



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ.**

**TEMA: Diseño y construcción de un remolque de mantenimiento  
para el club de automovilismo UTN Racing Team.**

**AUTOR: Felipe Xavier Proaño Recalde  
Edwin Mauricio Yépez Moran**

**DIRECTOR: Ing. Ramírez Paredes Fernando Renato Ph.D.**

Ibarra, 2022

## CERTIFICADO

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE DE MANTENIMIENTO PARA EL CLUB DE AUTOMOVILISMO UTN RACING TEAM", presentado por los señores: Proaño Recalde Felipe Xavier, con número de cédula 1002998704; Yépez Morán Edwin Mauricio, con el número de cédula 1003641840, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 10 días del mes de diciembre del 2021

Atentamente



PhD. Fernando Ramirez

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100299870-4		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	PROAÑO RECALDE FELIPE XAVIER		
<b>DIRECCIÓN:</b>	ATUNTAQUI		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:pipepro93@gmail.com">pipepro93@gmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	06 2909-367	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0997597281

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100364184-0		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	YÉPEZ MORAN EDWIN MAURICIO		
<b>DIRECCIÓN:</b>	IBARRA-BARRIO 19 DE ENERO		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:emyepezm@utn.edu.ec">emyepezm@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0939830628

DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>	<b>TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE DE MANTENIMIENTO PARA EL CLUB DE AUTOMOVILISMO UTN RACING TEAM.</b>		
<b>AUTOR (ES):</b>	Proaño Recalde Felipe Xavier Yépez Moran Edwin Mauricio		
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	25 enero del 2022		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>		
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERIA EN MANTEMINIEN TO AUTOMOTRIZ		
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Ramírez Paredes Fernando Renato Ph.D.		

## 2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de enero de 2022

### EL AUTOR:



Proaño Recalde Felipe Xavier  
100299870-4



Yapez Moran Edwin Mauricio  
100364184-0

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado es dedicado a mi Madre, mi Hermana, mis Abuelos maternos y mis Tíos, quienes han sido el pilar fundamental en mi desarrollo personal apoyando con sus consejos y sabiduría, logrando guiarme por el buen camino y enseñándome a no rendirme ante las adversidades para así ser una persona de bien.

**Felipe Proaño Recalde**

Con mucho cariño, alegría quiero dedicar el presente trabajo a mis padres, mis hermanos y demás familiares que con su cariño y amor me han sabido guiar en cada etapa de mi vida, me han brindado su apoyo incondicional en cada momento que lo necesitaba sin ustedes no hubiera sido posible culminar este paso más en mi formación como profesional.

**Edwin Mauricio Yépez Moran**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado todos los conocimientos para desempeñarnos en el ámbito profesional. Así como a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz que con su esfuerzo, sabiduría y experiencia me han brindado sus conocimientos.

Un Agradecimiento a INCOREA Cables CIA. Ltda. por el apoyo prestado durante el desarrollo de la construcción del remolque de mantenimiento.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Página
Dedicatoria.....	I
Agradecimiento .....	II
Índice de figuras .....	VIII
Índice de tablas .....	XII
Índice de ecuaciones .....	XIII
Resumen .....	XV
Abstract.....	XVI
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
1. Revisión bibliográfica .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Situación actual .....	1
1.3 Planteamiento del problema .....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
1.5 Justificación .....	4
1.6. Definición remolque.....	4
1.6.1 Tipos de remolques .....	6
1.6.2 Certificado de operación regular.....	7
1.6.3 Componentes de un remolque .....	8
1.6.3.1 Bastidor .....	8
1.6.3.2 Material de la estructura.....	10
1.6.3.3 Ejes de transmisión.....	12
1.6.3.4 Sistema de suspensión .....	13
1.6.3.5 Neumáticos .....	16

1.6.3.6 Barra de tiro .....	18
1.6.3.7 Distribución de la carga .....	19
1.6.3.8 Plataforma .....	20
1.6.3.9 Sistema de acoplamiento .....	20
1.6.3.10 Sistema de iluminación y señalética .....	23
1.7 Carreteras del Ecuador .....	24
1.7.1 Clasificación y características .....	25
1.7.4 Angulo de pendiente, máxima y mínima. ....	25
1.8.1 Camioneta (pick up) .....	27
1.8.2 Furgoneta .....	27
1.8.3 Todoterreno 4x4 .....	28
1.9 Diseño.....	28
1.9.1 Criterios para la selección de materiales.....	28
1.9.1 Software de diseño .....	30
1.9.2 Análisis de elementos finitos (mef).....	31
1.9.3 Análisis estático .....	32
1.9.4 Análisis dinámico.....	33
1.9.5 Esfuerzos.....	33
1.9.6 Factor de seguridad .....	33
1.9.7 Determinación del centro de gravedad .....	34
1.10. Coeficiente aerodinámico .....	34
1.11 Falla por fatiga.....	36
1.11.1 Método del esfuerzo vida .....	36
1.12 Procesos de manufactura .....	37
1.12.1 Soldadura .....	37
1.12.2 Maquinado.....	38
1.13 Mantenimiento.....	39
1.14 Herramientas .....	39
1.14.1 Herramienta manual .....	39



1.14.2 Herramienta eléctrica .....	42
1.14.3 Accesorios neumáticos .....	43
1.14.4 Herramienta hidráulica .....	44
1.14.5 Equipos de medición .....	45
1.14.6 Equipos auxiliares y señalética .....	46
<b>CAPÍTULO II</b> .....	<b>49</b>
2. Metodología y materiales .....	49
2.1 Metodología .....	49
2.1.1 Comparativa .....	49
2.1.2 Experimental .....	49
2.2. Requerimientos y criterios de selección. ....	50
2.3. Diseño remolque .....	50
2.3.1 Vehículo remolcador .....	51
2.3.1.1 Potencia vehículo .....	52
2.3.1.2 Características neumáticos volkswagen amarok .....	52
2.3.1.3 Relación de transmisión ( $Rt$ ).....	53
2.3.1.4 Par resistente en las ruedas ( $Cr$ ).....	55
2.3.2 Material estructural .....	57
2.3.2.1 Material de aporte para acero astm calidad a36 .....	58
2.3.3 Bastidor .....	59
2.3.4. Cargas muertas (herramientas) .....	59
2.3.4.1 Carrocería.....	63
2.3.4.1 Planchas laminadas.....	66
2.4 Análisis estático .....	67
2.4.1 Puntos de apoyo o geometría fija .....	68
2.4.2 Distribución y peso de equipos .....	68
2.4.3 Peso de la estructura y carrocería del remolque .....	71
2.5 Resistencias que se oponen al movimiento del remolque.....	72

2.5.1 Resistencia a la rodadura ( $R_r$ ).....	72
2.5.2. Resistencia por pendiente ( $R_p$ ).....	74
2.5.3 Resistencia aerodinámica ( $R_a$ ).....	74
2.6 Recopilación de datos.....	76
2.6.1 Sistema de suspensión .....	76
2.6.2 Diseño del eje .....	79
2.6.2.1 Diseño .....	80
2.6.2.2 Fallo por fatiga.....	<b>81</b>
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>82</b>
3. Resultados y discusión.....	82
3.1 Resultados de las resistencias que se oponen al movimiento del remolque .....	82
3.2 Resultados análisis estático .....	82
3.2.1 Resultados calculo hojas de resorte.....	84
3.3 Resultados análisis dinámico .....	86
3.3.1 Fuerza de arrastre del vehículo .....	86
3.3.2 Factor de seguridad .....	87
3.3.3 Fuerzas resultantes sobre el eje.....	88
3.3.4 Resultados fatiga.....	90
3.4 Construcción de remolque .....	91
3.4.1 Equipos y herramientas.....	91
3.4.2 Construcción del chasis y estructura interna carrocería.....	92
3.4.3 Cubierta de carrocería, piso y compuertas. ....	93
3.4.4 Implementación del sistema de suspensión, puntas de eje y neumáticos .....	94
3.4.5 Accesorios y proceso pintura.....	97
3.4.5.1 Pie de apoyo .....	97
3.4.5.2 Acople y bola de enganche .....	98
3.4.6 Proceso de pintura.....	99
3.5 Sistema de luces.....	100

3.6 Instalación de equipos y herramientas .....	102
3.7 Manual de uso y mantenimiento del remolque .....	104
3.7.1 Mantenimiento .....	105
3.7.2 Pautas de seguridad en el viaje .....	105
3.7.3 Operación y mantenimiento del generador husky .....	106
3.7.4 Operación y mantenimiento del compresor truper .....	107
3.8 Validación del diseño .....	107
<b>CAPITULO IV</b> .....	<b>109</b>
4.1 Conclusiones .....	109
4.2 Recomendaciones .....	110
Referencia bibliográfica .....	111
Anexos .....	119
Anexos ii .....	122
Anexos iii .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Remolque balanceado de un eje.....	7
Figura 1. 2 Bastidor con largueros y travesaños.....	9
Figura 1. 3 Estructura simple.....	9
Figura 1. 4 Estructura compleja.....	10
Figura 1. 5 Ejes de transmisión .....	12
Figura 1. 6 Barra de torsión.....	14
Figura 1. 7 Muelles Helicoidales.....	15
Figura 1. 8 Suspensión de Ballestas. ....	16
Figura 1. 9 Índice de neumáticos.....	16
Figura 1. 10 Sistema de tiro recto.....	18
Figura 1. 11 Sistema de tiro Compuesto.....	19
Figura 1. 12 Efectos de la inadecuada distribución de la carga.....	19
Figura 1. 13 Kit de Acoplamiento de bola para remolque.....	21
Figura 1. 14 Características enganche de bola .....	22
Figura 1. 15 Enganche de bola Mixto.....	23
Figura 1. 16 Conector de 7 pines para remolque.....	24
Figura 1. 17 Diagrama de luces de remolque .....	24
Figura 1. 18 Valores de pendiente de carretera .....	26
Figura 1. 19 Camioneta pick up.....	27
Figura 1. 20 Furgoneta Ford .....	27
Figura 1. 21 Todoterreno 4x4 .....	28
Figura 1. 22 Diagrama de burbujas, Módulo de Young vs. Densidad. ....	29
Figura 1. 23 Diagrama de burbujas, Módulo de Young vs. Costo por unidad de volumen. ....	30
Figura 1. 24 Mallado de un elemento .....	31
Figura 1. 25 Cargas puntuales sobre una viga .....	32
Figura 1. 26 Cargas distribuidas sobre una Viga.....	33
Figura 1. 27 Coeficiente aerodinámico de varios vehículos .....	35
Figura 1. 28 Coeficiente aerodinámico de formas.....	36
Figura 1. 29 Diagrama SN - Resistencia a la Fatiga vs. Número de ciclos.....	37
Figura 1. 30 Llaves fijas .....	40

Figura 1. 31 Destornilladores .....	40
Figura 1. 32 Llave ajustable .....	40
Figura 1. 33 Tornillo de Banco.....	41
Figura 1. 34 Alicates.....	41
Figura 1. 35 Martillo.....	41
Figura 1. 36 Llave de cadena .....	41
Figura 1. 37 Engrasadora.....	41
Figura 1. 38 Generador Eléctrico .....	42
Figura 1. 39 Compresor de Aire .....	42
Figura 1. 40 Taladro .....	43
Figura 1. 41 Inflador de Neumáticos.....	43
Figura 1. 42 Soplador de aire.....	43
Figura 1. 43 Gato hidráulico de botella .....	44
Figura 1. 44 Gato Hidráulico de piso .....	44
Figura 1. 45 Multímetro.....	45
Figura 1. 46 Medidor de presión de combustible .....	45
Figura 1. 47 Manómetro de presión de cilindros.....	45
Figura 1. 48 Analizador de gases de escape .....	46
Figura 1. 49 Conos de Tráfico .....	46
Figura 1. 50 Extintor.....	47
Figura 1. 51 Neumático de repuesto .....	47
Figura 1. 52 Lámpara portátil .....	47
Figura 1. 53 Bidón de Gasolina .....	47
Figura 1. 54 Aserrín.....	48
Figura 2. 1 Dimensiones vehículo remolcador .....	52
Figura 2. 3 Bastidor del remolque .....	59
Figura 2. 4 Compresor de aire Truper .....	60
Figura 2. 5 Perfil estructural cuadrado .....	64
Figura 2. 6 Diseño con generador incluido.....	64
Figura 2. 7 Compartimento lateral izquierdo.....	65
Figura 2. 8 Compartimento lateral derecho .....	65
Figura 2. 9 Compartimento trasero de doble puerta .....	66

Figura 2. 10 Carrocería remolque .....	67
Figura 2. 11 Puntos de apoyo fijos del remolque .....	68
Figura 2. 12 Peso de la estructura de la carrocería .....	69
Figura 2. 13 Fuerza generada por el peso del generador eléctrico .....	69
Figura 2. 14 Fuerza generada por el compresor y sus accesorios.....	70
Figura 2. 15 Fuerza generada por herramientas y accesorios, parte posterior.....	70
Figura 2. 16 Fuerza generada por el neumático de repuesto .....	71
Figura 2. 17 Fuerza generada por la gravedad.....	71
Figura 2. 18 Diagrama de cuerpo libre, resistencia a la rodadura .....	72
Figura 2. 19 Diagrama de cuerpo libre, resistencia por pendiente. ....	74
Figura 2. 20 Ballesta compuesta .....	77
Figura 2. 21 Fuerzas sobre los puntos de apoyo .....	78
Figura 2. 22 Cargas que soporta el eje.....	80
Figura 2. 23 Diagrama de Fuerza cortante .....	80
Figura 2. 24 Dimensionamiento y diseño del eje .....	81
Figura 3. 1 Valores de reacciones sobre los puntos de apoyo .....	83
Figura 3. 2 Resultados de desplazamiento total por efecto de la carga sobre la estructura .	84
Figura 3. 3 Resultado de tensión axial y de flexión sobre la estructura .....	84
Figura 3. 4 Resultados sobre los puntos de apoyo por efecto de la aceleración del vehículo .....	86
Figura 3. 5 Resultados de tensión axial y de flexión por efecto de la aceleración del vehículo. ....	87
Figura 3. 6 Resultado del Factor de Seguridad.....	88
Figura 3. 7 Fuerzas resultantes producto de la aceleración aplicadas sobre el eje. ....	88
Figura 3. 8 Desplazamiento formado por las fuerzas resultantes .....	89
Figura 3. 9 Resultado de tensión máxima (Von Mises) .....	89
Figura 3. 10 Resultado Factor de seguridad mínimo. ....	90
Figura 3. 11 Resultado análisis fatiga.....	90
Figura 3. 12 Proceso de construcción del remolque .....	91
Figura 3. 13 Fabricación del bastidor .....	92
Figura 3. 14 Fabricación estructura interna de la carrocería .....	93
Figura 3. 15 Fabricación de las compuertas y cubierta de la carrocería.....	93

Figura 3. 16 Carrocería completa .....	94
Figura 3. 17 Instalación de los paquetes de resortes en la estructura .....	95
Figura 3. 18 Punta de ejes para Rin 14” .....	95
Figura 3. 19 Neumáticos con puntas de ejes de transmisión .....	96
Figura 3. 20 Remolque y sus elementos .....	97
Figura 3. 21 Pie de apoyo con eje roscado y rueda. ....	98
Figura 3. 22 Acople y bola de enganche 2000lb .....	98
Figura 3. 23 Pulido y lijado del remolque. ....	99
Figura 3. 24 Aplicación de pintura base anticorrosiva .....	99
Figura 3. 25 Aplicación de pintura negra sintética automotriz. ....	99
Figura 3. 26 Resultado del acabado de pintura.....	100
Figura 3. 27 Diagrama de conexión de cables y sus colores .....	101
Figura 3. 28 Luces de freno en funcionamiento. ....	101
Figura 3. 29 Parte frontal con generador .....	103
Figura 3. 30 Parte lateral derecha .....	103
Figura 3. 31 Parte Posterior .....	103
Figura 3. 32 Parte lateral izquierda.....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Tabla nacional de pesos y dimensiones.....	5
Tabla 1. 2 Vehículos categoría O, Norma INEN 2656.....	5
Tabla 1. 3 Propiedades Acero A36.....	11
Tabla 1. 4 Propiedades Aluminio .....	11
Tabla 1. 5 Código de velocidad del neumático. ....	17
Tabla 1. 6 Código de índice de carga del neumático.....	17
Tabla 1. 7 Capacidad máxima y diámetro de bola de enganche.....	21
Tabla 1. 8 Herramientas manuales.....	40
Tabla 1. 9 Herramientas eléctricas .....	42
Tabla 1. 10 Accesorios Neumáticos .....	43
Tabla 1. 11 Herramienta hidráulica .....	44
Tabla 1. 12 Equipos de medición.....	45
Tabla 1. 13 Equipos auxiliares y señalética.....	46
Tabla 2. 1 Características de Torque y Potencia Volkswagen Amarok 4x2 .....	52
Tabla 2. 2 Características neumáticos Volkswagen Amarok 4x2.....	53
Tabla 2. 3 Relación de transmisión caja de cambios.....	53
Tabla 2. 4 Relación de transmisión total (caja – diferencial trasero).....	54
Tabla 2. 5 Velocidad Final por marcha .....	55
Tabla 2. 6 Par de Arrastre neumáticos.....	55
Tabla 2. 7 Fuerza resultante de cada marcha.....	56
Tabla 2. 8 Características perfiles estructurales .....	57
Tabla 2. 9 Propiedades Estáticas en el eje X.....	57
Tabla 2. 10 Propiedades Estáticas en el eje Y.....	58
Tabla 2. 11 Clasificación de los electrodos según AWS (American Welding Society).....	58
Tabla 2. 12 Características compresor de aire.....	60
Tabla 2. 13 Consumo eléctrico de herramientas.....	62
Tabla 2. 14 Características generador eléctrico.....	62
Tabla 2. 15 Dimensiones y pesos de equipos y herramientas.....	63
Tabla 2. 18 Dimensiones y peso plancha acero laminado en frío.....	66



Tabla 2. 19 Dimensiones y peso plancha acero laminado en caliente. ....	67
Tabla 2. 20 Coeficiente de resistencia a la rodadura. ....	73
Tabla 2. 21 Características neumático de prueba. ....	76
Tabla 2. 22 Propiedades mecánicas acero SAE 516h. ....	77
Tabla 2. 23 Dimensiones hojas de resorte .....	78
Tabla 2. 24 Propiedades mecánicas acero EN 10294-1.....	79
Tabla 2. 25 Dimensiones barra perforada.....	80
Tabla 3. 1 Fuerzas y momentos resultantes sobre los puntos de apoyo fijos. ....	83
Tabla 3. 2 Fuerzas y momentos resultantes en los puntos de apoyo por efecto de la fuerza de arrastre del vehículo remolcador.....	86

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1.1 Coeficiente Aerodinámico ( $C_x$ ) .....	35
Ecuación 2. 1 Relación De Transmisión ( $R_t$ ).....	53
Ecuación 2. 2 Velocidad ( $v$ ) .....	54
Ecuación 2. 3 Par Resistente En Las Ruedas ( $C_r$ ).....	55
Ecuación 2. 4 Fuerza ( $F$ ) .....	56
Ecuación 2. 5 Resistencia A La Rodadura ( $R_r$ ).....	72
Ecuación 2. 6 Resistencia A La Rodadura ( $R_r$ ).....	73
Ecuación 2. 7 Resistencias Que Se Oponen Al Movimiento Del Remolque .....	73
Ecuación 2. 8 Resistencia Por Pendiente ( $R_p$ ).....	74
Ecuación 2. 9 Resistencia Aerodinámica ( $R_a$ ) .....	74
Ecuación 2. 10 Área Frontal .....	75
Ecuación 2. 11 Resistencia a la Flexión hojas de resorte .....	79

Ecuación 3. 1 Resultados de las resistencias que se oponen al movimiento del remolque .	82
Ecuación 3. 2 Resultados resistencia a la Flexión hojas de resorte .....	85
Ecuación 3. 3 Factor de Seguridad hojas de resorte .....	85

## RESUMEN

Algunos daños y averías durante las actividades del Club de Automovilismo UTN Racing Team pusieron en evidencia la falta de herramientas y equipos con una fuente de energía autónoma que permita solucionar estos problemas. Por este motivo se realizó una investigación y selección de equipos y herramientas requeridas en el mantenimiento preventivo y correctivo disponibles en el taller de la carrera de Ingeniería Automotriz con su respectivo dimensionamiento y peso.

Se realizó una investigación y caracterización de materiales para la construcción del remolque, de acuerdo con parámetros de disponibilidad, facilidad de trabajo, resistencia y costos; los cuales nos permitieron realizar la selección apropiada para proceder con el prototipo en el software de diseño SolidWorks.

Se definió el diseño de la geometría estructural del prototipo manteniéndose en los límites de dimensionamiento mencionados en la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones y de acuerdo con medidas tomadas de herramientas del taller que se llevarán en él. Así se procedió a realizar los cálculos y simulaciones respectivas, que permitieron validar el diseño.

Con el diseño y simulaciones concluidas se procedió a la construcción del remolque con los planos correspondientes y materiales previamente seleccionados, dando como resultado el cumplimiento de los objetivos planteados.

## **ABSTRACT**

Some damages and breakdowns during activities of the UTN Racing Team Motoring Club revealed the lack of tools and equipment with an energy source to solve these problems. Therefore, the analysis and selection of equipment and tools required in preventive and corrective maintenance was carried out, from the material available in the Automotive Engineering career workshop with their respective size and weight.

An investigation and characterization of materials for the construction of the trailer was carried out, according to parameters of availability, ease of work, resistance and costs; which allowed us to make the appropriate selection to proceed with the prototype in SolidWorks design software.

The structural design of prototype was defined, keeping within the dimensioning limits mentioned in the National Table of Weights and Dimensions and in accordance with measurements taken from the workshop tools. Thus, the respective calculations and simulations were carried out, which allowed the design to be validated.

With the design and simulations completed, the trailer was built with the corresponding plans and previously selected materials, resulting in the fulfillment of the objectives set.

# CAPÍTULO I

## 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 ANTECEDENTES

La necesidad de atender averías causadas por imprevistos durante las actividades realizadas por el Club de Automovilismo UTN Racing Team requiere del uso de equipos y herramientas que permitan dar solución inmediata a dichos de daños.

El remolque o unidad de carga puede permitir el transporte de diferentes objetos como vehículos, motocicletas, botes, herramientas, entre otros; esta unidad de carga requiere del uso de un vehículo motorizado para su movimiento (Aguila Román, 2020).

El remolque posee un bastidor, este reposa sobre neumáticos; hay gran variedad de diseños que dependen del tipo de carga, mismos que están fabricados con distintos materiales: aluminio, acero inoxidable, aceros al carbono, entre otros. Cada uno, por sus características, tiene un costo de fabricación y ensamblaje específico, pues para cada material existen técnicas y materiales de aporte para la soldadura.

El traslado de herramientas en un vehículo requiere de gran espacio, porque estos no están diseñados para este tipo de transporte, así como también puede darse el caso de no contar con energía eléctrica; en esta situación, se requiere de un generador eléctrico. Esto permitirá el uso de herramientas como compresor de aire, pulidora, taladros, entre otras (Zarate Cruz, 2016).

### 1.2 SITUACIÓN ACTUAL

Los daños y las averías que se producen en los vehículos se presentan en cualquier lugar y sin previo, representan un porcentaje bastante significativo dentro de los imprevistos y desperfectos automovilístico (INSHT , 2016). Es así que, los integrantes del Club de Automovilismo UTN Racing Team deben atender de inmediato estos problemas y poner a punto los prototipos para lograr culminar las actividades de prueba o competencia que se encuentren realizando.

Para un buen diseño se debe tomar en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana, encargada de clasificar los vehículos no motorizados por sus características, como el peso máximo permitido, número de ejes y las longitudes máximas. Esto detalla el tipo de remolque a ser diseñado, el mismo se encuentra en la Categoría B1, un tipo de remolque balanceado de un eje el que permite transportar una carga máxima de tres puntos cinco toneladas (Aduana, 2012).

En general, no se cuenta con talleres especializados en la fabricación de remolques de mantenimiento que garanticen la fiabilidad del diseño, el uso de materiales apropiados y resistentes que brinden seguridad al transportar herramientas y equipos siguiendo las respectivas normas que se indican en la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones.

Considerando que las exigencias de tipo mecánico y térmico que sufre un remolque como el diseñado para el caso de este proyecto no son elevadas, se ha optado para el diseño y simulación la utilización del Software de Diseño SolidWorks; este es un recurso de fácil acceso y uno de los más utilizados en instituciones educativas para el diseño mecánico asistido por computador (Zarate Cruz, 2016).

En el presente trabajo se ha tomado en cuenta el correcto traslado de inflamables como la gasolina, aceite y refrigerantes; todos los aditivos y residuos deben ser trasladados de forma segura como lo especifica la norma técnica ecuatoriana referente al transporte almacenamiento de materiales peligrosos (INEN, 2013).

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a los daños y las averías durante las actividades del Club de Automovilismo UTN Racing Team, además de la falta de equipos y herramientas con su respectiva fuente de energía se ha evidenciado la necesidad de contar con un remolque para mantenimiento automotriz. Un remolque permitirá el traslado de equipos y herramientas a donde requiera el Club de Automovilismo.

Un traslado debe realizarse de forma segura, tomando en consideración ciertas recomendaciones que rigen la norma; las herramientas deben estar colocadas en cajas o fundas especialmente diseñadas para su movilización. Como se mencionó existen diferentes tipos y diseños de remolques, por lo que se realizó un análisis de los materiales que son

utilizados en la fabricación de ellos, para lograr identificar cuál es el más recomendable a ser implementado en la fabricación.

Para garantizar buenos resultados se desarrollan cálculos necesarios en la identificación de la fiabilidad del diseño; asimismo, se requiere hacer una selección de materiales. Para esto, se deben tomar en cuenta criterios científicos y técnicos. Además, tener presente los materiales que se tiene a disposición en el mercado local. Finalmente, es conveniente tener conocimiento los tipos de soldadura aplicados a cada material, ya que cada uno tiene su costo y forma de aplicación.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir un remolque de mantenimiento para el Club de Automovilismo UTN Racing Team.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar las herramientas requeridas para el mantenimiento preventivo y correctivo con su respectivo dimensionamiento y peso.
- Definir los materiales para el diseño del bastidor y carrocería en función de costos, disponibilidad y resistencia de materiales para el transporte de herramientas.
- Definir la geometría de la estructura del remolque en función de las normativas del Ministerio de Transporte y simular los esfuerzos por efectos de las cargas en SolidWorks.
- Construir el remolque basado en los planos de construcción con los materiales seleccionados.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

El proyecto está enfocado en desarrollar un remolque que logre asistir en el traslado de herramientas y maquinarias dentro del Club de Automovilismo UTN Racing Team. Con ello se busca dar solución a los imprevistos que puedan surgir en el camino.

Para la realización del proyecto se realizan análisis del diseño estructural en el programa SolidWorks, con ello se garantiza que el bastidor cumpla con los requerimientos de seguridad para el transporte de los equipos y herramientas. Al usar el programa se reduce el tiempo de construcción, optimizando la utilización de los materiales empleados en la construcción del remolque.

## **1.6. DEFINICIÓN REMOLQUE**

Remolcar hace referencia al movimiento de un vehículo o animal llevando algo al arrastre. Otra definición indica que esto puede entenderse como un vehículo no auto propulsado, el cual está específicamente diseñado para ser tirado por un vehículo con motor. El remolque en varios países se lo conoce como tráiler o acoplado que permite el traslado diversos tipos de objetos como: motocicletas, equipaje, vehículos, herramientas, entre otros (Valcárcel, 2015).

Resulta como una unidad de carga que proporciona al vehículo la capacidad de almacenamiento extra para transportar cargas pesadas y de gran volumen.

El remolque está equipado con neumáticos, suspensión, un bastidor, superficie de carga y dependiendo de la cantidad de carga que se quiere transportar y los frenos. Además, se pueden describir ciertas ventajas de este tipo de unidad, entre las que se destacan:





- No utiliza combustibles.
- No genera contaminantes.
- Duplica el volumen de carga que normalmente tiene un vehículo.

Todo remolque debe contar con su respectiva iluminación y señalización, entre estas: luces de posición, direccionales, de frenado y retro. Además, debe contar con la misma matrícula que el vehículo que lo remolca.



En nuestro medio existen categorías que clasifican cada tipo de remolque según las dimensiones y el peso máximo que se va a cargar; cada una de ellas se las puede encontrar en la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones que menciona el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador (Ver tabla 1.1).

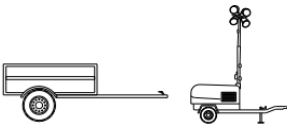
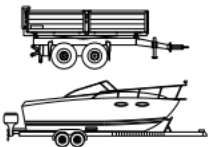
**Tabla 1. 1** Tabla nacional de pesos y dimensiones.


