



“ Diseño y modelamiento del bastidor de un vehículo táctico para reconocimiento de campo y patrullaje de las fuerzas armadas ”

Campaña Ayala, Edwin Miguel y Silva Aldas Anthony German

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Alex Santiago, Cevallos Carvajal

8 de febrero del 2023

Latacunga



DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL BASTIDOR DE UN VEHICU...

Scanned on: 19:20 February 1, 2023 UTC



Overall similarity score



Results found



Total words in text

	Word count
Identical	110
Minor Changes	58
Paraphrased	200
Omitted	0





Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Diseño y modelamiento del bastidor de un vehículo táctico para reconocimiento de campo y patrullaje de las fuerzas armadas”** fue realizado por los señores **Campaña Ayala, Edwin Miguel** y **Silva Aldas, Anthony German**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 02 de febrero de 2023



.....

Ing. Cevallos Carvajal Alex Santiago
C.C: 0502530447



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, **Campaña Ayala, Edwin Miguel** y **Silva Aldas, Anthony German**, con cédula de ciudadanía n° **1725550204** y **1804450581** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Diseño y modelamiento del bastidor de un vehículo táctico para reconocimiento de campo y patrullaje de las fuerzas armadas”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 02 de febrero de 2023

Campaña Ayala, Edwin Miguel
C.C.: 1725550204

Silva Aldas, Anthony German
C.C.: 1804450581



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de publicación

Nosotros, **Campaña Ayala, Edwin Miguel** y **Silva Aldas, Anthony German**, con cédula de ciudadanía n° **1725550204** y **1804450581** autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Diseño y modelamiento del bastidor de un vehículo táctico para reconocimiento de campo y patrullaje de las fuerzas armadas”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 02 de febrero de 2023

Campaña Ayala, Edwin Miguel
C.C.: 1725550204

Silva Aldas, Anthony German
C.C.: 1804450581

Dedicatoria I

Dedico este proyecto de tesis a mis padres Miguel y Elbia, quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi vida velando por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento, y depositar su entera confianza en cada reto que se me ha presentado sin dudar ni un solo momento que lo superaría.

A mis hermanas Evelin y Jenny por todo su apoyo, comprensión y cariño incondicional siendo un pilar importante en mi vida.

Dedicatoria II

A mis padres Germán Silva y Sandy Aldas quienes me inculcaron valores y me han convertido en el ser humano que soy. A la vez que son el pilar fundamental de mi día a día, mi apoyo incondicional y quienes me dieron la fuerza para continuar y terminar con la carrera de Ingeniería.

A mis hermanos Andrés y Santiago quienes son el motivo por el cual quiero ser mejor cada día y por el cuál siempre salgo adelante.

Y a toda mi familia quienes siempre han velado por mi bienestar, mi felicidad desde el primer momento y han brindado de su mano siempre que lo he necesitado.

A todos ellos dedico este logro que lo he alcanzado con constancia y esfuerzo.

SILVA ALDAS ANTHONY GERMAN

Agradecimiento I

A mis padres, porque creyeron en mí y me brindaron el mejor ejemplo de superación, respeto y amor, porque en gran parte gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzar mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera.

A mis hermanas, sobrinos y amigos.

A todos, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

Mil palabras no bastan para agradecer todo el apoyo, comprensión y consejo recibidos en los momentos difíciles.

CAMPAÑA AYALA EDWIN MIGUEL

Agradecimiento II

Agradezco a Dios por brindarme la salud y protección que han permitido que logre culminar un objetivo más en mi vida académica.

Quiero expresar un inmenso agradecimiento a mis padres Germán y Sandy, porque son los cimientos de mi vida, además han velado por mi desde el día de mi nacimiento y que se han esforzado para que pueda cumplir esta meta de preparación académica.

Les doy las gracias a mis hermanos Andrés y Santiago, porque son un ejemplo de superación personal, esfuerzo constante y que a través de ustedes he podido proyectarme a quien yo quiero ser.

SILVA ALDAS ANTHONY GERMAN

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento	8
Agradecimiento	9
Indice de contenidos	10
Indicie de figuras	17
Indice de ecuaciones.....	20
Resumen	21
Abstract.....	22
Capítulo I: Planteamiento del problema de investigación	23
Antecedentes	23
Planteamiento del problema.....	23
Árbol de causa y efecto	25
Descripción detallada del proyecto.....	25
Justificación e importancia	26

Objetivos del proyecto	27
<i>Objetivo general</i>	27
<i>Objetivos específicos</i>	27
Metas	28
Hipótesis	29
Variables de investigación	29
<i>Variables independientes</i>	29
<i>Variables dependientes</i>	30
Metodología usada para el desarrollo.....	30
<i>Método documental-bibliográfico</i>	30
<i>Método experimental</i>	30
<i>Método analítico</i>	31
Capítulo II: Fundamento teórico	33
Vehículos Táctico Militares	33
Especificaciones en vehículos tácticos.....	34
<i>Protección</i>	34
<i>Seguridad en el habitáculo</i>	34
<i>Movilidad</i>	35
<i>Proceso de análisis de elementos finitos</i>	35
<i>Modelado del bastidor</i>	36
CAD.....	36

<i>Características del CAD</i>	36
<i>Proceso de diseño de ingeniería</i>	36
Ingeniería Asistida Por Computador	37
Normativas En El Chasis	38
Normativas De Seguridad	38
<i>Roll Bar</i>	38
<i>Peso mínimo</i>	39
<i>Arnés</i>	40
<i>Asientos</i>	40
<i>Seguros</i>	40
<i>Espejos retrovisores</i>	40
Superficie De Protección	40
Carrocería Del Vehículo	40
Bastidor.....	41
Tipos de bastidores	42
<i>Bastidor rectangular</i>	42
<i>Bastidor en X</i>	42
<i>Bastidor en trapecio</i>	42
<i>Bastidores de vehículos todo terreno</i>	42
<i>Bastidor tubular</i>	43
Dimensiones de tubos RFEDA.....	43

Conceptos para el diseño de la estructura tubular del vehículo táctico	44
<i>Dimensiones para Todo Terreno homologados por la RFEDA</i>	44
<i>Distribución de pesos</i>	45
<i>Riesgo de vuelco</i>	46
Confort	46
<i>Medidas de confort del conductor</i>	46
Parámetros Para Análisis De Cargas	47
<i>Análisis de modelado</i>	47
<i>Resistencia y rigidez</i>	47
<i>Flexión específica en posición vertical</i>	48
<i>Flexión específica en posición lateral</i>	49
<i>Prueba de vuelco</i>	49
Capítulo III: Modelado del bastidor.....	51
Características del diseño del vehículo táctico	51
Normas aplicadas al diseño	51
Selección del material	51
Diseño y modelado del vehículo táctico	53
<i>Delineación del chasis</i>	53
<i>Base principal del habitáculo</i>	54
<i>Arcos y tirantes principales</i>	55
<i>Tirantes diagonales de refuerzo</i>	56

<i>Base de zona posterior (cajuela)</i>	57
<i>Tirantes delimitadores de la zona posterior (cajuela)</i>	58
<i>Diseño de tirantes longitudinales del portaequipaje</i>	59
<i>Croquis de los tirantes posteriores</i>	60
<i>Diseño parte frontal del vehículo</i>	61
<i>Implementación de tirantes para la protección del motor</i>	62
<i>Incorporación de guardachoque y guardalodos</i>	63
<i>Implementación de los sistemas automotrices</i>	64
<i>Diseño del piso y latonería del bastidor</i>	65
Soportes fijos en el bastidor	66
Condiciones de simulación	67
Deformaciones bajo metodología ASD	68
<i>Deformación bajo metodología ASD 3</i>	68
<i>Deformación bajo metodología ASD 4</i>	69
<i>Deformación bajo metodología ASD 7</i>	70
Esfuerzos de límite de fluencia bajo condiciones ASD	71
<i>Esfuerzos bajo metodología ASD 3</i>	71
<i>Esfuerzos bajo metodología ASD 4</i>	72
<i>Esfuerzos y factores de seguridad bajo metodología ASD 7</i>	73
Factores de seguridad bajo condiciones ASD	74
<i>Factores de seguridad bajo metodología ASD 3</i>	74

<i>Factores de seguridad bajo metodología ASD 4</i>	75
<i>Factores de seguridad bajo metodología ASD 7</i>	76
Simulación de Vuelco.....	77
Capítulo IV: Análisis de resultados	81
Conexiones y miembros estructurales	81
Mallado	81
Ensamblaje	85
Selección del material para el análisis	88
Posición del centro de gravedad	89
Coordenadas del centro de gravedad	92
<i>Centro de gravedad con respecto al eje X</i>	92
<i>Centro de gravedad con respecto al eje Y</i>	92
<i>Centro de gravedad con respecto al eje Z</i>	93
Distribución de masas	94
Porcentaje de pesos en porcentajes que soportan los ejes del vehículo	95
Análisis de resultados de cargas aplicadas a la estructura	96
<i>Cargas vivas (V)</i>	96
<i>Cargas muertas (M)</i>	97
<i>Cargas de frenado (F)</i>	97
<i>Cargas de aceleración brusca (Ab)</i>	98
<i>Cargas de giro (G)</i>	98

<i>Cargas por resistencia aerodinámica (Raf)</i>	99
<i>Cálculo de nodos para las diferentes cargas aplicadas</i>	99
Resultados de cargas aplicadas a esfuerzos en desplazamientos	100
Resultados de cargas aplicadas a esfuerzos en esfuerzos	100
Capítulo V: Marco Administrativo.....	101
Recursos humanos.....	101
Medios tecnológicos	101
Costos	102
Financiamiento.....	102
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	103
Conclusiones	103
Recomendaciones	105
Bibliografía	106
Anexos	111

INDICIE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Árbol de causa y efecto</i>	25
Figura 2 <i>Diseño de ingeniería</i>	37
Figura 3 <i>Dimensiones recomendadas para la estructura tubular</i>	43
Figura 4 <i>Eje de balaceo</i>	45
Figura 5 <i>Flexión vertical</i>	48
Figura 6 <i>Flexión lateral</i>	49
Figura 7 <i>Flexión lateral</i>	50
Figura 8 <i>Base de estructura (chasis)</i>	54
Figura 9 <i>Piso de los ocupantes</i>	55
Figura 10 <i>Diseño del Roll Bar</i>	56
Figura 11 <i>Refuerzos del Roll Bar</i>	57
Figura 12 <i>Piso de la cajuela</i>	58
Figura 13 <i>Tirantes laterales de la cajuela</i>	59
Figura 14 <i>Tirantes longitudinales superiores traseros</i>	60
Figura 15 <i>Tirantes longitudinales posteriores traseros</i>	61
Figura 16 <i>Tirantes frontales y sus puntos de anclaje</i>	62
Figura 17 <i>Tirantes refuerzos del motor</i>	63
Figura 18 <i>Guardalodos y Guardachoque</i>	64
Figura 19 <i>Sistemas automotrices</i>	65
Figura 20 <i>Latonería y suelo del bastidor</i>	66
Figura 21 <i>Puntos de apoyo entre bastidor y carrocería</i>	67
Figura 22 <i>Desplazamiento en ASD 3</i>	69
Figura 23 <i>Desplazamiento en ASD 4</i>	70
Figura 24 <i>Desplazamiento en ASD 7</i>	71

Figura 25	<i>Esfuerzos de límite de fluencia bajo metodología ASD 3.....</i>	72
Figura 26	<i>Esfuerzos de límite de fluencia bajo metodología ASD 4.....</i>	73
Figura 27	<i>Esfuerzos de límite de fluencia bajo metodología ASD 7.....</i>	74
Figura 28	<i>Factor de seguridad bajo metodología ASD 3.....</i>	75
Figura 29	<i>Factor de seguridad bajo metodología ASD 4.....</i>	76
Figura 30	<i>Factor de seguridad bajo metodología ASD 7.....</i>	77
Figura 31	<i>Secuencia de simulación según FMVSS 216.....</i>	78
Figura 32	<i>Simulación de vuelco estático.....</i>	79
Figura 33	<i>Esfuerzos combinados plásticos en 0.134 segundos.....</i>	79
Figura 34	<i>Mallado en el software ANSA.....</i>	82
Figura 35	<i>Mallado en ANSA.....</i>	83
Figura 36	<i>Mallado en LS-DYNA.....</i>	84
Figura 37	<i>Mallado en LS-DYNA.....</i>	85
Figura 38	<i>Unión de tirantes diagonales.....</i>	86
Figura 39	<i>Unión de arco delantero y tirantes del piso.....</i>	87
Figura 40	<i>Unión de tirantes de refuerzo en protección del motor.....</i>	88
Figura 41	<i>Selección del material.....</i>	89
Figura 42	<i>Dimensionamiento de cargas en plano YZ.....</i>	90
Figura 43	<i>Dimensionamiento de cargas en plano XY.....</i>	90
Figura 44	<i>Centro de gravedad.....</i>	93
Figura 45	<i>Distribución de masas.....</i>	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Variable de independencia</i>	29
Tabla 2 <i>Variable de dependencia</i>	30
Tabla 3 Metodología.....	31
Tabla 4 <i>Requerimientos del Roll Bar</i>	39
Tabla 5 <i>Peso mínimo en vehículos tracción total</i>	39
Tabla 6 <i>Dimensiones para tubos de estructura para vehículos todo terreno</i>	44
Tabla 7 <i>Dimensiones para tubos de estructura para vehículos todo terreno</i>	44
Tabla 8 <i>Confort pilotos</i>	46
Tabla 9 <i>Propiedades y clasificación</i>	52
Tabla 10 <i>Método ASD</i>	68
Tabla 11 Cargas aplicadas	78
Tabla 12 Masas y distancias de los elementos del vehículo.....	91
Tabla 13 <i>Set de nodos</i>	99
Tabla 14 <i>Resultados de desplazamiento</i>	100
Tabla 15 <i>Resultados de esfuerzo</i>	100
Tabla 16 <i>Capital humanos</i>	101
Tabla 17 <i>Materiales utilizados</i>	101

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Equilibrio</i>	48
Ecuación 2 <i>Centro de gravedad</i>	92
Ecuación 3 <i>Centro de gravedad eje Y</i>	92
Ecuación 4 <i>Centro de gravedad eje Z</i>	93
Ecuación 5 <i>Distribución de masas</i>	94
Ecuación 6 <i>Porcentaje de pesos</i>	96
Ecuación 7 <i>Cargas vivas</i>	97
Ecuación 8 <i>Cargas muertas</i>	97
Ecuación 9 <i>Cargas de frenado</i>	98
Ecuación 10 <i>Aceleración brusca</i>	98
Ecuación 11 <i>Cargas de giro</i>	98
Ecuación 12 <i>Cargas por resistencia aerodinámica</i>	99

Resumen

El actual proyecto de se desarrolla el diseño y modelamiento de un bastidor para un vehículo táctico destinado al reconocimiento de campo y patrullaje de las Fuerzas Armadas para garantizar su operatividad y requerimientos en las operaciones tácticas de combate a partir de un vehículo de tracción total marca Chevrolet, modelo Trooper. Basándonos en las características de fabricación como son el dimensionamiento, carrocería, rendimiento y peso, se procede a modelar el bastidor del prototipo para un vehículo táctico con el uso de herramientas de diseño empleadas por medio de software CAD y la determinación del análisis estático por medio del software CAE. Finalizado el modelado 3D, se da inicio al desarrollo del análisis estructural con las cargas que estaría sometido el bastidor como cargas de aceleración, frenado y de giro, estos resultados dan paso a la simulación por medio del programa ANSYS con el fin de recopilar datos de límites de deformación de desplazamiento estructural, factores de seguridad y esfuerzos de Von Mises; a partir de esto se da paso a la elección del tipo de material siendo un tubo de acero estructural ASTM A500/A500M existente el mercado Ecuatoriano para garantizar la zona de supervivencia de los ocupantes y la efectividad del vehículo para poder desenvolverse en su ambiente laboral.

Palabras Clave: vehículo táctico, diseño de bastidor, cargas, esfuerzos

Abstract

The current project of the design and modeling of a frame for a tactical vehicle for field reconnaissance and patrolling of the Armed Forces is developed to guarantee its operability and requirements in tactical combat operations from a Chevrolet all-wheel drive vehicle. , Trooper model. Based on the manufacturing characteristics such as sizing, bodywork, performance and weight, we proceed to model the prototype frame for a tactical vehicle with the use of design tools used by means of CAD software and the determination of the static analysis by means of of the CAE software. Once the 3D modeling has been completed, the development of the structural analysis begins with the loads that the frame would be subjected to, such as acceleration, braking and turning loads, these results give way to the simulation through the ANSYS program in order to collect data from structural displacement strain limits, factors of safety, and von Mises stresses; From this, the choice of the type of material is given, being a structural steel tube ASTM A500/A500M existing in the Ecuadorian market to guarantee the survival zone of the occupants and the effectiveness of the vehicle to be able to function in its work environment.

Key words: tactical vehicle, design the frame, loads, efforts

Capítulo I

Planteamiento del problema de investigación

Antecedentes

Los vehículos tácticos en todo el mundo están diseñados con el objetivo de cumplir operaciones de transporte y mantenimiento de paz, de igual manera en operaciones de combate donde exista un margen reducido de probabilidad de ataque.

Un vehículo militar tiene como característica principal la capacidad de operar en cualquier terreno. Su misión es poder cumplir lo encomendado (Mike S., 2017).

La ingeniería de software gracias a los antecedentes de EBSE suministra un procedimiento para solventar la problemática en las distintas investigaciones. Ayuda a organizar el proceso de pruebas automotrices con esto contribuimos al análisis de pruebas en el mundo real y proporcionar evidencia y soluciones e diferentes series de pruebas de software automotriz (Kasoju., 2013).

(Jorge D Camba, 2016) Asegura: "En escenarios de diseño paramétrico es fundamental la calidad del modelamiento CAD ya que determina el nivel de adaptación y la flexibilidad de modificar la geometría y la reutilización de patrones ya creados. En los sistemas CAD mecánicos permiten una selección de enfoques con el fin de una creación de un sinfín de modelos específicos, pero solo un determinado número de ellas puede afianzar un resultado CAD verdaderamente reutilizable"

(Ecuatoriano, 2015) Documenta: "En las acciones militares la herramienta fundamental de movilidad es aquella que garantiza la libre movilidad de sus unidades por medio de terrenos de difícil acceso"

Planteamiento del problema

El problema que enfrenta hoy en día las Fuerzas Armadas de no contar con vehículos de exploración táctica para maniobras de exploración de campo y patrullaje debido a la falta de

vehículos capaces de cumplir con estos requerimientos y no poder brindar seguridad y asistencia a la ciudadanía.

Las Fuerza Terrestre ayudan a garantizar la seguridad territorio nacional, es por esto que necesitan implementación de unidades tácticas para operaciones de difícil acceso para vehículos no standard.

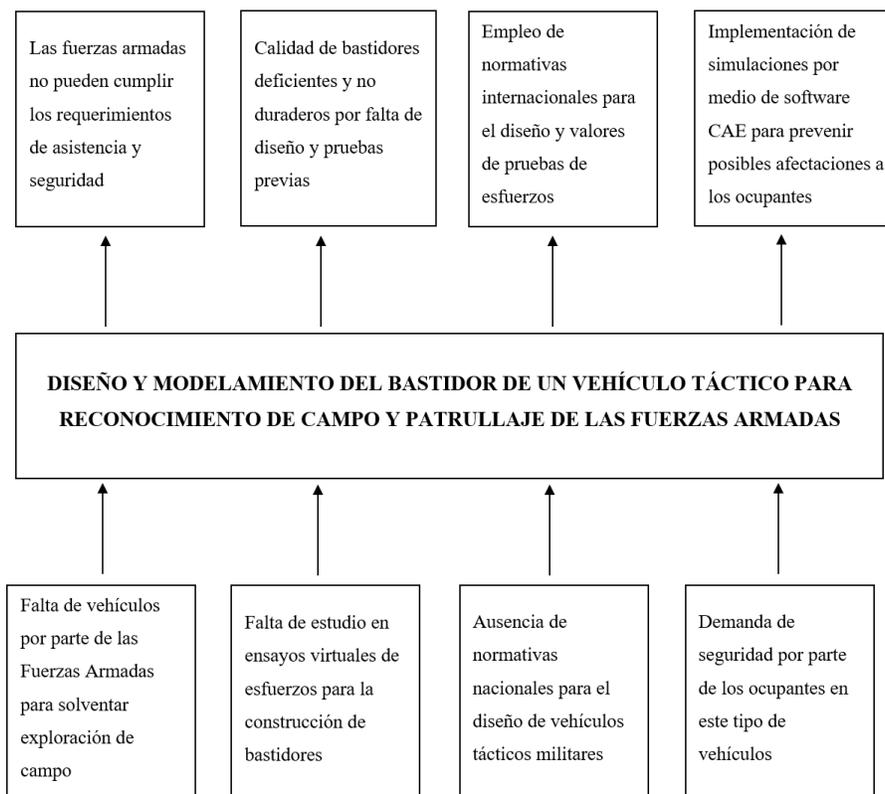
Se necesita buscar la eficiencia en el diseño del prototipo táctico para que cumpla con las exigencias de la fuerza terrestre, teniendo en cuenta las normativas de seguridad y de resistencias de los aceros para garantizar un alto nivel de supervivencia de los ocupantes.

Por tal manera que se expone posibles medidas y soluciones a la problemática planteada, se propone el estudio, investigación y análisis del bastidor de un vehículo táctico militar.

Árbol de causa y efecto

Figura 1

Árbol de causa y efecto



Nota. En la presente figura se muestra la problemática y la solución para el proyecto.

Descripción detallada del proyecto

Dada la necesidad de las Fuerza Terrestre de movilizarse para el cumplimiento de las misiones, satisfacer la exigencia de transportación de militares, abastos, en servicio de las unidades de combate. Se dotará de un vehículo táctico militar multipropósito para lo cual el presente trabajo se desarrollará de la siguiente manera:

Para el sustento de la investigación se indago y se recolecto información técnica-científica del desarrollo del diseño de un vehículo táctico militar de las Fuerzas Armadas de tal forma de

analizar datos técnicos que promuevan al diseño eficaz con el objetivo de brindar movilidad táctica y dar cumplimiento a las misiones.

Se implementó el análisis del diseño con la recaudación de las necesidades de los militares en un transporte táctico para ello se aplicó técnicas de ingeniería que dan paso al uso del diseño asistido por ordenador CAD – CAE que facilitara las simulaciones para encontrar efectividad en el diseño con el fin de mejorar las características técnicas del bastidor.

