M. (2009). Técnicas del automóvil, chasis. Madrid: editorial Paraninfo.

Alonso, J. M. (2011). Técnicas del automóvil, chasis. Madrid: Mc Graw Hill.

Gómez, T. (2012). Estructuras del vehículo. Madrid: Paraninfo.

Asta, E. (2012). Fundamentos de soldadura por arco eléctrico. México: Noriega.

Mott, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas 4ta edición, bastidores de máquina, conexiones atornilladas y uniones soldadas. México: Pearson.

Vidrio, C. (2007). Balística Técnica y Forense. Ediciones La Rocca

Hincapié, J. (2005). Balística: Tratado Integro. Universidad de Medellín.

Jiménez, J. (2006). Balística Forense. Tecnocopy.

NETGRAFÍA:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Blindaje>

<http://www.belt.es/noticias/2003/agosto/20/blindajes.htm>

<http://www.armorinternational.com/faq.html#a>

<http://www.ensamblicol.com/informacion/>

http://www.blindajes.com.mx/blindajes_como_determinar_su_riesgo.html

<http://www.vehiculosblindadosmexico.com.mx/es/areas-de-blindaje/>

<http://tbimexico.net/site/blindaje/>

<http://www.armorcar.com.ec/blindaje02.php>

<http://www.ballisticgroup.mx/niveles.php>

www.sabercurioso.es/tag/vidrio/

<http://qmhoneycomb.en.made-in-china.com/productimage/gqXErDYKsxRh-2f1j00HvZErWgKOtub/China-Nomex-Honeycomb-Core.html>

<http://www.formula1-dictionary.net/kevlar.html>

<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/679805>

<http://www.quiminet.com/articulos/todo-sobre-el-policarbonatopc4422.htm>

<https://sites.google.com/a/uabc.edu.mx/seguridad-express/que-es-el-blindaje/niveles-de-blindaje>

http://www.blindajes.info/index_archivos/balisticaespecifica.htm

<http://www.inkastrans.com/about-us/ballistic-chart/>

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.383.7433&rep=rep1&type=pdf>

ANEXOS