Tabla Nacional De Pesos Y Dimensiones De Vehículos De Carga Pesada Motorizados, Remolques Y Semirremolques.							
TIPO	Distribución Máxima De Carga Por Eje	Descripción	Peso Bruto Vehicular Máximo Permitido (Toneladas)	Longitudes Máximas Permitidas (Metros)			
				largo	ancho	alto	
B1			Remolque Balanceado Por Un (1) Eje	7	10.00	2.60	4.10
B2			Remolque Balanceado Por Un (2) Ejes	14	10	2.60	4.10

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2017)

Además, se encuentra la Clasificación Vehicular según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656 la cual se describe en la Tabla 1.2.

**Tabla 1. 2** Vehículos categoría O, Norma INEN 2656.

CATEGORÍA	TIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
O1	UNIDAD DE CARGA MUY LIVIANA		Vehículo cuyo peso máximo no sea superior a 750kg
O2	UNIDAD DE CARGA LIVIANA		Vehículo cuyo peso máximo sea superior a 750Kg, pero no exceda los 3500kg

O3	UNIDAD DE CARGA MEDIANA		Vehículo cuyo peso máximo sea superior a 3500kg, pero no exceda los 10 000kg.
----	-------------------------------	---	---

Fuente: (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2016)

### 1.6.1 TIPOS DE REMOLQUES

Actualmente, se puede encontrar infinidad de diseños de unidades de carga o remolques, con uno o más ejes, dependiendo de su capacidad de carga y para cada tipo de necesidad con características específicas, las que dependen de los requerimientos del usuario. Para el caso en estudio se analizan las características de la unidad de carga balanceada de un eje, puesto que, lo que se requiere transportar no supera los 750 kilogramos (1000 kg).

#### 1.6.1.1 REMOLQUE BALANCEADO

Esta unidad de carga o remolque dispone de un eje y se encuentra ubicado cerca al centro de gravedad para que las cargas se repartan uniformemente. En la tabla 1.1 referente al peso y dimensiones se menciona el peso bruto permitido según el número de ejes, por ejemplo; el remolque de un eje y su carga máxima debe ser tres toneladas y media (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2017).



**Figura 1. 1** Remolque balanceado de un eje.

### **1.6.2 CERTIFICADO DE OPERACIÓN REGULAR**

Este certificado permitirá la circulación de este tipo de unidad de carga o remolque por la Red Vial del País sin ningún inconveniente. Para obtener este certificado se debe contar con los siguientes requisitos:

1. Registro Único de Contribuyentes (RUC)
2. Nombramiento debidamente registrado del representante legal (en el caso de personas jurídicas).
3. Cédula de Identidad
4. Matricula Vigente, Factura o Declaración Juramentada.

Contenido de la declaración juramentada:

Nombre del propietario, número de ejes, tipo de semirremolque, año de fabricación, marca, peso, dimensiones.

5. Peso de la Unidad de Carga en Vacío.
6. Dimensiones de la unidad de carga (largo, alto, ancho)
7. Fotografía lateral a color.

Las siguientes disposiciones son de carácter obligatorio para personas naturales, jurídicas, públicas y privadas para transitar en las carreteras del País:

- a) La carga debe contar con las debidas sujeciones para evitar el movimiento durante el transporte.

- b) La carga debe estar bien distribuida y no debe sobre salir del vehículo que lo moviliza, también no debe exceder el peso permitido mencionado en la tabla de pesos y dimensiones. Deberá contar con su respectiva señalización y seguridades.
- c) Se prohíbe el transporte de carga si el vehículo no cuenta con el Certificado de Operación Regular (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2017).

### **1.6.3 COMPONENTES DE UN REMOLQUE**

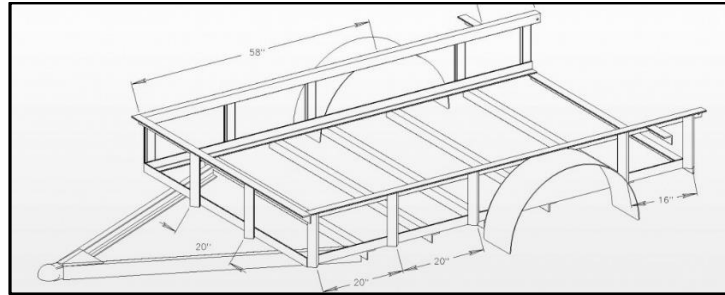
El remolque cuenta con diferentes componentes que garantizan la sujeción al vehículo, movilidad y capacidad de carga. Se identifican los elementos disponibles en el mercado y sus características, con la finalidad de distinguir las ventajas y desventajas de ellos para seleccionar el más apropiado para su posterior montaje. Los principales componentes que conforman el remolque se detallan en los siguientes enunciados.

#### **1.6.3.1 BASTIDOR**

El bastidor es el elemento principal, encargado de alojar todos los componentes fijos que conforman el remolque; está constituido por un marco metálico, el cual puede ser construido con diferentes materiales, las piezas principales que conforman el chasis: los largueros y travesaños deben estar sujetas de forma sólida las unas entre las otras (Aguila Román, 2020).

Este elemento está sometido a continuos esfuerzos y deformaciones por las cargas que se aplican sobre él, por lo que cuenta con un sistema de amortiguación para disminuir dichos esfuerzos, mejorando el manejo y reduciendo las cargas sobre el vehículo remolcador. Con lo expuesto se detallan así:

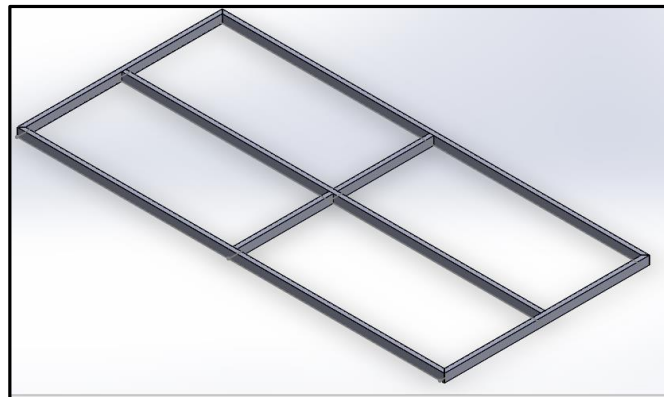
- Largueros y Travesaños, según los requerimientos, el remolque puede estar conformado por dos o más largueros unidos por varios travesaños. La cantidad dependerá de lo que se quiere cargar; a mayor peso sobre el remolque, este requerirá de más elementos para soportar los esfuerzos, por su forma presenta una gran resistencia a la flexión.



**Figura 1.2** Bastidor con largueros y travesaños  
(Red Wing Steel Works, 2010)

Se puede encontrar los siguientes tipos de estructuras empleados en la fabricación de remolques, cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas las que serán descritas a continuación

a) ESTRUCTURAS SIMPLE:



**Figura 1.3** Estructura simple

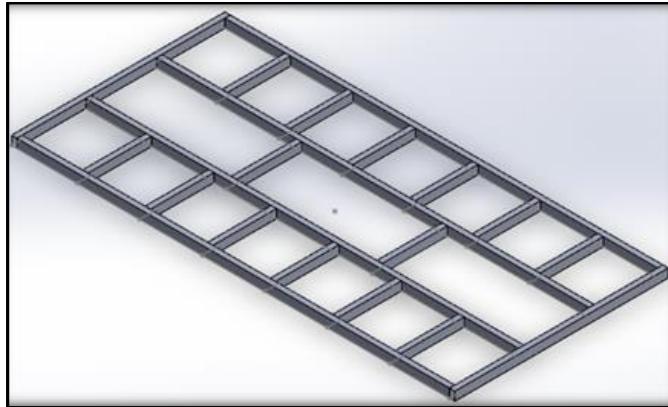
Ventajas:

- Diseño simple
- Requiere de menos material
- Menos peso estructural.

Desventajas:

- Perfiles estructurales más grandes
- Límite de carga bajo en referencia a otros diseños
- Mayor desgaste

b) ESTRUCTURA COMPLEJA



**Figura 1.4** Estructura compleja

Ventajas:

- Mayor capacidad de carga
- Perfiles estructurales de menor dimensión
- Distribución uniforme de las cargas

Desventajas:

- Mayor peso estructural
- Mayor tiempo de fabricación y ensamblaje
- El diseño es más complejo

### **1.6.3.2 MATERIAL DE LA ESTRUCTURA**

El material del chasis es de gran importancia, de él depende la resistencia estructural, el peso y el desempeño durante el manejo. Se ha tomado en cuenta el acero y el aluminio como alternativas de los materiales más empleados en la fabricación de remolques.

#### a) ACERO ASTM A36

Este tipo de acero es utilizado comúnmente en la mayoría de los diseños estructurales, por su bajo costo, se puede adquirir en distintas formas de perfiles tanto en planchas como en barras teniendo en cuenta que cada forma y presentación varían en su composición química (Lopez, 2014).

**Tabla 1. 3** Propiedades Acero A36

PROPIEDADES	UNIDADES	
Esfuerzo ultimo a la tracción	400-500 MPa	58-80 ksi
Esfuerzo de fluencia	250 MPa	36 ksi
Módulo de elasticidad	200 MPa	29 ksi
Módulo de Poisson	0.26-0.29	0.26-0.29
Elongación minima 20%	200 mm	8 in
Elongación Mínima 23%	50 mm	2 in
Dureza Brinell	1 19-159	119-159
Dureza Rockwell B	67-83	67-83

Fuente: (Servin Castañeda, Lopez Reina , & Garcia Yregoi, 2018)

**Ventajas:**

- Mayor resistencia estructural
- Menor costo
- Facilidad de trabajo

**Desventajas:**

- Mayor peso
- Requiere de tratamientos superficiales para evitar la oxidación

**b) ALUMINIO**

Es un material liviano con propiedades anticorrosivas y de menor peso. En la Tabla 1.6 se describen sus características y propiedades:

**Tabla 1. 4** Propiedades Aluminio

Propiedades	Unidades
Densidad a 20°C	2.7 g/cm <sup>3</sup>
Módulo De Elasticidad	70 GPa
Resistencia a la Tracción	50-90 MPa
Relación de Poisson $\nu$	0.334
Peso unitario $w$	26.6 kN/m <sup>3</sup>

Fuente: (Shackelford, 2005)

Ventajas:

- Menor peso estructural
- Es inoxidable
- No requiere de tratamientos superficiales

Desventajas:

- Costo elevado
- Procesos de trabajo complejos

### 1.6.3.3 EJES DE TRANSMISIÓN

Los ejes son los encargados de transmitir la energía cinética entre los diferentes componentes que se encuentran en movimiento (Souflas, Pezouvanis, & Ebrahimi, 2018).

Es decir, son elementos de transmisión de fuerza a las ruedas, dichas barras están sometidas a cargas de tensión, flexión y torsión, actuando individualmente o en conjunto.



**Figura 1.5** Ejes de transmisión  
(DL PARTS, 2019)

#### a) REMOLQUE DE UN EJE

Cuenta con dos neumáticos en cada extremo. A continuación, se describen sus ventajas y desventajas.



- Ventajas, mayor maniobrabilidad, requiere de menos espacio para estacionarse, menor peso para remolcar, menos mantenimiento, menor costo, menor consumo de combustible en el vehículo remolcador.
- Desventajas, limitación en la capacidad de carga, menos estabilidad a velocidades altas, distancia de recorrido limitadas.

#### b) REMOLQUE DE DOS EJES.

Cuenta con cuatro neumáticos dos en cada extremo. Su principal característica es la gran capacidad de carga. A continuación, se describen sus ventajas y desventajas:

- Ventajas, mayor capacidad de carga, superior al de un solo eje, mayor estabilidad, mayor distancia de recorrido.
- Desventajas, costo elevado, requiere de mayor espacio para estacionarse, tiene menos maniobrabilidad, aumento de consumo de combustible en el vehículo remolcador.

### 1.6.3.4 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Este sistema tiene como función absorber las irregularidades del terreno por el cual circula el remolque, mediante un componente flexible (ballestas, barra de torsión, muelle helicoidal, entre otros).

Los sistemas de suspensión deben cumplir con ciertos requisitos como son: agarre, manejo fiabilidad al momento de frenado del vehículo manteniendo la seguridad al momento de la conducción (Allamrajua, 2018).

La suspensión debe contar con la suficiente resistencia y elasticidad para no presentar deformaciones permanentes. Los componentes que también se consideraran como elementos de suspensión son los neumáticos. Entre los sistemas de suspensión más comunes se encuentran los siguientes:

#### – BARRA DE TORSIÓN.

Este sistema se encuentra disponible en vehículos que cuentan con suspensión independiente. El funcionamiento de las barras de torsión se basa principalmente en una

actuación torsional, la barra fijada está fijada por un extremo y por el lado opuesto se ejerce un momento de torsión (Minga Espinoza & Morocho Yauripoma, 2018). Las propiedades de elasticidad de este sistema, se da porque un extremo va sujeto a la carrocería y el otro servirá como un brazo o palanca; aquí se sujetará el neumático y realizará el trabajo de amortiguación independiente.



**Figura 1.6** Barra de torsión  
(Ruedas RAR S.A., 2013)

Ventajas:

- Un solo conjunto de piezas
- Fácil instalación
- Requiere de menos espacio
- Mayor estabilidad, poco mantenimiento

Desventajas:

- Costo elevado
- Escasa disponibilidad
- MUELLES HELICOIDALES

Este es uno de los componentes más utilizados en la actualidad en los vehículos, consiste en una espiral de hilo de acero de sección circular o de forma ovalada el cual puede ser de diámetros variables (Montenegro, 2017). Este mecanismo sustituye al sistema de ballestas porque tiene como ventaja mayor elasticidad y requieren de menos espacio.

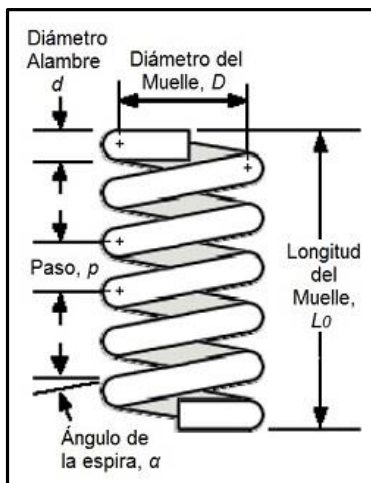


Figura 1.7 Muelles Helicoidales (Olivia Domínguez, 2011)

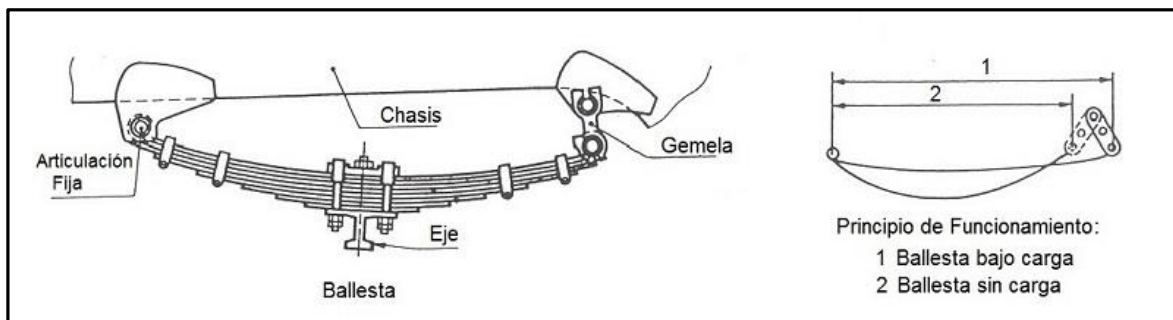
Ventajas:

- Bajo costo
- Mayor elasticidad

Desventajas:

- Requiere de mayor espacio
- Soporta cargas menores a relación del conjunto de hojas de resorte
- BALLESTAS

El conjunto de ballestas está constituido por un conjunto aglomerado de láminas u hojas de acero de composición especial para muelles; están unidas por medio de abrazaderas que permiten que se deslicen entre las hojas cuando se deforman (Montero Vaca, 2018). Tiene una hoja principal, que se la conoce como hoja maestra, unida al chasis por medio de pernos. El número o cantidad de hojas del conjunto de ballestas dependerá del peso que va a aplicar sobre el vehículo.



**Figura 1.8** Suspensión de Ballestas.  
(Olivia Domínguez, 2011)

Ventajas:

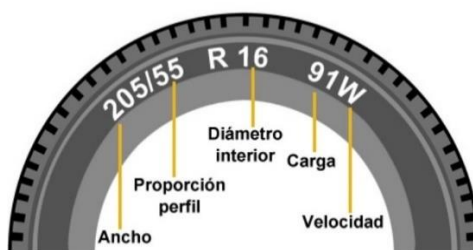
- Mayor resistencia ante cargas elevadas
- Bajo costo y fácil instalación

Desventajas:

- Mayor peso con relación a otros sistemas
- Menos estabilidad en las curvas
- Riesgo de fracturas en el conjunto de hojas

### 1.6.3.5 NEUMÁTICOS

Son los elementos que transmiten movimiento, fuerza motriz y de frenado. Se apoyan en el suelo para soportar el peso del remolque, permitiéndole desplazarse sobre el mismo (Arnal & Laguna , 2005)..



**Figura 1.9** Índice de neumáticos

(SYRSA Automoción, 2018)

Entre sus principales funciones se tienen: soportar las cargas, guiar la trayectoria del remolque y brindar confort; para distinguirlos se utilizan códigos, los mismo permiten

detallar y diferenciar las características de cada uno, estas pueden ser: dimensiones de ancho, diámetro nominal, la relación de perfil y el índice de velocidad y capacidad de carga.

En la siguiente Tabla 1.5 se describe el código y la velocidad máxima permitida:

**Tabla 1. 5** Código de velocidad del neumático.

Código de velocidad	Velocidad en km/h
N	140
P	150
Q	160
R	170
S	180
T	190
H	210
V	240
W	270
ZR	>240

Fuente: (Martínez, 2005)

De acuerdo con las características de los neumáticos se menciona la siguiente Tabla 1.6, donde se describe el código de índice de carga del neumático en kilogramos.

**Tabla 1. 6** Código de índice de carga del neumático.

Índice de carga	Peso en kg
50	190
55	218
60	250
65	290
70	335
75	387

80	450
82	475

Fuente: (García Ramos, 2012)

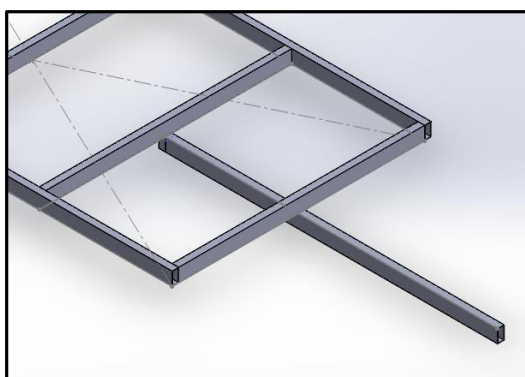
### 1.6.3.6 BARRA DE TIRO

Es la parte del remolque encargada de transmitir el esfuerzo de tracción de la bola de enganche al chasis del remolque, por lo general, suelen ser de forma triangular o en V (Estébanez García, 2012).

Es indispensable que este sistema se ubique cerca al de suspensión, por debajo del bastidor. Esto brinda una resistencia adicional a la estructura. Se han identificado dos tipos de formas de construcción del sistema de tiro del remolque, con sus respectivas características, las que serán analizadas para su selección:

#### a) SISTEMA DE TIRO RECTO

Como lo mencionado es un sistema de fácil construcción se compone por una barra central conectada a la parte delantera del chasis. Al ser el único elemento estructural encargado de soportar todos los esfuerzos generados por la aceleración y frenado sugiere un obstáculo (López , Jorge; Morillo, Mauricio, 2009).

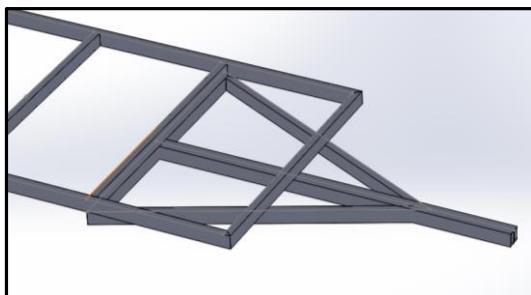


**Figura 1. 10** Sistema de tiro recto

#### b) SISTEMA DE TIRO COMPUESTO

Este tipo de sistema de tiro cuenta con soportes laterales que brindan una mayor resistencia estructural en el chasis y en el sistema de tiro; permitiendo que el

remolque soporte giros bruscos durante el manejo. Este sistema mejora la estabilidad a velocidades altas. Los esfuerzos de aceleración y frenado se transfieren a través de borde del chasis.

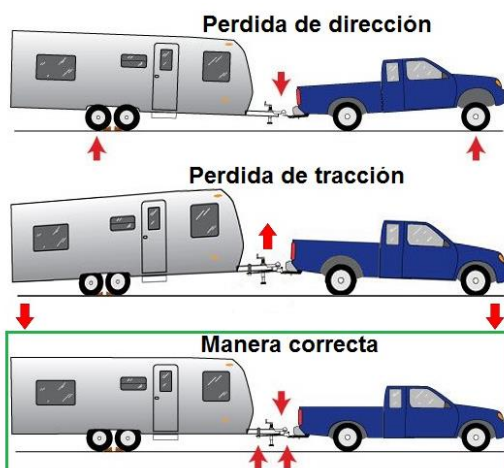


**Figura 1. 11** Sistema de tiro Compuesto

### 1.6.3.7 DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA

Existen varios motivos que pueden provocar el desbalance de un remolque en movimiento, entre estos está, el no tener el porcentaje de peso adecuado sobre el sistema de tiro del remolque en comparación con el peso bruto del remolque. El peso deberá ser del 10% y no más del 15% del total del peso bruto (Sloan, 2017).

Además, la carga más pesada se deberá colocar en la parte frontal del remolque (delante del eje). El resto de la carga deberá estar bien centrada y fija. Según recomiendan fabricantes se debe colocar el 60% del peso por delante del eje delantero del remolque.



**Figura 1. 12** Efectos de la inadecuada distribución de la carga

Fuente: (Medina , 2018)

#### **1.6.3.8 PLATAFORMA**

El material del piso permitirá el soporte y distribución uniforme de los equipos y herramientas que van a ser cargados sobre él. Se ha identificado que para la construcción de remolques se emplean los siguientes materiales para el piso o base del remolque:

- Madera.

Ventajas: Bajo costo, disminuye las vibraciones, mejora la adherencia de las cargas.

Desventajas: Mayor desgaste, requiere de tratamientos anticorrosivos, mayor tamaño y peso, dificultad en la limpieza, absorbe la humedad.

- Plancha de Acero Laminado en Caliente.

Ventajas: Mayor resistencia, menos peso, requiere de menos mantenimiento, fácil limpieza.

Desventajas: Costo elevado.

#### **1.6.3.9 SISTEMA DE ACOPLAMIENTO**

El sistema de enganche o sujeción, es la parte que se encarga de la conexión del remolque al vehículo, para la selección y análisis del mismo se deben tomar en cuenta las fuerzas estáticas y dinámicas a las que están sometidas (López , Jorge; Morillo, Mauricio, 2009).

Cabe recalcar que el sistema de acoplamiento no es considerado como un miembro estructural, por lo que este ya cuenta con dimensiones estandarizadas que permiten soportar cargas determinadas según su diseño. A continuación, se detalla brevemente dos sistemas de enganche más comunes utilizados en nuestro medio:

##### A) Enganche de bola:

El vehículo remolcador cuenta con una bola de acero que actúa como enganche, esta puede contar con diferentes capacidades de carga, dependiendo del diámetro de la bola, en cambio el remolque cuenta con el enganche para la bola este componente es el elemento de conexión directa e inmediata entre el vehículo y el remolque (Gonzales Herrera, 2018).



El enganche cuenta con un sistema de mandíbula que es accionada por medio de una palanca, garantizando la sujeción entre el remolque y el vehículo, cabe recalcar que el enganche y la bola deben ser del mismo diámetro, para garantizar una buena conexión permitiendo así que el remolque pueda girar o inclinarse sin soltarse.



**Figura 1. 13** Kit de Acoplamiento de bola para remolque

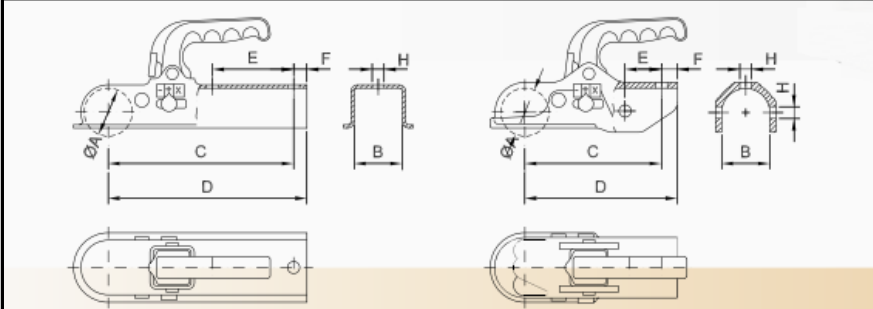
(Fabriles Importaciones, 2019)

Según los estándares J684 de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), las categorías de acoples y enganches de bola se dan según la clasificación del peso bruto total. En la siguiente tabla 1.17 se muestra la clasificación con sus capacidades:

**Tabla 1. 7** Capacidad máxima y diámetro de bola de enganche.

Tipo	Kilogramos (kg)	Libras (lb)	Diámetro de bola (in)
Clase I	910 kg	2000 lb	1 - 7/8 "
Clase II	1590 kg	3500 lb	2"
Clase III	2270 kg	5000 lb	2"
Clase VI	4540 kg	10000 lb	2"

En la siguiente Figura 1.16 se muestra las características del enganche tipo bola.



LANZA QUADRADA  
SQUARED DRAWBAR (C-\_\_\_)

LANZA REDONDA  
ROUNDED DRAWBAR (R-\_\_\_)

Cód. Code	Referencia Reference	Fuerza Capacity		Tipo Type Towing	Fuerza de arrastre Max. vertical capacity	Fuerza vertical S máx. (kN) load S (Kg)	Valor "D" "D" Value (mm)	Bola Sphere	B
		Fuerza Capacity	Lanza Drawbar						
7005971	EM	800	C-50	80 V/E	800	75	7,7	50	51
7005974	EM	800	C-60	80 V/F					61
7005977	EM	1500	C-60	150 V/F	1.500	100	14,1		51
7012332	EM	1500	R-50	150 R/A				51	
7004262	EM	3000	R-50	300R	3.000	150	26,9		
7005957	EM	3500	R-50	350 R/B	3.500	200	31		

**Figura 1. 14** Características enganche de bola

(ADR GEPLASMETAL, 2016)

- Ventajas: Fácil disponibilidad, facilidad de acoplamiento y desacople, mínimo mantenimiento, costo reducido, sistema de común instalación.
- Desventajas: Limitación en la carga.

#### B) Enganche de bola mixto:

Este tipo de sistema cuenta con dos tipos de enganches: de bola y de cabezal de argolla. El mecanismo es utilizado para el arrastre de diferentes tipos de remolques, por lo que cuenta con una mayor capacidad de carga. Es utilizado en vehículos de uso agrícola, 4x4 y entre otros de carga pesada.



**Figura 1. 15** Enganche de bola Mixto

(Camping Arena Blanca, 2018)

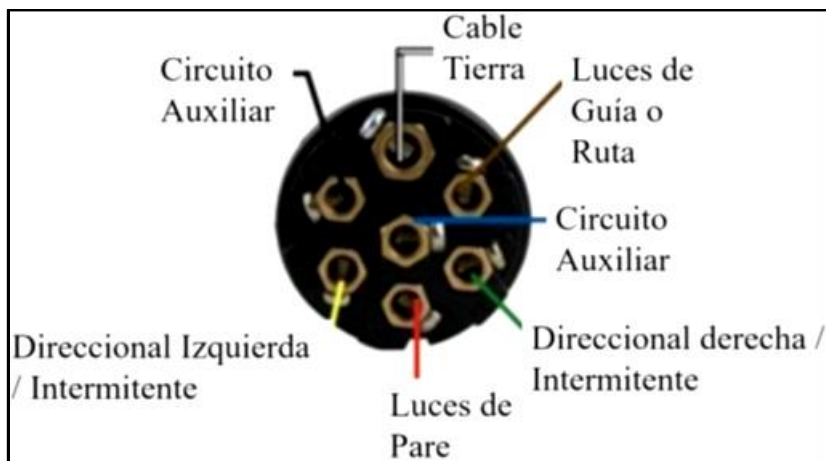
- Ventajas: Mayor capacidad de carga.
- Desventajas: Costo elevado, menor disponibilidad en el mercado.