Se realizó el estudio de dotación de infantería como parte primordial del ejército, determinando la carga máxima que llega a soportar la sección en la que se ubica el armamento utilizando herramientas certificadas CAE.

Se estudió la normativa técnica ecuatoriana de clasificación vehicular la cual indica que el código PT pertenece a la categoría de porta tropas los cuales son destinados a la movilidad de uso policial o militar con sus pertrechos. Se basó en la norma NTE INEN-ISO 3833, 3.1.4, para el diseño y dimensionamiento del habitáculo militar.

Se realizó la verificación de la resolución No. 011-DIR-2011-CNTTTSV de los requisitos para la homologación de vehículos modificados, con el fin de mejorar datos técnicos, tácticos y mecánicos.

Se complementó con la misión y visión del ejército ecuatoriano que manifiesta que al 2023 será una Fuerza Terrestre disuasiva, su principal característica de múltiples misiones, y sobre todo con medios multipropósitos.

Justificación e importancia

Se propone desarrollar un vehículo táctico para las Fuerzas Armadas, a través de una fundamentación científicamente mediante fuentes bibliográficas confiables mediante el diseño mecánico, eléctrico y electrónico, así como también el proceso de manufactura a ser aplicado

para lo cual se realizará el modelado del Vehículo mediante sistemas computacionales de diseño automotriz

El personal militar necesita vehículos apropiados para desarrollar operaciones de patrullaje con el fin de brindar a la ciudadanía servicio de seguridad y apoyo durante el cumplimiento de las misiones.

El modelado del vehículo táctico considera la aplicación de la normativa Car Cross, para características generales de diseño, uso, sistema de frenado, neumáticos, sistema de alumbrado, ejes, suspensión y dirección, entre otras como aspectos de la seguridad activa y pasiva a cumplir de acuerdo a su uso para circulación terrestre a nivel nacional.

Se dimensionará y seleccionará el material para su construcción tomando en cuenta los sistemas de control vinculados a la seguridad de los ocupantes y mayor eficiencia en cuanto al desarrollo del vehículo.

El vehículo táctico está estructurado específicamente para transportar de manera eficiente, elegante y sostenible en caminos de difícil acceso. Con una impresionante capacidad de carga útil e increíble maniobrabilidad.

Objetivos del proyecto

Objetivo general

Diseñar y modelar el bastidor de un vehículo táctico para reconocimiento de campo y patrullaje de las fuerzas armadas.

Objetivos específicos

- Realizar el modelado 2D, 3D del bastidor en base a todos los elementos mecánicos del vehículo táctico.

- Seleccionar los materiales de acuerdo a la disponibilidad en el país y especificaciones detalladas NTE INEN 2415:2016 y NTE INEN 2250:2017; para el diseño y modelado del bastidor del vehículo táctico.
- Diseñar el bastidor del prototipo en software de ingeniería asistida por computador a través de modelos gráficos representados en 2D y 3D para la simulación de la estructura del vehículo táctico.
- Realizar los ensayos mecánicos respectivos del bastidor de acuerdo a las especificaciones de los elementos complementarios del vehículo táctico
- Seccionar los elementos mecánicos de acuerdo a los requerimientos y características de las Fuerzas Armadas para el reconocimiento de campo y patrullaje.
- Realizar los ensayos mecánicos como: torsión, resistencia de impactos, deflexión, flexión por choque, etc.

Metas

- Recopilar información técnica-científica para el diseño del bastidor con la certificación basadas en normas ecuatorianas y de fuentes extranjeras.
- Diseñar geométricamente el bastidor del vehículo táctico militar tomando en cuenta los aspectos de operatividad, diseño, funcionalidad, así como el dimensionamiento según la norma NTE INEN-ISO 3833, 3.1.4. de igual forma diseñar el bastidor tomando en cuenta su sistema eléctrico, electrónico, mecánicos y sistemas automotrices, según la disposición administrativa para la homologación de transporte que tienen permiso de circular por la república ecuatoriana basándonos en la resolución No. 011-DIR-2011-CNTTTSV.

- Validar el diseño del prototipo con ensayos de cargas estáticas y dinámicas que avalúen la supervivencia de los ocupantes y en el enfoque de mayor deformación proceder a reforzar, con el fin de proceder a su construcción.

Hipótesis

El diseño, modelado y análisis del bastidor del vehículo táctico para las Fuerzas Armadas usando software CAD-CAE ayudara a la obtención de datos de deformaciones tras aplicar los distintos esfuerzos de diseño para tener una construcción segura del vehículo.

Variables de investigación

Variables independientes

Tabla 1

Variable de independencia

Definición	Condición	Guía	Unidades	Instrumentos	Equipos
Vehículo táctico militar multipropósito para satisfacer los requerimientos de movilidad, rescate, protección y versatilidad para el cumplimiento de la misión.	Tecnológico	Esfuerzos máximos	MPa	Medición y simulación	Software CAE
		Deformaciones	mm		
		Concentración de esfuerzos	MPa		

Nota. La presente tabla engloba las variables.

Variables dependientes

Tabla 2

Variable de dependencia

Definición	Condiciones	Siglas	Guía	Sistema	Instrumentos
Proceso del diseño y comportamiento desde la perspectiva técnica para cumplir las operaciones de apoyo en el espacio ecuatoriano.	Simulación por computador del bastidor del vehículo táctico militar para cumplimiento de transporte y misión	CAD FEM CAE	Diseño asistido por ordenador 2D y 3D Elementos finitos Análisis cinemático y dinámico	Medición y simulación	Ensayo

Nota. En la presente tabla se menciona las variables de dependencia.

Metodología usada para el desarrollo

Método documental-bibliográfico

Por medio de recopilación bibliográfica se obtendrá información acerca de diseño, normas vigentes en el país e internacionales en relación al diseño de bastidores.

Método experimental

Por medio del uso de software CAD-CAE se recopilará valores arrojados por los diferentes ensayos de esfuerzos, límites de desplazamiento estructural, factores de seguridad y Von Mises.

Método analítico

En esta investigación se realizará el análisis de los valores y parámetros de factores de seguridad, límites de desplazamiento estructural, Von Mises y esfuerzos a los que se somete el bastidor para su correspondiente verificación dentro de los parámetros aceptados por las normas vigentes.

Tabla 3

Metodología

Estrategia	Condiciones	Componentes	Lugar de trabajo
Documental Bibliográfico	Por medio de investigación bibliográfica se obtendrá información acerca de diseño, normas vigentes en el país e internacionales en relación al diseño de bastidores.	<ul style="list-style-type: none"> • Libros • Artículos científicos • Tesis 	Laboratorios ESPE
Experimental	Por medio del uso de software CAD-CAE se recopilará valores arrojados por los diferentes ensayos de esfuerzos, límites de desplazamiento estructural, factores de seguridad y Von Mises.	<ul style="list-style-type: none"> • Computador personal • Software CAD-CAE 	Laboratorios ESPE
Analítico	En esta investigación se realizará el análisis de		

Estrategia	Condiciones	Componentes	Lugar de trabajo
	los valores y parámetros de factores de seguridad, límites de desplazamiento estructural, Von Mises y esfuerzos a los que se somete el bastidor para su correspondiente verificación dentro de los parámetros aceptados por las normas vigentes.		

Nota. La presente tabla muestra a detalle el proceso de recopilación de información para el desarrollo del proyecto.

Capítulo II

Fundamento teórico

Vehículos Táctico Militares

Tras dos guerras mundiales la inteligencia militar ha ido evolucionando e implementando mejoras continuas en vehículos tácticos, encontrando características importantes en donde la movilidad es de suma importancia en la fuerza terrestre, por lo tanto implementar innovación en el desarrollo de la movilidad es incrementar la versatilidad trayendo consigo mejoras notables en los vehículos tácticos.

Así es el caso del modelo del Jeep Willys que fue el primer vehículo todo terreno militar el cual al transcurrir los años se ha visto las mejoras y se ha implementado diferentes cualidades importantes que ha mejorado el desenvolvimiento del vehículo en el entorno cambiante militar, la fuerza terrestre constantemente busca la planificación en las operaciones en el entorno terrestre a tal punto que se llegó a modificar en mejora varios componentes.

Estas innovaciones han ayudado a que la movilidad de los vehículos tenga más operatividad en entornos de extrema movilidad tal es el caso de los vehículos modelo Hummer y URO VAMTAC que son versátiles ante cualquier obstáculo que se presente y sobre todo ayudan a la seguridad integral del estado ecuatoriano.

Ante la gran inminencia de las guerras mundiales los vehículos tácticos toman un papel fundamental en la transportación de personas, carga, abastos e indumentaria militar incluso están aptos para combate a distancia con artillería de acuerdo a su capacidad de carga, para así poder entregar su versatilidad a su máxima magnificencia.

La fuerza terrestre tiene el objetivo de generar personal polivalente por lo cual tienen la necesidad de adquisición de flotas vehiculares multi misión con características avanzadas tales como; escurrirse ante el enemigo, agilidad, movilidad ante cualquier terreno y sobre todo

complementar con ataques muy a puntos específicos logrando causar daño a una unidad vehicular o una porción de personal militar, su alcance de afectación no alto pero sin embargo genera confiabilidad al transcurrir cualquier camino (Casado Martínez, 2009).

Especificaciones en vehículos tácticos

Protección

Los vehículos tácticos militares no tienen la característica de ser equipados con protección de elevado blindaje debido a la sobre carga que este genera, trayendo consigo a la afectación de la movilidad en campos que se requiere de agilidad por lo tanto se ha optado por implementar, rediseñar un blindaje metálico de acuerdo a la capacidad de carga de los componentes internos del vehículo evitando el desgaste pronunciado en la transmisión, motor y suspensión. Al comparar un vehículo de modelo Hummer con uno de blindaje nivel 3, conlleva una diferencia de 1800kgs lo cual se traduce que el exceso de peso en vehículos tácticos afectara al punto de gravedad.

El rediseño de blindaje para estos vehículos se lleva a cabo en las bases militares con el objetivo de solucionar el sobrepeso que estos generan por lo cual desarrollan prototipos de mezcla entre el blindaje metálico y compuestos cerámicos teniendo como resultado un alto coste el cual no es compatible para los vehículos tácticos sin embargo estos prototipos son destinados a grandes bases militares de primer mundo que necesitan blindaje a bajo peso (Casado Martínez, 2009).

Seguridad en el habitáculo

La seguridad en los militares dentro del vehículo es clave para obtener un factor alto de índice de sobrevivencia por lo tanto se evita el denominado “efecto coctelera” que conlleva al equipamiento del vehículo táctico con accesorios fundamentales como son: cinturón de 4 puntos, anclajes a los asientos, capsula de sobrevivencia, reposapiés, dispositivos anti encendidos y

cristales balísticos. De igual manera la suspensión debe ser lo más alto posible al nivel del suelo, con esto se evitará daños considerables en el habitáculo (Casado Martínez, 2009).

Movilidad

Este vehículo posee accesorios extras de combate los cuales deben tener la capacidad de ser intercambiables fácilmente incluso deben ser de multifunción para cualquier necesidad militar.

Su configuración interna requiere de suspensión activa, independiente para cada una de las ruedas, de igual manera la suspensión debe adquirir la característica de ser activa, confiable e independiente. No podemos dejar a un lado los frenos que recomiendan los fabricantes los cuales son con circuito independiente para caso de remolque. Estos vehículos son adaptados con neumáticos con la peculiaridad de ser anti pinchazos que se traducen a la circulación mientras la rueda este sin aire (Casado Martínez, 2009).

Proceso de análisis de elementos finitos

También se identifica con varios nombres como análisis del elemento finito que consiste en solventar problemas de campo gracias al sustento de ecuaciones parciales. Esta herramienta es muy utilizada en ingeniería mecánica ya que por sus propiedades facilita y resuelve problemas térmicos, estructurales y vibraciones.

Para estudiar deformaciones o tensiones de manera acertada el solucionador AEF es el indicado para dar análisis a componentes individuales para ello necesita cumplir tres pasos:

- Procesamiento previo (Restricciones, modelos, cargas y materiales)
- Solución Informática (Resultados codiciados)
- Postproceso (Análisis de resultados) (SolidWorks Corporation, 2017).

Modelado del bastidor

Al modelar un bastidor se tiene como finalidad buscar la correcta resistencia con el peso mínimo posible reflejando así en el ordenador el comportamiento real del mismo. Es extremadamente exigente el software computacional ya que el mallado por elementos finitos dispone de la utilización de travesaños y largueros definiendo los desfases que se encuentran entre ejes (Colomina, Masiá, Esquerdo, & Dols, 2006).

CAD

Los softwares del diseño (CAD) son técnicas para el análisis propuestas para crear un modelo y simular su comportamiento esto nos da una pauta real de como quedara el producto antes de su construcción (Rojas & Rojas, 2006).

Características del CAD

- Simulaciones dinámicas visualizando resultados y procesos
- Soluciones proporcionadas por el software según su aplicación
- Desarrollo de sistemas virtuales
- Ingeniería concurrente online
- Ingeniería inversa (a partir de un scanner tridimensional obtener un modelo CAD)
- Intercambio de formatos
- Works pace y plug-ins (Rojas & Rojas, 2006).

Proceso de diseño de ingeniería

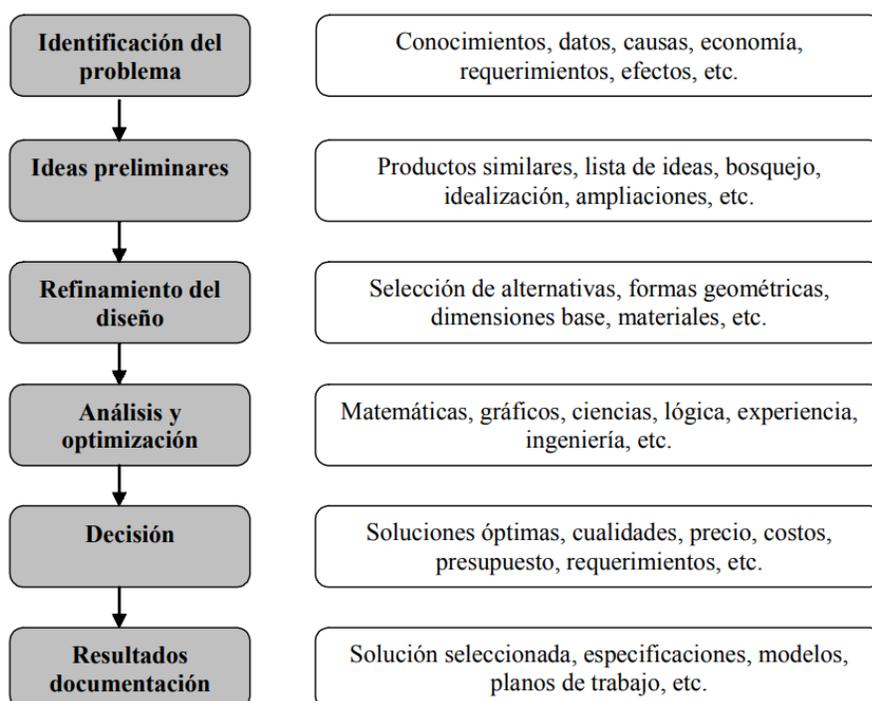
La ingeniería es un recurso primordial para solventar problemas en el diseño usando recursos, conocimientos y productos existentes con el motivo de solventar los problemas planteados teniendo en cuenta materiales, presupuesto, necesidad del cliente, tiempo, energía, legales, sociales y psicológicos.

Cualquier diseño debe ser respaldado por normativas nacionales e internacionales como: ISO, ANSI, ASME, HML, STEP, etc.

A continuación, se muestra los pasos a seguir en el caso de un diseño de ingeniería, cada etapa contiene su retroalimentación respectiva (Rojas & Rojas, 2006).

Figura 2

Diseño de ingeniería



Nota. Esta figura representa los pasos a seguir para un diseño de ingeniería. Tomado de (Rojas & Rojas, 2006).

Ingeniería Asistida Por Computador

CAE es una herramienta tecnológica que nos ayuda a simular bajo condiciones reales el efecto de variable sobre el diseño con el objetivo de ir modificando factores tridimensionales en tiempo real. Es utilizado por Ingenieros para verificar la factibilidad del diseño obteniendo

soluciones inmediatas mediante ciclos de pruebas obteniendo así un alto nivel de confiabilidad. Estos resultados son aproximados a la realidad siempre están sujetos de cómo se distribuya la estructura en elementos finitos.

La FEA es una de las herramientas más versátiles y probadas para dar solución a las problemáticas de ciencia aplicada e ingeniería, son de uso indispensable (Rojas & Rojas, 2006).

Normativas En El Chasis

El chasis estará conformado de una jaula de seguridad con un mínimo de seis puntos para el piloto y copiloto.

Material del cual debe estar hecho el habitáculo, indicándonos el uso de tubo de acero como mínimo con un espesor de 1.1mm y un diámetro de 1.5”

Es de aprobación usar materiales más resistentes con la condición de respetar las dimensiones y deben ser derivados del hierro.

Según la FEDAK el ancho máximo permitido debe ser de 1.8 tomando en cuenta tres metros máximos de distancia de eje a eje y mínimo 2.25 metros. (FEDAK, 2012)

Normativas De Seguridad

Roll Bar

Es parte elemental del habitáculo en vehículos tracción total por lo tanto se consideran las siguientes especificaciones:

Tabla 4*Requerimientos del Roll Bar*

Tipo de tubo	Especificación	Coefficiente de volumen mínimo
Tubo estructural	En el arco central detrás de la cabeza del piloto.	2.4
Dos tubos laterales	De protección por sobre la altura de la cintura	1.8
Tubo en X o diagonal	Anti vuelvo en la estructura, Arco Central, que está detrás de los asientos	1.8

Nota. La siguiente tabla muestra las características elementales para un chasis 4x4. Tomado de (FEDAK, 2012).

Peso mínimo

Destinado únicamente a vehículos con tracción a las cuatro ruedas motrices. De acuerdo a la tabla 5 se establecen el peso real con las siguientes condiciones: sin ocupantes, y sin carga alguna.

Tabla 5*Peso mínimo en vehículos tracción total*

Cilindrada del motor	Peso
0 a 1600cc	1200 kilogramos
1601 a 2000cc	1300 kilogramos
2001 a 2500cc	1500 kilogramos
2501 a 3000cc	1800 kilogramos

Nota. Detalle de los pesos reales según la cilindrada de cada motor. Tomado de (FEDAK, 2012).

Arnés

Es vital en vehículos abiertos cinturones tipo arnés de mínimo cinco puntos de anclaje y homologados con el fin de que sus cuerpos tanto el piloto como el copiloto vayan pegados a sus respectivos asientos (FEDAK, 2012).

Asientos

Obligatoriamente deben ser monovolumen los asientos. De ninguna manera pueden ser reclinables. Deben ser asientos homologados en caso de ser corredizos (FEDAK, 2012).

Seguros

El capot debe regirse a utilizar pasadores metálicos para los seguros. Se considera antirreglamentario usar pulpos elásticos y correas (FEDAK, 2012).

Espejos retrovisores

Como mínimo 2 espejos laterales y es recomendable un central (FEDAK, 2012).

Superficie De Protección

El piso del vehículo táctico debe estar diseñado con la finalidad de proteger a los ocupantes de piedras, agua, aceite, restos provenientes del motor.

Las paredes de separación o paneles del suelo son obligados a tener un sistema de desagüe para evitar la acumulación de líquidos (Automovilismo, 2015).

Carrocería Del Vehículo

Se considera como la unión de distintos elementos que conforman un solo cuerpo con ayuda de una estructura interna, que permite mantener una rigidez necesaria y a su vez se compone de una estructura externa que ayuda a generar su estética.

Dentro de la zona interna encontramos espacios diseñados para generar confort y seguridad para los ocupantes. Adicional encontramos que estas cuentan con características únicas como son la resistencia y el peso, dando como resultado dos sistemas de construcción:

- Chasis y carrocería desmontable
- Carrocería auto portante (Agueda E., 2010).

Bastidor

Es conocido como chasis al elemento que sirve de sujeción para los diferentes elementos y conjuntos mecánicos que forman un vehículo como son: tren de potencia, dirección, carrocerías, sistemas auxiliares, etc.

Adicional al soporte de los componentes del vehículo, este soporta las cargas y sobrecargas de su uso cotidiano, dentro de estos está el peso de los ocupantes también las cargas dinámicas que generan los diferentes elementos del vehículo y su movimiento generado por el mismo (J., 2004).

Actualmente para vehículos todo terreno se ocupa el tipo de bastidor que está formado por travesaños y largueros, sobre estos elementos se montan los demás sistemas que componen el vehículo y adicional la carrocería.

En la figura se observa una representación del tipo de bastidor que ocupan los vehículos todo terreno, se conforma de largueros que se encuentran unidos por varios travesaños que dan forma a una viga que presenta propiedades de elevada resistencia a los esfuerzos de flexión, en ocasiones los largueros no se encuentran paralelos y estos se unen de tal manera que forma una X.

En cuanto al punto de gravedad se pretende que este sea lo más bajo posible, esto se consigue con modificación de los elementos como largueros y travesaños, estos deben tener formas curvadas con el fin de alojar los distintos componentes del vehículo. (Antonio, 1997)

Tipos de bastidores

Bastidor rectangular

Se considera el tipo de bastidor clásico ya que cuenta con una configuración geométrica similar a la forma de escalera. Se compone de dos elementos llamados largueros, a estos los unen elementos más pequeños llamados travesaños. (Yolanda, 2003)

Bastidor en X

También llamado bastidor especial, ya que presenta características únicas como una mayor estabilidad y notable mejora en cuanto a su rigidez. Su configuración geométrica es similar a un reloj de arena debido que sus largueros son de tamaño considerable en comparación con los bastidores rectangulares y se encuentran cruzados formando una X (Yolanda, 2003).

Bastidor en trapecio

Este bastidor tiene la característica de brindar mayor estabilidad, sus notables diferencias son en medida del ancho en la parte frontal o posterior, aunque también se admite en ambos frentes. El mayor aprovechamiento de esta configuración geométrica particular se lo realiza en la fijación del tren de potencia y para brindar un mayor ángulo de giro a las ruedas.

Bastidores de vehículos todo terreno

Para este tipo de vehículos los elementos denominados largueros toman la forma de curvas, con el fin de poder adaptarse a los distintos elementos mecánicos del vehículo como son el tren de potencia.

Para este caso la carrocería se forma por chapas que se unen a sí mismas, el método de unión de dichas chapas se da por medio de diferentes técnicas de unión (soldadura) principalmente en las zonas como puertas, techo, marcos, pilares, etc. (Yolanda, 2003)

Bastidor tubular

Se conforma de una unión de tubos de diámetro reducido en forma de red que forman un conjunto confirma similar a una jaula. A este conjunto se une el resto de componentes que forman parte del vehículo.