#### **1.6.3.10 SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y SEÑALÉTICA**

El sistema eléctrico o de iluminación es una norma obligatoria para la circulación del remolque en cualquier red vial del país (López , Jorge; Morillo, Mauricio, 2009). Está constituido fundamentalmente por las luces direccionales izquierda y derecha, de stop, retro y de posición por un conector. Los principales elementos que conforman el sistema eléctrico son los siguientes:

- Conexión de alimentación y señal.
- Luces de posición, direccionales, freno y retro.
- Luces de matrícula.

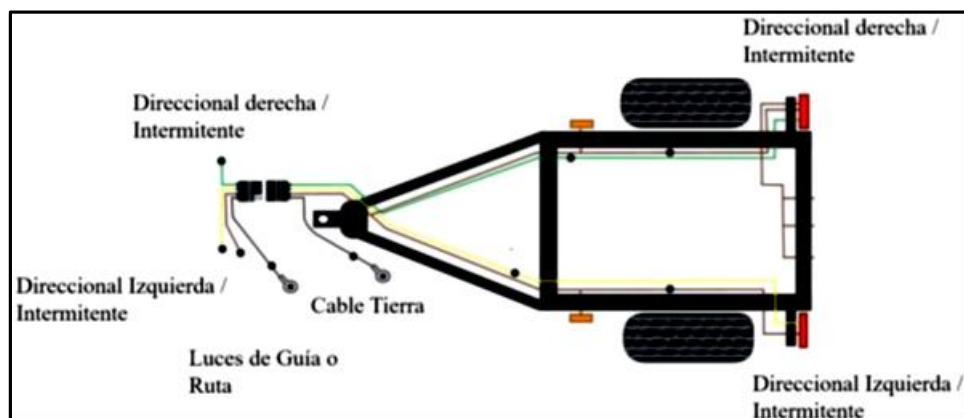
En la siguiente Figura 1.16 se muestra un conector usualmente usado para el sistema de luces.



**Figura 1.16** Conector de 7 pines para remolque.

Fuente: (Piña Feijoo, 2021)

En la Figura 1.19 se muestra el esquema del sistema de luces básico de un remolque. El sistema eléctrico del remolque requiere de una fuente de energía y señal, la cual es tomada del vehículo, que es el encargado de dar propulsión al remolque.



**Figura 1.17** Diagrama de luces de remolque

(Piña Feijoo, 2021)

## 1.7 CARRETERAS DEL ECUADOR

Las carreteras se dividen en vías de primer, segundo y tercer orden; las que permiten la movilización de personas o productos por medio de un transporte.

### **1.7.1 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

Son caminos principales que intercomunican capitales de provincia, cabeceras cantonales, fronteras y centros de actividad económica, aquí se registra el mayor tráfico vehicular.

La red provincial también se conforma por caminos de tercer orden encargadas de comunicar parroquias y zonas de producción, estas carreteras son de menor tráfico (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2011). Las características de estas carreteras son las siguientes :

- Primer orden, carretera principal de alto tráfico, que conecta poblaciones importantes.
- Segundo orden, se caracterizan por menor tráfico, ya que conectan a ciudades con menor densidad poblacional.
- Tercer orden, son carreteras de mínimo tránsito y con pocos acabados.

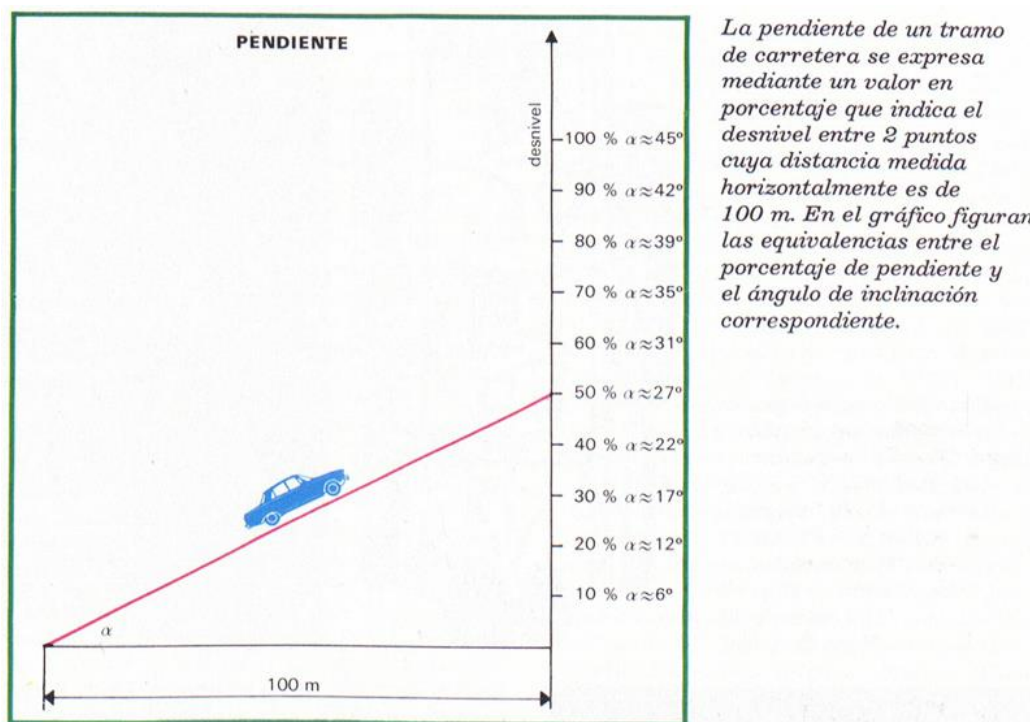
Cada carretera cuenta con diferentes características dependiendo de su orden (Construdata, 2012).

- Carretera con terreno plano, esta carretera cuenta con un ángulo de inclinación menor a 5 grados ya que no requieren mucho movimiento de tierra para su construcción. No presentan dificultades en el trazado y la expansión de este.
- Carretera con terreno montañoso, este tipo de carretera posee un ángulo de inclinación entre 13 y 40 grados. Para construir esta carretera se presentan dificultades ya que, se necesita el movimiento de grandes cantidades de tierra, lo que dificultan su trazado, construcción y expansión.
- Autopista, son vías en las que los vehículos pueden circular en una dirección determinada, cuenta con dos o más carriles separados por algún tipo de elemento físico (parterre) de los autos que viajan en la otra dirección.

### **1.7.4 ÁNGULO DE PENDIENTE, MÁXIMA Y MÍNIMA.**

La pendiente se puede definir como el desnivel que se encuentra entre dos puntos con una longitud de 100 metros horizontales. Es necesario para el diseño de cualquier tipo de

carretera que la pendiente mínima sea del 5 %, con ella se asegura un drenaje del agua de lluvia adecuado (Ministerio de Transporte, 2013).



**Figura 1. 18** Valores de pendiente de carretera  
(motorgiga, 2021)

## 1.8. VEHÍCULO REMOLCADOR

En lo que se refiere a los vehículos remolcadores, existen varios que cumplen de mejor forma este trabajo, entre estos destacan aquellos todo terreno o 4x4. Para remolcar, se tomará en cuenta recomendaciones y especificaciones del automóvil que cumplirá la función de remolcador; en primer lugar, se considerará la carga máxima permisible, que se encuentra en el manual del vehículo disponible en el taller de Ingeniería Automotriz. Los vehículos que tienen las mejores características para para ser utilizado con un remolque son los siguientes:

### 1.8.1 CAMIONETA (PICK UP)

Vehículo diseñado para el transporte de carga pesada y mercancías, el habitáculo de pasajeros puede ser cabina simple, cabina doble o cabina y media, según diseño del fabricante (Normalización, 2012).



**Figura 1. 19** Camioneta pick up

(VolksWagen, 2015)

### 1.8.2 FURGONETA

Este vehículo se caracteriza por tener el techo elevado hasta la puerta trasera y sirve para facilitar el acceso a la zona de carga del vehículo; son muy versátiles y funcionales para las familias (Montes Ortega & Montes Ortega, 2012). Es un automóvil que se caracteriza por su diseño más cuadrado que incorpora un mayor número de asientos con la particularidad de que puede llevar más maletas.



**Figura 1. 20** Furgoneta Ford

(FORD, 2019)

### 1.8.3 TODOTERRENO 4X4

Es un vehículo utilizado tanto para carretera como para el campo. Por sus sistemas de tracción, gran altura y mecánica más fuerte se adapta perfectamente a carreteras en mal estado (Vizán Viñas, 2014, pág. 9).



**Figura 1. 21** Todoterreno 4x4

(Jeep Ecuador, 2019)

## 1.9 DISEÑO

Se tomarán en cuenta todos los requerimientos y normativas que el remolque demanda para su diseño en SolidWorks. Es de gran importancia tener presente la dimensión y peso de lo que va a ser trasladado sobre el remolque, con la finalidad de distribuir el peso de manera uniforme; logrando así que el remolque no genere grandes esfuerzos sobre el vehículo remolcador.

En el programa se realizará diseños de prueba o prototipos, donde se analizará el mejor lugar para cada equipo y herramienta según su peso, esto con el objetivo de conocer el comportamiento de la estructura. Se situará las herramientas de mayor necesidad según el requerimiento del usuario, así el acceso será más fácil durante las actividades de mantenimiento.

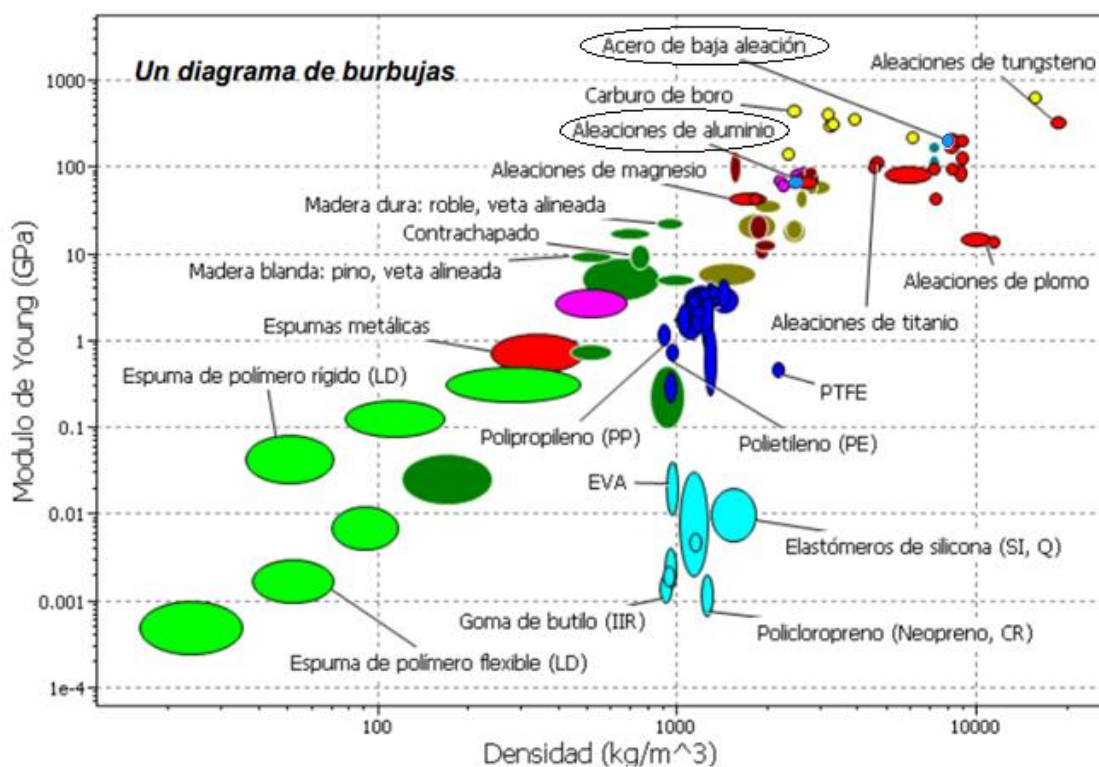
### 1.9.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES



Es convencional clasificar los materiales de ingeniería en seis amplias clases: metales, polímeros, elastómeros, cerámicas, vidrios y compuestos; tienen características en común: propiedades, rutas de procesamiento y a menudo similares aplicaciones. Pueden mejorar sus propiedades mecánicas mediante aleaciones y tratamientos térmicos. Debido a su ductilidad, los metales son presa de la fatiga y de todas las clases de material, son los menos resistentes a la corrosión (Ashby, 2000).

Ashby sugiere la idea de correlacionar gráficamente pares de propiedades individuales o combinadas donde se establecen las zonas que corresponden a cada familia de materiales y, dentro de ellas, a cada material en particular. Esta herramienta resulta útil en varios sentidos (Romeva, 2008):

- Proporciona una información accesible y compacta sobre las propiedades de los materiales
- Pone de relieve las correlaciones entre propiedades de los materiales
- Conduce a técnicas de optimización en la selección de materiales
- Presenta numerosos gráficos o diagramas de burbuja que relacionan propiedades, por ejemplo, mecánicas: rigidez/densidad, rigidez/resistencia, resistencia/densidad



**Figura 1. 22** Diagrama de burbujas, Módulo de Young vs. Densidad.

Los metales más usados en el diseño de máquinas son:

- Materiales férricos (Fe): los aceros, de muy buenas características mecánicas, y las fundiciones, de fácil moldeo, todos ellos de coste moderado pero muy densos y vulnerables a la corrosión; y los aceros inoxidable, resistentes a la corrosión, pero de coste mucho más elevado.
- Aleaciones del aluminio (Al): muy ligeras y resistentes a la corrosión, pero de características mecánicas más moderadas y precio más elevado (Romeva, 2008).

De acuerdo con los diagramas de burbujas de resistencia/densidad y resistencia/valor unitario, se podrá seleccionar el material ideal para la construcción del remolque. En las siguientes figuras se muestra las características entre el acero y aluminio.

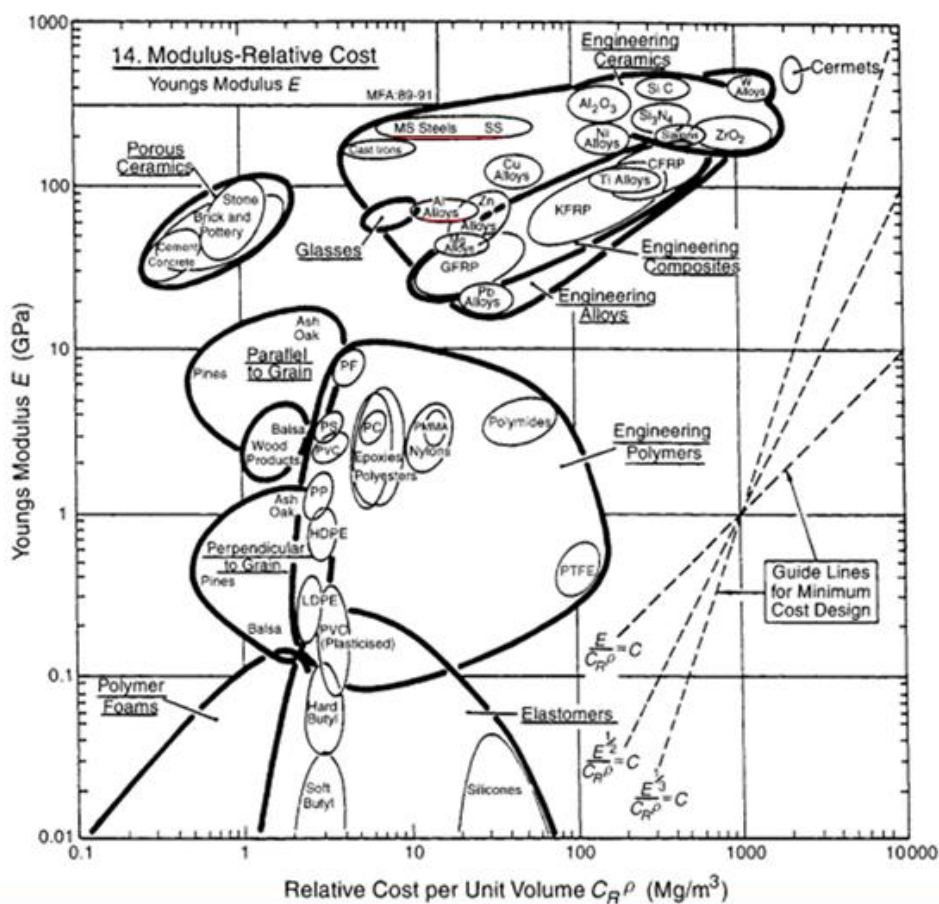


Figura 1. 23 Diagrama de burbujas, Módulo de Young vs. Costo por unidad de volumen.

## 1.9.1 SOFTWARE DE DISEÑO

Se propone el uso del software Solid Works, es un programa de diseño 3D que permite realizar un proceso completo de diseño mecánico. Este desarrollo cuenta con herramientas que facilitan la realización de piezas y elementos en tres dimensiones que pueden ser agrupadas en conjuntos para formar un ensamble (Rodríguez Vidal & López Maroño, 2016).

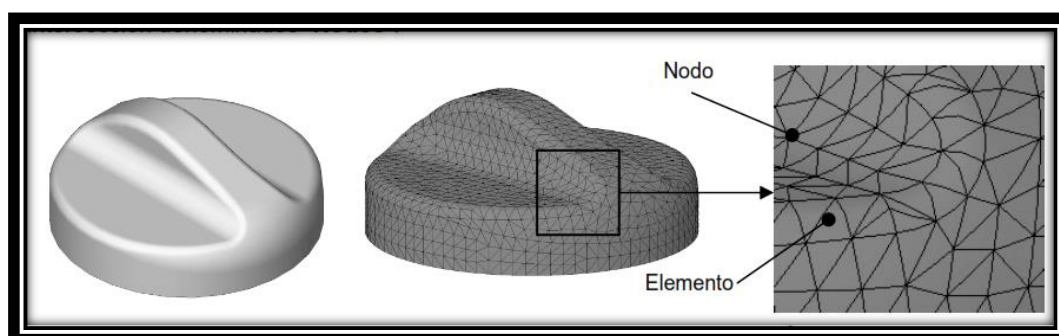
El programa permite el análisis y simulación de los componentes diseñados bajo condiciones similares a las experimentales. Se puede mejorar la calidad de los productos mediante la optimización de los materiales, reduciendo costo y tiempo de trabajo.

A continuación, se muestran los análisis o modelos que se realizan en el programa para garantizar el funcionamiento y resistencia estructural del remolque.

### 1.9.2 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS (MEF)

En la actualidad el Método De Elementos Finitos es una de las herramientas más utilizadas para el diseño y análisis de sistemas mecánicos permitiendo validar y optimizar diseños en un menor tiempo (Abasolo, Aguirrebeitia, & Ibai, 2017). Con este estudio se pretende predecir sitios clave en donde la estructura puede sufrir deformación o falla.

El método de elementos finitos consiste en dividir la geometría de la pieza en múltiples partes denominadas ELEMENTOS; los mismos constan de NODOS, que son puntos comunes entre elementos. Este proceso de discretización es conocido como MALLADO (Auquilla Ocampo & Torres Romero, 2016).



**Figura 1. 24** Mallado de un elemento

(González, 2008)

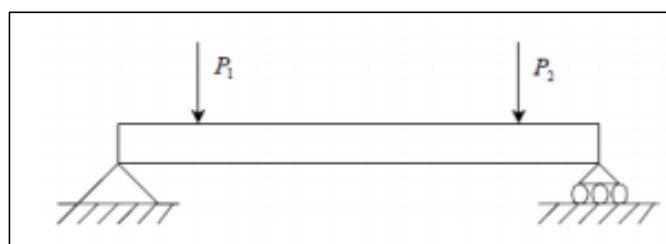
El mallado es un paso crucial en el análisis de diseño, se genera una malla basándose en un tamaño de elemento global, una tolerancia y especificaciones locales de control de malla (Systems, 2021 ).

### 1.9.3 ANÁLISIS ESTÁTICO

Este estudio permite analizar las cargas que actúan en un estado de reposo o si lo realiza lentamente en un período largo de tiempo. Las cargas estáticas varían según su magnitud (Ing. Zamboni, 2010). Esto ayuda a conocer si el elemento estructural está diseñado en exceso o si este puede romperse con las cargas que serán aplicadas. Aquí se puede identificar si a la estructura se puede reducir material con el objetivo de disminuir los costos y el peso de la estructura.

#### - CARGAS PUNTUALES

Se considera carga puntual a la fuerza aplicada constantemente sobre un área específica de un elemento. Mediante el análisis se puede comprobar si el material se deforma bajo las condiciones de cargas aplicadas. En la siguiente figura se muestra una viga con sus respectivos puntos de apoyo y las cargas puntuales aplicadas.



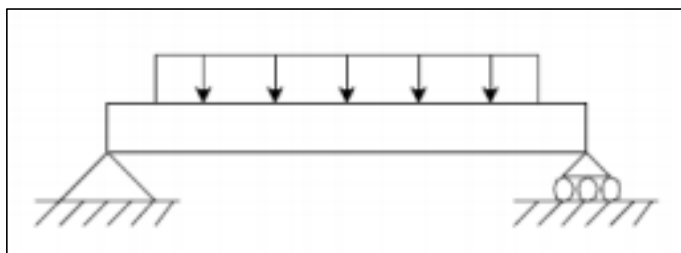
**Figura 1. 25** Cargas puntuales sobre una viga

(Dimec, 2011)

#### - CARGAS DISTRIBUIDAS

Son aquellas cargas que son sometidas en todo lo largo de un elemento estructural por lo general este tipo de cargas actúan en gran parte de la biga (Arkiplus, 2021). Con este análisis se puede conocer los puntos de concentración de esfuerzos para modificar su distribución,

garantizando un factor de seguridad deseado. En la siguiente figura se representa una carga distribuida sobre una viga.



**Figura 1. 26** Cargas distribuidas sobre una Viga

(Dimec, 2011)

#### **1.9.4 ANÁLISIS DINÁMICO**

Cuando un esfuerzo es aplicado en un corto periodo de tiempo recibe el nombre de carga dinámica. Esta puede adquirir varias formas que se aplican y se suprimen de manera repentina y que varían en su intensidad.

Las cargas dinámicas, a diferencia de las estáticas se distinguen porque estas generan modificaciones en la magnitud de las tensiones y la deformación, que afecta a la forma y límite de la rotura de los materiales; las fuerzas de impacto generadas por un cuerpo en movimiento pueden generar efectos vibratorios los que pueden generar una resonancia si la vibración se repite en ambas partes, provocando que la estructura colapse (Ing. Zamboni, 2010).

#### **1.9.5 ESFUERZOS**

En una estructura actúan determinadas fuerzas físicas que pueden causar daños en el producto terminado; la flexión, además de las fuerzas cortantes y los momentos flectores, generan deformaciones que pueden medirse en función del ángulo de giro y la deflexión (Montoya Vallesilla, 2015).

#### **1.9.6 FACTOR DE SEGURIDAD**

Son medidas que garantizan la capacidad de carga en los diseños que se están realizando en condiciones de funcionamiento. El factor de seguridad en tal caso se lo selecciona con base en la experiencia, tomando en consideración factores de carga y simetría. Se puede seleccionar un valor mayor a 1 para evitar posibles fallas, dichos valores pueden variar dependiendo de tipo de material que se elija y con la finalidad prevista para la estructura o máquina que sea a construir (R.C.Hibbeler, 2006). Se denotan entonces ciertas cuestiones al respecto:

- Un factor de seguridad inferior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación ha fallado.
- Un factor de seguridad de 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación ha empezado a fallar.
- Un factor de seguridad superior a 1.0 en una ubicación significa que el material que se encuentra en esa ubicación es seguro.
- El material empezará a fallar si se aplican nuevas cargas iguales a las actuales multiplicadas por el factor de seguridad resultante, teniendo en cuenta que las tensiones/deformaciones unitarias permanecen en el intervalo lineal (Systemes, 2021).

### **1.9.7 DETERMINACIÓN DEL CENTRO DE GRAVEDAD**

El centro de gravedad es un punto donde se concentran todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, las cuales se pueden estudiar para conocer el comportamiento dinámico, donde interviene un análisis de pesos y distancias.

El centro de gravedad es inversamente proporcional a la transferencia de masa, si es baja, habrá menor transferencia de masas. Es recomendable que el centro de gravedad sea más bajo posible y lo más cerca al centro de balanceo (Auquilla Ocampo & Torres Romero, 2016).

### **1.10. COEFICIENTE AERODINÁMICO**

El estudio aerodinámico es de gran importancia puesto que permitirá conocer los efectos que se originan según la forma del remolque cuando este se encuentra en movimiento. Por la

complejidad del análisis de los efectos del aire sobre el vehículo, se ha reducido a una única variable, conocida como el coeficiente de arrastre  $C_x$ , viene a ser el más influyente e interviene directamente en el comportamiento de un vehículo, en lo que se refiere a su aerodinámica y el desplazamiento que se produce a través del aire (Alba Tarabata & Guangasi Núñez, 2018).

$$C_x = \frac{F_x}{\frac{1}{2} \rho v^2 A} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

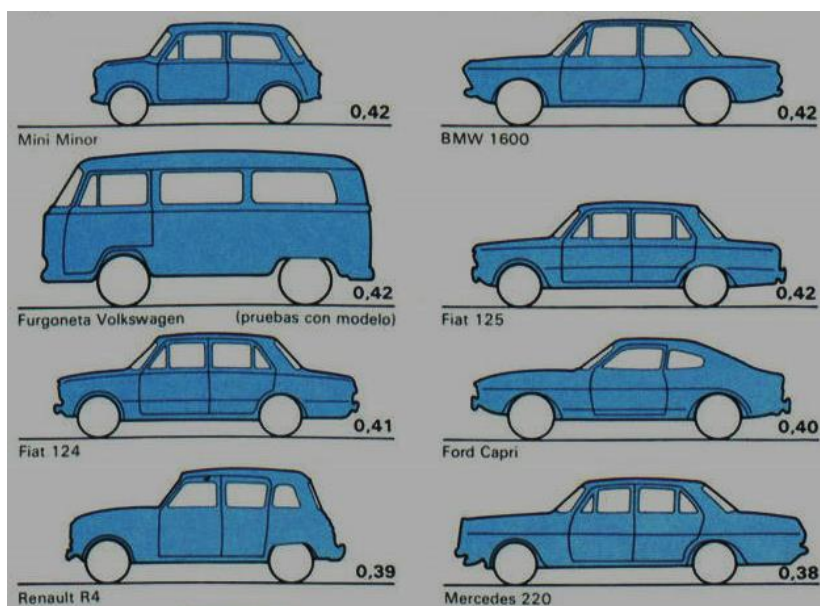
Donde:

$F_x$ : Fuerza de arrastre experimentado por el vehículo

$\rho$ : densidad del fluido en el que se mueve el cuerpo

$v$ : velocidad relativa de la corriente de aire incidente en el vehículo

$A$ : área de referencia, suele utilizarse el área frontal del vehículo

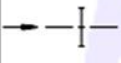
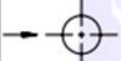
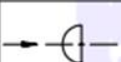

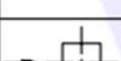




**Figura 1.27** Coeficiente aerodinámico de varios vehículos

(Rodríguez, 2014)

En la Figura 1.27 se muestran los valores según las formas de cada vehículo. Valores que se tomarán en cuenta en los cálculos para los apartados siguientes.

Además de los coeficientes aerodinámicos de vehículos existen valores de coeficientes de formas, como una esfera o un cubo. En la Figura 1.28 se muestra los valores aproximados de coeficientes de forma.

Cuerpo	Orientación del flujo	Cx
Placa circular		1.17
Esfera		0.47 *
Semiesfera		0.42 *
Cono (60°)		0.5
Cubo		1.05 *
Cilindro ( $l/D > 2$ )		0.82
Cilindro ( $l/D < 1$ )		1.15

**Figura 1.28** Coeficiente aerodinámico de formas

(Gomez Morales, Martín Navarro, & Águeda Casado, 2016)

## 1.11 FALLA POR FATIGA

Las piezas y elementos mecánicos que se encuentran sometidos a cargas variables o cargas cíclicas pueden sufrir rotura por fatiga. La resistencia mecánica de un material se reduce cuando actúan cargas fluctuantes o cíclicas, esfuerzos normales de tensión y deformaciones plásticas (Jaramillo Suárez & Alba de Sánchez, 2018).

### 1.11.1 MÉTODO DEL ESFUERZO VIDA



Las fallas por fatiga por lo general se presentan como una grieta, la cual puede presentar dicha falla desde su proceso de manufactura o puede suceder por el paso del tiempo y el uso debido a deformaciones cíclicas que se pueden producir alrededor de las concentraciones de esfuerzos (Chile). La falla por fatiga se puede reducir incrementando la resistencia del material.

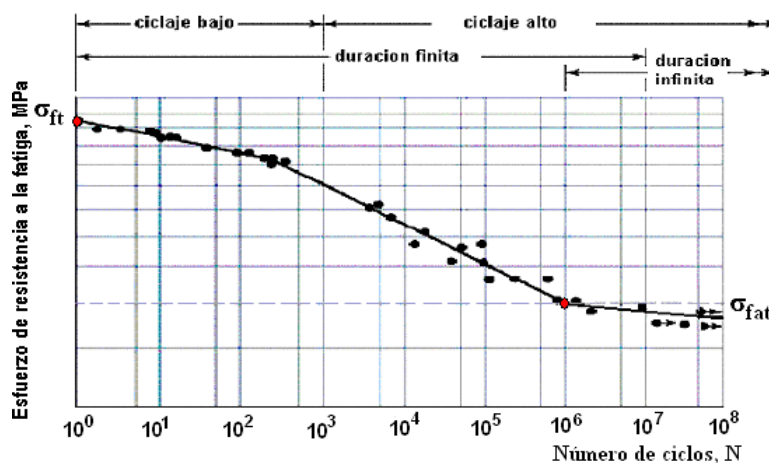


Figura 1. 29 Diagrama SN - Resistencia a la Fatiga vs. Número de ciclos

(Ringegni, 2020)

## 1.12 PROCESOS DE MANUFACTURA

Son actividades u operaciones que siguen un orden, se utilizan herramientas y equipos para obtener un producto final, en este caso el remolque de mantenimiento. A continuación, se describen los procesos que se aplicarán en la fabricación y ensamblaje del remolque.

### 1.12.1 SOLDADURA

Es un proceso donde se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies, a un estado plástico o fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan, con o sin la adición de un material fundido (McCormac & Csernak, 2013).

Se debe tomar en cuenta que el material que se va a fundir debe ser compatible con los demás elementos que van a ser soldados, a este material se le conoce como electrodo. Con este proceso, el oxígeno que se encuentra en el aire genera óxido que contamina a las uniones;

pero el electrodo provee de una escoria que cubre la suelda para evitar la contaminación (Norton, 2011).

A continuación, se describen los métodos comúnmente utilizados:

- a) Soldadura por Arco Eléctrico, este tipo de suelda utiliza varillas recubiertas en el exterior por un producto químico que se encarga de fundir el material de aporte; este fundente se encarga de cubrir el material de aporte mientras se suelda para que no entre en contacto con el aire, evitando así que este se oxide o se contamine (Norton, 2011).
- b) Soldadura de Gas MIG, se utiliza en este proceso un electrodo con gas inerte, cuenta con un alambre que no necesita fundente. El gas sirve para eliminar las impurezas, así se consigue soldaduras más limpias ya que no existe el fundente que produce escoria. Para este proceso se debe realizar en lugares donde no exista viento (Norton, 2011).
- c) Soldadura De Gas TIG, en este proceso se utiliza tungsteno con gas inerte, el electrodo es el alambre de tungsteno, el cual por separado cuenta con una alimentación de un alambre de metal al charco fundido. Se produce un gas como el argón que protege la soldadura. Estos procesos se los realiza en materiales como el aluminio, titanio y magnesio, brindando así una soldadura más limpia (Norton, 2011).

### **1.12.2 MAQUINADO**

Otros procesos que se aplican en la construcción o manufactura son los siguientes:

- Torneado: Se puede realizar trabajos de alta calidad de desbaste a las superficies cilíndricas, cónicas, irregulares, curvas, entre otras. Este proceso es utilizado comúnmente en el dimensionamiento de ejes.
- Taladrado: Es un proceso de amplio uso en el cual se produce agujeros de diferentes diámetros según el requerimiento. Existen brocas generalmente usadas para concreto, madera y metal.

### **1.13 MANTENIMIENTO**

La finalidad principal del mantenimiento es prevenir y conservar cada una de las piezas en condiciones óptimas para su correcto funcionamiento o en su defecto volverlos a su estado inicial garantizando la funcionalidad para la que fueron desarrolladas (Alba, 2021).

### **1.14 HERRAMIENTAS**

Las herramientas se pueden definir como instrumentos útiles que requieren únicamente de fuerza humana para su funcionamiento (INSHT , 2016). Las herramientas comúnmente utilizadas en el mantenimiento preventivo y correctivo se las puede identificar según el tipo de trabajo que van a realizar, así:

- Sujeción
- Montaje
- Golpe
- Medición
- Unión

También se pueden identificar a las herramientas por su principio de funcionamiento:




- Herramientas Manuales
- Herramientas Eléctricas






A continuación, se describen las herramientas que son necesarias para el mantenimiento y reparación que se va a realizar en las actividades preventivas y correctivas.

#### **1.14.1 HERRAMIENTA MANUAL**

Elementos de trabajo más antiguos y de fácil uso. Es la herramienta que aprovecha la fuerza humana para poder desarmar, aflojar y ajustar los elementos (Gomez Casallas & Mendez Muñoz, 2017). En la siguiente tabla se describen varias de ellas.

**Tabla 1. 8** Herramientas manuales.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Llaves fijas	Se usa para aflojar y apretar tuercas hexagonales, cuadradas o especiales, pulgadas y milímetros; juego de llaves mixtas boca – corona.	 <p data-bbox="1082 696 1398 808">Figura 1. 30 Llaves fijas (TOOLS, 2019)</p>
Destornilladores	Permiten aflojar y apretar tornillos.	 <p data-bbox="1114 1021 1366 1189">Figura 1. 31 Destornilladores (STANLEY, 2019)</p>
		Continua...
Llaves ajustables	Este tipo de llaves se adapta a varias medidas de tuercas para su extracción o ajuste.	 <p data-bbox="1058 1711 1422 1823">Figura 1. 32 Llave ajustable (STANLEY, 2019)</p>



Tornillo de banco	Permite la sujeción de componentes que requieren de mayor esfuerzo para su extracción, corte, ajuste...	 <p>Figura 1. 33 Tornillo de Banco (STANLEY, 2019)</p>
Alicates	Permite la sujeción de elementos de menor tamaño. Puede sujetar, doblar, cortar cable, etc.	 <p>Figura 1. 34 Alicates (STANLEY, 2019)</p>
Martillo	Herramienta de golpe que permite realizar diferentes actividades como remachar, golpear, doblar, etc.	 <p>Figura 1. 35 Martillo (STANLEY, 2019)</p>
Llave para filtros de aceite	Herramienta apropiada para la extracción de filtros de aceite.	 <p>Figura 1. 36 Llave de cadena (BT INGENIEROS, 2019)</p>
Engrasadora	Herramienta encargada de realizar el engrase mediante presión a través de un alemite.	 <p>Figura 1. 37 Engrasadora</p>


		(Cevallos, 2019)
--	--	------------------

### 1.14.2 HERRAMIENTA ELÉCTRICA

Las herramientas eléctricas son aquellas que necesitan energía eléctrica para su funcionamiento, dependen de un motor eléctrico para su operación (Meza Hidalgo & Villegas Bascuñan, 2019). Para el uso de este tipo de herramientas en el remolque se requiere de un generador eléctrico, el que permitirá el uso de todas las herramientas.

**Tabla 1. 9** Herramientas eléctricas



NOMBRE	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Generador Eléctrico	Es un motor de combustión que transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Capacidad de energía según los requerimientos, desde 1 KW, 5 KW en adelante.	 <p>Figura 1. 38 Generador Eléctrico (Mader, 2019)</p>
Compresor	Es un dispositivo encargado de comprimir aire a una presión superior al de la presión atmosférica y almacenarlo con la finalidad de utilizar equipos e instrumentos neumáticos.	 <p>Figura 1. 39 Compresor de Aire (TRUPER, DAKXIM, 2019)</p>

Taladro	Herramienta eléctrica que permite el uso de varios tipos de brocas con diferentes diámetros.	 <p>Figura 1. 40 Taladro (STANLEY, 2019)</p>
---------	--	---

### 1.14.3 ACCESORIOS NEUMÁTICOS

Estas herramientas usan como fuente principal de funcionamiento aire comprimido, generado por un compresor eléctrico.



**Tabla 1. 10** Accesorios Neumáticos

Inflador de neumáticos	Es una pistola encargada de suministrar y controlar el aire necesario para los neumáticos o cualquier cosa que requiera de aire.	 <p>Figura 1. 41 Inflador de Neumáticos. (Mannesmann, 2019)</p>
Pistola de soplado	Esta herramienta facilita el trabajo de limpieza en los lugares de difícil acceso.	 <p>Figura 1. 42 Soplador de aire (SAILFLO, 2019)</p>

### 1.14.4 HERRAMIENTA HIDRÁULICA

Son herramientas empleadas para la elevación de grandes cargas, funciona con el principio de Pascal, donde se menciona que al ejercer presión sobre un cilindro con un fluido en un contenedor encerrado moverá a otro cilindro de mayor tamaño, ya que la presión de ese circuito será la misma. Como lo menciona Suminsa (2015) Suelen ser equipos que se componen principalmente de una bomba hidráulica.

**Tabla 1. 11** Herramienta hidráulica




<p>Gato Hidráulico</p>	<p>Herramienta encargada de levantar grandes pesos por su principio de funcionamiento.</p> <p>Encontramos las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gato de Botella.</li> <li>- Gato de Piso.</li> </ul>	<div style="text-align: center;">  <p>Figura 1. 43 Gato hidráulico de botella (ROGEN, 2019)</p>  <p>Figura 1. 44 Gato Hidráulico de piso (ROGEN, 2019)</p> </div>
------------------------	---	--




### 1.14.5 EQUIPOS DE MEDICIÓN

Estos equipos permiten diagnosticar posibles daños en el vehículo durante el mantenimiento, ayudando a identificar que se debe analizar o reemplazar. A continuación, se describen varios equipos de medición utilizados en el diagnóstico automotriz.

**Tabla 1. 12** Equipos de medición.

<p>Multímetro</p>	<p>Permite la medición de magnitudes eléctricas tales como: voltaje, amperaje y resistencia. Cuenta con dos puntas con polo positivo y negativo para su medición.</p>	 <p>Figura 1. 45 Multímetro (KONNWEI, 2019)</p>
<p>Manómetro de Presión de combustible.</p>	<p>Permite verificar la presión óptima de la bomba de combustible.</p>	 <p>Figura 1. 46 Medidor de presión de combustible (FIXKIT, 201)</p>
<p>Manómetro de compresión de motor</p>	<p>Permite identificar la compresión de cada cilindro del motor. Las cuales deben contar con el mismo valor al ser medidas.</p>	 <p>Figura 1. 47 Manómetro de presión de cilindros (Motor Tool, 2019)</p>


<p>Analizador de gases de escape</p>	<p>Permite la medición en porcentajes de determinados elementos químicos productos de la combustión interna del motor.</p>	 <p>Figura 1. 48 Analizador de gases de escape (BRAIN BEE, 2019)</p>
--------------------------------------	--	---





### 1.14.6 EQUIPOS AUXILIARES Y SEÑALÉTICA


Para realizar las reparaciones o mantenimientos ya sea en la carretera como en la calle se necesita señalética que permita avisar a los demás vehículos que se encuentran circulando de que se están realizando trabajos y también iluminación para la realización de trabajos nocturnos.

Los equipos auxiliares son los que ayudarán en el caso de alguna emergencia como puede ser un incendio, derrame de líquidos inflamables o un neumático pinchado. También se incluyen en esta categoría a los líquidos que conforman el vehículo.

**Tabla 1. 13** Equipos auxiliares y señalética.

<p>Conos de tráfico</p>	<p>Son conos brillantes que permiten dar aviso de una actividad en la carretera para evitar una colisión.</p>	 <p>Figura 1. 49 Conos de Tráfico (Amazon.es, 2019)</p>
-------------------------	---	--

<p>Extintor</p>	<p>Equipo portátil usado para apagar incendios de pequeño tamaño. Es un cilindro que contiene una sustancia en forma de polvo.</p>	 <p>Figura 1. 50 Extintor (Grainger, 2019)</p>
<p>Neumático de repuesto</p>	<p>Permite el reemplazo del neumático en el caso de que el neumático del remolque se ponche.</p>	 <p>Figura 1. 51 Neumático de repuesto (Actualidad Motor, 2019)</p>
<p>Lámpara de trabajo portátil</p>	<p>Permite la iluminación del lugar de trabajo en situaciones nocturnas.</p>	 <p>Figura 1. 52 Lámpara portátil (GYEMO, 2019)</p>
<p>Fluidos</p>	<p>Permiten llenar o completar los líquidos que cuenta el vehículo como son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasolina o Diesel</li> <li>- Líquido Hidráulico</li> <li>- Líquido Refrigerante</li> <li>- Aceite de Motor</li> </ul>	 <p>Figura 1. 53 Bidón de Gasolina</p>

	- Aceite de Transmisión.	(MUGAR, 2019)
Aserrín	Desperdicio o viruta de la madera, encargada de la absorción de derrames de líquidos o fluidos inflamables.	 <p>Figura 1. 54 Aserrín (Ahumadores, 2019)</p>
Botiquín	Permite dar auxilio en caso de accidente con algún equipo o herramienta. Deberá contar con alcohol, gasas, agua oxigenada, entre otras cosas más.	

## **CAPÍTULO II**

### **2. METODOLOGÍA Y MATERIALES**

#### **2.1 METODOLOGÍA**

La metodología aplicada en este proyecto es de tipo comparativo y experimental; para ello se realizó un análisis de remolques ya fabricados, sus componentes y su equipamiento para determinar cuáles son los componentes más comunes a la hora de ensamblar un remolque.

Se identificaron además características de precio, tamaño, dimensiones, materiales y la disponibilidad de estos en el mercado. Finalmente se analizaron las ventajas y desventajas de cada uno de estos para elegir uno.

##### **2.1.1 COMPARATIVA**

Con esta metodología se determinaron y describieron los componentes de cada uno de los tipos de remolques analizados para efectuar una comparativa entre: el material de la estructura, disponibilidad de los materiales, facilidad en los procesos de construcción, neumáticos, suspensión, entre otras más. Es de gran importancia que este remolque cuente con componentes y materiales que garanticen la fiabilidad de la estructura y su duración.

##### **2.1.2 EXPERIMENTAL**

Con esta metodología se determinó si nuestro diseño cumple con los requerimientos, y si soportó las cargas a las que se sometió. Además, se indicaron los efectos, reacciones y consecuencias de los componentes que conforman el remolque para una mejora continua del diseño.

En el diseño se modificó la disposición de cada elemento del remolque mediante simulaciones en el software de diseño para garantizar su seguridad y fiabilidad previo a la construcción.

## **2.2. REQUERIMIENTOS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN.**

Fue preciso conocer el uso que se le daría a esta unidad de carga, los elementos la constituyen, lo que se trasladó sobre ella y su peso. Se realizó un análisis de características de los componentes comúnmente empleados en la fabricación de remolques, identificando así cual era el más apropiado para su implementación y fabricación.

El remolque de mantenimiento requiere de las siguientes características:

- Materiales de la estructura de gran resistencia, fácil de trabajar y de bajo costo.
- Dimensiones y peso de equipos y herramientas utilizados en el mantenimiento de los prototipos.
- Fuente de energía para equipos y herramientas eléctricas.
- Distribución uniforme de los equipos y herramientas según su peso y necesidad.
- Facilidad de acceso a los equipos y herramientas.
- Capacidad de carga.
- Sistema de enganche remolque/vehículo frecuentemente utilizado en vehículos remolcadores.
- Sistema de suspensión y neumáticos.
- Carrocería o cubierta.
- Iluminación y señalética.

## **2.3. DISEÑO REMOLQUE**

Los datos obtenidos anteriormente se utilizaron para dimensionar el remolque, adecuándolo a las necesidades. Se debió tomar en cuenta las dimensiones y pesos máximos permitidos que menciona el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

El software de diseño realizó simulaciones reales para identificar si la estructura puede resistir el peso planteado de cada equipo y herramienta, los efectos del viento, aceleración y frenado. Así se determinó si el material aplicado es el apropiado o se requiere modificaciones en el tamaño, forma y espesor del perfil estructural; garantizando la resistencia y vida útil de esta unidad de carga o remolque.

Mediante un análisis estático sobre la estructura se conocieron las reacciones sobre los puntos de apoyo, las deformaciones y esfuerzos sobre la estructura. A continuación, se describe el orden en el cual se realizaron los posibles diseños para proceder con los cálculos que permitieron verificar la fiabilidad del diseño, siendo:

- Material estructural
- Chasis
- Carrocería
- Sistema de tiro y enganche
- Sistema de suspensión.
- Eje de transmisión
- Neumáticos.
- Sistema de iluminación y señalética.

### **2.3.1 VEHÍCULO REMOLCADOR**

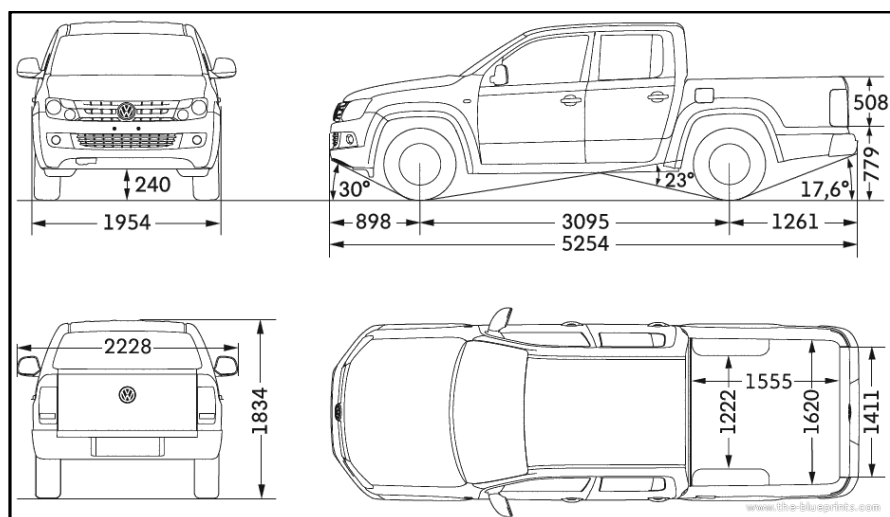
Para el análisis y estudios se tomó los datos de la capacidad de carga remolcable, distancia entre neumáticos y la potencia del vehículo del manual de instrucciones de la camioneta (pick up) Volkswagen Amarok disponible en el taller de la Carrera de Ingeniería Automotriz.

- a) Capacidad de carga remolcable.

Según el manual instructivo este vehículo Volkswagen Amarok menciona que tiene una capacidad remolcable de 2800 kg con frenos y de 750 kg con remolque sin frenos (Bonde, 2014).

- b) Dimensiones vehículo remolcador.

Se debe conocer que el ancho y la distancia entre neumáticos del remolque debe ser la misma o menor que el vehículo remolcador con la finalidad de que el remolque siga la trayectoria del vehículo.



**Figura 2.1** Dimensiones vehículo remolcador

Fuente: (FAQ, 2010)

### 2.3.1.1 POTENCIA VEHÍCULO

Para conocer los valores de las fuerzas que se debe aplicar al remolque por efectos de aceleración y frenado sobre la estructura a determinada velocidad, se debe conocer que el Par motor debe ser igual a la potencia absorbida por los neumáticos. La caja de cambios es la encargada de proveer el par necesario a diferentes condiciones de marcha. En la siguiente tabla se menciona el Torque y Potencia a determinadas RPM.

**Tabla 2. 1** Características de Torque y Potencia Volkswagen Amarok 4x2

Potencia (Hp/rpm)	161 / 4 000
Torque (Nm/rpm)	400 / 1 500 – 2 500
Aceleración 0-100km/h	13.5 segundos

### 2.3.1.2 CARACTERÍSTICAS NEUMÁTICOS VOLKSWAGEN AMAROK

Por motivos de análisis se necesitaba conocer las dimensiones de los neumáticos, las cuales se describen a continuación:



**Tabla 2. 2** Características neumáticos Volkswagen Amarok 4x2.

Neumático	RIN 16“(40,64cm) 245/70
Diámetro total ( $\Phi$ )	74,94cm (0,75m)
Radio (r)	37,47cm (0,375m)
Perímetro ( $p = 2 * \pi * r$ )	235,4cm (2,35m)

### 2.3.1.3 RELACIÓN DE TRANSMISIÓN ( $R_t$ )

El par de transmisión es inversamente proporcional al número de RPM.

$$R_t = \frac{n}{n_1} = \frac{C_r}{C_m} \quad \text{Ecuación 2. 1}$$

Donde:

$C_m$ : Par desarrollado por el motor.

$C_r$ : Par resistente en las ruedas.

$n$ : Numero de RPM del motor.

$n_1$ : Número de revoluciones de las ruedas.

El vehículo Volkswagen Amarok dispone de una caja de seis velocidades. Los valores de desmultiplicación se establecen en función del par máximo del motor y se relacionan directamente con la velocidad alcanzada en las ruedas en función de su diámetro y la reducción presente en el puente del diferencial. En el Programa auto didáctico 463 de servicio de la camioneta Amarok menciona los siguientes valores de desmultiplicación de la caja de cambios:

Tabla 2.3 Relación de transmisión caja de seis velocidades Volkswagen Amarok 4x2.

**Tabla 2. 3** Relación de transmisión caja de cambios.

Marcha	$R_t$	$R_t^{-1}$
Primera	4,82	0,21

Segunda	2,54	0,39
Tercera	1,49	0,67
Cuarta	1	1
Quinta	0,76	1,32
Sexta	0,6	1,67
Retro	4,37	0,23

Además de la caja de cambios cuenta con un grupo diferencial piñón – corona para una relación de transmisión del grupo diferencial trasero de 2,72.

Para conocer la Relación de Transmisión Total en cada marcha se debe multiplicar los valores inversos de la relación de transmisión de la caja de cambios por la relación del diferencial Trasero.

En la siguiente Tabla 2.4 se muestra la relación de transmisión total.

**Tabla 2. 4** Relación de transmisión total (caja – diferencial trasero)

Marchas	$Rt^{-1}$	Rt Trasera (0,38)
Primera	0,21	0,08
Segunda	0,39	0,15
Tercera	0,67	0,25
Cuarta	1	0,38
Quinta	1,32	0,50
Sexta	1,67	0,63
Retro	0,23	0,09

Para identificar la velocidad de cada marcha realizamos el siguiente cálculo.

$$Velocidad (v) = \frac{RPM * Perímetro de la rueda (m) * 60 (h)}{Desmultiplicación Total * 1000 (km)} \quad \text{Ecuación 2. 2}$$

En donde las RPM se han tomado de los valores de Torque/RPM con un valor máximo de 2500 RPM. En la siguiente Tabla 2.5 se muestra la velocidad alcanzada de acuerdo con los valores obtenidos anteriormente:

**Tabla 2.5** Velocidad Final por marcha

Marchas	Velocidad (Km/h)
Primera	27
Segunda	51
Tercera	87
Cuarta	130
Quinta	170
Sexta	216
Retro	30

#### 2.3.1.4 PAR RESISTENTE EN LAS RUEDAS ( $C_r$ )

Con los datos obtenidos anteriormente se calcula el par en las ruedas con la siguiente formula:

$$C_r = \frac{C_m}{r_T} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Donde:

$C_r$ : Par en las ruedas

$C_m$ : Par desarrollado por el motor

$r_T$ : Relación total de transmisión.

En la Tabla 2.6 se muestra el resultado del par generado en los neumáticos en cada condición de marcha.

**Tabla 2.6** Par de Arrastre neumáticos.

Tracción trasera
------------------

Marchas	Cr = Cm/Rt	Cr (Nm)
Primera	400/0,08	5000
Segunda	400/0,15	2667
Tercera	400/0,25	1600
Cuarta	400/0,38	1053
Quinta	400/0,50	800
Sexta	400/0,63	634
Retro	400/0,09	4444

Para conocer la fuerza generada por el torque resultante sobre el eje trasero utilizamos la siguiente ecuación:

$$Fuerza (F) = \frac{Torque (Nm)}{Radio de la rueda (m)} \quad \text{Ecuación 2. 4}$$

En la Tabla 2.7 se muestra los resultados de las fuerzas obtenidas. El valor más alto de la Fuerza total de los resultados obtenidos será aplicado a la simulación del prototipo.

**Tabla 2. 7** Fuerza resultante de cada marcha.

Tracción trasera			
Marchas	Torque ( $N_m$ )	Radio (m)	F total (N)
Primera	5000	0,375	13 333
Segunda	2667	0,375	7 112
Tercera	1600	0,375	4 267
Cuarta	1053	0,375	2 808
Quinta	800	0,375	2 133
Sexta	634	0,375	1 690
Retro	4444	0,375	11 851

### 2.3.2 MATERIAL ESTRUCTURAL

Se planteó fabricar el remolque utilizando como material principal el acero ASTM calidad A36 por su disponibilidad, precio y su facilidad de trabajo. Existen diferentes perfiles estructurales empleados para la fabricación de estructuras como perfiles cuadrados, rectangulares, correa tipo C, entre otras más.

Cada una con diferentes características, por lo que se estudiará las particularidades de cada uno en una misma dimensión y espesor, con la finalidad de seleccionar el que mejor se adecue a nuestros requerimientos. A continuación, se describe cada perfil, tomados del catálogo de productos de la empresa ecuatoriana de aceros IPAC.

**Tabla 2. 8** Características perfiles -estructurales

Tipo de perfil	Dimensiones		Espesor	Peso
	Alto (H) (mm)	Ancho (B) (mm)	e (mm)	(kg/m)
Cuadrado	60	60	2.5	4.39
Rectangular	60	40	2.5	3,6
Correa	60	30	2.5	2.42

Una vez identificado el perfil estructural y sus dimensiones se procede al análisis de las propiedades físicas de cada uno, las cuales se encuentran especificadas en el mismo catálogo de la empresa IPAC. En la Tabla 2.9 se describen las propiedades de cada perfil estructural.

**Tabla 2. 9** Propiedades Estáticas en el eje X.

Tipo de perfil	Propiedades Estáticas Eje X		
	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
Cuadrado	30,36	10,12	2,33
Rectangular	22.09	7,36	2,19

Correa	16,57	5,52	2.32
--------	-------	------	------

Se pudo identificar en las tablas las propiedades de cada perfil estructural, en ellas se muestra que el perfil estructural cuadrado cuenta con valores altos en cuanto a momentos de inercia en los ejes X – Y, a comparación de los otros perfiles; pero se registra que este perfil cuadrado es mucho más pesado que los demás.

**Tabla 2. 10** Propiedades Estáticas en el eje Y

Tipo de perfil	Propiedades Estáticas Eje Y	
	Momento de inercia (I)	Módulo de resistencia (W)
Cuadrado	30,36	10,12
Rectangular	11,75	5,88
Correa	3,47	1,78

Por ende, se ha seleccionado el perfil estructural rectangular, el cual tiene valores intermedios entre los tres perfiles estructurales planteados, con mejores propiedades que el perfil de correa, menos peso que el perfil estructural cuadrado y mayor superficie para soldar otros elementos.

Este material será aplicado el software de diseño para su posterior análisis, simulación y validación del diseño. Se distribuirá ordenadamente todos los componentes y se verificará si es posible la modificación y disminución de elementos de la estructura del chasis.

### 2.3.2.1 MATERIAL DE APORTE PARA ACERO ASTM CALIDAD A36

El electrodo o material de aporte recomendado para los tipos de acero al carbón (ASTM A36) se describe en la Tabla 2.11.

**Tabla 2. 11** Clasificación de los electrodos según AWS (American Welding Society)

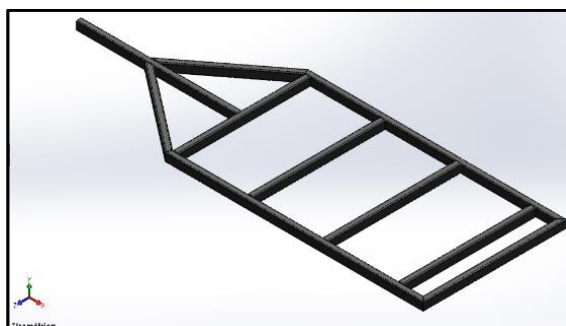
		CLASIFICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN AWS
--	--	---

Norma o Especificación	Designación del acero	E6010	E6011	E6012	E6013	E6027	E7014	E7024	E7018	E7018 A1	E8016 C1
203 de 78	A42-27 ES	*	*	*	*	*	*	*	*		
	A52-34 ES								*		*
ASTM	A36	*	*	*	*	*	*	*	*		
SAE o ASI	1010 al 1020	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	1033 al 1045								*		*

### 2.3.3 BASTIDOR

El tamaño del bastidor no debe exceder las dimensiones mencionadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas: 10 metros de largo, 2,6 metros de ancho y 4,1 metros de alto.