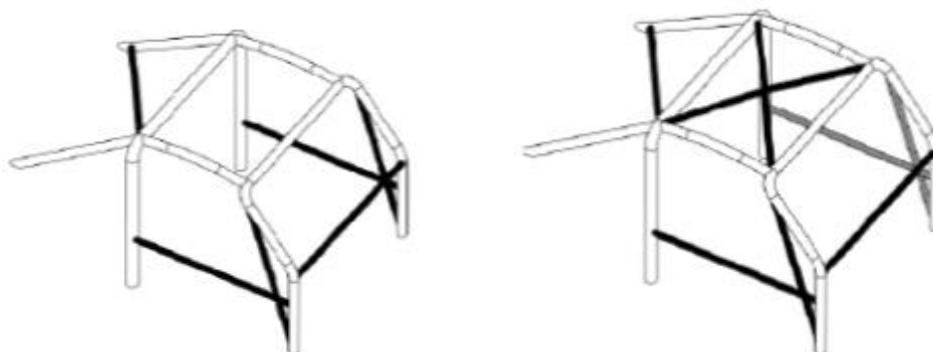
La aplicación principal de este tipo de bastidor es en vehículos de competición y especialmente en vehículos de competición ya que brinda mayor rigidez, así como gran resistencia y adicional reducen el peso neto del vehículo (Terán, 2014).

Dimensiones de tubos RFEDA

La elección de tubos para el correcto diseño de la estructura tubular del vehículo táctico, la normativa generada por la RFEDA puntualiza la siguiente recomendación como se ve en la imagen, de este modo se asegura la rigidez de la estructura y cumple con los requerimientos de seguridad para los ocupantes, los mismo que se detallan en la tabla 3.

Figura 3

Dimensiones recomendadas para la estructura tubular



Nota. Se designa en la presente imagen los tipos de tubos que la normativa de la RFEDA recomienda para vehículo todo terreno. Tomado de (RFEDA, 2019).

Tabla 6*Dimensiones para tubos de estructura para vehículos todo terreno*

Tipo de acero	Dimensiones (mm)
Acero al carbono estirado en frío sin soldadura	40 x 2.0
Acero al carbono estirado en frío sin soldadura	50 x 1.5

Nota. En esta tabla se indica las dimensiones y tipo de acero para los tubos que se deben usar en el bastidor. Tomado de (RFEDA, 2019)

Conceptos para el diseño de la estructura tubular del vehículo táctico

Dimensiones para Todo Terreno homologados por la RFEDA

Para diseñar la estructura tubular del vehículo táctico se debe conocer los parámetros admitidos como anchura máxima, diámetro máximo de ruedas estructura de seguridad, por medio de estos datos se optará por una distribución de pesos de los diferentes elementos mecánicos con el fin de garantizar una estabilidad apropiada.

Para esto se revisa la normativa de dimensiones de la tabla 7, establecidas por la RFEDA para tener una base en cuanto a medidas referenciales (RFEDA, 2019).

Tabla 7*Dimensiones para tubos de estructura para vehículos todo terreno*

Categoría	Anchura máxima (mm)	Diámetro de ruedas (mm)
Primera categoría	1650	686
Segunda categoría	1650	686
Tercera categoría	1750	686

Nota. En la tabla 7 manifiesta las medidas de anchura máxima y diámetro de ruedas en función de la categoría de vehículos todo terreno. Tomado de (RFEDA, 2019)

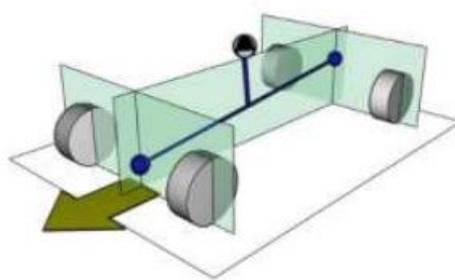
Distribución de pesos

Con el fin de que el vehículo presente un comportamiento inercial adecuado, es importante al momento del diseño distribuir las masa que conforman los sistemas del vehículo de manera precisa ya que no es posible colocar todas en un solo punto central. Debido que el momento de vuelco es dependiente específicamente del centro de masa especialmente su ubicación, es de vital importancia establecer el correcto centro de masa bajo y balanceo de eje adecuado como se observa en la imagen 4.

Para la obtención de una respuesta ideal de reacción de los esfuerzos dinámico, se debe diseñar de tal manera que la distribución de masas sea equilibrada uniformemente en las cuatro ruedas bajo todas las circunstancias en marcha para un aprovechamiento óptimo de las fuerzas lateral y tracción total de las ruedas (Morales T., 2011).

Figura 4

Eje de balaceo



Nota. Se observa de manera referencial el centro de balanceo vehicular. Tomado de (Morales T., 2011).

Riesgo de vuelco

Para producirse el vuelco en un vehículo tiende a sustentarse principalmente de la altura del centro de gravedad y del chasis, dentro de este último consideramos anclaje del eje, base de muelles, estabilizadores, etc., adicional depende del tipo de carga. Para reducir las probabilidades de vuelco el método más seguro es la desaceleración al aproximarse al límite de volcamiento, produciendo una reducción del motor y un frenado; siendo así, el límite de vuelco esta dado en función de las distintas cargas aplicadas al vehículo y su distribución de masas (Robert, 2005).

Confort

Medidas de confort del conductor

Las dimensiones se reparten en la cabina y vienen dadas en función del porcentaje de las dimensiones generales al 95% en cuanto a los valores estándar. En la tabla 8 se indica las siguientes medidas en función al percentil 95.

Tabla 8

Confort pilotos

Designación	Medida	Bosquejo
Inclinación del torso respecto a la vertical	15°	
Longitud del antebrazo	35 cm	
Inclinación del antebrazo con respecto a la vertical	10°	
Longitud del brazo	30 cm	
Diámetro del casco	35 cm	
Longitud del pie	30 cm	

Designación	Medida	Bosquejo
Angulo del pie con la pierna	90°	
Longitud de la pierna	53 cm	
Longitud del muslo	51 cm	
Altura del piso a la cadena	20 cm	
Longitud del torso	55 cm	

Nota. En la tabla 8, se indica las medidas referenciales necesarias para un conductor dentro del vehículo. Tomado de (Fernández, 2017).

Parámetros Para Análisis De Cargas

Análisis de modelado

El análisis del modelado del bastidor del vehículo táctico es de vital importancia para una correcta distribución de cargas en los diferentes puntos de apoyo, esto con el fin de garantizar valores de factor de seguridad y resistencia de los materiales que se encuentren dentro de los rangos permitidos. La normativa de la FEDAK nos indica el peso mínimo que deben tener este tipo de vehículos en función de su aplicación que en este caso es de mínimo 1500 Kg (FEDAK, 2012).

Resistencia y rigidez

Las resistencias de los materiales empleados tienen su base en tres principios principales como son el de rigidez, de superposición y de Saint-Venant, para la correcta validación de este tipo de análisis depende básicamente del grado de satisfacción de los principios mencionados anteriormente.

El principio de rigidez tiene como consecuencia directa la variación en función de la hipótesis que establece lo siguiente: "Las ecuaciones de equilibrio son capaces de formularse sobre las

geometrías no deformadas, esto es aplicado en condiciones de no movimientos provocados por el sistema de carga”, representados en la siguiente formula: (Elena, 2001)

Ecuación 1

Equilibrio

$$K = \frac{F}{\delta}$$

F, Fuerza en MPa

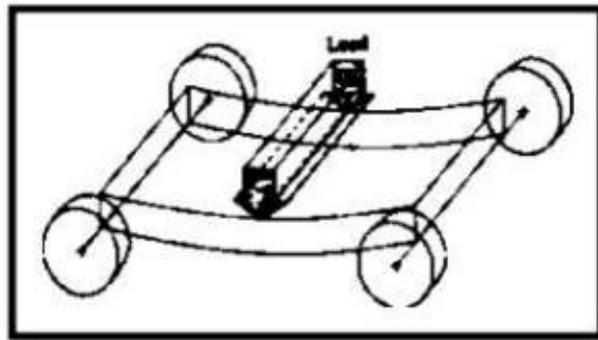
δ, Desplazamiento en mm

Flexión específica en posición vertical

El vehículo táctico se compone de diferentes elementos automotrices como tren de potencia, sistema de refrigeración, implementos de seguridad, etc., adicional a estos se suman los ocupantes dando un efecto de pandeo sobre el bastidor siendo el producto de estos la mayor deformación en el centro de gravedad y las ruedas, en estas se produce una reacción en sentido contrario como se observa en la imagen 5 (Singh, 2010).

Figura 5

Flexión vertical



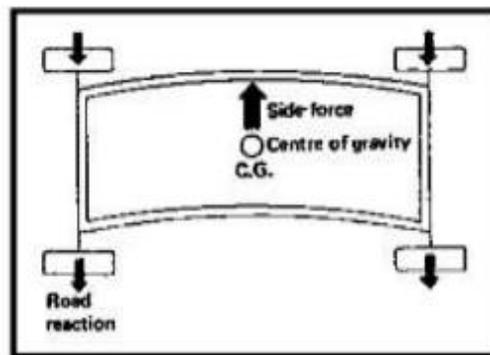
Nota. Se muestra en la figura 5 la deformación del pandeo que se forma en el bastidor tras aplicar las cargas de los componentes del vehículo. Tomado de (Singh, 2010).

Flexión específica en posición lateral

La flexión lateral que sufre la estructura del vehículo se debe a distintas causas como la fuerza centrífuga causada al momento que el vehículo ingresa en una curva a velocidades consideradas, adicional se toma en cuentas la fuerza provocada por el viento. Los resultados que producen estas fuerzas se notan al costado de la estructura las cuales resisten por medio de los ejes y neumáticos dando origen a una deformación lateral a la altura del bastidor como se observa en la imagen 6 (Singh, 2010).

Figura 6

Flexión lateral



Nota. Las reacciones de los neumáticos ante la fuerza lateral aplicada al bastidor en la zona central mostrado en la figura 6. Tomado de (Singh, 2010).

Prueba de vuelco

El desarrollo de este tipo de pruebas se puede dar de dos tipos que al final deben tener resultados similares, el primero es con el vehículo estático situado en una plataforma inclinada dicha plataforma viaja a una velocidad de 50 km/h para posteriormente frenar de manera brusca provocando que el vehículo salga despedido y este de vueltas de campana como se observa en la figura 7.

La segunda prueba se la realiza con el vehículo suspendido a una altura de 40 cm sobre la esquina del techo. Los resultados de los dos tipos de pruebas deben tener similitud en cuanto a seguridad brindada a los ocupantes, es decir sin sufrir deformaciones (Alberto, 2015).

Figura 7

Flexión lateral



Nota. Se mira en la figura 7 una representación de la prueba de vuelco dinámica. Tomado de (Alberto, 2015).

Capítulo III

Modelado del bastidor

Características del diseño del vehículo táctico

Este diseño tiene la finalidad de cumplir los requerimientos de la Fuerza Terrestre del Ejército Ecuatoriano tomando en cuenta normativas nacionales e internaciones de homologación para vehículos tracción a las cuatro ruedas, con el fin de ser un vehículo eficaz en sus labores y sobre todo que pueda circular en el Ecuador.

Este diseño parte con la obtención de los sistemas automotrices y chasis del vehículo Chevrolet Trooper 2.3 4x4 del cual se tuvo referencias de las dimensiones de tal forma de diseñar y modelar el bastidor garantizándonos excelente movilidad, capacidad de carga y sobre todo seguridad para los ocupantes.

Normas aplicadas al diseño

Debido a que en el país no existe un precedente de este tipo de vehículos, no se encontró normativas referentes a la construcción de estos vehículos, por lo que se procedió a implementar normativas internacionales como la FIA, RFEDA, FEDAK y normas nacionales aplicadas a la construcción de autobuses, las cuales se consideró para el lineamiento del diseño en cuanto a medidas y características que deben cumplir como norma de seguridad.

Selección del material

Basados en el reglamento establecido por la RFEDA la cual nos indica en el reglamento para la seguridad de los militares en prototipos todo terreno, Anexo 9. Las selecciones de los tubos para su construcción estructural tubular deben ser de acero con base de carbono estirado en frío sin soldaduras, con un diámetro de 40mm y un espesor de 2mm.

En conocimiento del acero a utilizar se procede a buscar su existencia en el país, encontrando la normativa NTE INEN 2415, la cual nos indica las propiedades y requisitos mecánicos para este tipo de tubo, el cual se detalla en la siguiente imagen.

El material utilizado para las combinaciones ASD para el análisis estructural, es un material de tipo lineal con módulo de elasticidad de $2e+5$ MPa, densidad del material $7.8e-9$ t/mm³ y radio de Poisson de 0.3

El acero lineal se utiliza por que se espera tener esfuerzos inferiores al límite de fluencia del material.

Tabla 9

Propiedades y clasificación

Grado	Descripción	Límite de fluencia mínima (MPa)	Resistencia a la tracción mínima (MPa)	Elongación mínima en 50 mm %
AC	Tubo para usos generales	--	290	35
A	Tubos estructurales sección circular	230	310	25 ^B
B		290	400	23 ^C
C		315	425	21 ^D
D		250	400	23 ^C
A	Tubos estructurales sección cuadrada, rectangular o especial	270	310	25 ^B
B		315	400	23 ^C
C		345	425	21 ^D
D		250	400	23 ^C

1 ASTM A500/A500M Table 2 Tensile requirements.

A El mínimo valor de elongación especificado aplica únicamente a los ensayos realizados antes del envío del tubo.

B Se aplica a espesor de pared (e) igual o mayor a 3.05mm. Para espesores menores del especificado, el valor mínimo de elongación en 50mm debe ser calculado por la ecuación $\% = 2.2e + 17.5$, redondeando al espesor más cercano.

C Se aplica a espesor de pared (e) igual o mayor a 4.57 mm. Para espesores más ligeros el mínimo valor de elongación en 50 mm debe ser calculado por la formula $= 2.4e + 12$ redondeado al espesor más cercano.

D Se aplica a espesor de pared (e) igual o mayor a 3.05mm. Para espesores más ligeros el mínimo valor de elongación en 50mm, puede ser por acuerdo con el fabricante.

Nota. Se presente en la figura los datos de las propiedades mecánicas de los tubos. Tomado de (NTE INEN 2415, 2016)

La elección del acero para el diseño y su construcción en base a sus propiedades mecánicas y existencia en el mercado nacional, se optó por el tubo de grado A, el cual tiene una aplicación como material estructural de sección circular. El límite de fluencia mínima es el que nos servirá como referente para las distintas simulaciones de esfuerzos.

Diseño y modelado del vehículo táctico

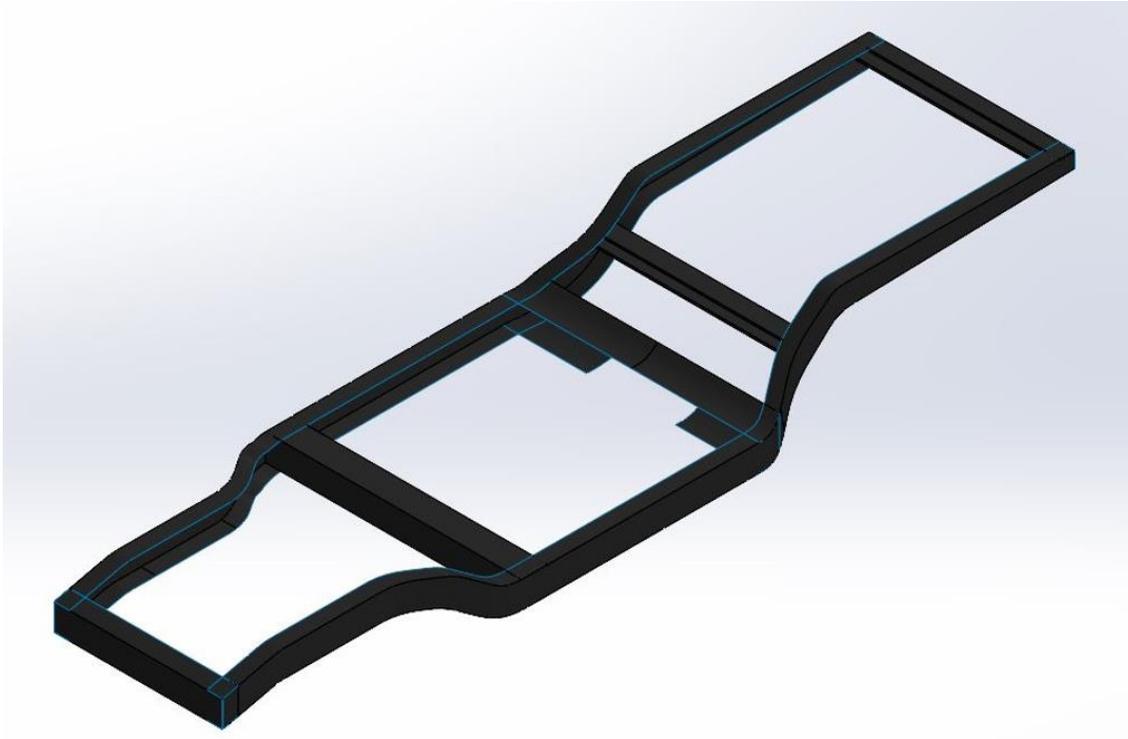
Para el modelado del bastidor se tiene referencia las dimensiones de vehículos 4x4 existentes en el Ecuador tal es el caso del modelo Jeep tracción total y referencias de vehículos tácticos extranjeros como la Fox – Jankel. Se da paso al modelo con el software CAD teniendo en cuenta la normativa ecuatoriana.

Delineación del chasis

Para la base principal del vehículo táctico se optó el diseño original del vehículo base (Chevrolet Trooper) debido a sus prestaciones en cuanto a resistencia bajo los diferentes esfuerzos y apartados legales para la libre circulación del vehículo.

Figura 8

Base de estructura (chasis)



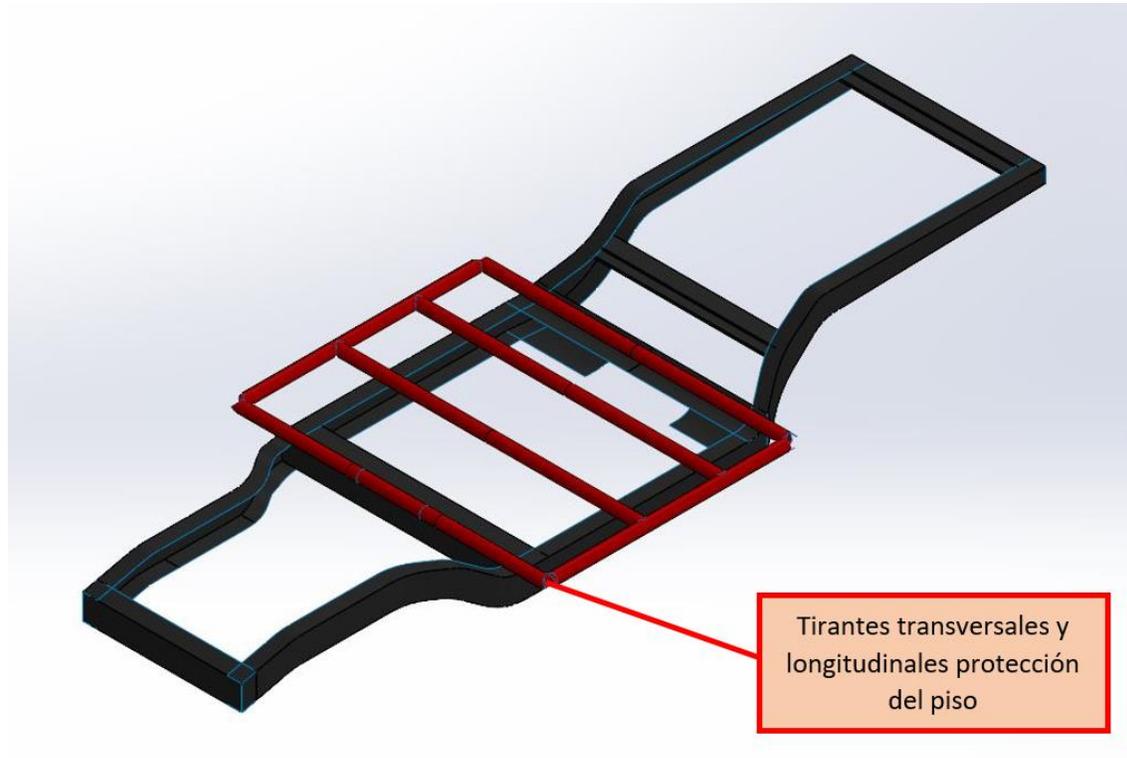
Nota. La base inicial en el cual será montada la estructura tubular se muestra en esta figura.

Base principal del habitáculo

En esta sección se optó por un acero de dos pulgadas de diámetro, cumpliendo así las indicaciones para la seguridad de los ocupantes establecida por la FIA. Adicional se incluyen las zonas de soporte para los asientos de los ocupantes.