Para objeto de prueba se seleccionó el perfil estructural rectangular de siguientes dimensiones: 40 milímetros de ancho, 80 milímetros de alto y 2 mm de espesor, como se muestra en la siguiente Figura 2.3.



**Figura 2.2** Bastidor del remolque

### 2.3.4. CARGAS MUERTAS (HERRAMIENTAS)

Para garantizar los trabajos de mantenimiento y reparación, se proporcionó energía eléctrica; para el uso de los equipos de diagnóstico y demás herramientas eléctricas. Además, se tomó

en cuenta el requerimiento de un compresor de aire para suministrar de aire a los neumáticos, entre otras más.

Se identificaron las características de cada equipo eléctrico como la potencia de trabajo (WATTS) para así seleccionar el generador eléctrico que provea la energía necesaria. En la siguiente tabla se describen los equipos y herramientas de menor y mayor demanda de consumo de energía.

a) Compresor de aire marca Truper.



**Figura 2.3** Compresor de aire Truper

Compresor de aire marca TRUPER de tamaño pequeño para el suministro de aire a los neumáticos y herramientas neumáticas, a continuación, se describen sus características:

**Tabla 2. 12** Características compresor de aire.

Capacidad del tanque	25 litros.
Tipo de Compresor	Lubricado.
Tensión	110 V
Potencia Máxima	2 235 watts (3HP).
Potencia Nominal	1 500 watts (2HP).
Flujo de Aire	90 PSI (620kPa)



Para conocer la capacidad del generador eléctrico, se realizará una suma de la potencia de los equipos y herramientas de mayor consumo de energía eléctrica. A continuación, se describe cada uno de ellos:

**Tabla 2. 13** Consumo eléctrico de herramientas

Equipos de mayor consumo	Potencia o Consumo eléctrico (Watts)
Compresor	1 500 a 2 235 W
Taladro	700 W
Pulidora	1000 W
Equipos varios	250 W
<b>TOTAL</b>	<b>4485 W</b>

Se debe recalcar que, no todos los equipos van a ser operados al mismo tiempo, por lo que no siempre se va a demandar de mayor energía eléctrica. Para garantizar el buen funcionamiento de todos los equipos se utilizó un generador eléctrico superior o aproximado al resultado de 4485 Watts. Con este resultado se logró definir el siguiente generador eléctrico como el indicado para los trabajos de mantenimiento:

**Tabla 2. 14** Características generador eléctrico.

Marca - Modelo	Tipo De Combustible	Potencia (kW)	Tensión Nominal (V)	Horas de Trabajo Continuo	Peso con tanque lleno (Kg)	Capacidad Tanque	Tipo de aceite
HUSKY-SUBARU	Gasolina	5kW	110 / 220	9 H	100	6,6 galones	20w30

Para garantizar la distribución uniforme de los equipos y herramientas, se ubicaron los equipos más grandes y pesados en la parte inferior, y sobre ellos los demás equipos. En la Tabla 2.15 se muestra las dimensiones y pesos tomados de todos los equipos y herramientas disponibles en el taller Automotriz de la Universidad Técnica del Norte los cuales se trasladaron.

A continuación, se describe el peso y volumen que ocupa cada equipo, herramienta y accesorio para ubicarlos adecuadamente, permitiendo el fácil acceso a cada una de ellas.

**Tabla 2. 15** Dimensiones y pesos de equipos y herramientas.

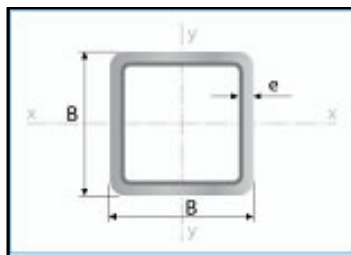
Equipo	Volumen (cm) $V= b * h * a$	Peso (kg)	Margen de seguridad peso + 20% (kg)	Fuerza (N) - masa * gravedad
Generador eléctrico	100x80x70	100	120	1176
Compresor	40 x 65 x 70	25	30	294
Taladro	30 x 37 x 15	1,5	1,8	17,64
Pulidora	25 x 50 x 20	3	3,6	35,28
Gato botella	13 x 13 x 25	5	6	58,8
Bidón gasolina	50 x 30 x 40	20	24	235,2
Bidón agua	50 x 30 x 40	20	24	235,2
Conos	25 x 25 x 40	1,5	1,8	176
Extintor	20 x 20 x 50	2,5	3	29,4
TOTAL		178.5	214.2	2099.16 N

### 2.3.4.1 CARROCERÍA

Gracias a las dimensiones reales de los equipos y herramientas que se trasladaron se logró modelar un prototipo del diseño en el que cada herramienta y equipo ocupa un espacio en el remolque de mantenimiento de acuerdo con nuestros requerimientos. Con estas medidas y la distribución de cada herramienta y equipo, se eligió las siguientes medidas para la estructura del remolque:

- Ancho: 100 centímetros
- Largo: 190 centímetros
- Alto: 80 centímetros

Se utilizó tubo mecánico cuadrado ASTM A36 para realizar el armazón de la carrocería. Para motivos de estudio se seleccionó tubo cuadrado de las siguientes dimensiones: 20 milímetros por 1 milímetro de espesor.



**Figura 2.4** Perfil estructural cuadrado

Debido al gran peso del generador eléctrico, estableció como ubicación principal la parte frontal y centro del remolque, puesto que se requiere que el 60% del peso debe encontrarse por delante del eje.

También se tomó en cuenta que, por la producción de gases de escape del generador eléctrico por la combustión interna del motor deberá estar ubicado en la parte frontal, además de esto se escogió esta ubicación por la facilidad de acceso para el arranque manual y sus respectivos mantenimientos.

Sobre el chasis se monta una estructura o carrocería que aloja los componentes que se requieren transportar, por lo que se utilizó un tubo estructural cuadrado de 20 mm x 20mm y 2 mm de espesor para las divisiones entre equipos y herramientas

En la Figura 2.6, se muestra el diseño con el generador en la parte frontal.



**Figura 2.5** Diseño con generador incluido.

En las siguientes figuras se muestran los compartimientos diseñados para alojar los demás elementos que se trasladaron con la finalidad de brindar la mejor asistencia en mantenimiento.

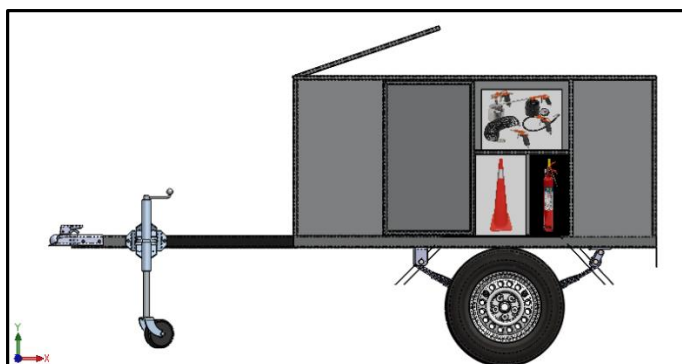


Figura 2.6 Compartimiento lateral izquierdo

En la Figura 2.7 se muestra el compartimiento lateral izquierdo que permitió el traslado de los conos de señalización, extintor y los accesorios del compresor, cómo la manguera, pistola de aire, pistola de pintura, pulverizador e inflador de neumáticos. El compresor de aire se ubicará en el compartimiento lateral derecho como se muestra en la Figura 2.8.

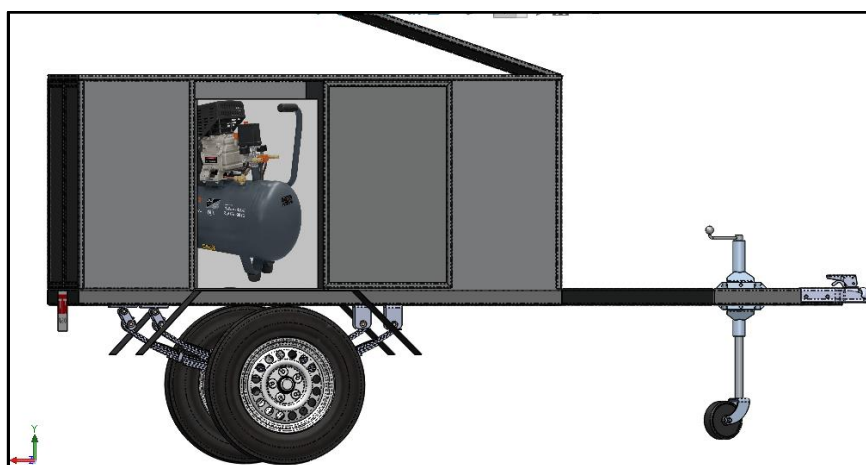
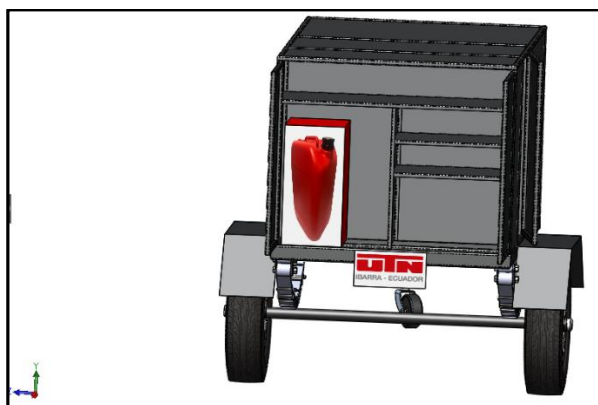


Figura 2.7 Compartimiento lateral derecho

En la siguiente Figura 2.9 se muestra el área de alojamiento de las demás herramientas como las llaves, destornilladores, caja de juego de rachas, bidón de gasolina, entre otras más.



**Figura 2. 8** Compartimento trasero de doble puerta

### 2.3.4.1 PLANCHAS LAMINADAS

Para la cubierta o carrocería se ha tomado en cuenta planchas de acero calidad A36, las cuales se encuentran disponibles con las siguientes características.

- Laminado en frío.

Proceso realizado a temperatura ambiente y costo elevado. Tiene mayor dureza y resistencia, pero su capacidad de deformarse disminuye. Tiene una Resistencia a la Tracción de 85 000 psi y un Límite elástico de 70 000 psi. A continuación, se describe las características de dimensión y peso de las planchas disponibles.

**Tabla 2. 16** Dimensiones y peso plancha acero laminado en frío.

Plancha acero laminado en frío (calidad A36)			
Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Peso aprox. (Kg)
1220	2440	0,90	21,03
1220	2440	1,10	25,70
1220	2440	1,40	32,72
1220	2440	2,00	46,74

Fuente: (Dipac, 2020)

- Laminado en caliente.

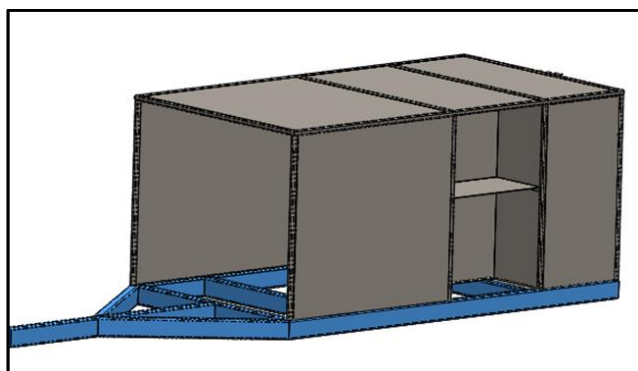
Proceso realizado a temperaturas superiores a 950° C y de bajo costo. Permite deformarse de acuerdo con los requerimientos de fabricación. Tiene una Resistencia a la Tracción de 67 000 psi y un Límite elástico de 45 000 psi.

**Tabla 2. 17** Dimensiones y peso plancha acero laminado en caliente.

Plancha acero laminado en caliente (calidad A36)			
Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor (mm)	Peso aprox. (Kg)
1220	2440	1,50	35,05
1220	2440	2,00	46,74
1220	2440	3,00	70,10

Fuente: (Dipac, 2020)

Para el análisis se utilizaron planchas de Acero A36 Laminadas en Frío ya que requiere de doblados en frío o a temperatura ambiente. Este tipo de láminas de acero son utilizadas comúnmente en la fabricación de estanterías, archivadores, entre otras más.



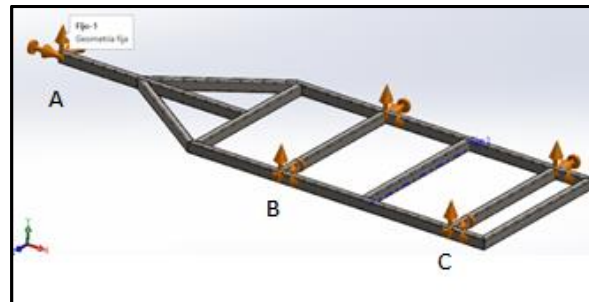
**Figura 2. 9** Carrocería remolque

## 2.4 ANÁLISIS ESTÁTICO

Una vez determinada la ubicación de los equipos y herramientas de acuerdo con nuestros requerimientos, se procede a la aplicación de las cargas o fuerzas que generan dichos equipos sobre los elementos estructurales que se encargaran de alojarlos.

### 2.4.1 PUNTOS DE APOYO O GEOMETRÍA FIJA

Estos son los puntos sobre los cuales la estructura reposa, en este caso los puntos de apoyo fueron los puntos en donde la hoja de resortes se apoyó, además de ellos se tomó como otro punto fijo el punto de enganche entre el vehículo – remolque. En la siguiente figura se muestra los puntos fijos seleccionados para el posterior estudio.



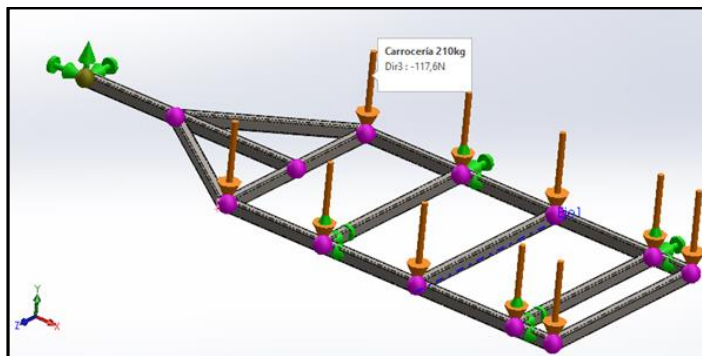
**Figura 2. 10** Puntos de apoyo fijos del remolque

### 2.4.2 DISTRIBUCIÓN Y PESO DE EQUIPOS

Una vez determinados los puntos de apoyo del remolque se procede a la aplicación de la fuerza o pesos de los equipos y herramientas que se trasladaran en él. De acuerdo con nuestra distribución se aplicarán los siguientes valores de cargas.

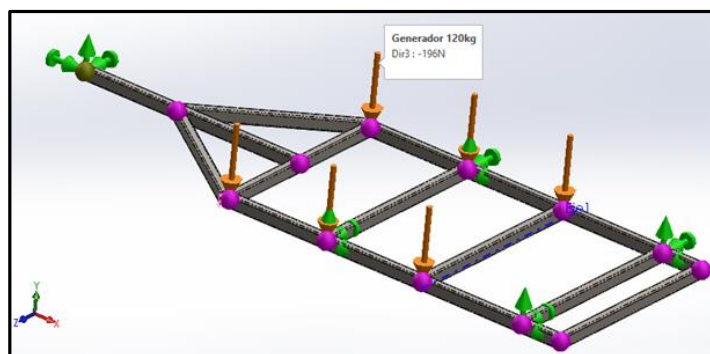
Según las propiedades físicas del software, el diseño de la carrocería con los materiales aplicados tiene un peso de 82,13kg, el conjunto de compuertas tiene un peso total de 38kg, dando un total de 120,13 kg (1177,27N), valor que será dividido entre los elementos que soportarán la carrocería del remolque.





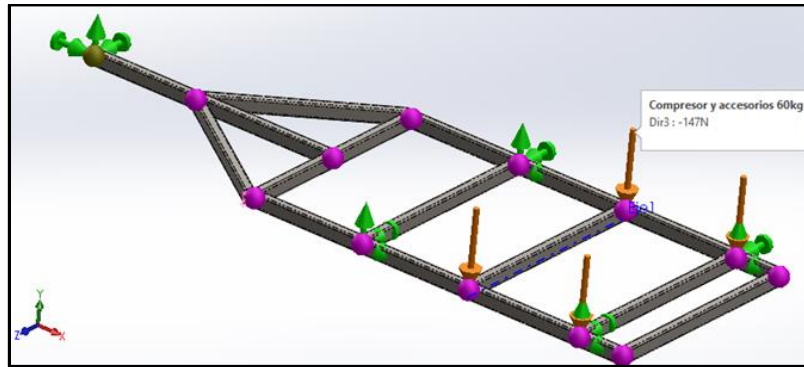
**Figura 2. 11** Peso de la estructura de la carrocería

Peso del generador eléctrico con combustible: 100 kg (1000 N), y con su margen de seguridad del 20% es 120 kg (1 176N). Serán aplicado en los cuatro puntos de apoyo sobre los que reposará. Por lo tanto, se aplicará 20 kg (196N) en cada punto de apoyo, ya que la carga total se divide para cada uno de ellos. En la siguiente figura se muestra la aplicación de la carga y la dirección de esta sobre los seis puntos de apoyo.



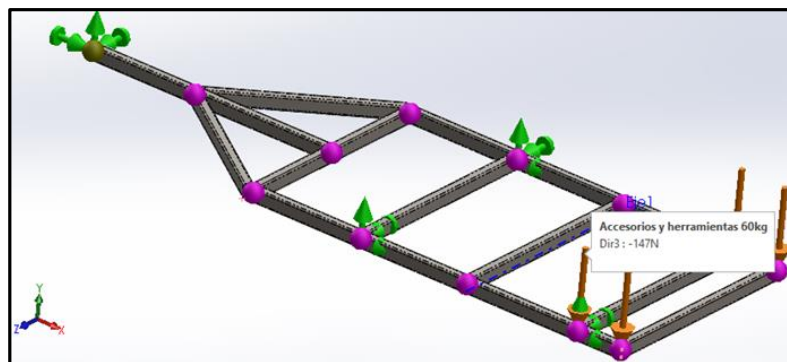
**Figura 2. 12** Fuerza generada por el peso del generador eléctrico

De acuerdo con la distribución de los equipos en la parte central del remolque se ha tomado en cuenta una fuerza de 588 N, la que comprende el peso del compresor 30kg (294N) y un compartimento para una capacidad de carga de 30kg (294N) correspondientes al bidón de gasolina y accesorios del compresor, el cual será dividido entre los cuatro elementos que soportaran esta carga 15kg (147N).



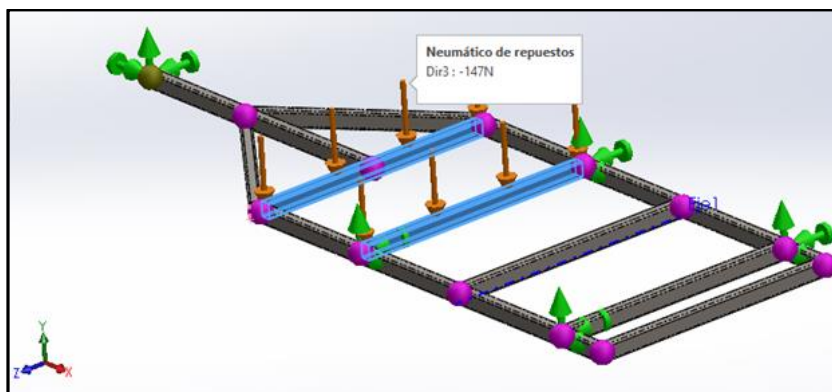
**Figura 2. 13** Fuerza generada por el compresor y sus accesorios

En la parte posterior del remolque se trasladaron herramientas y accesorios para el mantenimiento, las cuales tienen un peso aproximado de 60kg (588N) que fueron aplicados sobre los cuatro puntos que reposarán estos elementos.



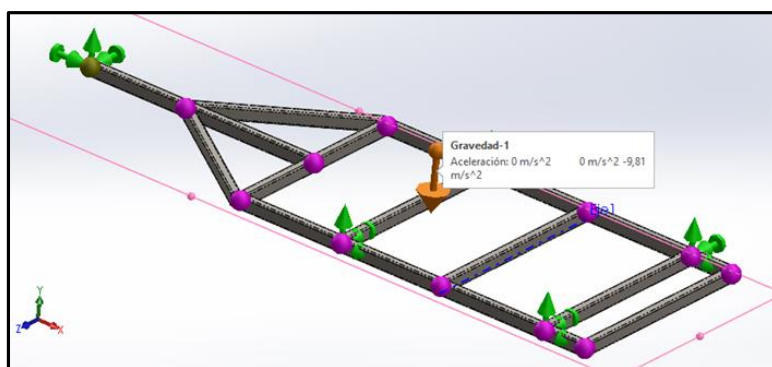
**Figura 2. 14** Fuerza generada por herramientas y accesorios, parte posterior

En la parte inferior del generador reposa el neumático de repuesto del remolque, el cual tiene un peso de 30 kg (294N) dividido entre los dos elementos que serán los encargados de soportar dicha carga 15 (147N).



**Figura 2.15** Fuerza generada por el neumático de repuesto

En la siguiente Figura 2.19 se muestra la fuerza generada por efecto de la gravedad ( $9,8\text{m/s}^2$ ).



**Figura 2.16** Fuerza generada por la gravedad

### 2.4.3 PESO DE LA ESTRUCTURA Y CARROCERÍA DEL REMOLQUE

Según las propiedades físicas del Software de diseño, permite conocer la masa de los elementos de acuerdo con la forma y material utilizado. A continuación, se describe la masa de los elementos que conforman el remolque:

- Chasis, perfil rectangular ASTM A36 de 40mm x 80mm x 2mm: 37,85 Kg
- Carrocería y compuertas: 120 kg
- Neumático de repuesto: 30kg
- Eje: 7,82 kg
- Generador, compresor y demás accesorios: 240kg.
- Total, de peso para arrastrar 435,67 kg.

## 2.5 RESISTENCIAS QUE SE OPONEN AL MOVIMIENTO DEL REMOLQUE

Previo al análisis dinámico se identificaron las cargas y las condiciones más desfavorables que actúan sobre la estructura. La suma de todas estas resistencias deberá ser vencida por una fuerza de empuje generada por el par motor. Por lo tanto, el valor de la fuerza generada por el vehículo debe ser superior para vencer las resistencias.

$$F_a \geq R_r + R_p + R_a \quad \text{Ecuación 2.5}$$

A continuación, se describen las resistencias que se oponen al movimiento:

### 2.5.1 RESISTENCIA A LA RODADURA ( $R_r$ )

Cuando los neumáticos se encuentran en estado de reposo, la reacción en el suelo por efecto del peso de la estructura y los demás componentes se encuentra en el mismo vertical.

La resistencia a la rodadura es independiente de que la rueda sea transmisora de par motor o es solo para soportar el peso.

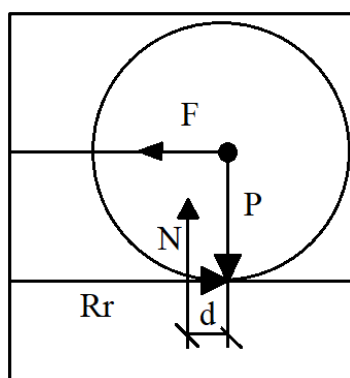


Figura 2.17 Diagrama de cuerpo libre, resistencia a la rodadura

Cuando el neumático avanza, la reacción de igual manera con una distancia de aplastamiento del neumático “d”, el cual origina un momento resistente.

La siguiente ecuación describe el cálculo correspondiente:

$$R_r = N * \frac{d}{r} = P * \frac{d}{r} \quad \text{Ecuación 2. 6}$$

En donde  $\frac{d}{r}$  es igual al coeficiente de resistencia a la rodadura. Este valor es tanto mayor cuanto menor es el radio del neumático y una mayor deformación y P es igual al peso total del remolque y sus elementos.

En la siguiente Tabla 2.20, se muestra los valores de resistencia a la rodadura sobre diferente suelo:

**Tabla 2. 18** Coeficiente de resistencia a la rodadura.

FIRME		COEFICIENTE DE RESISTENCIA A LA RODADURA f
Turismos	Neumáticos sobre adoquinado grande	0.015
	adoquinado pequeño	0.015
	hormigón, asfaltos	0.013
	áridos apisonados, de alquitrán camino de tierra	0.02
	suelo arado	0.025
		0.05
		0.1...0.35
Vehículo	Neumáticos sobre hormigón, asfalto	0.006...0.001
Ruedas todo terreno	sobresuelo arado	0.14...0.24
Tractor oruga	sobre suelo arado	0.07...0.12
Rueda	sobre carriles	0.001...0.002

Para nuestro estudio se tomó en cuenta el valor de resistencia a la rodadura de un vehículo turismo sobre un camino de tierra (0,05).

$$R_r = m * g * f$$

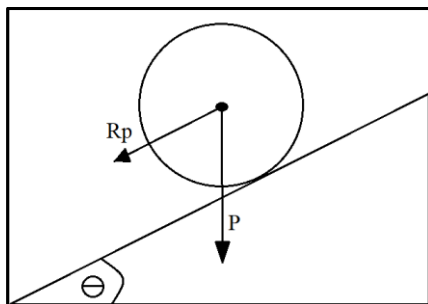
$$R_r = 435,67 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,05$$

$$R_r = 213,47 \text{ N}$$

Ecuación 2. 7

### 2.5.2. RESISTENCIA POR PENDIENTE ( $R_p$ )

Es el peso total de todos los componentes estructurales del remolque y los equipos y herramientas que se trasladaran sobre él. Este análisis se lo realiza con un ángulo de inclinación del 50% ( $27^\circ$ ):



**Figura 2. 18** Diagrama de cuerpo libre, resistencia por pendiente.

Para este cálculo se utilizará la siguiente ecuación:

$$R_p = P * \text{sen } \theta \quad \text{Ecuación 2. 8}$$

$$R_p = m * g * \text{sen } 27^\circ$$

$$R_p = 435,67 \text{ kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \text{sen} 27^\circ$$

$$R_p = 1938,34 \text{ N}$$

### 2.5.3 RESISTENCIA AERODINÁMICA ( $R_a$ )

Consiste en una fuerza que se opone al movimiento de cualquier forma u objeto, conocida como resistencia aerodinámica. Con la siguiente ecuación podremos realizar el cálculo respectivo.

$$R_a = \frac{1}{2} * C_x * \rho * A_f * V^2 \quad \text{Ecuación 2. 9}$$

Donde:

$R_a$ : Resistencia Aerodinámica en (N)

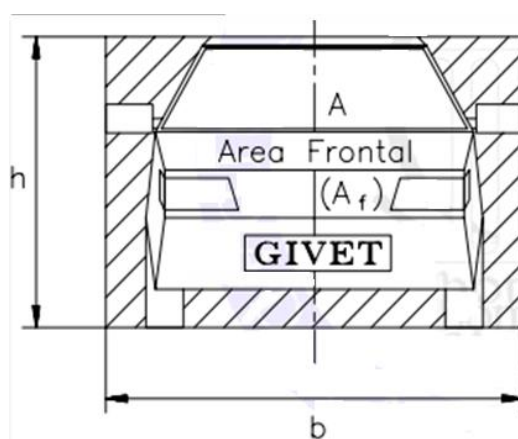
$\rho$ : Densidad del aire ( $\text{Kg/m}^3$ )

$V$ : Velocidad en (m/s)

$A_f$ : Área frontal del remolque en ( $\text{m}^2$ )

$C_x$ : Coeficiente aerodinámico.

El área frontal se calcula en función de las dimensiones del remolque.



$$A_f = f * b * h$$

Ecuación 2. 10

Donde  $f$  es un valor aproximado en la base de datos de formas básicas con valores de entre 0.8 y 0.82, por ser un cilindro (Universidad Carlos III, 2004). Para nuestra unidad de carga se utilizará las siguientes dimensiones, obtenidas del tamaño de la estructura.

$$A_f = 0.82 * 1.40 * 1.40$$

$$A_f = 1.61 \text{ m}^2$$

El coeficiente aerodinámico depende de la forma del remolque, en este caso al tener una forma geométrica se procedió a la revisión de los valores predeterminados del capítulo anterior, en el que se muestra los coeficientes aerodinámicos según la forma geométrica y la orientación del flujo del viento.

Para nuestro estudio se ha tomado el siguiente coeficiente de forma 0.82, el cual corresponde a un cilindro.

En la siguiente ecuación se procede a su resolución a una velocidad de 70 km/h (19,44m/s).

En donde la densidad del aire viene dada por los siguientes valores:

- A nivel del mar (0 metros) = 1.225 Kg/m<sup>3</sup>
- A 2 500 metros = 0.957 Kg/m<sup>3</sup>

$$R_a = \frac{1}{2} * 0.82 * 0.96 \frac{Kg}{m^3} * 1.61 m^2 * (19.44m/s)^2$$

$$R_a = 239.48 N$$

## 2.6 RECOPIACIÓN DE DATOS

El análisis dinámico requiere de los siguientes datos para poder realizar el estudio:

- 1) Velocidad permitida con remolque: 70 Km/h (19,44 m/s)
- 2) Velocidad alcanzada en las carreteras: 100 Km/h (27,78 m/s)
- 3) Aceleración vehículo 0 a 100 Km/h: 13.5 Segundos
- 4) Fuerza de arrastre en primera marcha (N): 13 333 N
- 5) Neumático de prueba:

Tabla 2. 19 Características neumático de prueba.

Neumático	RIN 14“(35,84cm) 185/70
Diámetro total ( $\Phi$ )	61,75 cm (0,62m)
Radio (r)	30,87 cm (0,31m)
Perímetro ( $p = 2 * \pi * r$ )	194,75 cm (1,95m)

### 2.6.1 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Se ha seleccionado el sistema de suspensión de hojas de resorte o tipo ballesta por sus prestaciones en la aplicación de vehículos de transporte de carga pesada y en vehículos todo terreno. Soporta esfuerzos de flexión y esfuerzos a la tracción, y este sistema está expuesto



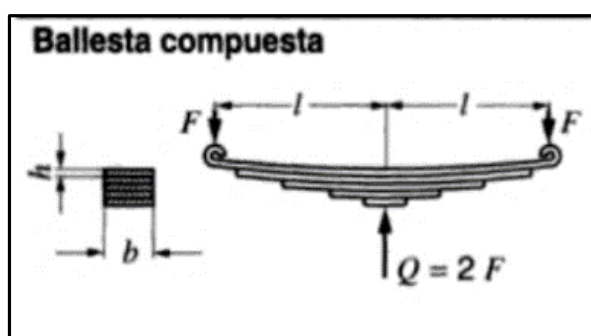
a frecuencias de 0.5 y 2 Hz (Hertz) como máximo (Cueva Vargas & Curicama Pinargote, 2018).

En la siguiente Tabla 2.2 se muestra las Propiedades mecánicas del acero SAE 5160h, empleado en la fabricación de ballestas.

**Tabla 2. 20** Propiedades mecánicas acero SAE 516h.

Propiedades Mecánicas	Valores
Resistencia a la Tensión	1300 – 1700 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
Resistencia a la Fluencia	1170 – 1550 N/mm <sup>2</sup> (MPa)
Módulo elástico	205 GPa
Coefficiente de Poisson	0.3
Densidad	7850 kg/m <sup>3</sup>

Para la selección se realizará un proceso de análisis en donde se establecerá el conjunto de hojas de resorte. Con el análisis estático se conoce la carga que deberá soportar sobre los puntos de apoyo planteados sobre el remolque, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 2. 19** Ballesta compuesta

(Bosh, 2005)

Para nuestro análisis se ha seleccionado las siguientes hojas de resorte de varios vehículos que disponen de este sistema para su posterior cálculo. Las dimensiones de las hojas de resorte se obtuvieron por mediciones en el Local autorizado Vanderbilt en la ciudad de Ibarra, Provincia Imbabura.

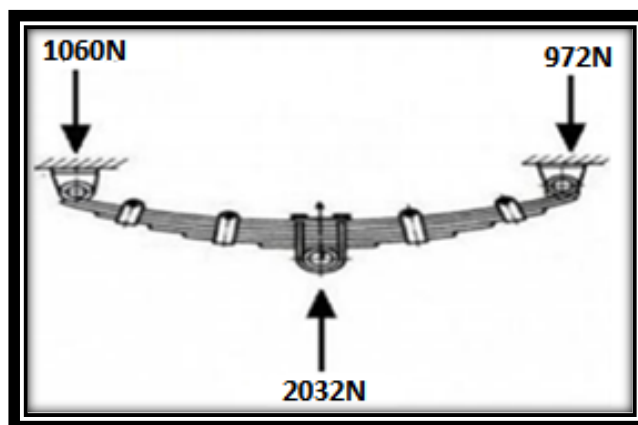
Para poder realizar este cálculo se ha tomado las dimensiones de tres conjuntos de ballesta de diferente vehículo para su posterior análisis. En la siguiente Tabla 2.23 se describe las características de dimensionamiento:

Y por su catálogo adjunto en los Anexos I, en la siguiente tabla se muestra las dimensiones:

**Tabla 2. 21** Dimensiones hojas de resorte

Vehículos	Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Número de hojas
Datsun 1200	1050	55	5	4
Daihatsu Rocky	1350	65	6,2	7
Suzuki Samurai 4x4	950	60	6	4

En la siguiente Figura 2.21 se muestra la descomposición de las fuerzas resultantes de la estructura y sus componentes sobre la hoja de resorte la cual es tiene los siguientes valores:



**Figura 2. 20** Fuerzas sobre los puntos de apoyo

Para conocer la resistencia a la flexión permisible con los datos dimensionales obtenidos se procede con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{3l}{n * h^2 * b} Q \quad \text{Ecuación 2. 11}$$

Donde:

- $n$ : Número de hojas de la ballesta.
- $b$ : Ancho de las hojas de ballesta (mm)
- $h$ : Espesor de las hojas de ballesta (mm)
- $l$ : Longitud de las hojas de ballesta (mm)
- $Q$ : Carga en las Hojas de ballesta (N)
- $\sigma$ : Resistencia a la flexión permisible (N/mm<sup>2</sup>)

### 2.6.2 DISEÑO DEL EJE

El eje se fabricó con una barra perforada de acero con aleación de vanadio al 12% de alta resistencia calidad EN 10294-1. Este tipo de barra perforada es recomendada según DIPAC Manta para la fabricación de ejes (DIPAC Manta S.A, 2021). En la siguiente Tabla 2.24 se muestra las propiedades mecánicas de este acero aleado.

**Tabla 2. 22** Propiedades mecánicas acero EN 10294-1

Propiedades mecánicas			
Resistencia Mecánica	Mínima	Máxima	Dureza HB
		650 MPa	800 MPa

Una vez determinadas las fuerzas resultantes que actuaron sobre los puntos de apoyo de las hojas de resorte, se aplicó la sumatoria de cada una en los puntos donde reposa el eje. En la siguiente Tabla 2.25 se describen las dimensiones disponibles.

**Tabla 2. 23** Dimensiones barra perforada

Dimensiones	Desde	Hasta
Interior	30 mm	65 mm
Exterior	50 mm	115 mm

Para efectos de la presente investigación se diseñó un modelo de prueba, dado que, el ancho del remolque es de un metro, se ha definido la siguiente longitud para nuestro análisis.



Figura 2. 21 Cargas que soporta el eje

Determinadas las cargas se desarrolló un diagrama de fuerza cortante y momento flector, el cual se muestra en la figura 2.29



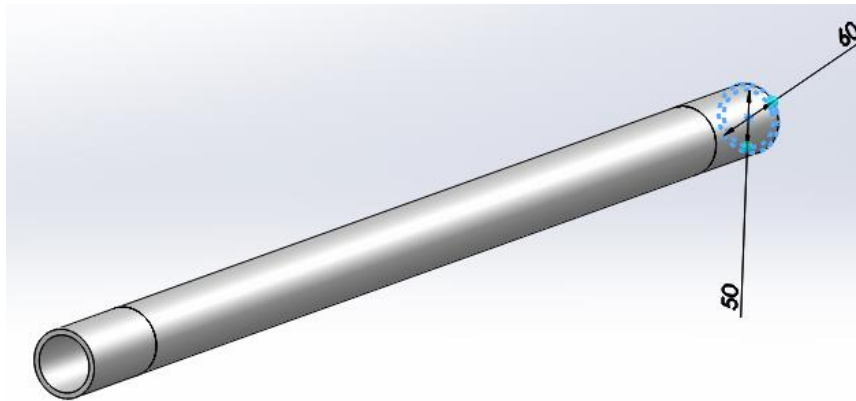
Figura 2. 22 Diagrama de Fuerza cortante

### 2.6.2.1 DISEÑO

Para el objeto de análisis se utilizó una barra de acero perforada calidad EN 10249-1 de las siguientes dimensiones:

- Diámetro interno: 50 mm

- Diámetro externo: 60 mm
- Longitud: 1200 mm



**Figura 2. 23** Dimensionamiento y diseño del eje

### 2.6.2.2 FALLO POR FATIGA

Para conocer el número de ciclos que el eje va a soportar se ha tomado en cuenta el tiempo que puede ser arrastrado durante un día de trabajo. Suponiendo que, el remolque va a ser trasladado de un lugar a otro durante cuatro horas por un periodo de cinco días hábiles de trabajo durante un año, se tiene:

$$365 \text{ días del año} - 104 \text{ sábados y domingos} = 261 \text{ días hábiles.}$$

Para conocer el número de ciclos aplicados sobre el eje durante el tiempo que se ha planteado se planteó lo siguiente:

- 4 horas = 14 400 segundos en un día.
- 261 días = 3 758 400 segundos ( $3,758 4 * 10^6$ )

## CAPITULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 RESULTADOS DE LAS RESISTENCIAS QUE SE OPONEN AL MOVIMIENTO DEL REMOLQUE

El resultado obtenido de la sumatoria de las resistencias por pendiente, la resistencia a la rodadura y la resistencia aerodinámica, permite conocer que el remolque con las condiciones planteadas puede ser arrastrado.

Se obtuvo como resultado los siguientes valores:

$$F_a \geq R_r + R_p + R_a \quad \text{Ecuación 3. 1}$$

$$F_a \geq 213,47 N + 1938,34 N + 239.48 N$$

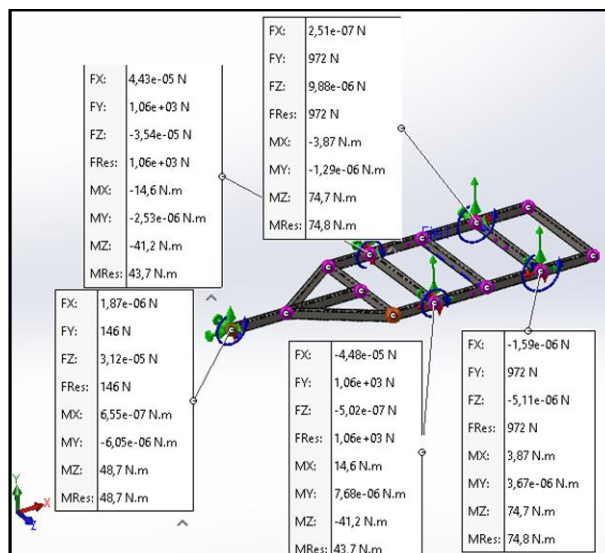
$$F_a \geq 2391.29 N$$

$$4267 N \geq 2391.29 N$$

Donde se conoce que la fuerza de arrastre ( $F_a$ ) del vehículo en tercera marcha es de 4 267 N para alcanzar una velocidad de 60 km/h hasta los 87 km/h según los cálculos en el capítulo anterior. Este resultado sugiere que el vehículo remolcador es capaz de vencer las resistencias que se oponen al movimiento del remolque ya que su fuerza de arrastre es mayor que las resistencias.

#### 3.2 RESULTADOS ANÁLISIS ESTÁTICO

El diseño del remolque propuesto en el programa utilizó como material principal acero ASTM calidad A36. De acuerdo con la forma que tiene el remolque y los materiales utilizado se calculó un peso de 200kg más el peso que se va a cargar sobre la estructura; con ello se obtuvieron los siguientes resultados sobre los puntos de apoyo fijos. Se muestran en la Figura 3.1.



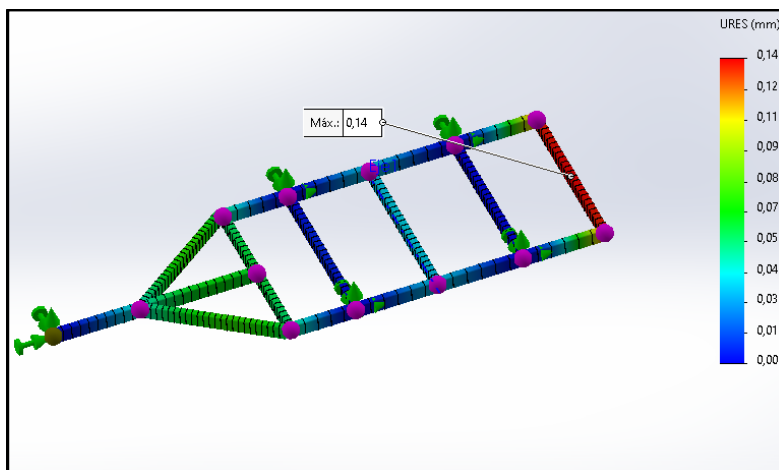
**Figura 3. 1** Valores de reacciones sobre los puntos de apoyo

En la siguiente Tabla se muestran los resultados obtenidos por medio del análisis estático en los puntos de apoyo fijos del remolque.

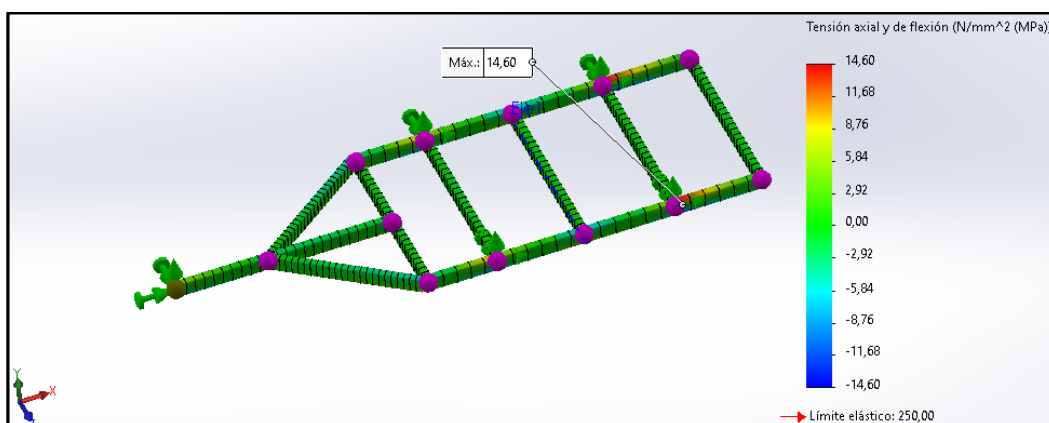
**Tabla 3. 1** Fuerzas y momentos resultantes sobre los puntos de apoyo fijos.

Fuerza (N)	Enganche	Reacción sobre los puntos de apoyo Derecho		Reacción sobre los puntos de apoyo izquierdo	
	A	B	C	B1	C1
Fx	1,87e -06N	-4,48 e -05 N	-1,59 e -06 N	4,43e-05 N	-2,51 e -07 N
Fy	146N	1060N	972N	1060 N	972N
Fz	3,12e -05N	-5,02 -07 N	-5,11 e -06N	3,54 e -05N	9,88 e -06 N
F resultante	146 N	1060 N	972 N	1060 N	972
Momento (N.m)					
Mx	6,55 e -07N.m	-17,5 N.m	3,87 N.m	-14,6 N.m	-3,87 N.m
My	-6,05e - 06 N.m	6,2 e -05 N.m	3,67e-06 N.m	- 2,53 e -06N.m	-1,29e -06N.m
Mz	48,7 N.m	-26,5 N.m	74,7 N.m	-41,2 N.m	74,7 N.m
M resultante	48,7 N.m	31,8 N.m	74,8 N.m	43,7 N.m	74,8 N.m

Debido a las cargas generadas por el peso de los elementos que se trasladaron en el remolque se obtuvo como resultado un desplazamiento máximo de 0,14 milímetros en la estructura del chasis, sugiriendo ser un valor no representativo.



**Figura 3.2** Resultados de desplazamiento total por efecto de la carga sobre la estructura



**Figura 3.3** Resultado de tensión axial y de flexión sobre la estructura

Mientras que, con los resultados de la tensión axial y de flexión 14,60 MPa se encuentran muy por debajo del límite elástico de 250 MPa, lo que sugiere que la estructura resiste la carga aplicada estáticamente.

### 3.2.1 RESULTADOS CALCULO HOJAS DE RESORTE

Para garantizar que las hojas de resorte seleccionadas son las adecuadas, se tomó en cuenta el peso de la estructura, más el peso de las herramientas y equipos que serán trasladados; donde la fuerza total aplicada sobre la hoja de resortes es la sumatoria de la fuerza resultante en los puntos de apoyo A y B esta es de 2 032 N (207.34 kg) (producto del peso total por la



gravedad). Se utilizaron los datos de menor dimensión, siendo el conjunto de resortes del modelo Suzuki Samurai 4x4.

$$\sigma = \frac{3 * 475mm}{4 * 6^2mm * 60} * 4064 N \quad \text{Ecuación 3. 2}$$

$$\sigma = 670,28 \frac{N}{mm^2}$$

Los valores de resistencia a la flexión permisible del material de las hojas de resorte tienen un valor de mínimo de 1 300 N/mm<sup>2</sup> y un valor máximo de 1 700 N/mm<sup>2</sup>. El resultado del proyecto fue sometido a carga, obteniendo un valor de 670,28  $\frac{N}{mm^2}$ , infiriendo que cada hoja de resorte garantiza su correcto funcionamiento. Para conocer el Factor de seguridad de las hojas de resorte se realiza el cálculo:

$$FDS = \frac{\text{Resistencia a la flexión máxima permisible}}{\text{Resistencia a la flexión hoja de resortes}} \quad \text{Ecuación 3. 3}$$

$$FDS = \frac{1\,700\, N/mm^2}{670,28\, N/mm^2}$$

$$FDS = 2,53$$

Este resultado permite indicar que el conjunto de hojas de resorte del modelo Suzuki Samurai 4x4 con la carga planteada son el conjunto apropiado para la implementación en el remolque.

### 3.3 RESULTADOS ANÁLISIS DINÁMICO

#### 3.3.1 FUERZA DE ARRASTRE DEL VEHÍCULO

Al conocer la fuerza de arrastre del vehículo remolcador (13 333 N) se procedió a aplicar esta fuerza sobre el punto donde va ubicado el enganche del remolque. Al aplicar esta fuerza se obtuvieron los siguientes resultados sobre los puntos de apoyo de las hojas de resorte.

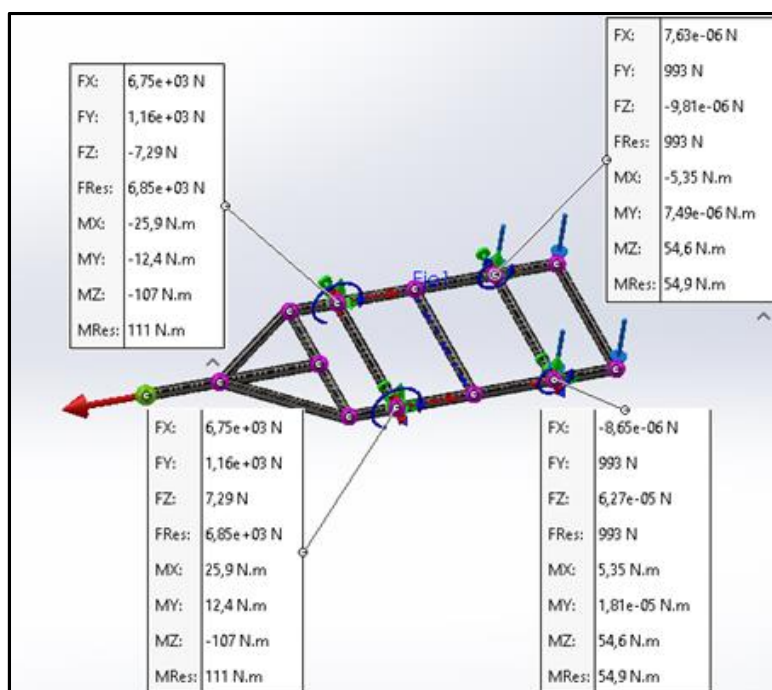


Figura 3. 4 Resultados sobre los puntos de apoyo por efecto de la aceleración del vehículo

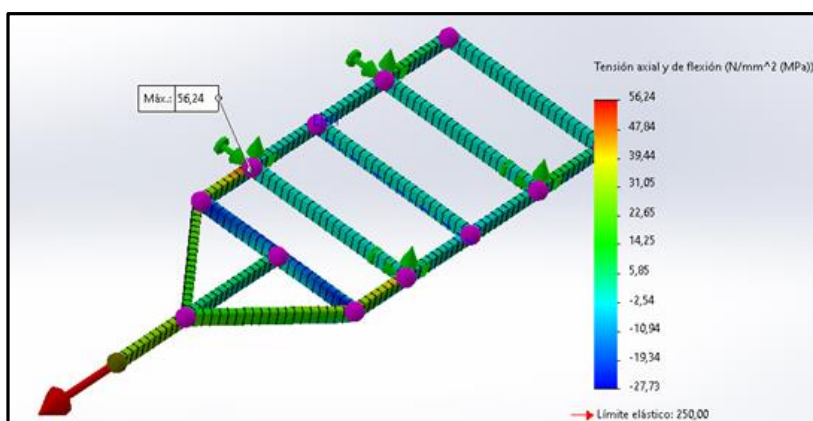
En la siguiente tabla se detallan los valores de los esfuerzos resultantes en los puntos de apoyo de la simulación para su posterior análisis.

Tabla 3. 2 Fuerzas y momentos resultantes en los puntos de apoyo por efecto de la fuerza de arrastre del vehículo remolcador.

Fuerza de Arrastre del Vehículo remolcador					
	Reacción sobre los puntos de apoyo 1		Reacción sobre los puntos de apoyo 2		
Fuerza (N)	B	C	Fuerza (N)	B	C
Fx	6750 N	1170	Fx	5640	1150
Fy	1160 N	951	Fy	1880	1010

Fz	-7,29	6,58	Fz	-48	-26,6
F resultante	5880	1510	F resultante	5940	1530
Momento (N.m)	B	C	Momento (N.m)	B	C
Mx	32	37,1	Mx	-32,9	-36,9
My	-12,9	-2,89	My	10,9	2,16
Mz	-120	-75,1	Mz	-132	-81,2
M resultante	125	83,8	M resultante	136	89,2

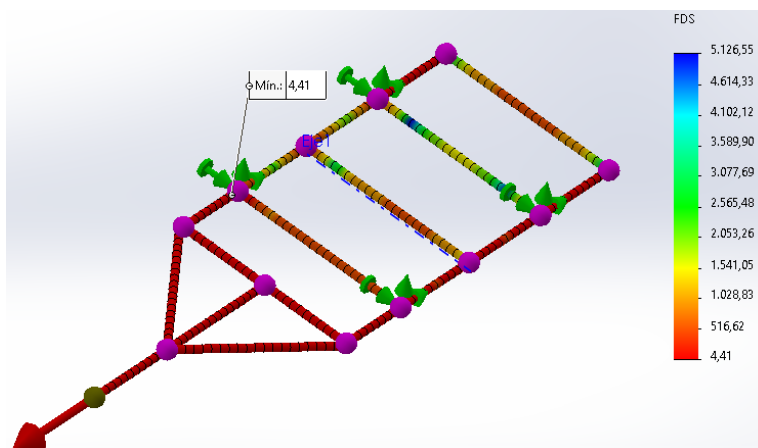
En la siguiente figura se muestran los resultados de la simulación, donde se describe la tensión axial y de flexión en el límite superior, sobre el punto más crítico de la estructura.



**Figura 3.5** Resultados de tensión axial y de flexión por efecto de la aceleración del vehículo.

### 3.3.2 FACTOR DE SEGURIDAD

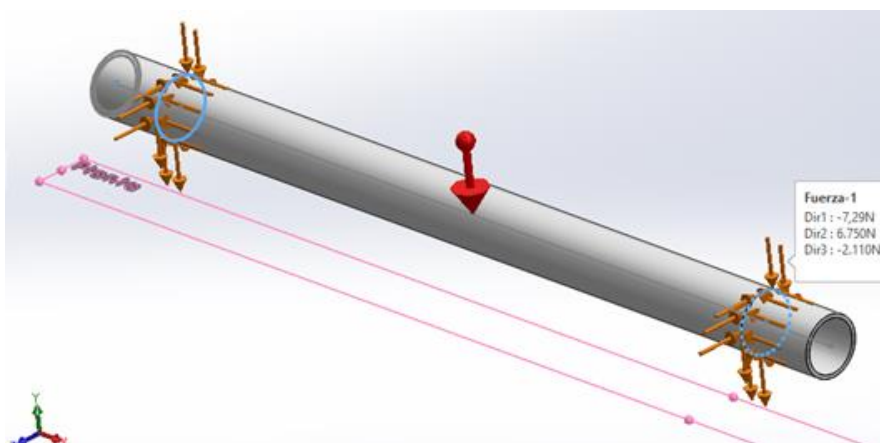
De acuerdo con la simulación se obtuvo un factor de seguridad de 4,4; este valor evidencia que el diseño realizado es seguro y fiable para su construcción. En la siguiente figura se muestran los valores arrojados por el software SolidWorks.



**Figura 3.6** Resultado del Factor de Seguridad

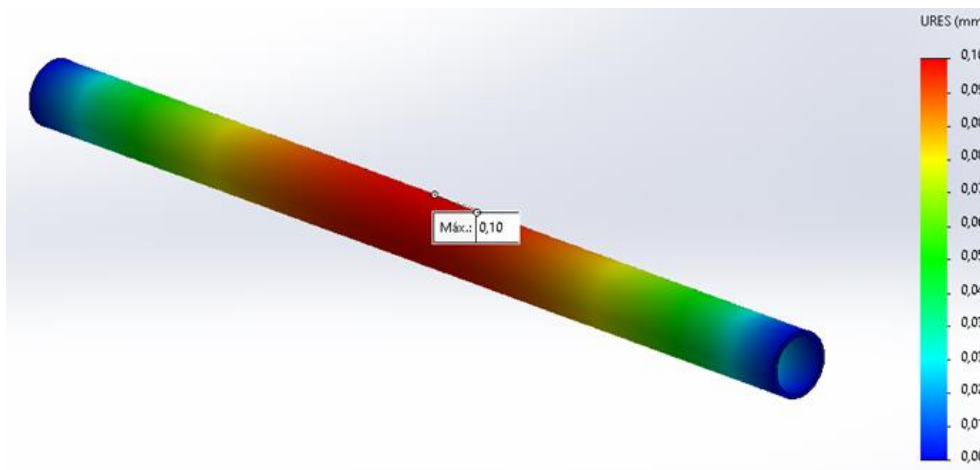
### 3.3.3 FUERZAS RESULTANTES SOBRE EL EJE

En la siguiente figura se muestran las fuerzas resultantes totales por efecto de la fuerza de arrastre del vehículo remolcador; estas se aplican en los puntos de apoyo, todos los valores se tomaron de la Tabla 3.2.



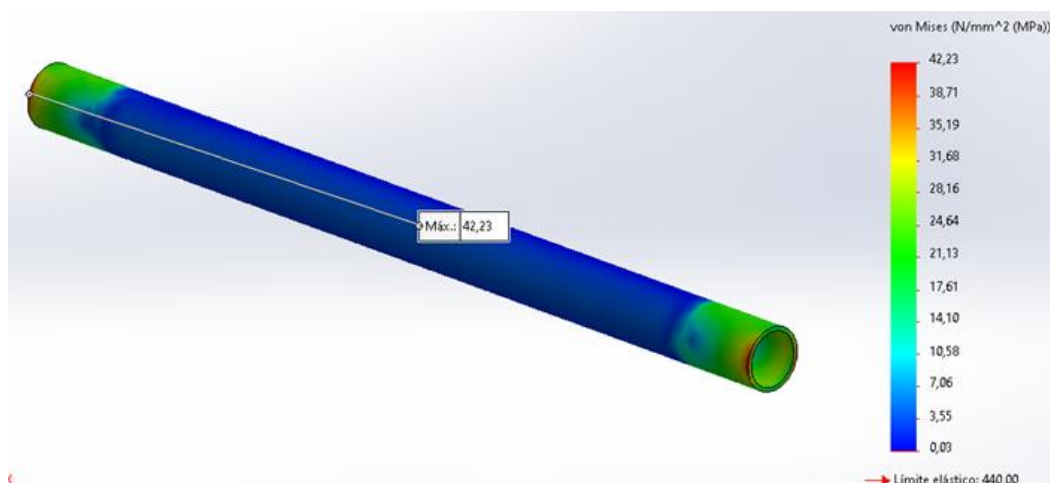
**Figura 3.7** Fuerzas resultantes producto de la aceleración aplicadas sobre el eje.