Figura 9

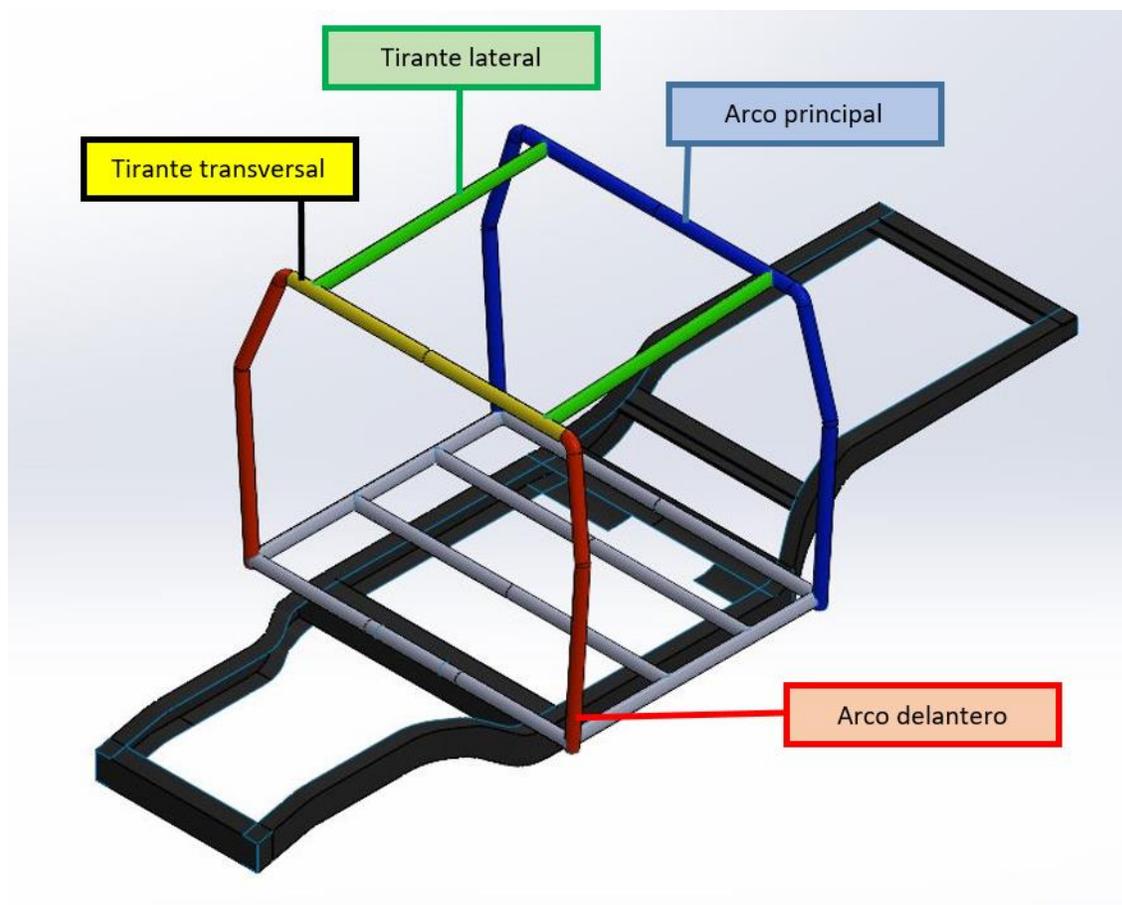
Piso de los ocupantes



Nota. La presente figura ilustra la implementación tubular reforzada del piso de los ocupantes.

Arcos y tirantes principales

Para el diseño de este conjunto está compuesto principalmente en la zona delantera por el arco principal delantero que se une por medio de un tirante transversal, en la zona posterior se encuentra el arco principal y estos se unen por medio de tirantes laterales.

Figura 10*Diseño del Roll Bar*

Nota. La siguiente figura se especifica los arcos principales del roll bar.

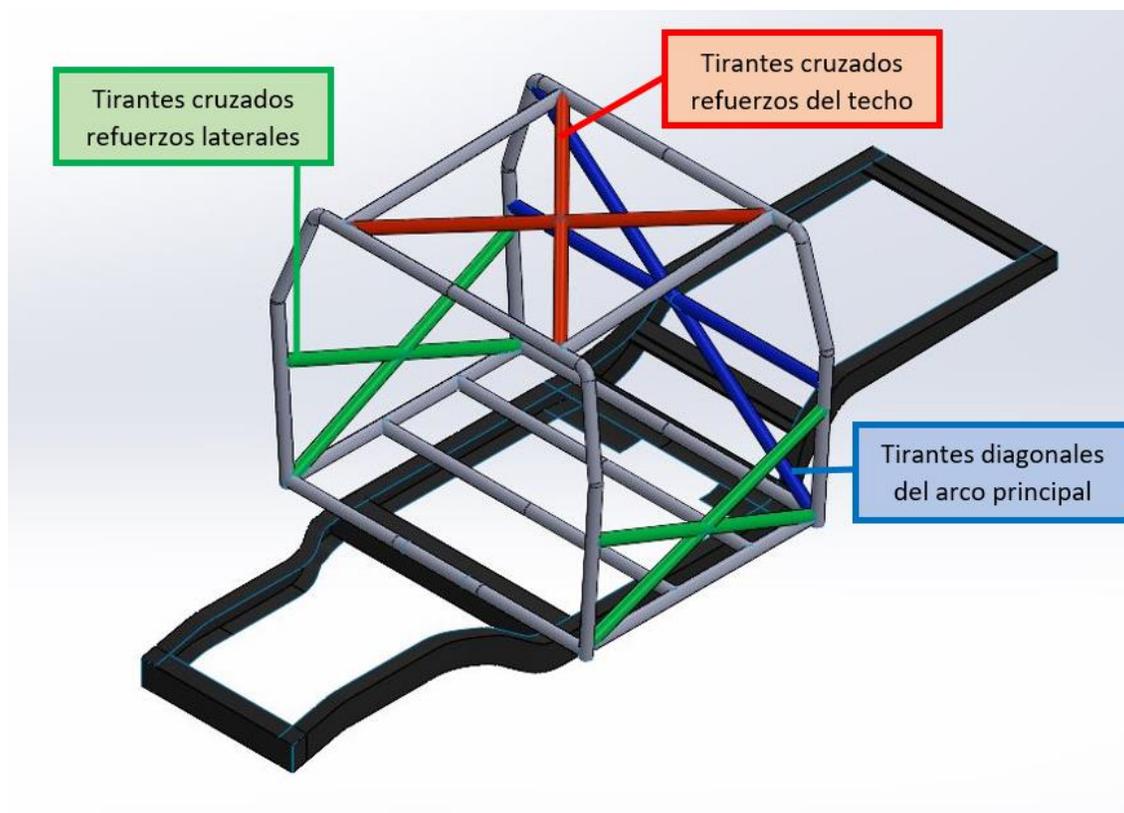
Tirantes diagonales de refuerzo

En el arco principal o posterior encontramos un tirante cruzado uniendo la parte inferior con su opuesto en la zona superior, a este se le añadió un tirante horizontal como sugiere la norma de la RFEDA.

Para la zona superior se implementó un par de tirantes cursados de dos pulgadas de diámetro y en las zonas laterales de la misma manera, con una distancia de 680 milímetros capaz de permitir la salida y el ingreso de los ocupantes.

Figura 11

Refuerzos del Roll Bar



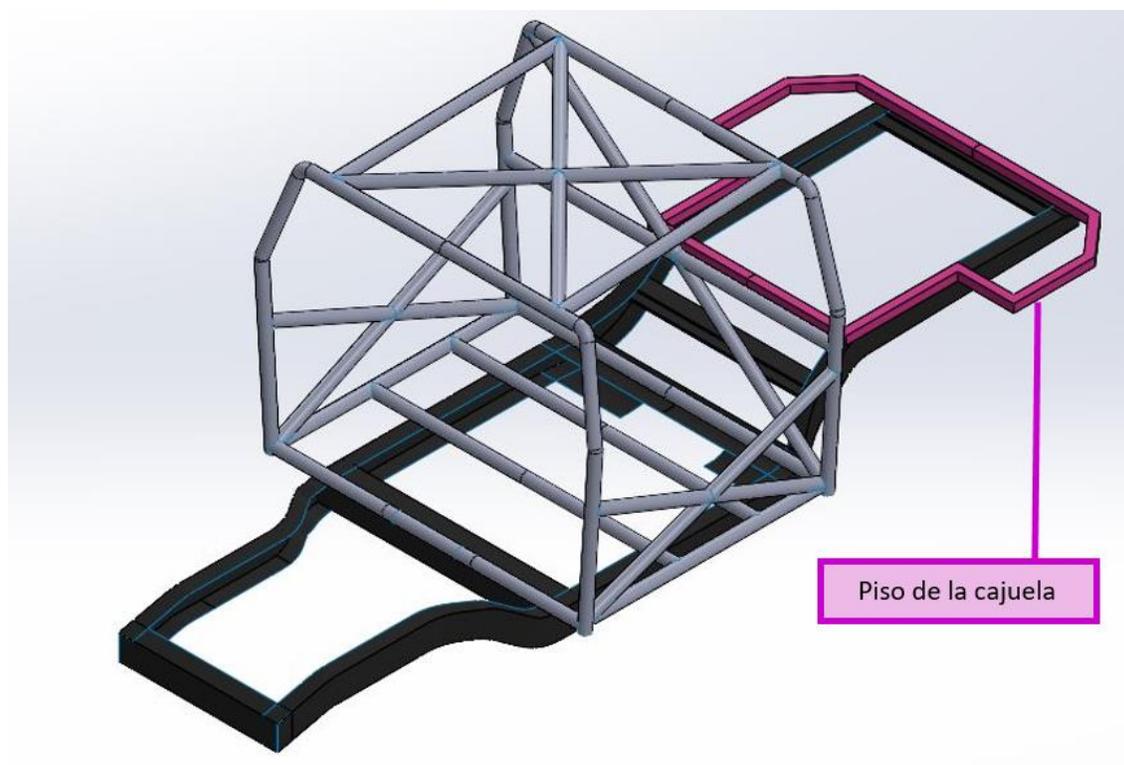
Nota. La figura detalla los tirantes cruzados para el refuerzo de la jaula según la FEDAK.

Base de zona posterior (cajuela)

El diseño de la base principal que soporta al armero y las distintas cargas de uso por parte del personal de las Fuerzas Armadas tiene la forma del contorno disponible en la zona posterior del bastidor, usando un tubo cuadrado de 1.5 pulgadas.

Figura 12

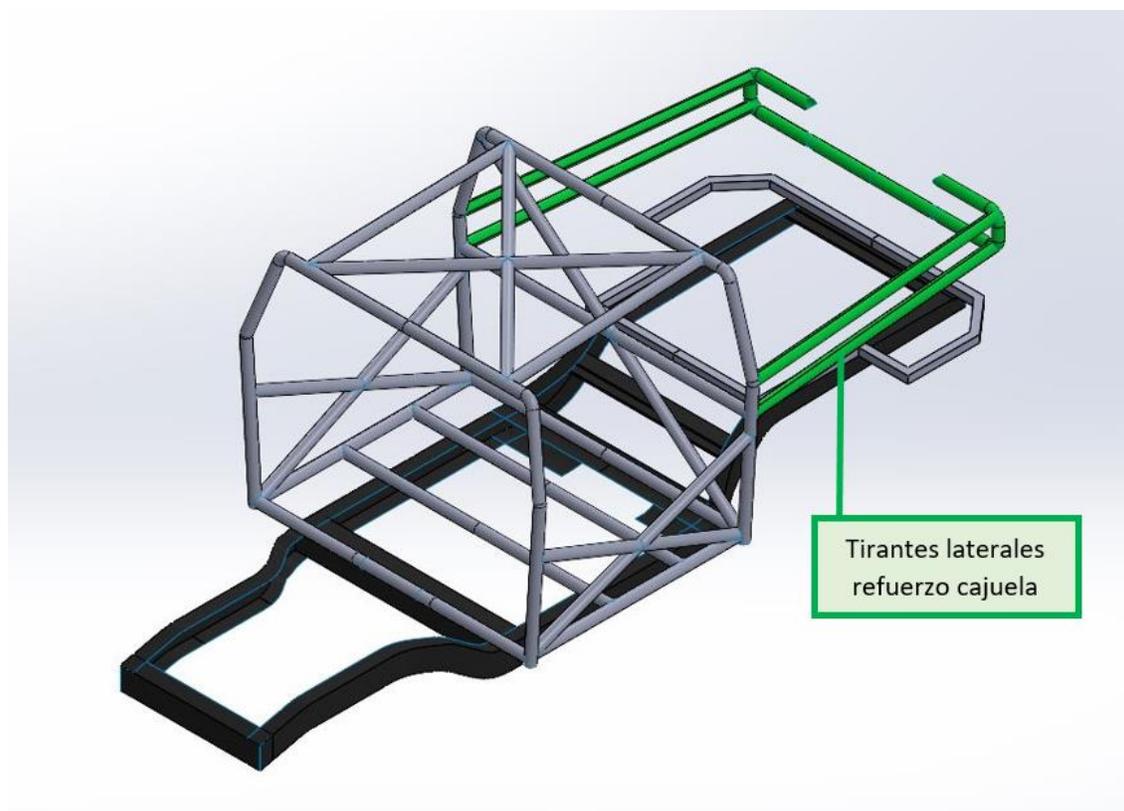
Piso de la cajuela



Nota. La figura muestra la implementación de la estructura tubular destinada a la cajuela del vehículo táctico.

Tirantes delimitadores de la zona posterior (cajuela)

Una vez diseñado el piso de la zona del armero se procede a diseñar la estructura delimitante de la zona donde se acoplarán los distintos equipos de uso militar y sistemas de iluminación del vehículo, este diseño se lo realiza con tubo cuadrado estructural de 2 pulgadas de diámetro.

Figura 13*Tirantes laterales de la cajuela*

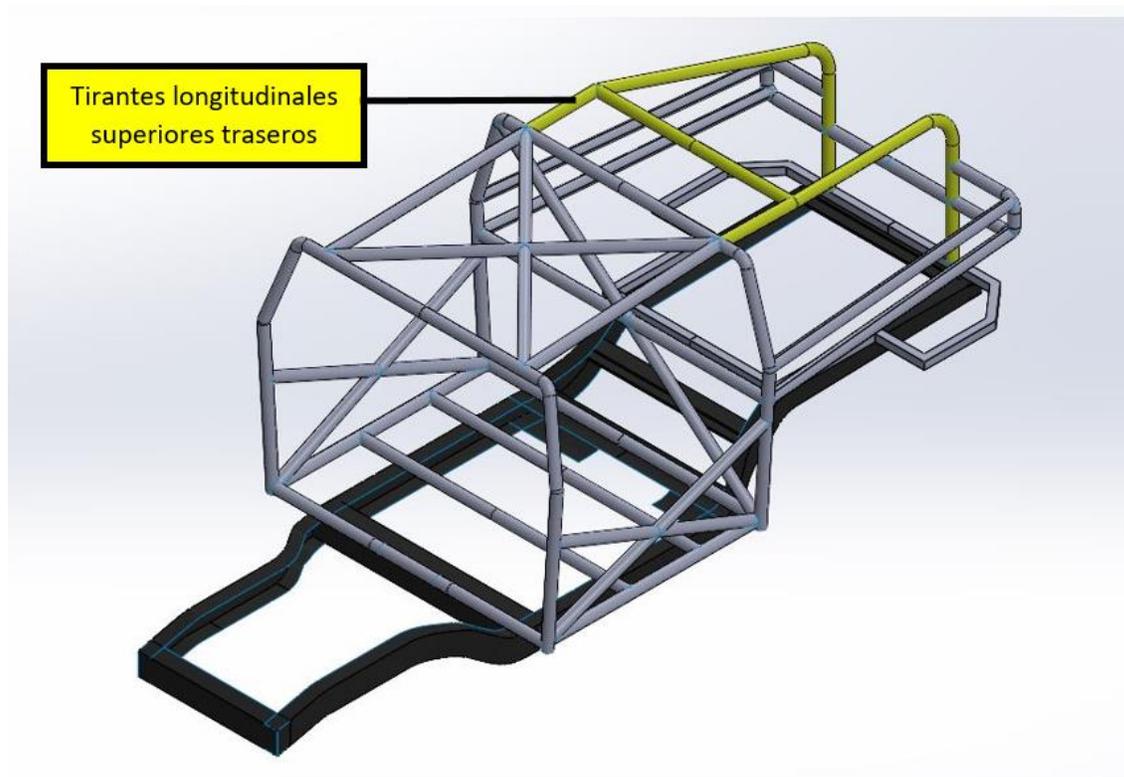
Nota. En la presente figura se adjunta los tirantes laterales para la cajuela destinados a la sujeción de material militar.

Diseño de tirantes longitudinales del portaequipaje

Estos tubos pueden modificarse hasta tomar la forma del vehículo original, en este caso fueron moldeados con el propósito de incrementar un sistema de armas el cual será accionado por una tercera persona que ira ubicado en la parte trasera proporcionando seguridad, soporte y maniobrabilidad.

Figura 14

Tirantes longitudinales superiores traseros



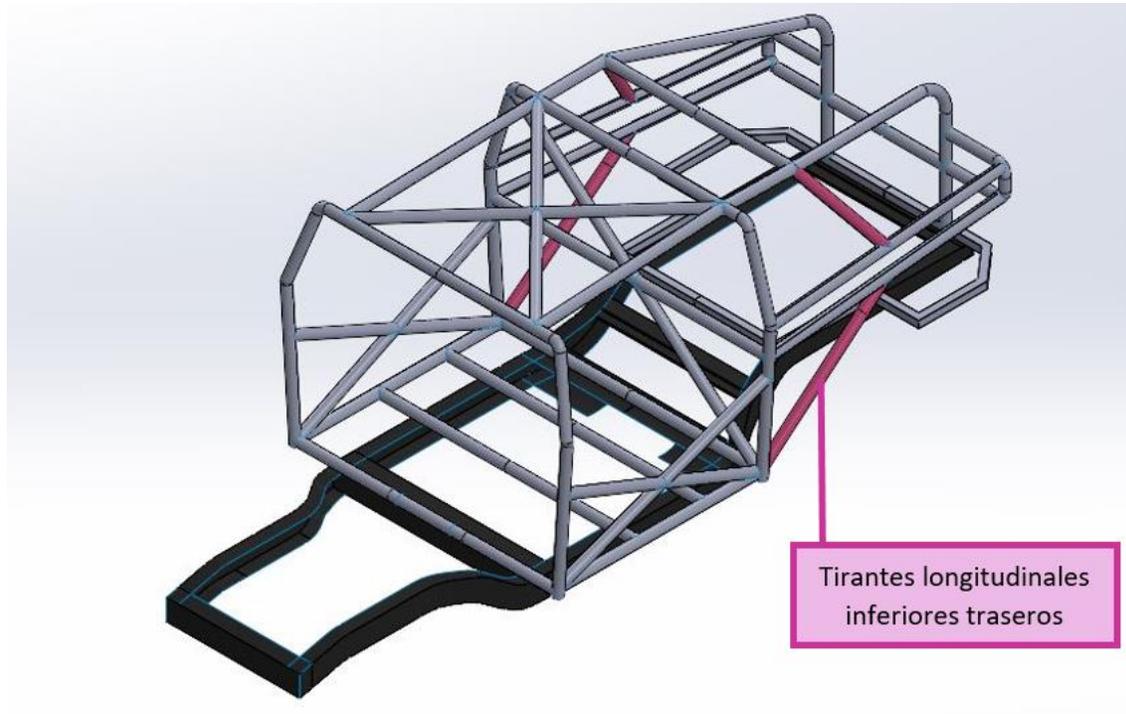
Nota. En la figura se incorpora los tirantes superiores destinados a la protección del vehículo en caso de volcadura según la FEDAK.

Croquis de los tirantes posteriores

Según la normativa de la federación de automovilismo y kartismo es obligatorio la implementación de tirantes longitudinales traseros ya que son un pilar que van anclados en el arco principal y la cajuela, los cuales tienen la función de soportar deformaciones en el caso de volcamientos.

Figura 15

Tirantes longitudinales posteriores traseros



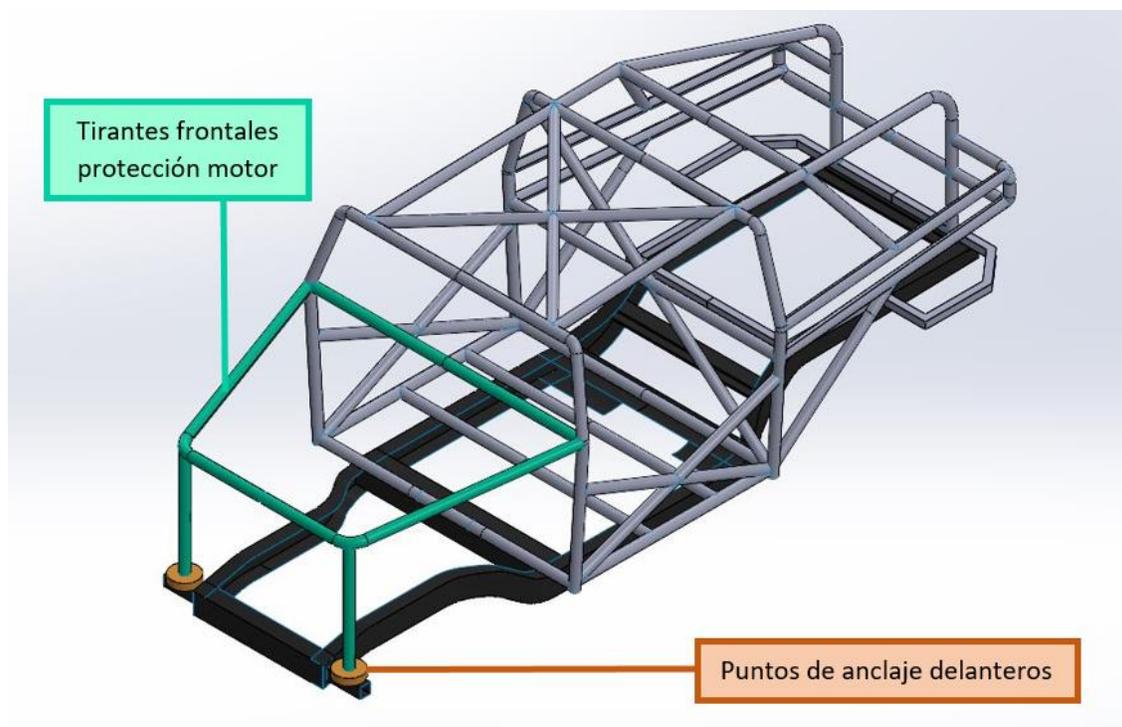
Nota. La siguiente figura se implementa los tirantes posteriores según la FEDAK para mayor resistencia de impacto.

Diseño parte frontal del vehículo

Para el habitáculo del motor se diseñó tomando en cuenta las dimensiones del motor y sus componentes de igual manera se reforzó el habitáculo de los ocupantes con una barra lateral la cual proporciona soporte para el parabrisas, también se muestra los puntos de anclajes que son emperrados con la base del vehículo original.

Figura 16

Tirantes frontales y sus puntos de anclaje



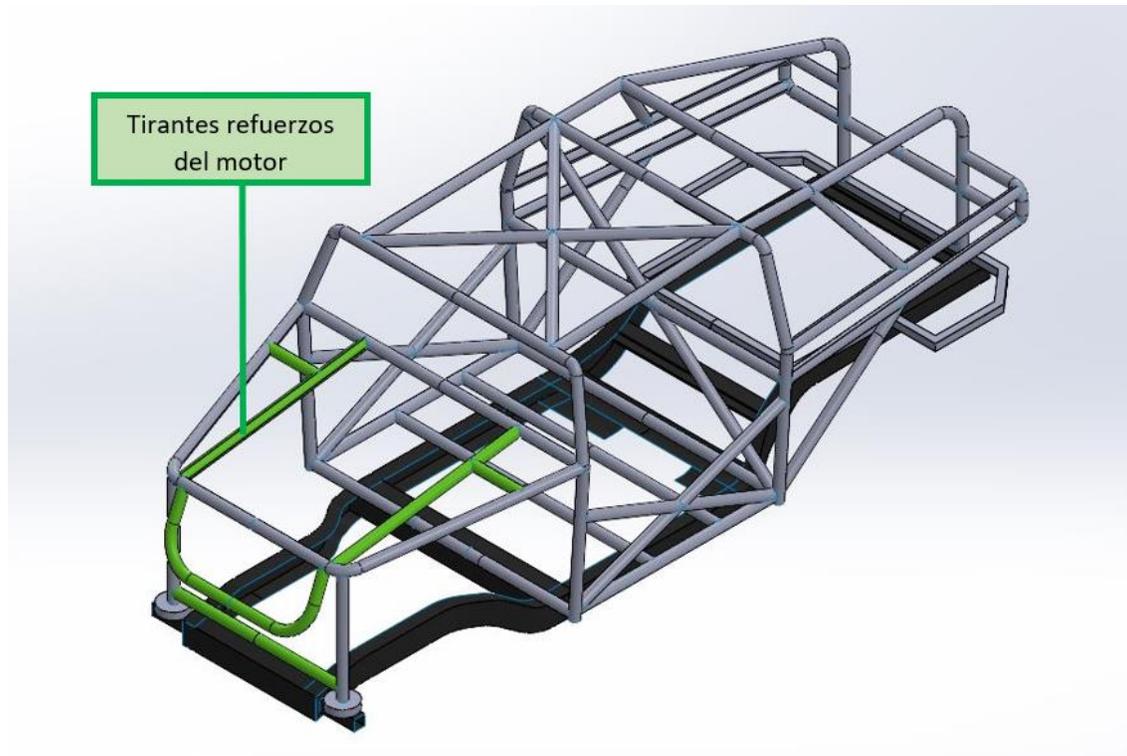
Nota. La presente figura muestra los soportes del capot y parabrisas con los puntos de anclajes inferiores delanteros.

Implementación de tirantes para la protección del motor

El motor es el corazón del vehículo por lo tanto necesita estar vitalmente protegido en caso de colisiones o volcamientos por lo cual se implementa tirantes laterales proporcionando un alto índice de seguridad.

Figura 17

Tirantes refuerzos del motor



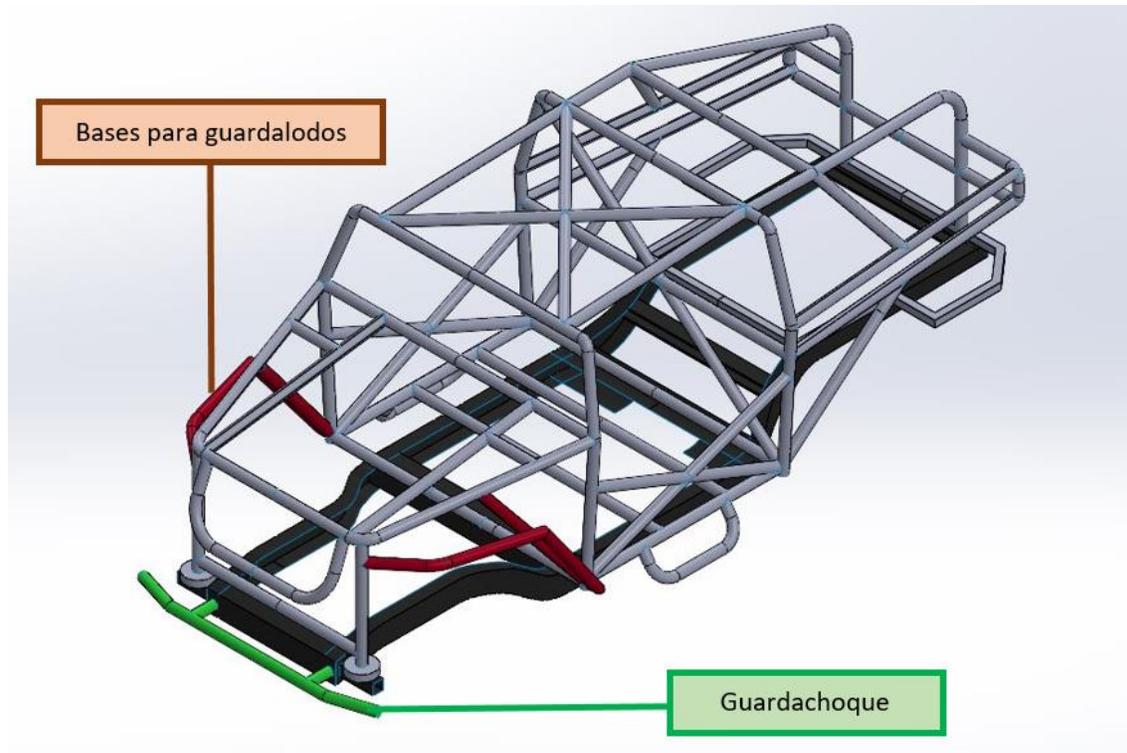
Nota. En la figura se detalla los tirantes destinados a la protección del motor y sus componentes auxiliares.

Incorporación de guardachoque y guardalodos

Luego de cumplir el diseño del bastidor con las normativas antes mencionadas se procede a implementar el guardachoque de la parte frontal el cual tiene el objetivo de absorber todo el acto frontal, de igual forma en base a las dimensiones de las ruedas (Neumático continental, 225/70r15) se procede a trazar los guardalodos.

Figura 18

Guardalodos y Guardachoque



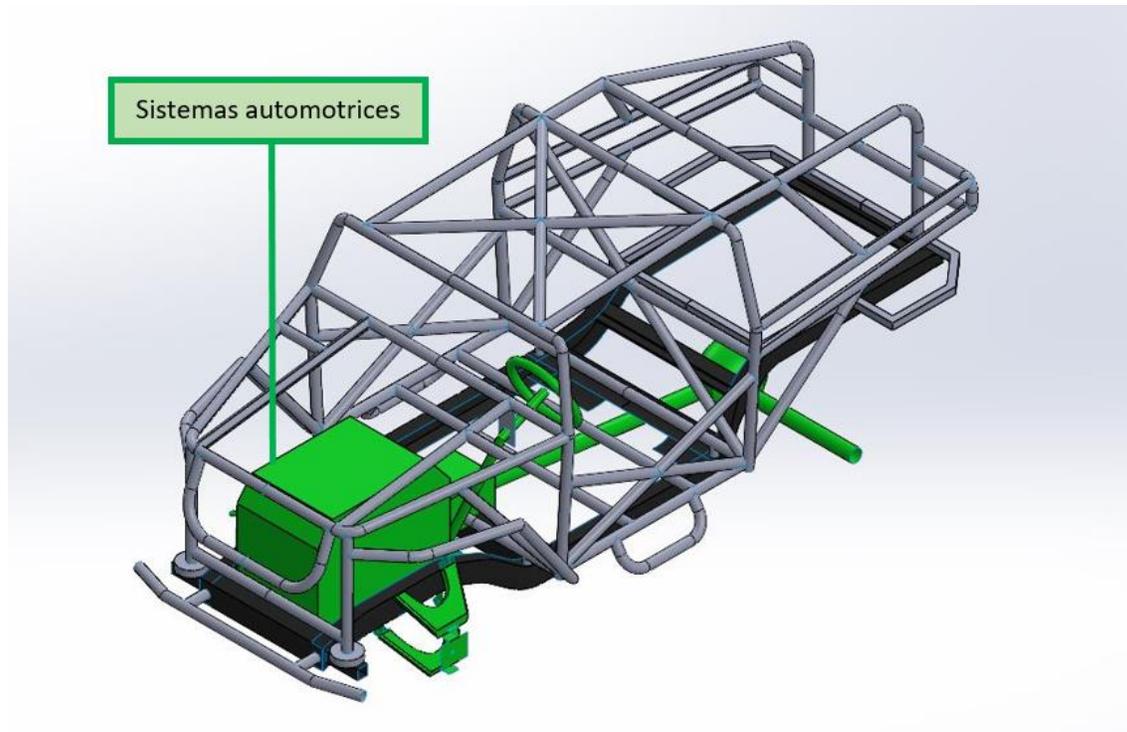
Nota. La siguiente figura se añaden las partes complementarias al bastidor.

Implementación de los sistemas automotrices

Se implementó como referencia tanto en peso como dimensiones el motor, transmisión, caja de cambios, diferencial y suspensión para tener en claro el diseño final del vehículo y poder realizar las simulaciones respectivas.

Figura 19

Sistemas automotrices



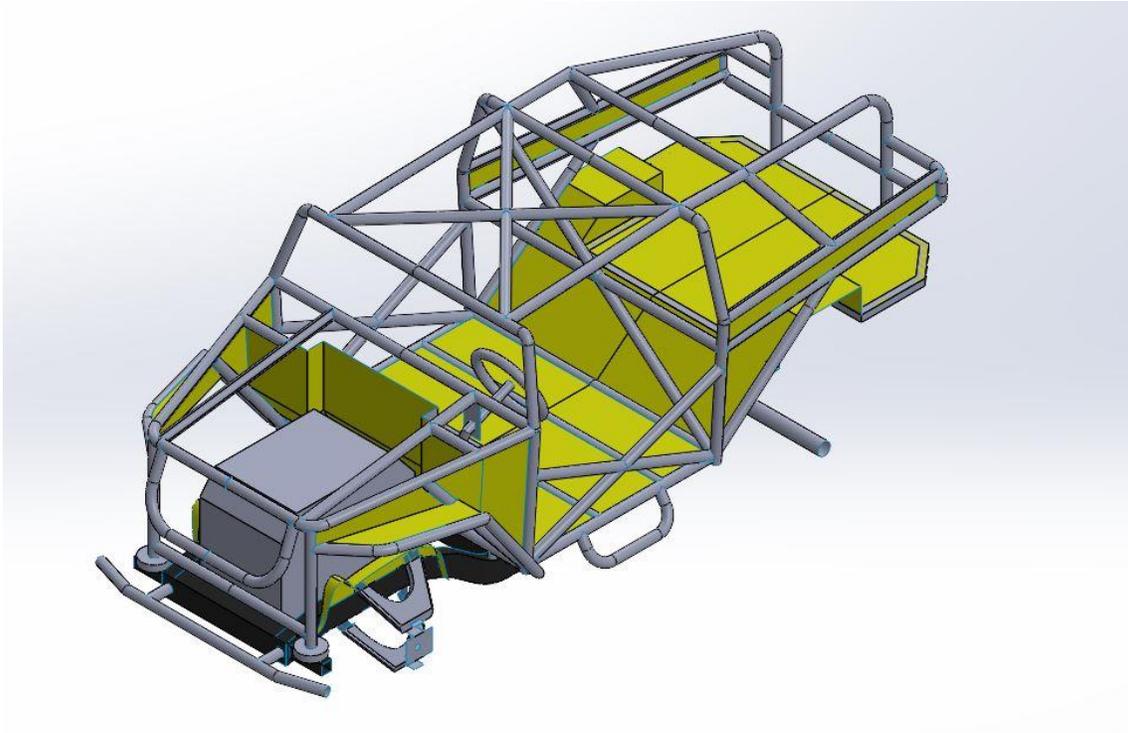
Nota. En la presente figura se implementa bocetos en forma geométrica de las dimensiones y pesos de los componentes motor.

Diseño del piso y latonería del bastidor

Para culminar con el diseño y modelado del bastidor se simulo las latas que serán implementadas en la construcción las cuales sirven de protección de los sistemas automotrices y de igual forma el suelo con sus refuerzos para evitar salpicaduras de cualquier objeto.

Figura 20

Latonería y suelo del bastidor



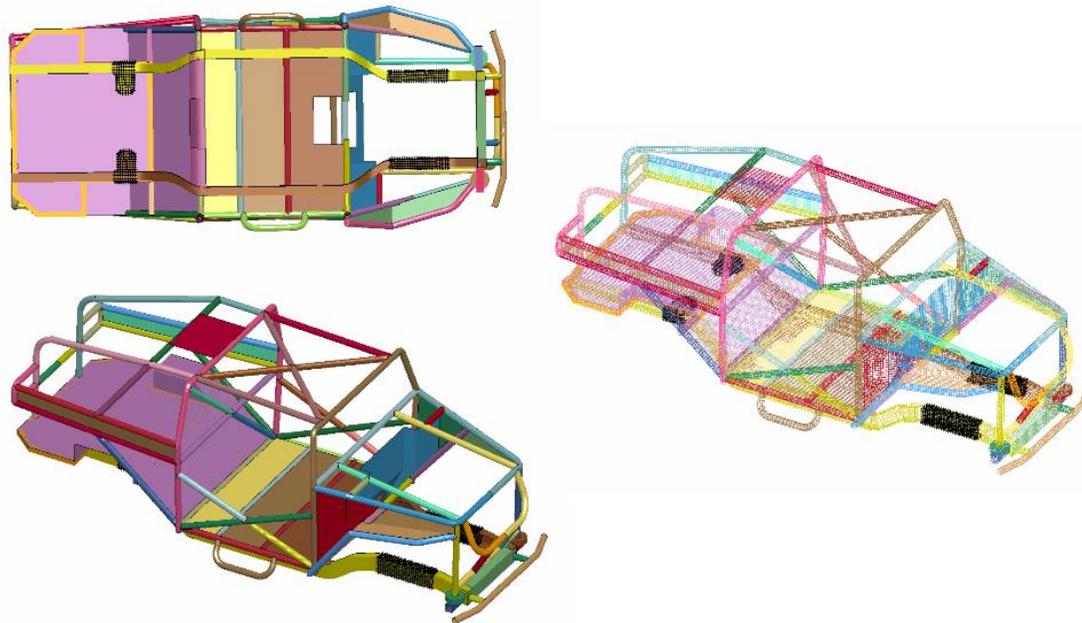
Nota. La figura muestra la chapistería y el suelo del bastidor.

Soportes fijos en el bastidor

Para el inicio de la simulación es importante establecer los puntos fijos de apoyo entre el bastidor y la carrocería, con el fin de obtener resultados exactos y decidir la fiabilidad del diseño.

Figura 21

Puntos de apoyo entre bastidor y carrocería



Nota. En la presente imagen se muestran las zonas de apoyo (unión) entre la carrocería tubular y el bastidor representadas de color negro.

Condiciones de simulación

Para el desarrollo de las distintas simulaciones a los esfuerzos aplicados se tomó en cuenta las condiciones establecidas por la normativa NTE INEN 1323:2009 en el apartado de carrocerías, sección de metodología de combinación de esfuerzos bajo cargas básicas.

La metodología que se implementó es la ASD (Allowable Strength Design) o como Diseño de Resistencia Permitida, en se optó por las combinaciones 3, 4 y 7, ya que son las que asignan mayor carga, las cuales se detalla en la tabla 10.

Tabla 10*Método ASD*

Numero	Combinación	Denominación de siglas
1	M	M: Cargas muertas
2	M+V	V: Cargas vivas
3	M+V+G	G: Carga de giro
4	M+V+F	F: Carga de frenado
5	M+V+F+Raf	Raf: Carga por resistencia del
6	M+V+Raf	aire frontal
7	M+V+Ab	Ab: Carga de aceleración
8	M+V+Ab+Raf	brusca

Nota. La presente tabla se muestra las diferentes combinaciones para la simulación de esfuerzos establecidas por la normativa. Tomado de (NTE INEN 1323, 2009).

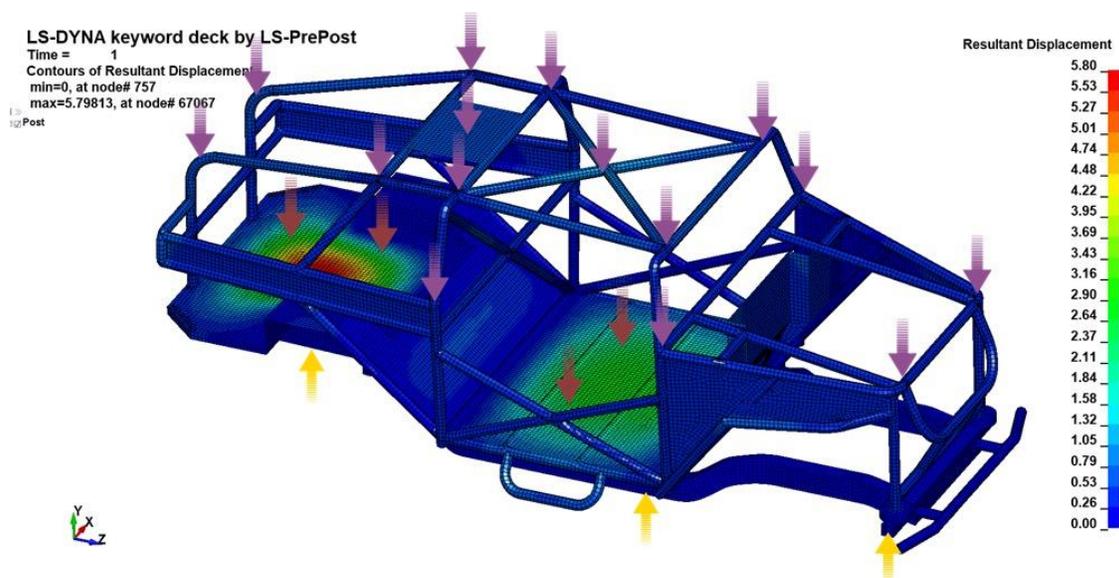
Deformaciones bajo metodología ASD

Deformación bajo metodología ASD 3

Se da inicio a la aplicación de cargas bajo las condiciones del tercer método ASD el cual nos indica la combinación de esfuerzos entre cargas muertas, cargas vivas y cargas de giro.

Figura 22

Desplazamiento en ASD 3



Nota. En la presente figura podemos observar las zonas de mayor desplazamiento tras aplicar la combinación de cargas.

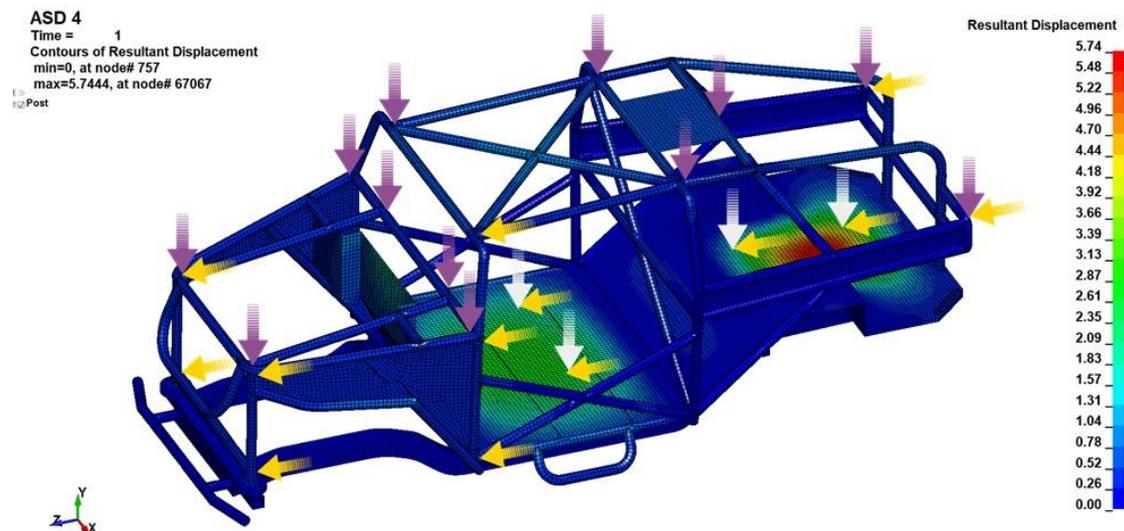
En la figura se muestra de color rojo la zona de mayor desplazamiento tras aplicar cargas vivas de 325 Kg (3188.25 N), cargas muertas de (1473 Kg)14455 N y cargas de giro de 2950 N; dándonos resultados de 5.7mm de deformación máxima encontrándose dentro de parámetros aceptados.

Deformación bajo metodología ASD 4

Se continua con la simulación en función de la cuarta metodología ASD en la que combinamos las cargas vivas, cargas muertas y cargas de frenado.

Figura 23

Desplazamiento en ASD 4

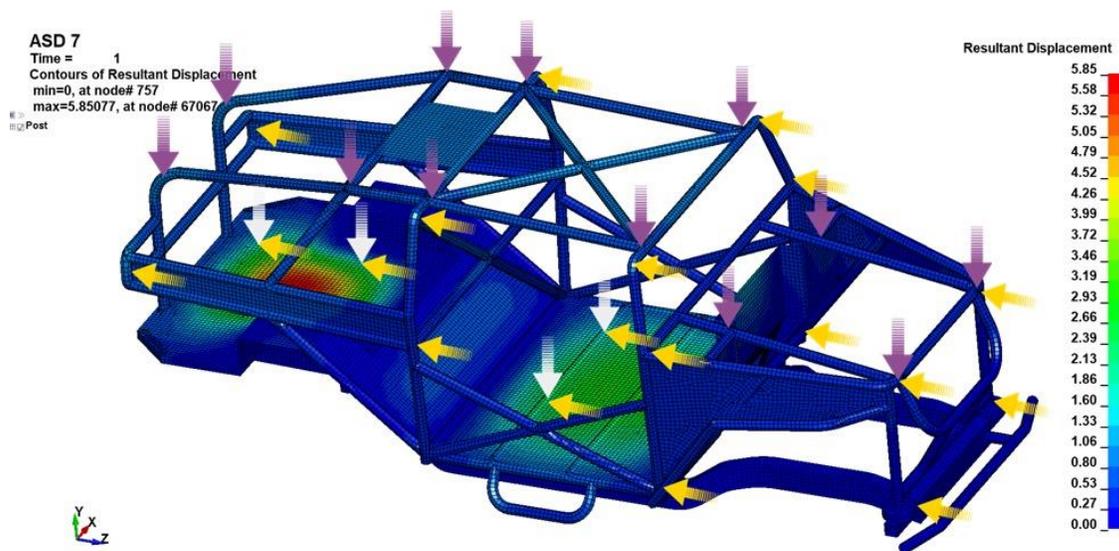


Nota. En la figura 23 se muestra las zonas que sufren mayores desplazamientos.

Tras aplicar las mismas cargas vivas y muertas que en el caso anterior, se añade la carga de frenado, con un valor de 5900 N; arrojándonos un resultado de 5.7mm de desplazamiento máximo en la zona posterior del vehículo encontrándose dentro de valores aceptados.