En la siguiente figura se muestra el resultado de desplazamiento por efecto de las fuerzas resultantes aplicadas.



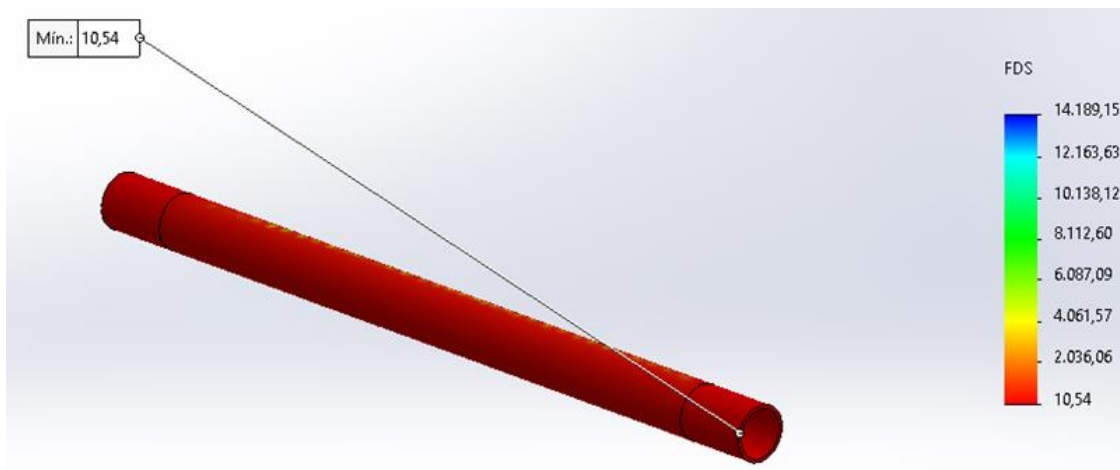
**Figura 3.8** Desplazamiento formado por las fuerzas resultantes

Este resultado permite identificar, dentro de esa sección del eje se tendrá un desplazamiento máximo de 0,10 milímetros. En la siguiente Figura 3.8 se muestra el resultado de Tensión máxima 58,89 MPa resultados expresados en von Mises.



**Figura 3.9** Resultado de tensión máxima (Von Mises)

En la siguiente Figura 3.9 se muestra el resultado del Factor de seguridad mínimo.

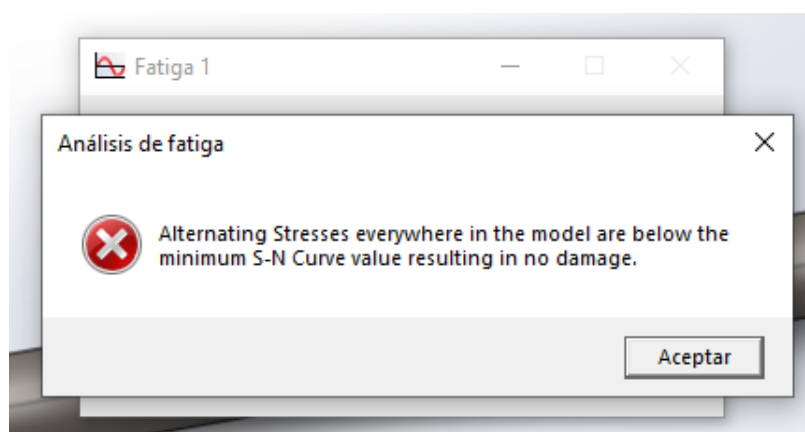


**Figura 3. 10** Resultado Factor de seguridad mínimo.

Este resultado de factor de seguridad mínimo 10,54 sugiere que el eje puede cargar 10,54 veces más las cargas aplicadas.

### 3.3.4 RESULTADOS FATIGA

De acuerdo con los ciclos de trabajo, se evidencia que el eje soporta cargas de altos ciclos (vida infinita). Al ejecutar el número de ciclos en el software de diseño, el sistema arroja la siguiente advertencia:



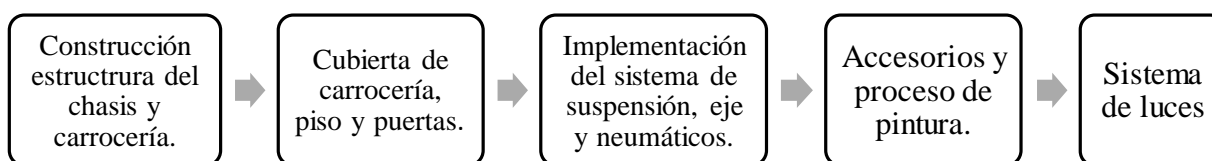
**Figura 3. 11** Resultado análisis fatiga

Esta ventana, indica que las tensiones alternas en todas las partes del diseño se encuentran por debajo del valor mínimo de la curva S-N, dando como resultado que este tipo de

material con el número de cargas cíclicas planteadas no produce daño alguno sobre el eje. La falla por fatiga se reduce incrementando la resistencia del material.

### 3.4 CONSTRUCCIÓN DE REMOLQUE

El desarrollo de la construcción de la estructura del remolque se lo realizó de acuerdo con los planos previamente diseñados (ver anexos). En la siguiente figura se muestra el procedimiento que se realizó para lograr la construcción del remolque de mantenimiento.



**Figura 3. 12** Proceso de construcción del remolque

#### 3.4.1 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

De acuerdo con la disponibilidad de equipos y herramientas en el taller se utilizó las siguientes para la construcción del remolque:

- Soldadora eléctrica 220V – 300 Amperios.
- Pulidora/Cortadora angular.
- Mascara para soldar automática.
- Torno
- Compresor de aire.
- Pistola de pintura.

Para el material de apoyo se utilizó un electrodo revestido 6011, sus características y configuraciones son:

Tabla 3.3 Características de material de aporte y material de construcción.

Amperaje (A)	Espesor material de estructura (mm)	Diámetro del electrodo (mm)
50-65	2	1,2

### 3.4.2 CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS Y ESTRUCTURA INTERNA CARROCERÍA

De acuerdo con los materiales propuestos en la simulación se procedió a la adquisición de dos tubos rectangulares (40x80x2 milímetros). En el taller se realizó los cortes de acuerdo con las medidas de los planos. En la siguiente figura se muestra el chasis ya construido.



**Figura 3. 13** Fabricación del bastidor

Para la estructura interna de la carrocería se utilizó tubo cuadrado de 25x25x2 milímetros de espesor, con sus respectivos cortes. De igual manera siguiendo las medidas de los planos. En la siguiente figura se muestra la estructura interna del chasis ya construido.





**Figura 3.14** Fabricación estructura interna de la carrocería

### 3.4.3 CUBIERTA DE CARROCERÍA, PISO Y COMPUERTAS

De acuerdo con el diseño planteado se utilizaron cuatro toles completos de acero negro de 122cm x 244cm de 1,4 milímetros de espesor con los cuales se realizó la cubierta, las puertas y el piso del remolque. En la siguiente Figura 3.14, se muestra el procedimiento realizado.



**Figura 3.15** Fabricación de las compuertas y cubierta de la carrocería



**Figura 3. 16** Carrocería completa

#### **3.4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN, PUNTAS DE EJE Y NEUMÁTICOS**

De acuerdo con la propuesta del diseño, se adquirió los paquetes de resortes que se mencionan en el apartado anterior con sus respectivos pernos y cauchos. Se procedió a colocar el paquete de resortes sobre los respectivos soportes en la junta de larguero y travesaño, como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 3. 17** Instalación de los paquetes de resortes en la estructura

Se adquirió rines de 14 pulgadas con neumáticos de la siguiente denominación 185/60 R14, estos cuentan con sus respectivas puntas de eje y pernos como se muestra en la figura siguiente.



**Figura 3. 18** Punta de ejes para Rin 14”

De acuerdo con las especificaciones de los neumáticos de construcción radial adquiridos se tienen las siguientes características:

**Tabla 3.4** Características Neumáticos.

Ancho de llanta (mm)	Alto de llanta (%)	índice de carga	Carga Máxima (Kg)	índice de Velocidad	Velocidad Máxima (Km/h)	Presión de inflado máxima (Kpa - Psi)
185	60	82	475	H	210	350 - 51

Este elemento fue acoplado al sistema de suspensión de hojas de resorte con sus respectivas abrazaderas y pernos; esto permite que el conjunto se encuentre asegurado por completo. También se realizó la fabricación de los guardapolvos, con tol de acero de 1,2 milímetros de unas compuertas disponibles en el taller.



**Figura 3. 19** Neumáticos con puntas de ejes de transmisión



**Figura 3. 20** Remolque y sus elementos

### **3.4.5 ACCESORIOS Y PROCESO PINTURA**

#### **3.4.5.1 PIE DE APOYO**

De acuerdo con el diseño se implementó una rueda de apoyo para el desplazamiento vertical del sistema de enganche del remolque. Lo dicho permite subir y bajar la parte delantera del mismo para lograr la sujeción con el vehículo remolcador.

Para lograrlo se utilizó un eje roscado de 25 milímetros de diámetro que estaba disponible para uso en el taller, este cuenta con sus respectivas tuercas. Además, se implementó una rueda maciza o garrucha color rojo de una capacidad de 200kg con freno que permite una fácil movilidad del remolque.





**Figura 3. 21** Pie de apoyo con eje roscado y rueda.

### 3.4.5.2 ACOPLER Y BOLA DE ENGANCHE




En el mercado, se encontraba disponible el conjunto de acoplador y bola de arrastre para una capacidad máxima de 907 kilogramos (2000 libras), su bola de enganche de 1 pulgada 7/8, como se muestra en la figura siguiente:



**Figura 3. 22** Acople y bola de enganche 2000lb

### 3.4.6 PROCESO DE PINTURA

Previo a la aplicación de este acabado se debe tomar en cuenta que la estructura debe estar previamente limpia, desengrasada y pulida, a continuación, se describe el orden a seguir de este proceso:

<p>1. Pulido y lijado de todas las superficies.</p>	 <p><b>Figura 3. 23</b> Pulido y lijado del remolque.</p>
<p>2. Aplicación de pintura base anticorrosiva.</p>	 <p><b>Figura 3. 24</b> Aplicación de pintura base anticorrosiva</p>
<p>3. Aplicación de pintura de varias capas</p>	 <p><b>Figura 3. 25</b> Aplicación de pintura negra sintética automotriz</p>

4. Resultado del  
proceso de pintura



**Figura 3. 26** Resultado del acabado de pintura.

Se seleccionó el color negro para la pintura del remolque porque al realizar cualquier actividad de mantenimiento o reparación, que involucre el trabajo con aceites o grasas no se ensuciará.

### 3.5 SISTEMA DE LUCES

Se adquirió dos juegos de luces con luz de retro, luz direccional, luz de posición y luz de freno; cada una con su bombilla respectiva. Para la conexión entre el remolque y el vehículo remolcador se consiguió un terminal o soque de seis cables.

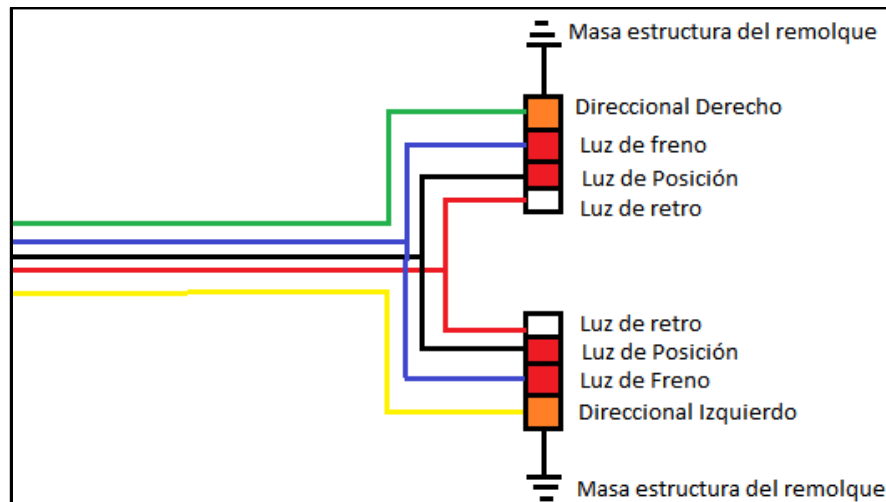
En la siguiente tabla se muestra el color y la designación de cada color, procurando ser lo más próximo a los colores que se mencionan en los diagramas de luces anteriormente.

**Tabla 3.5** Denominación de los colores de cables.

Color	Denominación
	Direccional derecho
	Direccional izquierdo
	Luz de freno
	Luz de posición
	Luz de retro

En la siguiente figura se muestra el diagrama de cableado correspondiente del remolque.





**Figura 3.27** Diagrama de conexión de cables y sus colores

Cada juego de luces se encuentra conectado a la estructura del remolque (conexión a tierra o masa), completando así el circuito. En la figura 3.27 se muestra la luz de freno encendida, tanto del camión como del remolque.



**Figura 3.28** Luces de freno en funcionamiento.

### **3.6 INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**

Una vez finalizada la construcción se procedió a ubicar los equipos que conforman el remolque: generador eléctrico, el compresor, bidones de agua y gasolina y conos; de acuerdo con el diseño propuesto como se muestra en la tabla siguiente.

1. Parte frontal, con generador.



**Figura 3. 29** Parte frontal con generador

2. Parte lateral derecha, incluido el compresor



**Figura 3. 30** Parte lateral derecha

3. Parte posterior, espacio para herramientas y gasolina



**Figura 3. 31** Parte Posterior

4. Parte lateral izquierda, espacio para conos, y accesorios del compresor



Figura 3. 32 Parte lateral izquierda

### 3.7 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO DEL REMOLQUE

Manejar un vehículo con un remolque es muy diferente a manejar un vehículo sin carga, por esta razón, se vuelve necesario tener siempre el control. Existen factores que se ven afectados en este proceso, así:

- La aceleración disminuye, por lo que requiere de más tiempo para alcanzar velocidades altas.
- La maniobrabilidad es limitada.
- La distancia de frenado aumenta.
- Se requiere de mayores distancias para rebasar a otro vehículo.

La acción de remolcar es una tarea que requiere de práctica, cuando se realiza por primera vez es recomendable que se haga en una carretera donde no exista demasiado tráfico. Antes de empezar a remolcar se debe realizar lo siguiente:

- Inspección visual.
- Inspección del estado del acople.
- Revisión del estado de los neumáticos.
- Revisar que el remolque se observa por los retrovisores.
- Revisar el funcionamiento del sistema de luces y direccionales.

Una vez realizado el procedimiento anterior, se procede a manejar el vehículo a una velocidad promedio de entre 15 a 20 Km/h para reconocer la maniobrabilidad y frenado del remolque.

Al colocar en reversa, se debe tomar en cuenta el espacio que se requiere para estacionarse, este no deberá presentar obstáculos que impidan su movilidad. Estacionarse en reversa implica experiencia ya que al mover el volante del vehículo en sentido horario o hacia la derecha, el remolque girará en dirección opuesta hacia la izquierda y viceversa.

### 3.7.1 MANTENIMIENTO

El mantenimiento del remolque es importante para conservarlo en buenas condiciones, por lo que se recomienda realizar las siguientes actividades:

- Inspección visual, verificación del estado de los componentes del remolque y el sistema de iluminación.
- Reajuste de las tuercas de los neumáticos.
- Revisión del ajuste de los pernos y tuercas del acople.
- Comprobación de la presión de los neumáticos (30psi)
- Lubricación del pie de apoyo del remolque.

Para realizar estas actividades se requiere de las siguientes herramientas detalladas en la tabla 3.6:

**Tabla 3.6** Herramientas y materiales para mantenimiento del remolque.

Herramientas	Materiales
Llave de 19 mm	Aceite
Dado de 21 mm	Grasa
Hexagonal de 8mm	Guaipes
	Bandeja de limpieza

### 3.7.2 PAUTAS DE SEGURIDAD EN EL VIAJE

El transporte seguro de la carga en el remolque depende de las siguientes recomendaciones:

- Verificar que la carga se encuentre bien asegurada para evitar movimientos durante el transporte.
- Verificar el acoplamiento.
- Verificar el ajuste de los pernos.
- Observar si se tiene espacio para cambiar de carril.
- Anticipar los movimientos con las luces direccionales.
- Verificar el espacio suficiente para estacionarse, cargar y descargar.
- No exceder la velocidad permitida que es de 70 Km/h, según la Agencia Nacional de Tránsito.
- Velocidades altas pueden generar oscilaciones y provocar así volcamiento.
- Utilizar marchas bajas para ascender y descender de pendientes.
- No utilizar los frenos durante el descenso, estos pueden sobre calentarse y dejar de funcionar.
- Reducir la velocidad ante presentes baches o reductores de velocidad. Se recomienda también quitar el freno al cruzar cualquier tipo de baches o reductores de velocidad ya que pueden generarse grandes esfuerzos sobre el acople.
- No frenar en curvas, solo si realmente es necesario. Se recomienda reducir la velocidad antes de entrar en una curva.

Es necesario realizar paradas después de cada recorrido y confirmar lo siguiente:

- Verificar que el acople se encuentra seguro y ajustado.
- La conexión eléctrica funciona correctamente.
- Revisar la presión de los neumáticos.
- Revisar el estado y seguridad de la carga.

### **3.7.3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL GENERADOR HUSKY**

De acuerdo con el manual de usuario del generador se recomienda (manualslib, 2017):

- Utilizar aceite para motor SAE 10W30 (1 litro).
- Completar el tanque de gasolina.
- Revisar los niveles de Aceite del motor del generador.
- Verificar el filtro de aire.

Para la puesta en marcha del generador procedemos con lo siguiente:

- 1) Mantener la compuerta abierta durante el trabajo del generador.
- 2) Colocar la válvula de combustible en la posición “ON”. Esta se encuentra por debajo del tanque de combustible, como se muestra en la siguiente figura:
- 3) Revisar el combustible y nivel de aceite
- 4) Colocar el Switch del motor en la Posición “ON”
- 5) Colocar el Ahogador (CHOKE) en la Posición “START”, una vez encendido, colocar el ahogador en la Posición “RUN”
- 6) Tirar de la cuerda de arranque rápido y constantemente hasta encenderlo.

Para proceder a apagar el generador se coloca el Switch del motor en la Posición “OFF”.

### **3.7.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR TRUPER**

Para el mantenimiento del compresor se recomienda lo siguiente (TRUPER, Manuales, 2021):

- Cambiar de aceite cada 150 horas de trabajo con aceite sintético SAE 5W50.
- Cada 50 horas de trabajo cambiar el filtro de aire.
- Revisar el nivel de aceite, y completar de ser necesario.

Para el encendido del compresor se procede a mover el switch hacia arriba (encendido).

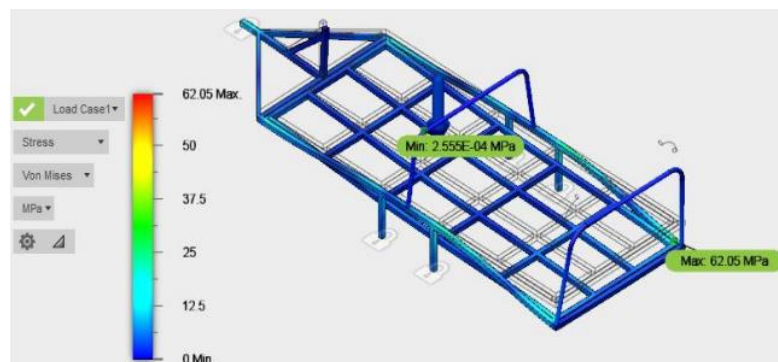
## **3.8 VALIDACIÓN DEL DISEÑO**

Para validar el diseño realizado en el software proyecta valores reales, se ha investigado temas similares que permitan identificar si los cálculos realizados tienen valores aproximados que sugieran que el proyecto se lo ha realizado correctamente. Para ello se ha tomado en cuenta el Trabajo Previo a la Obtención de Ingeniero Automotriz del autor Jonathan Rodrigo Rosero Armijo de la Universidad Tecnología Equinoccial, Quito – Ecuador; cuyo tema es: “Diseño y Construcción de un Remolque para Dos Go Karts, para ser Transportado por un Vehículo de Turismo” (Armijo, 2017).

En este se utiliza un software de diseño llamado Autodesk Fusion 360 para la realización del prototipo, donde se encuentra construido con perfil estructural cuadrado de 2” (50mm) por

3mm de espesor de acero negro, calidad ASTM A36. Calidad del acero similar al utilizado en la construcción de nuestro remolque. Pero con dos ejes a diferencia del nuestro que es de un solo eje.

De acuerdo con el autor, se sugiere que se llevarán 2 go karts de un peso de 70kg (686N) y 80kg (784N) respectivamente; al aplicar dichas cargas sobre la estructura se obtuvo el siguiente resultado de simulación: esfuerzo máximo en la estructura del remolque es de 62,05 Mpa como se muestra en la siguiente figura. Valor que se encuentra en los límites del material de la estructura el cual es de 250 MPa.



**Figura 3.33** Resultado simulación de remolque para dos go karts.

En la presente investigación, por tener una diferencia en la forma del perfil estructural al ser rectangular, mayor tamaño, menor espesor y la diferencia de las cargas se obtuvo un valor de 56,24 MPa como esfuerzos máximos de tensión de 250MPa que es el límite máximo. Lo que sugiere que tanto los esfuerzos del remolque para dos go karts, como el remolque de mantenimiento, están por debajo de los límites de tensión y que los diseños son factibles para su construcción y uso.



## CAPITULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Mediante investigación de tipo técnico se logró identificar y caracterizar las herramientas manuales, eléctricas y otras más que se encuentran disponibles en el taller de la Carrera de Ingeniería Automotriz, que son necesarias para el mantenimiento preventivo y correctivo que realiza el Club de Automovilismo UTN Racing Team. Se obtuvo las dimensiones y los pesos de cada una de ellas para el diseño del prototipo en el software SolidWorks.
- Luego de la revisión técnica se concluyó que, para realizar varios de los trabajos de mantenimiento, se requiere de una fuente de energía eléctrica y suministro de aire, por lo que se implementó un generador eléctrico para abastecer de energía a un compresor de aire y un sinnúmero de equipos y herramientas.
- Se logró definir los materiales apropiados de acuerdo con nuestros requerimientos en función de costos, disponibilidad y resistencia para la construcción del chasis, en donde se utilizó perfil estructural rectangular y la estructura interna de la carrocería con tubería cuadrada de acero calidad ASTM A36. Además, se utilizó tol (chapa), laminado en frío para la cubierta de la carrocería y las puertas.
- Se definió la geometría manteniéndola dentro de los límites mencionados en la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones, para la construcción del remolque con los materiales seleccionados y la capacidad de traslado de los equipos y herramientas necesarias. Se realizó simulaciones con carga axial y de flexión obteniendo un factor de seguridad superior a 4,4. Esto confirma que la estructura diseñada es confiable y segura desde el punto de vista resistivo.
- Con la simulación y demás estudios validados, se construyó el remolque de acuerdo con los planos de diseño, utilizando los materiales seleccionados técnicamente, en

función de los requerimientos y normativas del Ministerio de Transporte Ecuatoriano para el tránsito en la carretera. Así, se siguió un proceso de construcción efectivo y ordenado que duró aproximadamente dos meses, con todos los equipos de protección adecuados.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- Esta unidad de carga o remolque se diseñó basándose en las dimensiones de los equipos y herramientas disponibles en el taller de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte por lo que, en caso de adquirir nuevo herramental, se recomienda realizar nuevamente el respectivo análisis de dimensionamiento para que el remolque cumpla correctamente su función.
- Se recomienda identificar las necesidades y el presupuesto que se quiere invertir para la construcción de un remolque y los materiales disponibles en el mercado para realizar su posterior determinación y selección apropiada.
- En el diseño con chapa metálica, se recomienda dimensionar la estructura de la carrocería tomando en cuenta las medidas de los toles completos para evitar cortes innecesarios y optimizar el uso del material, evitando posibles desperdicios de material.
- Con respecto a las simulaciones se recomienda realizar un estudio de sensibilidad del factor de seguridad a distintos espesores de material. Esto considerando que el factor de seguridad obtenido en el presente trabajo es significativamente superior a la unidad.
- En caso de posteriores modificaciones se recomienda realizar un estudio aerodinámico al conjunto vehículo remolcador-remolque para considerar los efectos del aire en movimiento sobre su estructura.
- Se recomienda revisar los requerimientos necesarios para que el remolque pueda ser homologado.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- (INSHT), I. N. (2016). *Herramientas manuales: criterios ergonómicos y de seguridad para su selección*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT).
- Abasolo, M., Aguirrebeitia, J., & Ibai, C. (2017). *Guía práctica de elementos finitos en estática*. Madrid: Paraninfo.
- Actualidad Motor. (2019). *Actualidad Motor*. Obtenido de <https://www.actualidadmotor.com/rueda-de-repuesto-las-ventajas-de-la-rueda-galleta/>
- ADR GEPLASMETAL. (2016). Ejes, enganches y chasis para remolques. *Catálogo General 2016*, 12.
- Aduana. (14 de Marzo de 2012). *Servicio Nacional de Aduana del Ecuador*. Obtenido de [https://www.aduana.gob.ec/archivos/Boletines/tabla\\_nacional\\_de\\_pesos\\_y\\_dimensiones.pdf](https://www.aduana.gob.ec/archivos/Boletines/tabla_nacional_de_pesos_y_dimensiones.pdf)
- Aguila Román, A. (2020). *Reconstrucción de un vehículo tipo go-kart 2012 chasis motor yamaha 100 cc*. Guayaquil: Universidad Internacional de Ecuador.
- Ahumadores. (2019). *Ahumadores*. Obtenido de <https://tienda.ahumadores.cl/products/aserrin-de-cerezo>
- Alba Tarabata, R., & Guangasi Núñez, D. (2018). *Análisis aerodinámico de un prototipo de auto Eléctrico biplaza UTA CIM17*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Alba, V. A. (2021). *Estudio de soluciones para la optimización de procesos de mantenimiento ferroviario mediante la monitorización de algunos componentes del parque móvil en los talleres de metro de fgv (Valencia sud)*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Allamrajua, K. V. (2018). Nonlinear Behavior Of Quarter Locomotive Suspension System. *Materials Today*, 1.
- Amazon.es. (2019). *Amazon.es*. Obtenido de <https://www.amazon.es/Big-1190-Cono-Tr%C3%A1fico-Smoby/dp/B0002HWZP4>
- Arkiplus. (10 de 09 de 2021). *www.arkiplus.com*. Obtenido de <https://www.arkiplus.com/cargas-distribuidas/>

- Armijo, J. R. (2017). *Repositorio UTE*. Obtenido de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16555/1/69304\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16555/1/69304_1.pdf)
- Arnal, P., & Laguna, A. (2005). *Tractores y motores agrícolas*. Mundi prensa.
- Ashby, M. F. (2000). *Material Selection in Mechanical Design*. Butterworth Heinemann. Obtenido de [http://www.utc.fr/~hagegebe/UV/MQ12/CORRECTIONS\\_TD/%5BASHBY99%5D%20-%20Materials%20Selection%20In%20Mechanical%20Design%20Ed.pdf](http://www.utc.fr/~hagegebe/UV/MQ12/CORRECTIONS_TD/%5BASHBY99%5D%20-%20Materials%20Selection%20In%20Mechanical%20Design%20Ed.pdf)
- Aquilla Ocampo, J. L., & Torres Romero, C. R. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA ELÉCTRICO FÓRMULA SAE*. Cuenca.
- Bonde, J. (2014). *Car.inf*. Obtenido de <https://www.car.info/en-se/volkswagen/amarok/specs>
- Bosh, R. (2005). *Manual de la Técnica del Automovil*. Alemania: STAR Deutschland GmbH.  
Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=lvDitKKl1SAC&pg=PA360&lpg=PA360&dq=esfuerzo+resortes+ballesta&source=bl&ots=FgUaVQs7XH&sig=ACfU3U2lvLvs3RINwxux29ZRc3NdrWh0A&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjldOI78\\_nAhWDjFkKHdmbCqQQ6AEwEXoECAsQAQ#v=onepage&q=esfuerzo%20resort](https://books.google.com.ec/books?id=lvDitKKl1SAC&pg=PA360&lpg=PA360&dq=esfuerzo+resortes+ballesta&source=bl&ots=FgUaVQs7XH&sig=ACfU3U2lvLvs3RINwxux29ZRc3NdrWh0A&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjldOI78_nAhWDjFkKHdmbCqQQ6AEwEXoECAsQAQ#v=onepage&q=esfuerzo%20resort)
- BRAIN BEE. (2019). *TAAET Electronics*. Obtenido de <http://www.taaet.com/analizadores/12-analizador-de-gases-automotriz-brain-bee-el-ags-688.html>
- BT INGENIEROS. (2019). *BT Ingenieros*. Obtenido de <https://www.bt-ingenieros.com/herramientas-de-mecanica/31-llave-de-cadena-para-filtros-de-aceite.html>
- Camping Arena Blanca. (2018). *Camping Arena Blanca*. Obtenido de [https://www.campingarenablanca.com/tipos-de-remolques/#Remolque\\_de\\_enganche\\_o\\_remolque\\_completo](https://www.campingarenablanca.com/tipos-de-remolques/#Remolque_de_enganche_o_remolque_completo)
- Castillo Remolques. (2018). *Castillo Remolques*. Obtenido de <http://www.castilloremolques.com/productos/remolque-ummi>
- Cevallos. (2019). *Herramientas Cevallos*. Obtenido de [http://www.herramientascevallos.com/tienda/71831/engrasadora\\_manual\\_stanley\\_.php?idsp=](http://www.herramientascevallos.com/tienda/71831/engrasadora_manual_stanley_.php?idsp=)

- Chile, U. S. (s.f.). *Teorías de falla por fatiga*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Construdata. (2012). *Construdata*. Obtenido de [http://www.construdata.com/Bc/Otros/Newsletter/carreteras\\_clasificacion\\_y\\_componentes.asp](http://www.construdata.com/Bc/Otros/Newsletter/carreteras_clasificacion_y_componentes.asp)
- Cueva Vargas, C. N., & Curicama Pinargote, F. X. (Abril de 2018). *Escuela Politecnica Nacional*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19357/1/CD-8737.pdf>
- Dimec. (2011). *Unidad resistencia de materiales*. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile.
- Dipac. (2020). *dipacmanta*. Obtenido de <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>
- DIPAC Manta S.A. (2021). *DIPAC Productos de Acero*. Obtenido de <https://www.dipacmanta.com/barra-perforada>
- DL PARTS. (2019). *DL PARTS FOR TRAILERS*. Obtenido de <https://www.dlparts.ca/product/62hf-50sc-underslung-2000-lb-spring-suspension-idler-trailer-axle-with-5-4-5-bolt-pattern-a2i62>
- Estébanez García, J. (2012). *Diseño de un conector automático tractor remolque*. Madrid.
- Fabriles Importaciones. (2019). *Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-757079640-kit-tortuga-enganche-remolque-bocha-1-78-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-757079640-kit-tortuga-enganche-remolque-bocha-1-78-_JM)
- FAQ, O. A. (5 de septiembre de 2010). *vwwatercooled*. Obtenido de <https://www.vwwatercooled.com.au/forums/f130/official-amarok-faq-49510.html>
- FIXKIT. (201). *Amazon.es*. Obtenido de <https://www.amazon.es/Medidor-Combustible-Man%C3%B3metro-Herramientas-Probador/dp/B077PQMVJW>
- FORD. (2019). *Kelley Blue Book*. Obtenido de <https://www.kbb.com/ford/e350-super-duty-passenger/2010/>
- García Ramos, F. (2012). Tendencias técnicas y recomendaciones de uso de los neumáticos de los tractores. *Vida rural*, 24.