Deformación bajo metodología ASD 7

El siguiente es el séptimo método de ASD para la combinación de cargas siendo estas cargas vivas, cargas muertas y cargas de aceleración brisca como se mira en la figura 24.

Figura 24*Desplazamiento en ASD 7*

Nota. En la figura 24 se muestra de color amarillo y rojo las zonas de mayor deformación tras la aplicación de cargas.

Al aplicar las cargas vivas y cargas muertas con los mismos valores anteriormente mencionados, se da paso a incluir una carga más la cual es de aceleración brusca con un valor de 5900 N; este análisis nos arroja resultados de deformación máxima de 5.8mm en la zona posterior de la estructura, siendo un valor aceptable dentro del rango de deformación.

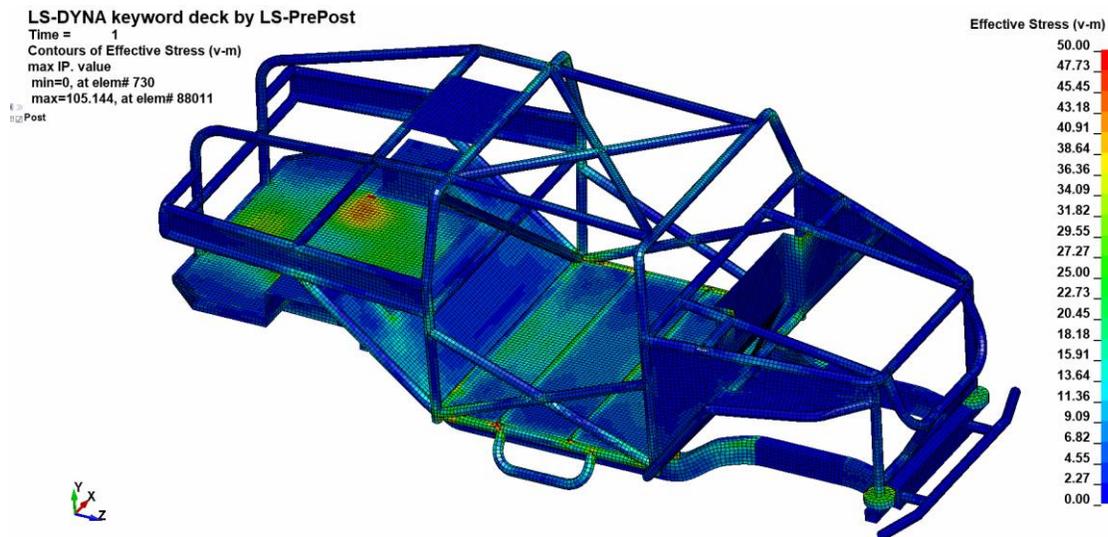
Esfuerzos de límite de fluencia bajo condiciones ASD

Esfuerzos bajo metodología ASD 3

Como siguiente punto es la obtención de esfuerzos bajo las condiciones de la metodología ASD en su tercer punto como se observa en la figura 25.

Figura 25

Esfuerzos de límite de fluencia bajo metodología ASD 3



Nota. En la presente figura se observa las zonas de mayor esfuerzo tras aplicar las cargas.

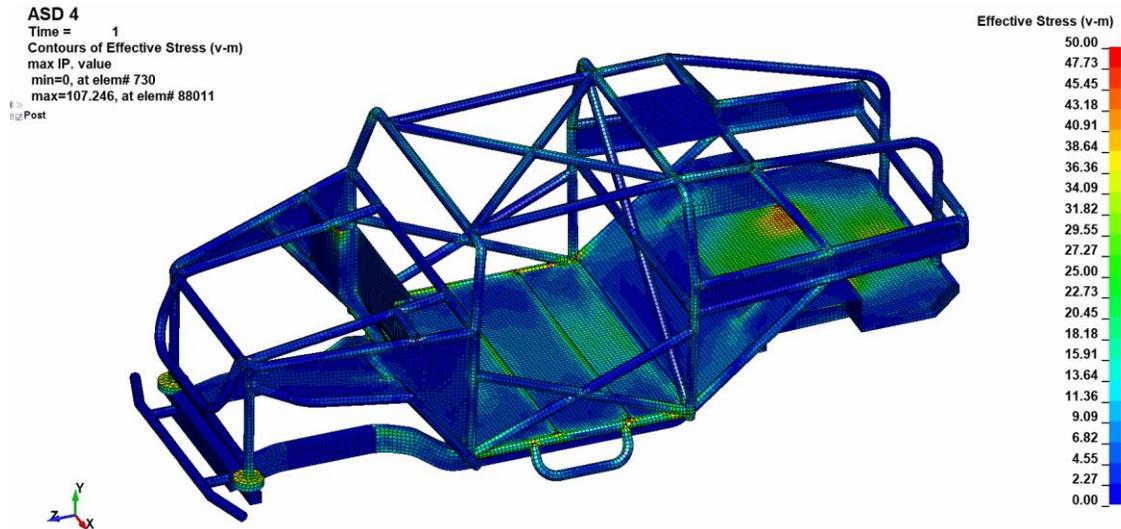
Mediante la simulación del bastidor en el software se obtuvo datos de esfuerzos de límite de fluencia de un valor máximo de 105.144MPa.

Esfuerzos bajo metodología ASD 4

Se procede a realizar la simulación de esfuerzos bajo las condiciones de la metodología ASD en su cuarto punto como se observa en la figura 26.

Figura 26

Esfuerzos de límite de fluencia bajo metodología ASD 4



Nota. En la presente figura se observa las zonas de mayor esfuerzo tras aplicar las cargas antes mencionadas.

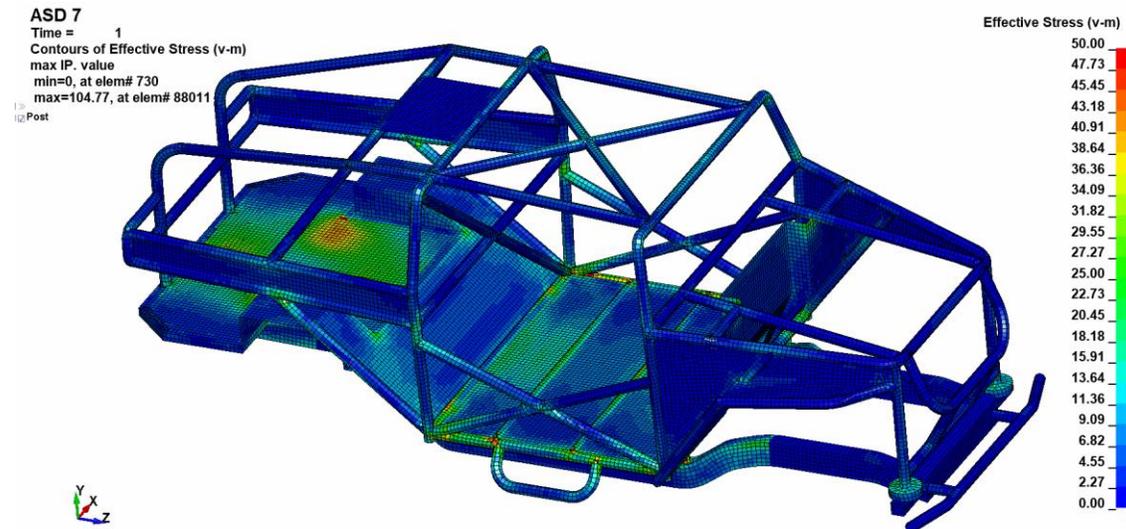
Se obtuvo datos de esfuerzos de límite de fluencia de un valor máximo de 107.246MPa.

Esfuerzos y factores de seguridad bajo metodología ASD 7

Como siguiente paso se simula los esfuerzos bajo las condiciones de la metodología ASD en su séptimo punto como se observa en la figura 27.

Figura 27

Esfuerzos de límite de fluencia bajo metodología ASD 7



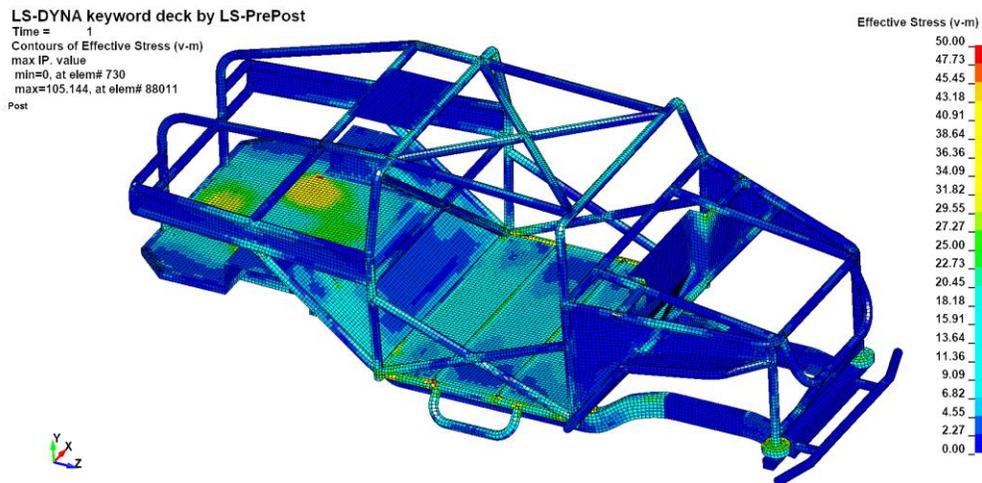
Nota. En la presente figura se observa las zonas de mayor esfuerzo tras aplicar las cargas antes mencionadas.

Se obtuvo datos de esfuerzos de límite de fluencia de un valor máximo de 104.77Pa.

Factores de seguridad bajo condiciones ASD

Factores de seguridad bajo metodología ASD 3

El siguiente punto es la obtención de factor de seguridad bajo las condiciones de la metodología ASD en su tercer punto.

Figura 28**Factor de seguridad bajo metodología ASD 3**

Nota. En la presente figura se observa las zonas de mayor esfuerzo tras aplicar las cargas.

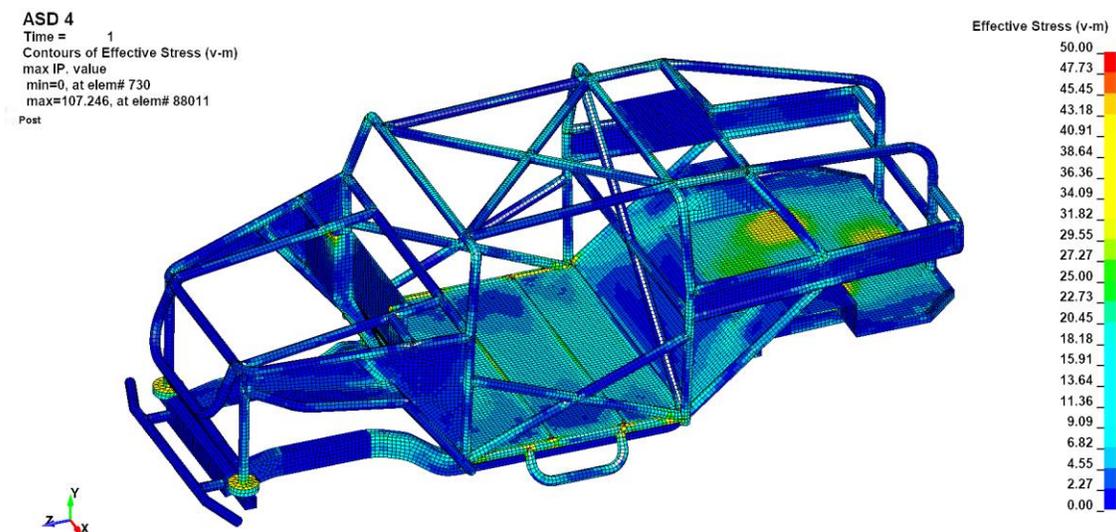
Tras la simulación en el software LS DYNA se obtuvo un factor de seguridad de 1.187.

Factores de seguridad bajo metodología ASD 4

Se procede a realizar la simulación de factor de seguridad bajo las condiciones de la metodología ASD en su cuarto punto.

Figura 29

Factor de seguridad bajo metodología ASD 4



Nota. En la presente figura se observa las zonas de mayor esfuerzo tras aplicar las cargas antes mencionadas.

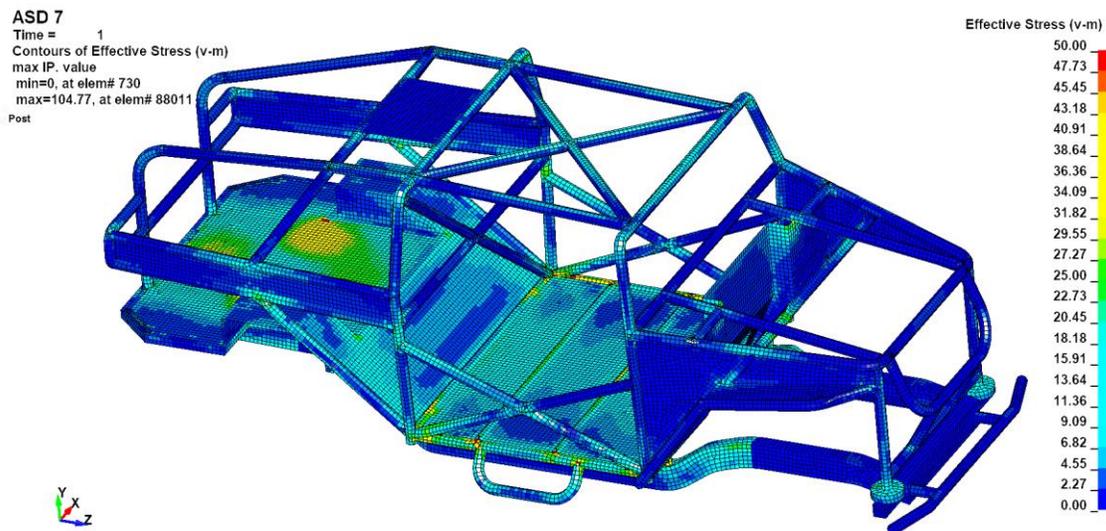
Luego de simular en el software LS DYNA se obtuvo un factor de seguridad de 1.144.

Factores de seguridad bajo metodología ASD 7

Como siguiente paso se simula el factor de seguridad bajo las condiciones de la metodología ASD en su séptimo punto.

Figura 30

Factor de seguridad bajo metodología ASD 7



Nota. En la presente figura se observa las zonas de mayor esfuerzo tras aplicar las cargas antes mencionadas

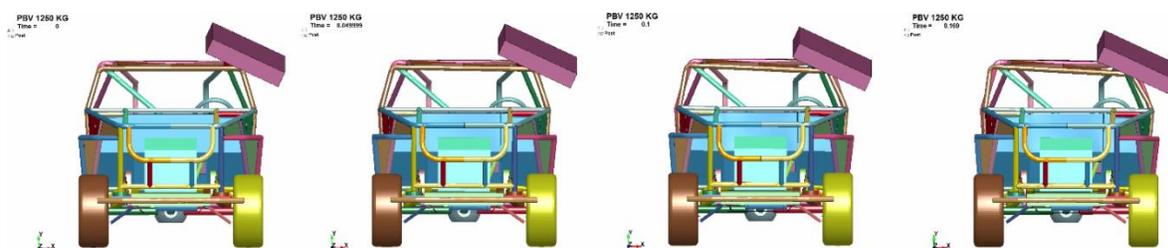
Tras la simulación en el software LS DYNA se obtuvo factor de seguridad de 1.813

Simulación de Vuelco

Para la simulación de vuelco se realizó una prueba estática basados en la norma de la FMVSS 216 (Federal Motor Vehicle Safety Standards) o por sus siglas en español Estándares Federales de Seguridad de Vehículos Motorizados establece las condiciones para la simulación de vuelco en vehículos inferiores a los 2727 Kg de masa bruta vehicular, dándonos indicaciones de las cargas aplicadas en zonas específicas de la estructura.

Figura 31

Secuencia de simulación según FMVSS 216



Nota. En la figura se detalla la línea de deformación tras aplicar la carga correspondiente para la prueba.

En los establecido por la normativa FMVSS 216 nos indica aplicar una carga del peso bruto vehicular multiplicado por un factor constante de 1,5 dándonos los siguientes datos establecidos en la tabla 8.

Tabla 11

Cargas aplicadas

	Carga de techo según FMVSS 216	Unidades
Peso en vacío (Kg)	1250	Kg
Fuerza (N)	36750	N
Set de nodos	2584	Nodo
Fuerza por nodo	14.2213	N/Nodo

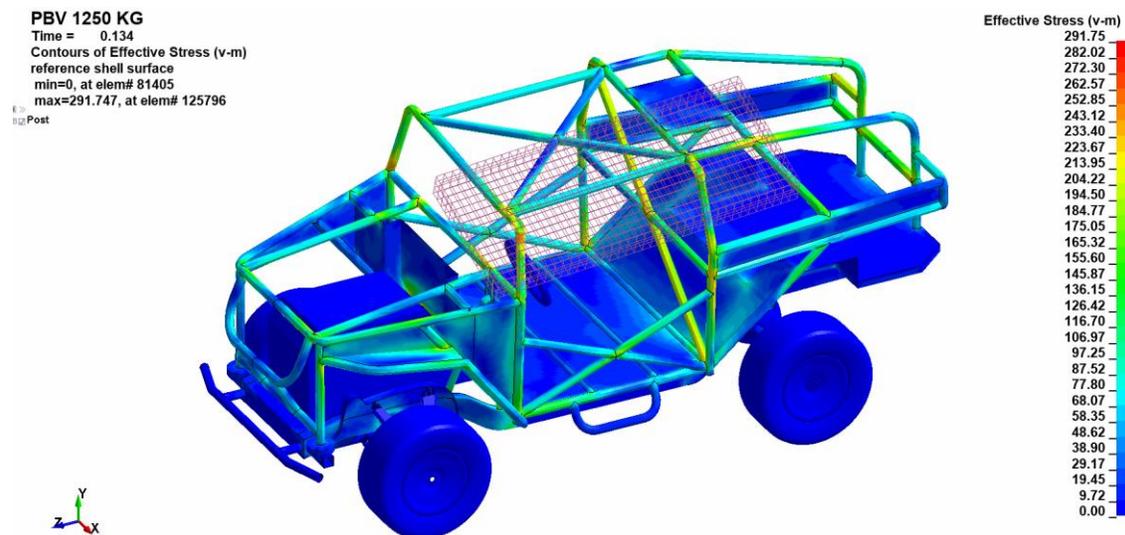
Nota. Esta tabla muestra los valores para la simulación de vuelco.

Tras aplicar las cargas de la tabla 5 y simular se obtuvo esfuerzos combinados plásticos en tiempo de 0.134 segundos como se observa en la figura 32, con un valor de desplazamiento

de deformación máxima de 88.21, siendo el límite permitido 127mm encontrándose así dentro de los valores aceptados.

Figura 32

Simulación de vuelco estático



Nota. El grafico representa las cuadrícula de color rojo la aplicación de carga para evaluación de deformación.

Figura 33

Esfuerzos combinados plásticos en 0.134 segundos



Nota. En la figura 33 se demuestra la comparación entre aplicación de carga y tiempo de simulación.

Capítulo IV

Análisis de resultados

Conexiones y miembros estructurales

Por medio del software ANSA usando las herramientas de procesamiento CAE damos paso al desarrollo de mallado y ensamblaje como se define a continuación.

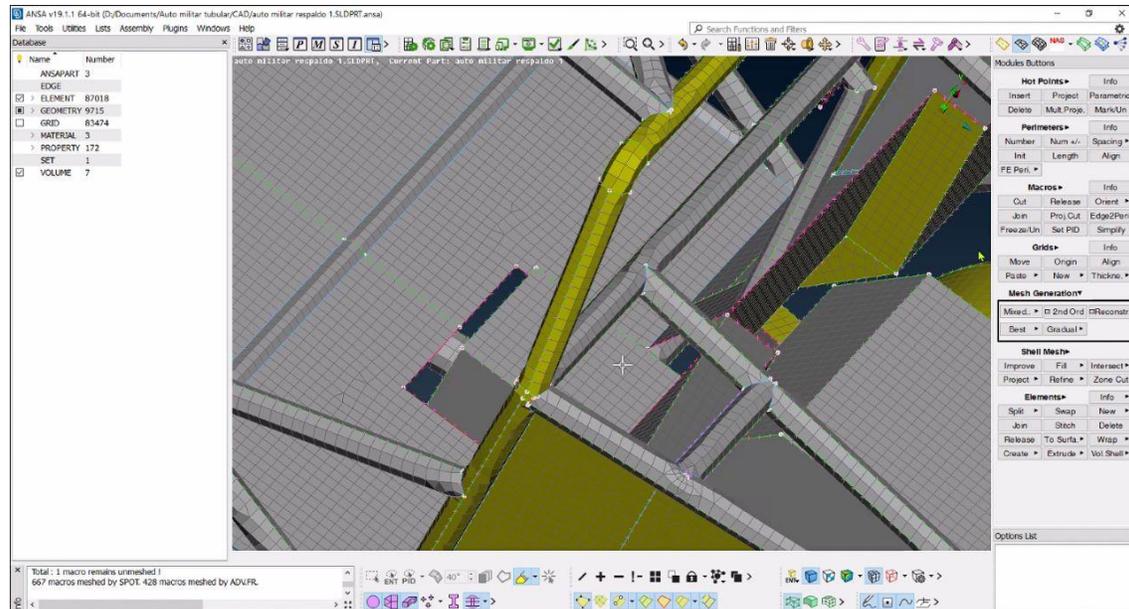
Mallado

Para el mallado de volumen y de carcasa se utiliza la herramienta de ANSA y como fuente de apoyo el software LS – PREPOST que integran resultados eficaces sin esfuerzos y sobre todo pueden ser controlables. Siguiendo los algoritmos de mallado se llega a un desarrollo detallado obteniendo como resultado el poder aplicar a diferentes geometrías sin problemas para esto es necesario conocer el proceso de área de malla, volumen de vanguardia, envolturas de superficies.

El entorno exclusivo para generar un mallado se compone de diferentes algoritmos como volumen de alto rendimiento y calidad.

Figura 34

Mallado en el software ANSA

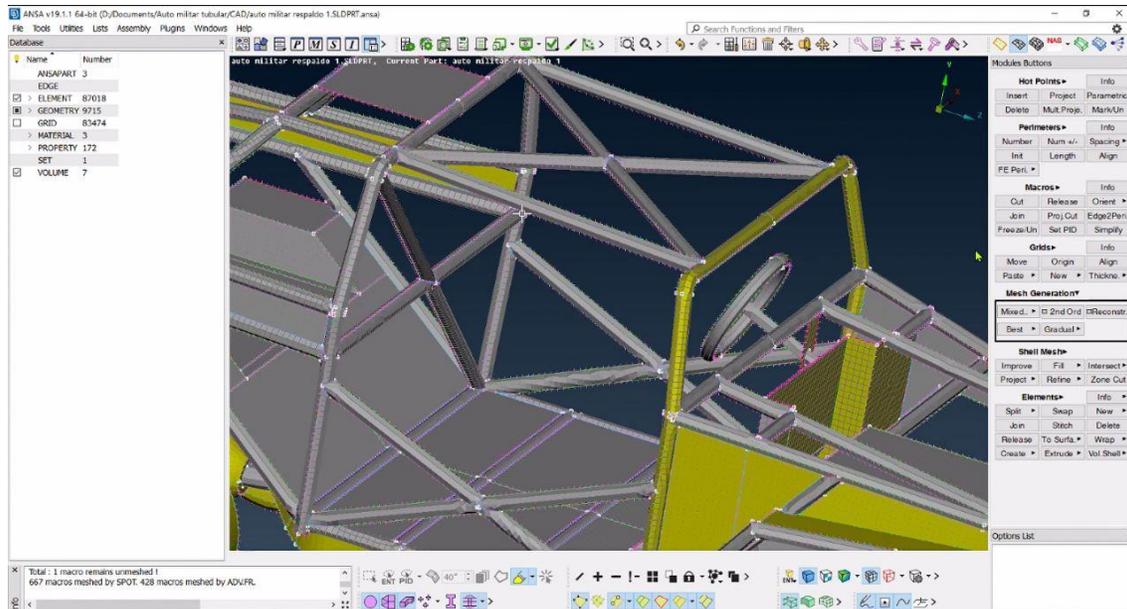


Nota. El gráfico muestra el mallado en el arco delantero por medio del software ANSA.

El software de mallado más completa y versátil es ANSA ya que cuenta con potentes herramientas para operar superficies complicadas facilitando la solución de problemas, al momento de importar las geometrías es capaz de solventar cualquier inconveniente, sobre todo destaca la capacidad de cumplir con su trabajo en poco tiempo a comparación de otros softwares.

Figura 35

Mallado en ANSA

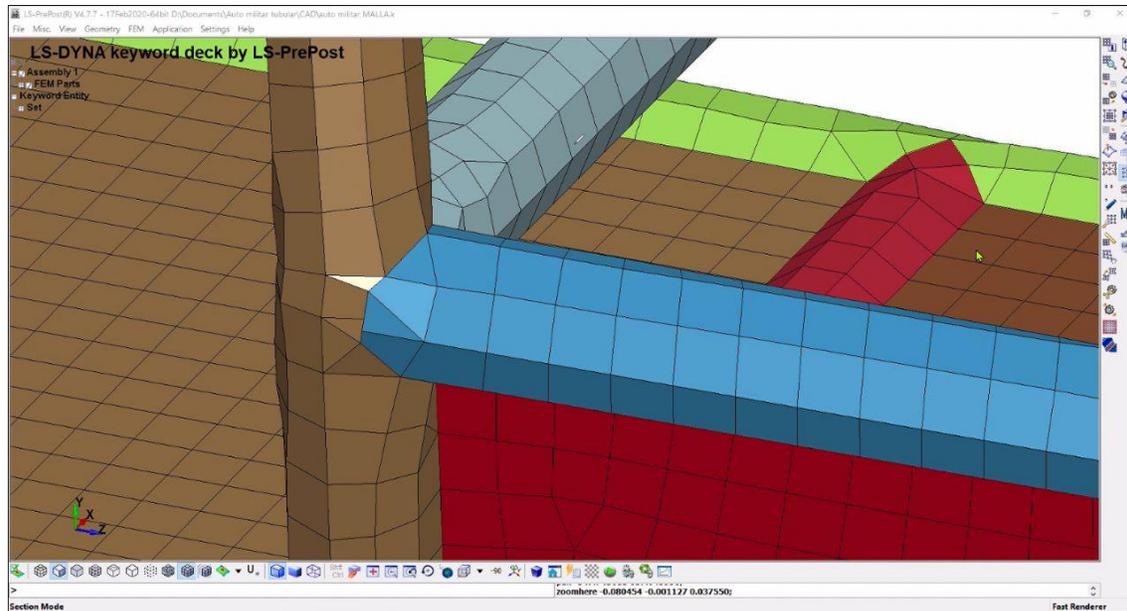


Nota. En la siguiente figura se visualiza el uso de la interfaz de ANSA y sus herramientas muy completas.

LS-DYNA es un software ideal para estudiar miembros estructurales de elementos finitos, muy útil para ingeniería mecánica ya que es versátil al momento de presentar un mallado geométrico y proporcionar soluciones a la hora de presentar inconvenientes.

Figura 36

Mallado en LS-DYNA

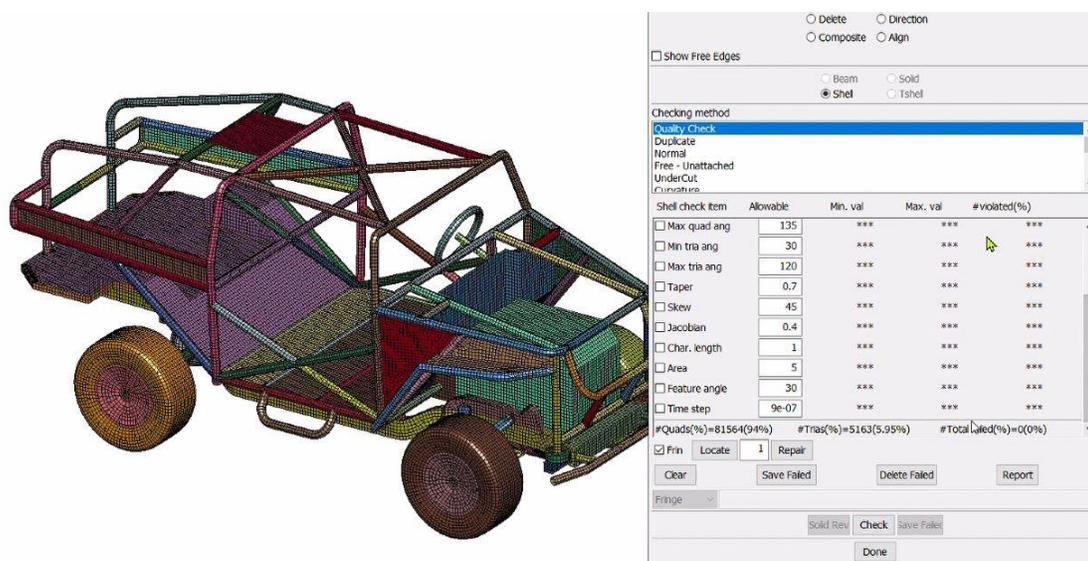


Nota. El gráfico detalla la interfaz del programa LS-DYNA.

Procedemos a realizar el mallado con el objetivo de encontrar la mejor herramienta para el análisis de los resultados por lo cual LS-DYNA proporciona un sistema amigable proporcionando el siguiente mallado.

Figura 37

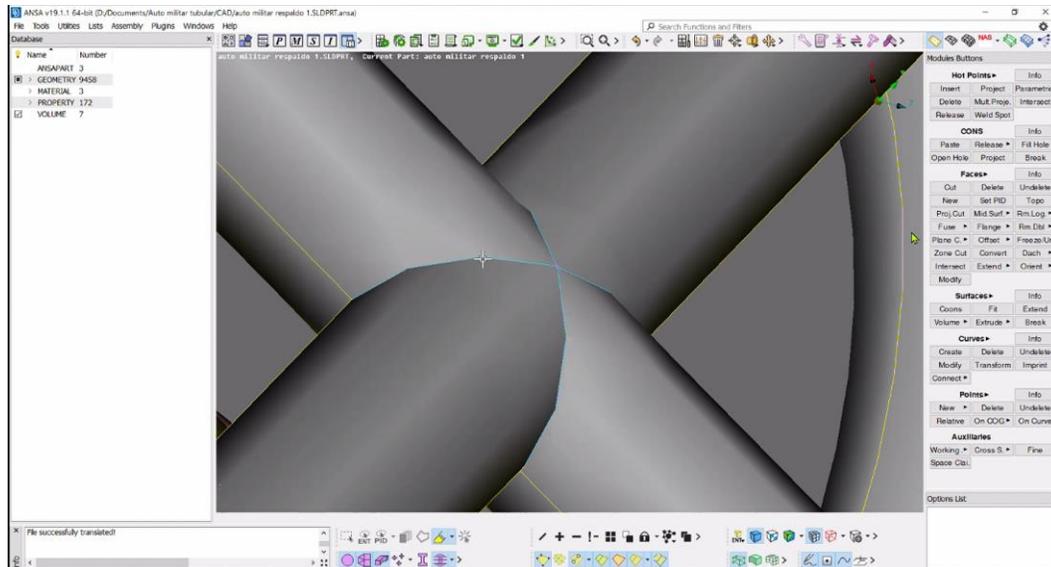
Mallado en LS-DYNA



Nota. En la figura se detalla como LS-DYNA realiza el mallado con su interfaz aplicado al vehículo táctico militar.

Ensamblaje

Una vez seleccionado el método de unión y el tipo de soldadura se da paso al proceso de ensamblaje de piezas, por medio del software se puede gestionar el tipo de unión ya sean de manera dependiente o su contrario de manera independiente con proceso de nodos alternativos. El manejo intuitivo de piezas múltiples es importante ya que nos ayuda a combinar, reemplazar o generar piezas nuevas en caso de encontrar errores al momento de la unión, como se observa en las figuras 38, 39 y 40.

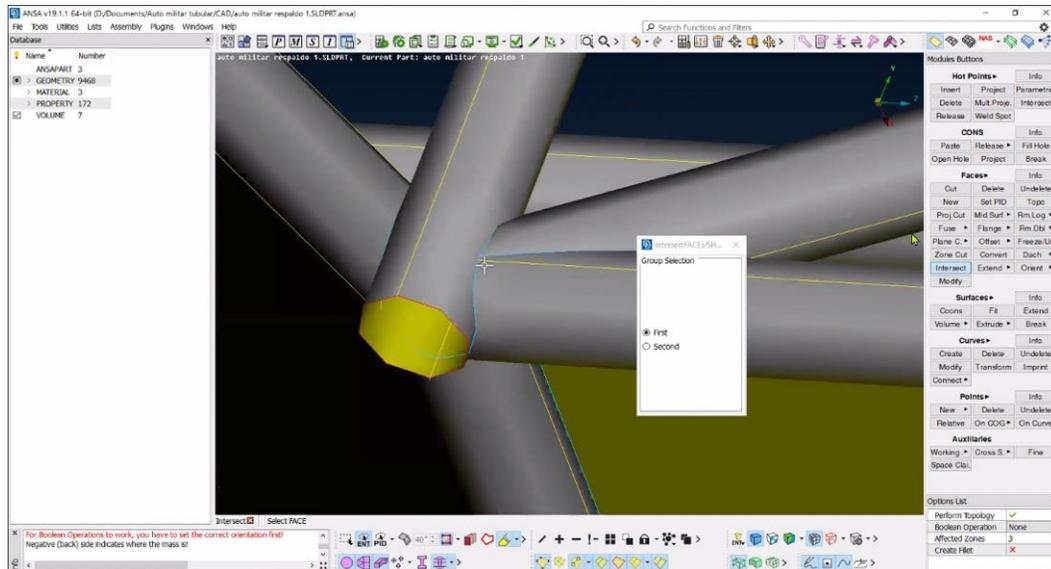
Figura 38*Unión de tirantes diagonales*

Nota. La presente imagen muestra el proceso de unión (ensamblaje) de los tiranos de refuerzo.

Para excelentes resultados a momento de las uniones, los tubos colisionados en más de dos planos no deben contar con excedentes de material.

Figura 39

Unión de arco delantero y tirantes del piso

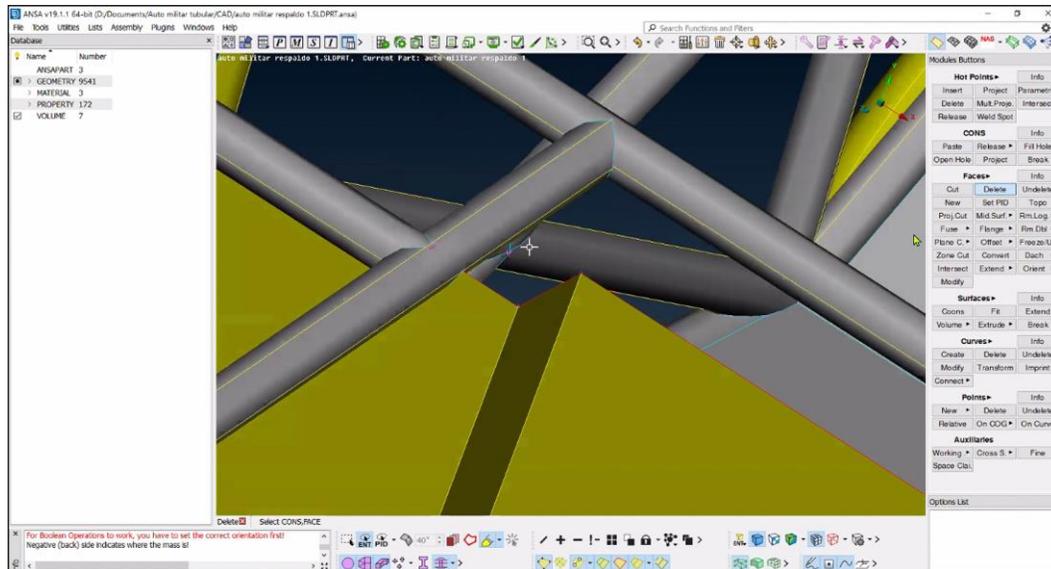


Nota. La presente imagen muestra el proceso de unión (ensamblaje) de los tubos que confirman el arco delantero y los tirantes transversales de piso.

Para corrección de errores por medio de los nodos en zonas de excedente de material, debemos eliminar dichas zonas para evitar interferencias en los resultados.

Figura 40

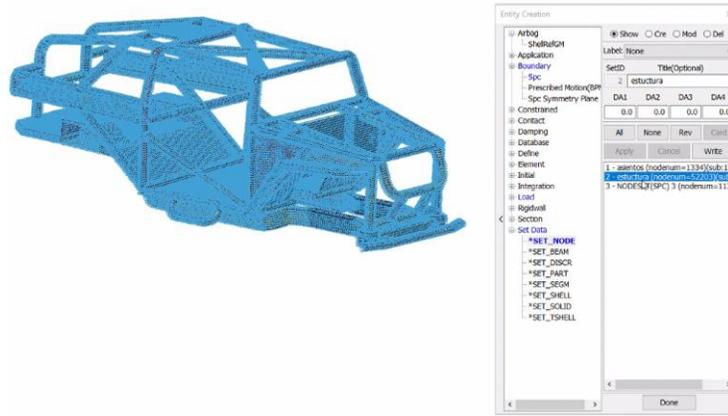
Unión de tirantes de refuerzo en protección del motor



Nota. En la presente imagen se muestra una corrección debido a errores de material excedente en zonas de unión irregulares.

Selección del material para el análisis

Una vez terminado el proceso de mallado y uniones (ensamblaje) procedemos a seleccionar el software el tipo de material que usaremos para el análisis, este fue elegido previamente en el capítulo 3 usando como referencia las normativas, dándonos como resultado la elección del acero lineal ASTM 500, debido a sus características físicas de resistencia establecidos en la normativa NTE INEN 2415.

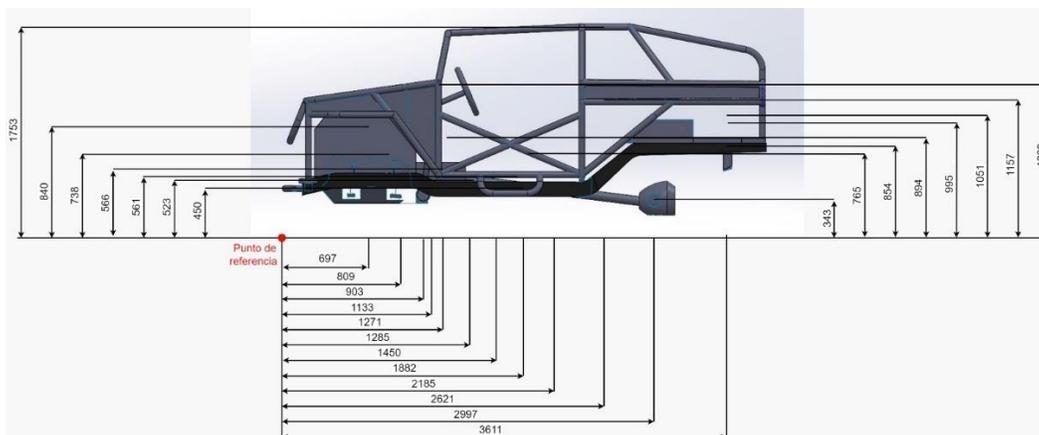
Figura 41*Selección del material*

Nota. El presente gráfico se selecciona el material a ocupar para el desarrollo de la simulación a realizarse en el software.

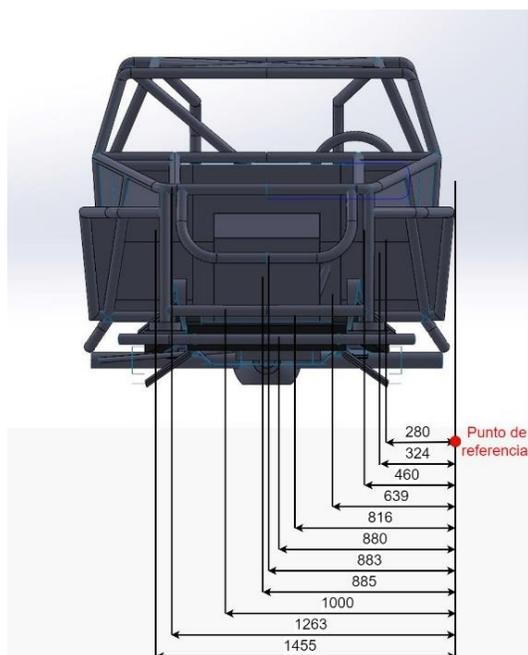
Posición del centro de gravedad

Para determinar el punto de equilibrio del vehículo, su centro de gravedad se refleja por medio del peso del vehículo de manera que se distribuye adecuadamente.

Para que el diseño del vehículo táctico sea exitoso el centro de gravedad es un factor fundamental en cuanto a su dinámica, es por eso que su distancia desde el suelo (base) debe ser lo mínimo posible para que este no tienda a sufrir de volcaduras durante su recorrido, especialmente en curvas y pendientes.

Figura 42*Dimensionamiento de cargas en plano YZ*

Nota. La siguiente percepción muestra las medidas de los diferentes puntos de cargas aplicadas con respecto al punto de referencia en el plano YZ.

Figura 43*Dimensionamiento de cargas en plano XY*

Nota. El presente modelo detalla las medidas de los diferentes puntos de cargas aplicadas con respecto al punto de referencia en el plano XY.

Tabla 12

Masas y distancias de los elementos del vehículo

	Elemento	Masa del (Kg)	Distancia eje X (mm)	Distancia eje Y (mm)	Distancia eje Z (mm)
1	Motor	150	883	840	697
2	Transmisión	60	883	566	1285
3	Diferencial	10	883	343	2997
4	Transferencia	35	1000	523	1450
5	Torreta	15	883	1753	2621
6	Sistema de dirección	36	280	738	809
7	Estructura tubular	475	885	450	2185
8	Asiento piloto	10	460	561	1882
9	Piloto	75	460	765	1882
10	Asiento copiloto	10	1263	561	1882
11	Copiloto	75	1263	765	1882
12	Asiento armero	10	885	854	3611
13	Armero	75	885	1051	3611
14	Equipaje 1	50	324	995	3611
15	Equipaje 2	50	1455	995	3611
16	Chapas de carrocería	15	885	1157	903
17	Accesorios del motor	30	816	894	1133
18	Sistemas automotrices auxiliares	10	639	1209	1271

Total	1191
--------------	-------------

Nota. En la presente tabla se muestra la masa y distancias respectivas de los diferentes componentes que confirman el vehículo.

Coordenadas del centro de gravedad

Como siguiente paso se procede a calcular las coordenadas del centro de gravedad aplicando una división entre los momentos totales en función de sus respectivos ejes y el peso total del vehículo.

Centro de gravedad con respecto al eje X

Se usa la siguiente ecuación para encontrar la distancia en el eje X con respecto al punto de referencia establecido.

Ecuación 2

Centro de gravedad

$$CG_x = \frac{M_x}{F}$$

$$CG_x = \frac{1027735}{1191}$$

$$CG_x = 862.917 \text{ mm}$$

Centro de gravedad con respecto al eje Y

Se usa la siguiente ecuación para encontrar la distancia en el eje Y con respecto al punto de referencia establecido.

Ecuación 3

Centro de gravedad eje Y

$$CG_y = \frac{M_y}{F}$$

$$CG_y = \frac{817408}{1191}$$

$$CG_y = 686.321 \text{ mm}$$

Centro de gravedad con respecto al eje Z

Se usa la siguiente ecuación para encontrar la distancia en el eje Z con respecto al punto de referencia establecido.

Ecuación 4

Centro de gravedad eje Z

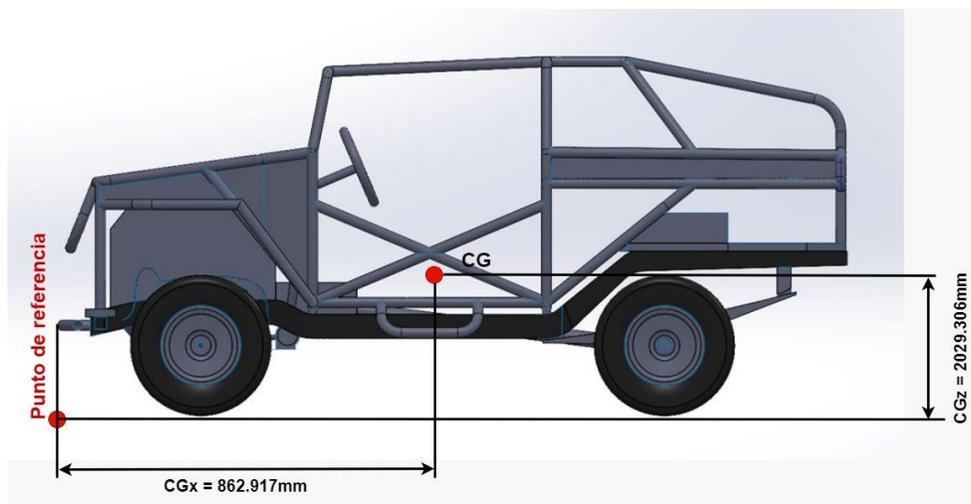
$$CG_z = \frac{M_z}{F}$$

$$CG_z = \frac{2416904}{1191}$$

$$CG_z = 2029.306 \text{ mm}$$

Figura 44

Centro de gravedad



Nota. La figura grafica las distancias obtenidas en el punto de gravedad.

Distribución de masas

Para una correcta apreciación de la distribución de masas se procede a calcular de qué manera se distribuyen dichas cargas sobre los ejes del vehículo con ayuda de las siguientes formulas.

Para determinar debemos tener en cuenta los valores distancia entre ejes ($L = 2300mm$) y la distancia de trocha delantera a partir del eje ($L_F = 725mm$).

Ecuación 5

Distribución de masas

$$CG_Z = L_F + L_1$$

Despejando L_1 , tenemos:

$$L_1 = CG_Z - L_F$$

$$L_1 = 2029.306 \text{ mm} - 725 \text{ mm}$$

$$L_1 = 1304.306 \text{ mm}$$

Aplicando la ecuación de d_x , siendo esta la distancia entre el centro de gravedad y el punto medio entre ejes.

$$d_x = \frac{L}{2} - L_1$$

$$d_x = \frac{2300 \text{ mm}}{2} - 1304.306 \text{ mm}$$

$$d_x = -154.306 \text{ mm}$$

Para la distribución de pesos se aplica las fórmulas de distribución de peso en función de los momentos y peso total.

Distribución de peso en eje delantero, el cual se representa por W_1

$$W_1 = \frac{W}{2} + \frac{W * d_x}{L}$$

$$W_1 = \frac{1191 \text{ Kg}}{2} + \frac{1191 \text{ Kg} * (-154.306 \text{ mm})}{2300 \text{ mm}}$$

$$W_1 = 515.596 \text{ Kg}$$

Distribución de peso en eje delantero, el cual se representa por W_2

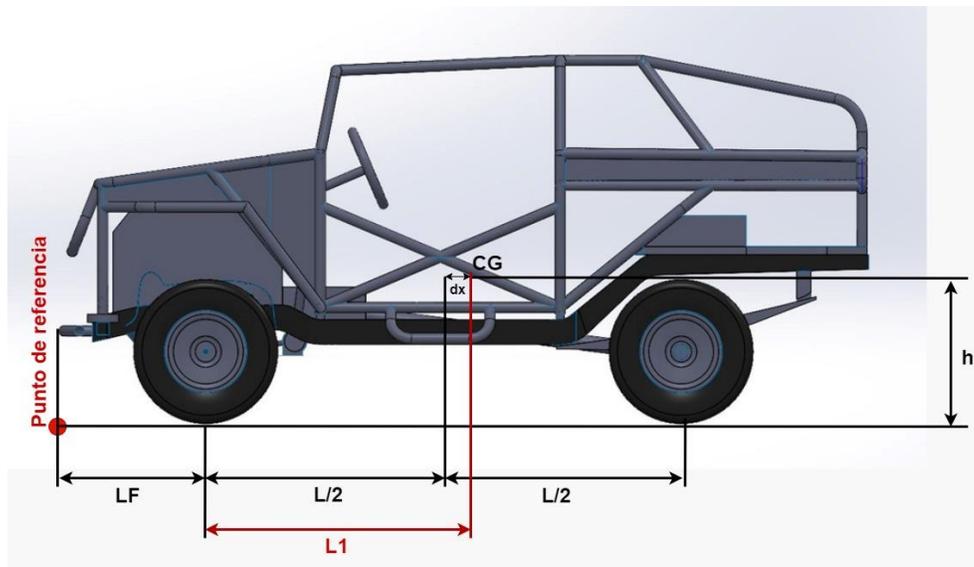
$$W_2 = \frac{W}{2} - \frac{W * d_x}{L}$$

$$W_2 = \frac{1191 \text{ Kg}}{2} - \frac{1191 \text{ Kg} * (-154.306 \text{ mm})}{2300 \text{ mm}}$$

$$W_2 = 675.404 \text{ Kg}$$

Figura 45

Distribución de masas



Nota. La presente figura muestra la distancia dx .

Porcentaje de pesos en porcentajes que soportan los ejes del vehículo

Para el porcentaje de distribución del peso en el eje delantero se aplica la siguiente formula.

Ecuación 6

Porcentaje de pesos

$$\%W_1 = \frac{W_1}{W} * 100$$

$$\%W_1 = \frac{515.596 \text{ Kg}}{1191 \text{ Kg}} * 100$$

$$\%W_1 = 43.291 \%$$

Para el porcentaje de distribución del peso en el eje posterior se aplica la siguiente formula.

$$\%W_2 = \frac{W_2}{W} * 100$$

$$\%W_2 = \frac{675.404 \text{ Kg}}{1191 \text{ Kg}} * 100$$

$$\%W_2 = 56.709 \%$$

La distribución de pesos que tiene el vehículo en sus ejes se da de manera que un 43.291 % del peso soporta el eje delantero, mientras que el 56.709 % del peso restante lo soporta el eje posterior.

Análisis de resultados de cargas aplicadas a la estructura

Para la validación del diseño se empleó cargas aplicadas demostradas a continuación.

Cargas vivas (V)

Para el peso correspondiente a las cargas vivas se tomó en cuenta el número de ocupantes que en este caso son 3 con un excedente de sobrecarga del 10% en base a la normativa ISO 2410, la cual nos indica la masa ideal por persona (75Kg)

$$\text{Masa neta de ocupantes} = 3 * 75\text{Kg}$$

$$\text{Masa neta de ocupantes} = 225\text{Kg}$$

Ecuación 7

Cargas vivas

$$V = (\text{Masa neta de ocupantes} + \text{Masa neta de ocupantes} * 0.1) * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$V = (225\text{Kg} + 225\text{Kg} * 0.1) * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$V = (225\text{Kg} + 225\text{Kg} * 0.1) * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$V = 2427.975 \text{ N}$$

Cargas muertas (M)

Para el cálculo de las cargas muertas se realiza la sumatoria de la estructura tubular y componentes de los diferentes sistemas del vehículo, adicional se añade una masa de 100Kg correspondiente al equipaje de uso militar.

Ecuación 8

Cargas muertas

$$M = (\text{masa bruta vehicular} + \text{equipaje}) * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$M = (1191\text{Kg} + 100\text{Kg}) * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$M = 12664.71 \text{ N}$$

Cargas de frenado (F)

La normativa NTE INEN 1323, la cual nos indica, para simulación de frenado se debe asumir una desaceleración de $4 \frac{m}{s^2}$. Aplicando tenemos los siguientes datos.

Ecuación 9

Cargas de frenado

$$F = \text{Peso bruto vehicular} * 4 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 1191Kg * 4 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 4764 N$$

Cargas de aceleración brusca (Ab)

Para el cálculo de esta carga, se simplifica en la misma dimensión de la de frenado, pero con signo contrario debido a su dirección.

Ecuación 10

Aceleración brusca

$$Ab = -\text{Peso bruto vehicular} * 4 \frac{m}{s^2}$$

$$F = -1191Kg * 4 \frac{m}{s^2}$$

$$F = -4764 N$$

Cargas de giro (G)

En base a la normativa se establece que el valor de cargas de giro resulta de la multiplicación del peso bruto máximo multiplicado por $4 \frac{m}{s^2}$, siendo este la aceleración de giro máximo permitido.

Ecuación 11

Cargas de giro

$$G = \text{Peso bruto vehicular} * 2 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 1191Kg * 2 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 2382 N$$

Cargas por resistencia aerodinámica (Raf)

Debido a la configuración geométrica de la estructura del vehículo al no presentar oposición a la circulación del viento no es posible aplicar este tipo de cargas, ya que su valor se aproxima a cero.

Ecuación 12

Cargas por resistencia aerodinámica

$$R_{af} = 0 N$$

Cálculo de nodos para las diferentes cargas aplicadas

Para el desarrollo de la simulación es necesario obtener el valor del número de nodos aplicados al diseño, para esto se procede a dividir la carga correspondiente para el nodaje estructural obtenido en el software ANSA.

Las cargas vivas ocupan un set de nodos en los asientos de 1334, mientras que las cargas muertas un set de estructura de 52203.

Tabla 13

Set de nodos

V	M	G	F	Ab	Raf
1.82007	0.24261	0.04563	0.09126	0.09126	0

Nota. Esta tabla muestra el set de nodos para la simulación de cargas en los diferentes esfuerzos.

Resultados de cargas aplicadas a esfuerzos en desplazamientos

Los datos obtenidos en función de las cargas aplicadas a los diferentes esfuerzos basados en la normativa bajo el método ASD son los siguientes.

Tabla 14

Resultados de desplazamiento

Combinación	Cargas aplicadas	Resultados	Tolerancia
3	M+V+G	5.79 mm	10mm
4	M+V+F	5.77 mm	10mm
7	M+V+Ab	5.85 mm	10mm

Nota. Esta tabla se observa los resultados tras la simulación de esfuerzos en función de la deformación plástica.

Tras obtener los resultados se puede evidenciar que la deformación tras recibir las cargas correspondientes en el diseño, este soporta de manera exitosa y aprueba los parámetros establecidos por la norma.

Resultados de cargas aplicadas a esfuerzos en esfuerzos

Los datos obtenidos en función de las cargas aplicadas a los diferentes esfuerzos basados en la normativa bajo el método ASD son los siguientes.

Tabla 15

Resultados de esfuerzo

Combinación	Cargas aplicadas	Resultados	Tolerancia
3	M+V+G	105.144 MPa	230 MPa
4	M+V+F	107.246 MPa	230 MPa
7	M+V+Ab	104.770 MPa	230 MPa

Nota. En la tabla se observa los detalles de los resultados tras la simulación de esfuerzos.

Ya que los resultados obtenidos no superan el límite de fluencia máximo soportado por el acero, se concluye que el diseño aprueba las medidas de control y seguridad impuestas por la normativa de acero INEN 2415.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos humanos

Personal que participa en el desarrollo.

Tabla 16

Capital humanos

Participante	Unidades	Servicio
Campaña Ayala Edwin Miguel	1	Investigador
Silva Aldas Anthony Silva	1	Investigador
Ing. Cevallos Alex	1	Colaborador científico

Nota. Esta tabla muestra los integrantes en la investigación.

Medios tecnológicos

Los medios tecnológicos que se ocupan en este proyecto para poder simular y diseñar son los siguientes.

Tabla 17

Materiales utilizados

Materiales	Unidades
Computadora	2
Internet	2
Software CAD - CAE	2

Nota. Esta tabla especifica los componentes utilizados

Costos

Elementos	Unidad	Valor por unidad	Valor total
Capacitación del uso del Software	1	350\$	350\$
Flexómetro	1	4\$	4\$
Movilización	5	10\$	50\$
		Suma Total	404\$

Nota. Esta tabla adjunta los valores correspondientes a la investigación

Financiamiento

Se financio por parte de los investigadores llevando a cabo un presupuesto de 404,000 USD.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Es importante resaltar que para el diseño de vehículos tácticos de patrullaje para uso militar no existe normativas nacionales que abarque las condiciones para su diseño y construcción, por lo que para el desarrollo del diseño se basó en distintas normas tanto nacionales e internacionales aplicadas a vehículos de similares prestaciones con el fin de solventar los resultados obtenidos tras el análisis del mismo.

En cuanto a la selección del material se optó por un tubo circular de acero al carbono estirado en frío sin soldaduras para aplicaciones estructurales con diámetro de 50mm y espesor de 2mm, indicado en la norma de la RFEDA, REGLAMENTO ESPECIFICO – GRUPO SIDE BY SIDE (SSV) en el Anexo 9. Ya que este material existe en el mercado nacional y está regulado por la norma NTE INEN 2415.

Para la configuración geométrica del Roll Bar y los tirantes de soporte se basó en las indicaciones establecidas por la norma de la FEDAK, en el REGLAMENTO TÉCNICO Y DE SEGURIDAD PARA CATEGORÍAS TODO TERRENO indicándonos un coeficiente de volumen mínimo de 1 para asegurar la integridad física de los ocupantes en caso de siniestros, obteniendo resultados de coeficiente de 1 cumpliendo dicha normativa.

Para el diseño de la base del bastidor se optó por el uso del elemento original del vehículo donante, debido a condiciones legales y principalmente para posterior documentación de matrícula del vehículo, tomando en consideración la RESOLUCIÓN No. 008-DIR-2017-ANT, CAPITULO 10, CAMBIO DE CARACTERISTICAS, ARTICULO 46, donde manifiesta que el propietario del vehículo que altere las características físicas sin modificar condiciones técnicas y mecánicas originales del vehículo (número de identificación del motor y chasis) deberá solicitar la nueva matrícula.

Para las condiciones de simulación nos regimos en la norma NTE INEN 1323:2009 en el apartado de pruebas a carrocerías, sección de metodología ASD de combinaciones de esfuerzos bajo cargas básicas, seleccionando las combinaciones 3,4 y 7 como adecuadas para nuestra simulación.

Para referencia de valores de desplazamientos por deformación se tomó en cuenta los lineamientos establecidos por la FEDAK, REGLAMENTO GENERAL PARA VEHÍCULOS TODO TERRENO, TDM, ANEXO 1, indicándonos como límite máximo permisible de desplazamiento de 50mm, dando como resultado tras la simulación un valor máximo de 5.7mm en la zona posterior donde se aloja el artillero y el equipaje.

En la simulación de esfuerzos bajo la metodología ASD mencionada anteriormente, se tuvo en cuenta el valor máximo de límite de fluencia permisible con un valor de 230 MPa, dicho valor se obtuvo de la tabla de propiedades mecánicas del tubo seleccionado. Tras el análisis se tuvo un valor máximo de 107.246 MPa encontrándonos dentro de la zona segura de diseño.

Debido a que las normas mencionadas anteriormente no especifican valores referenciales con respecto al factor de seguridad, se concluyó que un valor inferior a 1 sería producto de un componente de falla inmediata, una vez obtenidos los resultados se pudo evidenciar un factor de seguridad de 1.813 siendo este un valor aceptable para el diseño.

Finalmente, en la prueba de vuelco se acogió la norma establecida por la FMVSS 216, RESISTENCIA AL APLASTAMIENTO DEL TECHO, la cual nos indica las condiciones para simulación de vuelco en vehículos de masa bruta vehicular inferiores a 2727 Kg permitiendo como valor máximo de desplazamiento 127 mm, tras la simulación se obtuvo un valor de 88.21 mm encontrándose así dentro del margen aceptable para un diseño fiable y seguro.

Recomendaciones

Tener en consideración la ubicación de los elementos automotrices a la hora de realizar la distribución de cargas para tener un centro de gravedad lo mas bajo posible con el fin de obtener un diseño apropiado.

Para la elección del material es importante contar con la información de las propiedades físicas del mismo con el fin de conocer los parámetros de resistencia a los distintos esfuerzos y límite de fluencia.

Debido a que no existe una normativa general para este tipo de vehículos, es recomendable buscar normativas aplicadas a vehículos de similares aplicaciones.

Para el análisis de volcamiento se debe conocer la masa real del vehículo para poder generar la fuerza apropiada para el desarrollo de la simulación y así obtener resultados más exactos.

Generar el apartado modular preciso en el software para que el mismo nos arroje valores confiables.

Bibliografía

- Acosta. (2017). Obtenido de Concentraciones de monóxido de carbono y su incidencia en la salud del personal que labora en el parqueadero del edificio principal del GAD Municipal de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25951>
- Agueda E., G. J. (2010). *ELEMENTOS AMOVIBLES*. Madrid: Paraninfo. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=Bc8A_7Qp1A4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Aguilar. (Agosto de 2015). Obtenido de ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DE : http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14039/1/63527_1.pdf
- Alberto, C. L. (2015). DISEÑO DE UN ROLL BAR PARA UN VEHÍCULO SUZUKI FORZA 1 DE COMPETICIÓN. *Tesis*. UNIIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8911/1/UPS-CT005145.pdf>
- Antonio, M. J. (1997). *Mecanica del automovil*. Barcelona: REVERTÉ. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=B1EpEAAAQBAJ&pg=PA146&dq=tipos+de+bastidores&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiAiouJuNX8AhVrSDABHfaDB2cQ6AF6BAgHEAI#v=onepage&q=tipos%20de%20bastidores&f=false>
- Borja. (Octubre de 2017). Obtenido de ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO : <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2371/1/T-UIDE-165.pdf>
- Catota, G. &. (Abril de 2017). Obtenido de Estudio de las emisiones de gases en vehículos a gasolina utilizando aditivos locales: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1944/1/T-UIDE-1462.pdf>
- Ecuatoriano, E. (2015). *MANUAL DE CONDUCCIÓN MILITAR*. Quito, Pichincha, Ecuador.

- Ejercito Ecuatoriano. (2017). *Ejercito EC*. Obtenido de <https://ejercitoecuadoriano.mil.ec/institucion/fftt/sistema-de-armas/transportes>
- Elena, R. M. (2001). *Mécanica de estructuras*. Barcelona: POLITEXT. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=CX9oXycO0KMC&printsec=frontcover&dq=resistencia+y+rigidez&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=resistencia%20y%20rigidez&f=false
- FEDAK, F. E. (2012). *Reglamento técnico y de seguridad para Rally y categoría de Buggys/prototipos*. Obtenido de <https://docplayer.es/12400892-Federacion-ecuatoriana-de-automovilismo-y-kartismo-deportivo-fedak.html>
- Fernández, I. M. (2017). *DISEÑO DE UN CHASIS TUBULAR PARA UN CARCROSS [Tesis, Universidad P[ublica Navarra, Navarra]*. Repositorio institucional.
- Guamán. (Febrero de 2015). Obtenido de Guamán: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7697/1/UPS-CT004563.pdf>
- J., F. J. (2004). *TRATADO SOBRE AUTOMOVILES*. Valencia: UPV. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=tvULHOOUVsoC&pg=PA391&dq=bastidor+vehiculo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj3uaabtNX8AhXBSjABHaD6B5IQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q&f=false>
- Jorge D Camba, M. C. (22 de enero de 2016). Modelado CAD paramétrico: un análisis de estrategias para la reutilización del diseño. (Elsevier, Ed.) *ScienceDirect*, 18-31.
- Juan José Castro Mediavilla, Marcelo Eduardo González Torres. (01 de Diciembre de 2018). *Análisis comparativo del funcionamiento del inyector de un motor CRDI bajo*. Obtenido de [file:///C:/Users/Pc/Downloads/906-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2727-2-10-20190531%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/906-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2727-2-10-20190531%20(1).pdf)
- Kasoju., A. (8 de febrero de 2013). Analyzing an automotive testing process with evidence-based software eng. *science direct*, 1237-1259.

- LEV. (s.f). Obtenido de LEV: <https://www.lubricantesenvenezuela.com/multimetro-automotriz/>
- Martínez, T. I. (2009). Retos y limitaciones del diseño estructural. *Foro tecnológico empresarial*. Centro de Formación en Conducción y Seguridad Vial del E.T., Zaragoza. Obtenido de file:///C:/Users/Legion/Desktop/TESIS/FUENTES%20DE%20INFORMACION/retos-y-limitaciones-del-diseo-estructural-en-los-vehiculos-militares-tacticos.pdf
- Mike S., L. S. (2017). Operatividad de vehículos militares y la capacidad operativa de la primera brigada de fuerzas especiales – 2016. *Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencias Militares con Mención en Administración*. ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS “CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI”, Lima - Perú.
- Montalvo. (Diciembre de 2016). Obtenido de CARACTERIZACIÓN DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (CICLO ATKINSON) DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS EN LA UNIVERSIDAD : http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/20078/9234_1.12-12-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Morales T., N. J. (2011). *Estructuras del vehículo* (Vol. 2da Edición). España: Paraninfo. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=obl4IEDGXHIC&pg=PA183&dq=distribucion+peso+vehiculo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNmLGcz9f8AhWiSTABHSq_BYQ6AF6BAgL EAI#v=onepage&q=distribucion%20peso%20vehiculo&f=false
- Mundoautomotriz. (4 de Mayo de 2021). Obtenido de Mundoautomotriz: <https://www.mundoautomotriz.tech/tienda/osciloscopio-automotriz/>
- Orellana. (2013). Obtenido de Diseño e implementación de un sistema de control electrónico para una máquina balancadora Geodyna 40/40 para neumáticos de 12 a 16 pulgadas.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4041/1/UPS-CT002583.pdf>

- RFEDA. (2019). *Normativa de Homologacion de la estructura de seguridad para vehiculos todo terreno*. España. Obtenido de <https://docplayer.es/873489-Anexo-9-vehiculos-admitidos-1-los-vehiculos-admitidos-en-el-campeonato-de-espanas-de-rallyes-todo-terreno-son-los-siguientes.html>
- Robert, B. (2005). *Manual de técnicas del automóvil*. Alemania: Postfach. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=lvDitKKI1SAC&pg=PA865&dq=distribucion+peso+vehiculo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNmLGcz9f8AhWiSTABHSq_BYYQ6AF6BAgGEAl#v=onepage&q=distribucion%20peso%20vehiculo&f=false
- Rosero. (Enero de 2017). *Caracterización y construcción de un banco didáctico de motocicleta de 4 tiempos*. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2098>
- Ruiz. (Marzo de 2021). Obtenido de ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE UN MOTOR HONDA CIVIC CON DIFERENTES GRADOS DE VISCOSIDAD DE : <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10995/2/04%20MAUT%20134%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Singh, R. P. (2010). *STRUCTURAL PERFORMANCE ANALYSIS OF FORMULA SAE CAR*. Jurnal Mekanikal.
- Terán, C. C. (2014). «Diseño y construcción del bastidor y carrocería, de un vehículo eléctrico biplaza plegable, usando software CAD-CAE y manufactura ecuatoriana. 6. Obtenido de <https://docplayer.es/52410264-Diseno-y-construccion-del-bastidor-y-carroceria-de-un-vehiculo-electrico-biplaza-plegable-usando-software-cad-cae-y-manufactura-ecuatoriana.html>
- Yolanda, A. M. (2003). *Elementos estructurales del vehiculo*. España: ELEARNING S.L. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=pNNWDwAAQBAJ&pg=PA44&dq=tipo+de+basti>

dor&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwirwPTLu9X8AhVtbTABHdj8BaEQ6AF6BAgCEAI#v=onepage&q=tipo%20de%20bastidor&f=false

Anexos