- Gomez Casallas, L., & Mendez Muñoz, M. (2017). *Manual de seguridad para la prevención de riesgos mecánicos en la empresa todo eléctrico*. Bogotá.
- Gomez Morales, T., Martín Navarro, J., & Águeda Casado, E. (2016). *Estructuras del vehículo*. Meres Asturias: Paraninfo.
- Gonzales Herrera, E. (2018). *Análisis estructural de un sistema de enganche de remolque automotriz mediante el método de elemento finito*. Nuevo Leon: Universidad Autonoma de Nuevo Leon.
- González, S. G. (2008). *El gran libro de SolidWorks*. marcombo.
- Grainger. (2019). *Grainger Mexico*. Obtenido de <https://www.grainger.com.mx/producto/KIDDE-Extintor-Incendios%2CABC%2C20-lb-%2CQu%C3%ADm-Seco/p/5T903?analytics=searchResults>
- GYEMO. (2019). *GYEMO*. Obtenido de <https://www.gyemo.com/lampara-de-trabajo-portatil-con-interruptor-y-cable-de-10-metros-gsc-0600197.html>
- INEN. (Enero de 2013). *www.ambiente.gob.ec*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/NTE-INEN-2266-Transporte-almacenamiento-y-manejo-de-materiales-peligrosos.pdf>
- Ing. Zamboni, R. (2010). *Facultad de Ingeniería*. Obtenido de Universidad Nacional del Nordeste: [http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad\\_2/Cap11-Dinam.pdf](http://ing.unne.edu.ar/mecap/Apuntes/Estabilidad_2/Cap11-Dinam.pdf)
- Jaramillo Suárez, H., & Alba de Sánchez, N. (2018). *Mecánica de la fractura y análisis de falla en metales*. Santiago de Cali: Univeridad Autonoma del Occidente.
- Jeep Ecuador. (2019). *Jeep Ecuador*. Obtenido de <http://jeep.com.ec/autos-nuevos/Wrangler-Rubicon/>
- KONNWEI. (2019). *DHgate*. Obtenido de <https://es.dhgate.com/product/konnwei-kw850-new-best-obd-2-obd2-auto-scanner/425210095.html>
- López, Jorge; Morillo, Mauricio. (2009). *Diseño y construcción de un remolque con capacidad para dos motocicletas*. Quito.
- Lopez, B. P. (2014). *Análisis de las propiedades mecánicas de un acero estructural a-36 que presenta fases dobles*. Arequipa: Universidad catolica santa maría.

- Mader. (2019). *BRICO-LEMAR*. Obtenido de <https://www.bricolemar.com/generadores-a-gas-y-gasolina/11383-generador-electrico-a-gasolina-55kva-mader.html>
- Mannesmann, B. (2019). *Manomano*. Obtenido de <https://www.manomano.es/p/brueder-mannesmann-inflador-de-neumaticos-con-manometro-15-bares-1543-4274094>
- manualslib. (2017). *manualslib the ultimate manuals library*. Obtenido de <https://www.manualslib.com/manual/1051979/Husky-Hu5000-Storm-Series.html?page=18#manual>
- Martínez, H. G. (2005). *Manual del Automovil Reparación y Mantenimiento*. Madrid, España: CULTURAL, S.A.
- McCormac, J. C., & Csernak, S. F. (2013). *Diseño de Estructuras de Acero*. Mexico: Alfaomega.
- Medina , C. (20 de agosto de 2018). *Motor y dominio*. Obtenido de <https://www.motorydominio.com.mx/tips/distribucion-de-carga-en-remolques-de-manera-segura#.YUDQ3J1KhPY>
- Meza Hidalgo, D., & Villegas Bascuñan, L. (2019). *Protocolo de revisión y reparación de herramientas eléctricas en un servicio técnico*. Concepción.
- Minga Espinoza, A., & Morocho Yauripoma, C. (2018). *Diseño y construcción de un sistema de suspensión posterior mediante software cad/cae para un prototipo híbrido biplaza 4x4 de la carrera de ingeniería automotriz*. Riobamba: Escuela superior politécnica de chimborazo .
- Ministerio de Transporte. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMETRICO DG-2013*. LIMA.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (23 de Agosto de 2011). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas Ecuador*. Obtenido de [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/Literal-K-Proyecto-175200000.0000.375118\\_PROY.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/Literal-K-Proyecto-175200000.0000.375118_PROY.pdf)
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (Enero de 2017). *Ministerio de Transporte y Obras Públicas*. Obtenido de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/STT\\_Certificados-de-Operacion-Regular-y-Especial.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/01/STT_Certificados-de-Operacion-Regular-y-Especial.pdf)

- Montenegro, A. (2017). *Construcción de una máquina para medir las características de los muelles*. Barcelona: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Barcelona.
- Montero Vaca, W. O. (2018). *Seguridad activa del sistema de suspensión de las camionetas chevrolet luv dmax de la cooperativa san pablo, en la parroquia san pablo del lago, del canton otavalo*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Montes Ortega, A., & Montes Ortega, F. J. (2012). *Verificación de estructuras deformadas (MF0125\_2)*. Málaga: IC Editorial.
- Montoya Vallesilla, J. O. (2015). *Elementos básicos de resistencia de materiales*. Ibagué: Ediciones Unibagué.
- Motor Tool. (2019). *Mercado Libre*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-515141275-manometro-presion-cilindro-motor-tool-tester-compresimetro-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-515141275-manometro-presion-cilindro-motor-tool-tester-compresimetro-_JM)
- motorgiga, D. (2021). *diccionario motorgiga com*. Obtenido de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/pendiente-definicion-significado/gmx-niv15-con195094.htm>
- MUGAR. (2019). *Importaciones Mugar*. Obtenido de <https://www.importacionesmugar.es/es/bidones-alimentarios/bidon-gasolina-10-litros-2569>
- Normalización, I. E. (2012). *Normas PDF*. Obtenido de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/2656.pdf>
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Máquinas*. México: Pearson Educación.
- Olivia Domínguez, R. (18 de Noviembre de 2011). *Ingemecanica*. Obtenido de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn73.html>
- Piña Feijoo, R. (2021). *Diseño y construcción de un remolque utilitario para vehículos monoplaza de karting*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador.
- R.C.Hibbeler. (2006). *Mecánica de Materiales*. México: Pearson Prentice Hall.
- Red Wing Steel Works. (Enero de 2010). *Red Wing Steel Works*. Obtenido de <http://utilitytrailerplans.net/tag/utility-trailer-plans/>

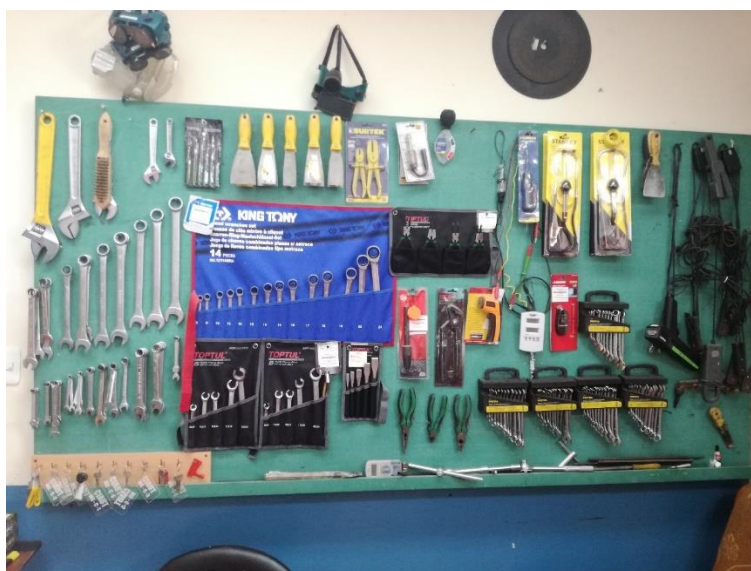


- Ringegni, P. (2020). *Mecanismos y elementos de máquinas mecanismos y sistemas de aeronaves*. La Plata: Universidad nacional de la Plata.
- Rodríguez Vidal, C., & López Maroño, J. (2016). *Diseño mecánico con SolidWorks 2015*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Rodriguez, C. (04 de Agosto de 2014). *Norplan Engineering*. Obtenido de [http://www.technicalcourses.net/portal/es/blog/blog\\_entrada.php?entrada\\_id=89](http://www.technicalcourses.net/portal/es/blog/blog_entrada.php?entrada_id=89)
- ROGEN. (2019). *ROGEN*. Obtenido de <https://www.rogen.org/gatoshidraulicos/10513-GATOHIDRAULICODEBOTELLA30Ton.html>
- Romeva, C. R. (2008). *Universitat Politècnica de Catalunya*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36844/9788498804065.pdf>
- Ruedas RAR S.A. (2013). *Ruedas RAR S.A.* Obtenido de <http://www.ruedasrar.com/productos/ejes-suspension-goma-torsion/>
- SAILFLO. (2019). *AliExpress*. Obtenido de [https://www.aliexpress.com/item/32933386161.html?aff\\_platform=aaf&cpt=1569000726504&sk=AYNZbMb&aff\\_trace\\_key=de517a54d8324a959a8b4bb924bc95e6-1569000726504-02584-AYNZbMb&terminal\\_id=7735483111734def925069ecbaea136d](https://www.aliexpress.com/item/32933386161.html?aff_platform=aaf&cpt=1569000726504&sk=AYNZbMb&aff_trace_key=de517a54d8324a959a8b4bb924bc95e6-1569000726504-02584-AYNZbMb&terminal_id=7735483111734def925069ecbaea136d)
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (Septiembre de 2016). *Normalización*. Obtenido de [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2656-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf)
- Servin Castañeda, R., Lopez Reina , L., & Garcia Yregoi, M. (2018). Desarrollo de un modelo de redes neuronales artificiales para predecir la dureza de la superficie de un acero A-36, tomando como variables la defromación térmica y la temperatura, producidas a lo largo del proceso de soldadura. *Revista del Diseño Innovativo*, 4.
- Shackelford, J. F. (2005). *Introducción a la ciencia de materiales ingenieros*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Sloan, B. (28 de Marzo de 2017). *SLOAN Security Group*. Obtenido de <https://sloansg.com/proper-trailer-loading-techniques-weight-distribution/>
- Souflas, I., Pezouvanis, A., & Ebrahimi, K. (2018). Mechanical systems and signal processing. *elsevier*, 673.

- STANLEY. (2019). *STANLEY*. Obtenido de <https://www.stanleyworks.es/products/sub4/Productos/HERRAMIENTAS+MANUALES+/Destornilladores+/Juegos+de+destornilladores+>
- Sumimsa. (2015). *Suminsa*. Obtenido de <https://www.sumimsa.com.mx/catalogo/hidraulica.pdf>
- SYRSA Automoción. (2018). *SYRSA Automoción*. Obtenido de [https://syrsa.com/como\\_saber\\_cuales\\_son\\_las\\_medidas\\_de\\_tu\\_neumatico.pdf](https://syrsa.com/como_saber_cuales_son_las_medidas_de_tu_neumatico.pdf)
- Systemes, D. (2021). *SOLIDWORKS Web Help*. Obtenido de [http://help.solidworks.com/2021/spanish/SolidWorks/cworks/c\\_Factor\\_of\\_Safety\\_Check.htm?verRedirect=1](http://help.solidworks.com/2021/spanish/SolidWorks/cworks/c_Factor_of_Safety_Check.htm?verRedirect=1)
- Systems, D. (2021 ). *SOLIDWORKS Web Help*. Obtenido de [http://help.solidworks.com/2021/spanish/SolidWorks/cworks/c\\_Background\\_on\\_Meshing.htm?verRedirect=1](http://help.solidworks.com/2021/spanish/SolidWorks/cworks/c_Background_on_Meshing.htm?verRedirect=1)
- TOOLS, K. (2019). *OSCARO SL*. Obtenido de <https://www.oscaro.es/juego-de-llaves-combinas-carraca-fija-ks-tools-503-4665-5483907-10290-p>
- TRUPER. (2019). *DAKXIM*. Obtenido de <https://bombasumergible.com.mx/tienda/producto/compresor-de-aire-truper-50l-nogoni-pretul-oakland-2/>
- TRUPER. (2021). *Manuales*. Obtenido de <https://manuall.es/truper-comp-25l-compresor/>
- Valcárcel, J. (2015). *Dirección General de Tráfico*. Obtenido de <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XVIII-Curso-de-Profesores/Reglamentacion-vehiculos-pesados.pdf>
- Vizán Viñas, G. (2014). *Estructuras de diseño*. Madrid: Editex.
- Volkswagen. (28 de Agosto de 2015). *Autoblog*. Obtenido de <https://autoblog.com.ar/2015/08/28/amarok-ultimate/>
- Zarate Cruz, R. (2016). *Diseño y simulación de una impresora 3D repara compatible con solidworks y mastercam*. Ciudad Madero.

## ANEXOS

### HERRAMIENTAS TALLER INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



# CATÁLOGO BALLESTAS

Código	DESCRIPCION	Paquete	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a
280704V	DAHATSU ROCKY M88 DEL	-	34.48	17.96	17.91	13.40	8.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280707V	DAHATSU ROCKY M88 POS	-	31.78	19.37	18.65	9.86	13.75	1.20	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-
280725V	DAHATSU DELTA M90 DEL	-	41.79	27.88	24.57	21.34	17.93	17.09	13.62	8.52	-	-	-	-	-	-	-
280730V	DAHATSU DELTA M2003 DEL	-	33.34	26.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280701V	DATSUN 1300 M72 POS	-	20.19	7.78	6.54	10.94	8.25	5.22	4.21	-	-	-	-	-	-	-	-
280713V	DATSUN 1000 SW M69 POS	-	19.02	15.55	15.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280718S	DATSUN 1000 M69-70 DEL ESPECIAL	-	-	-	-	6.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280719V	DATSUN 1000 M69-70 DEL	-	12.94	12.07	12.36	12.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280722V	DATSUN 1300 M72 POS	-	20.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280725A	DATSUN 1500 M73-77 AUXILIAR	-	-	-	-	-	24.61	12.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280725V	DATSUN 1500 M73-77 POS 6 HOJAS	118.06	25.37	18.78	16.26	14.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280731V	DATSUN 120 Y M74 POS	-	16.98	12.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
280734V	DATSUN 1200 M74-78 POS 4 HOJAS	56.37	15.56	13.43	12.39	12.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
282155V	DATSUN 1600-1600 M78-80 POS	-	26.79	21.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360933S	FIAT UNO M88 POS ESPECIAL	-	-	23.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360933V	FIAT UNO M88 POS	56.04	24.29	13.89	12.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
370087V	FOTON 3300 M2007 DEL	-	42.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380230A	FORD EXPLORER M91-96 AUXILIAR	-	-	-	-	20.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380230V	FORD EXPLORER M91-96 POS	-	34.77	22.59	19.18	19.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380238V	FORD RANGER M99 POS	-	31.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380311A	FORD F150 M2010 AUXILIAR	-	-	50.85	36.46	-	43.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380311V	FORD F150 M2010 POS	-	-	65.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380327V	FORD EXPLORER M99 POS	-	36.47	24.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380328V	FORD F150 LAPLAT M98 POS	-	57.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380417V	FORD F350 4x4 M2001 DEL	-	57.39	57.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380501E	FORD TANDEM M90 POS	-	62.12	61.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380501V	FORD TANDEM M90 POS	-	16.27	16.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380516A	FORD CARGO 1720 M/80 AUXILIAR	-	-	-	-	16.27	16.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380518V	FORD CARGO 1720 M2006 DEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380507V	FORD ECONOLINE M82 POS	-	30.56	22.52	21.43	10.61	8.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380516A	FORD CARGO 1720 M2004 AUXILIAR	-	36.32	36.32	36.32	-	-	-	-	-	-	43.37	-	-	-	-	-
380516R	FORD CARGO 1720 M2004 RADIAL	-	-	50.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380516S	FORD CARGO 1720 M2004 POS ESPECIAL	-	59.34	57.88	48.22	42.26	33.12	29.56	23.87	21.45	-	-	11.85	6.05	6.05	6.05	-
380516V	FORD CARGO 1720 M2004 POS	-	35.65	21.63	20.31	16.56	14.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380594TV	FORD TRADER M74 80 DEL	-	-	-	27.24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380598E	FORD TANDEM 9000 M70 POS	-	49.67	50.68	42.87	35.72	30.62	27.75	26.06	21.56	19.31	16.41	13.63	10.80	4.34	-	-
380598H	FORD TANDEM 9000 M70 POS	-	-	38.02	35.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380598S	FORD TANDEM 9000 M70 POS ESPECIAL	-	-	54.10	41.35	35.65	33.92	33.75	33.13	29.19	27.97	24.81	23.36	22.08	-	-	-
380598V	FORD TANDEM 9000 M70 POS	389.75	60.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Los precios incluyen IVA





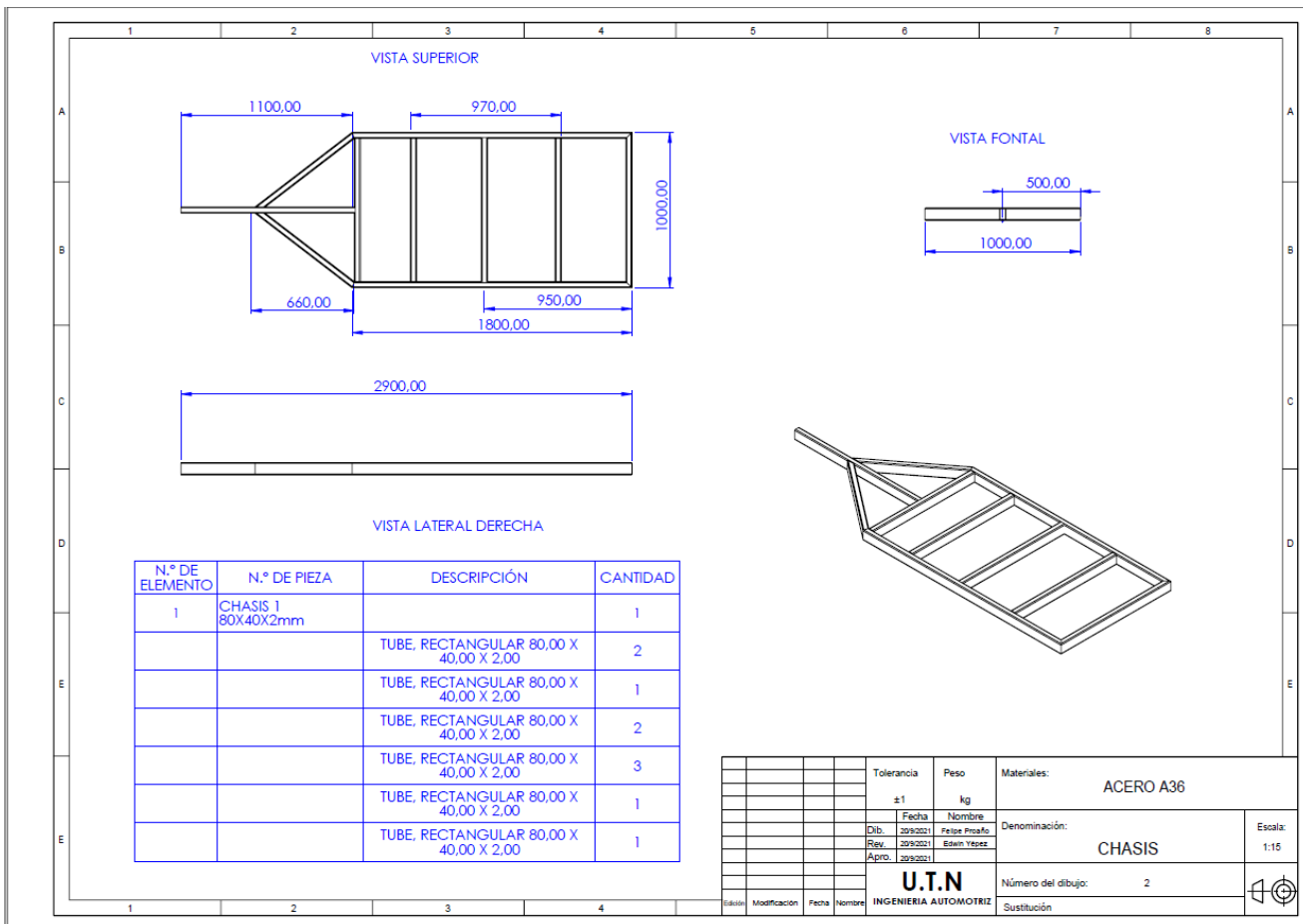
Codigo	DESCRIPCION	Paquete	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a	11a	12a	13a	14a	15a
240556A	CHEVROLET LUV 1600 M/76-80 AUXILIAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240556V	CHEVROLET LUV 1600 M/76-80 POS	-	18.51	17.08	14.29	11.97	14.48	5.79	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240578A	CHEVROLET TROOPER M/80 93 POS 4 HOJAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240578S	CHEVROLET TROOPER M/80 93 AUXILIAR	102.40	-	19.70	-	15.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240578V	CHEVROLET TROOPER M/80 93 POS 5 H ESPECIAL	87.88	25.45	16.33	13.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240581V	CHEVROLET S 50 M/68 POS	-	47.75	36.71	34.11	30.80	28.10	22.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240594A	CHEVROLET BLAZER M/81 AUXILIAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240594V	CHEVROLET BLAZER M/81 POS	-	39.50	22.03	18.84	18.21	14.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240616V	CHEVROLET NPR M/2015 POS	-	39.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240659H	CHEVROLET-FORD 6000/700/750 POST 14 HOJAS	-	-	39.20	32.57	30.11	27.10	24.08	19.80	18.48	17.11	14.21	13.58	-	-	-	-
240659V	CHEVROLET-FORD 6000/700/750 RADIAL	-	-	24.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240659V	CHEVROLET C 30 M/70 POS ESPECIAL	-	34.89	34.78	30.05	27.80	24.51	22.70	19.69	18.12	14.58	12.06	12.41	-	-	-	-
240677S	CHEVROLET C 30 M/70 POS	-	-	31.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240677V	CHEVROLET C 30 M/70 POS	-	42.85	25.83	24.29	22.81	22.43	21.12	20.41	17.30	-	-	-	-	-	-	-
240716V	CHEVROLET VAN N200 M/2013 POS	-	20.43	12.04	11.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240816V	CHEVROLET D-MAX 4X4 M/2012 POS	144.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240916V	CHEVROLET D-MAX 4X2 M/2012 POS	164.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
240989V	CHEVROLET SILVERADO M/96 POS	-	40.83	39.42	33.97	29.56	26.07	22.99	18.38	13.83	9.66	-	-	-	-	-	-
242321V	CHEVROLET CHEVY FURGONETA VAN	-	41.33	-	-	20.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242417A	CHEVROLET LUV 2300 M/90 AUXILIAR	-	-	19.78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242417S	CHEVROLET LUV 2300 M/90 POS ESPECIAL	109.30	-	16.77	12.79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
242417V	CHEVROLET LUV 2300 M/90 POS 4 HOJAS	89.51	25.44	24.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248102S	CHEVROLET MINI-BLAZER M/96 POS ESPECIAL	-	31.39	19.66	16.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248102V	CHEVROLET MINI-BLAZER M/96 POS	-	-	-	-	23.94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248302A	CHEVROLET GRAND BLAZER M/95	-	35.01	26.38	20.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248302V	CHEVROLET GRAND BLAZER M/95	-	-	31.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248326S	CHEVROLET MINI-BLAZER M/90 POS ESPECIAL	-	36.41	23.32	18.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
248326V	CHEVROLET MINI-BLAZER M/90 POS	-	87.52	74.49	68.57	52.61	31.45	21.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
249407H	CHEVROLET KODIAK M/2001 DEL	-	84.30	68.67	51.44	50.26	32.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
249407V	CHEVROLET KODIAK M/2001 DEL	-	87.82	71.79	42.72	36.02	54.25	44.41	35.72	26.22	16.15	12.12	-	-	-	-	-
249414A	CHEVROLET KODIAK M/2003 AUXILIAR 4 HOJAS	124.25	25.66	24.20	18.85	15.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
249414V	CHEVROLET KODIAK M/2003 POS 10 HOJAS	436.06	72.43	70.68	48.59	40.63	54.19	40.05	32.14	25.33	15.41	3.96	-	-	-	-	-
249423V	CHEVROLET KODIAK M/96 POS	-	75.88	71.79	42.72	36.02	54.25	44.41	35.72	26.22	16.15	12.12	-	-	-	-	-
249426V	CHEVROLET KODIAK M/96 DEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260680V	DAIHATSU DELTA M/82 DEL	144.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260683V	DAIHATSU DELTA M/80-82 POS	-	84.30	67.56	49.84	42.33	24.66	19.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260689V	DAIHATSU DELTA M/90 POS	-	43.50	31.35	27.70	24.23	19.16	13.68	9.11	-	-	-	-	-	-	-	-
260692V	DAIHATSU S HORRIMIGA 4X4 M/76-80	-	42.91	30.84	25.35	21.99	18.51	14.89	11.94	11.69	-	-	-	-	-	-	-
260695V	DAIHATSU S HORRIMIGA 4X4 M/76-80	-	17.61	15.00	14.05	12.19	9.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
260695V	DAIHATSU S HORRIMIGA 4X4 M/76-80	-	19.07	16.66	15.48	13.39	10.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

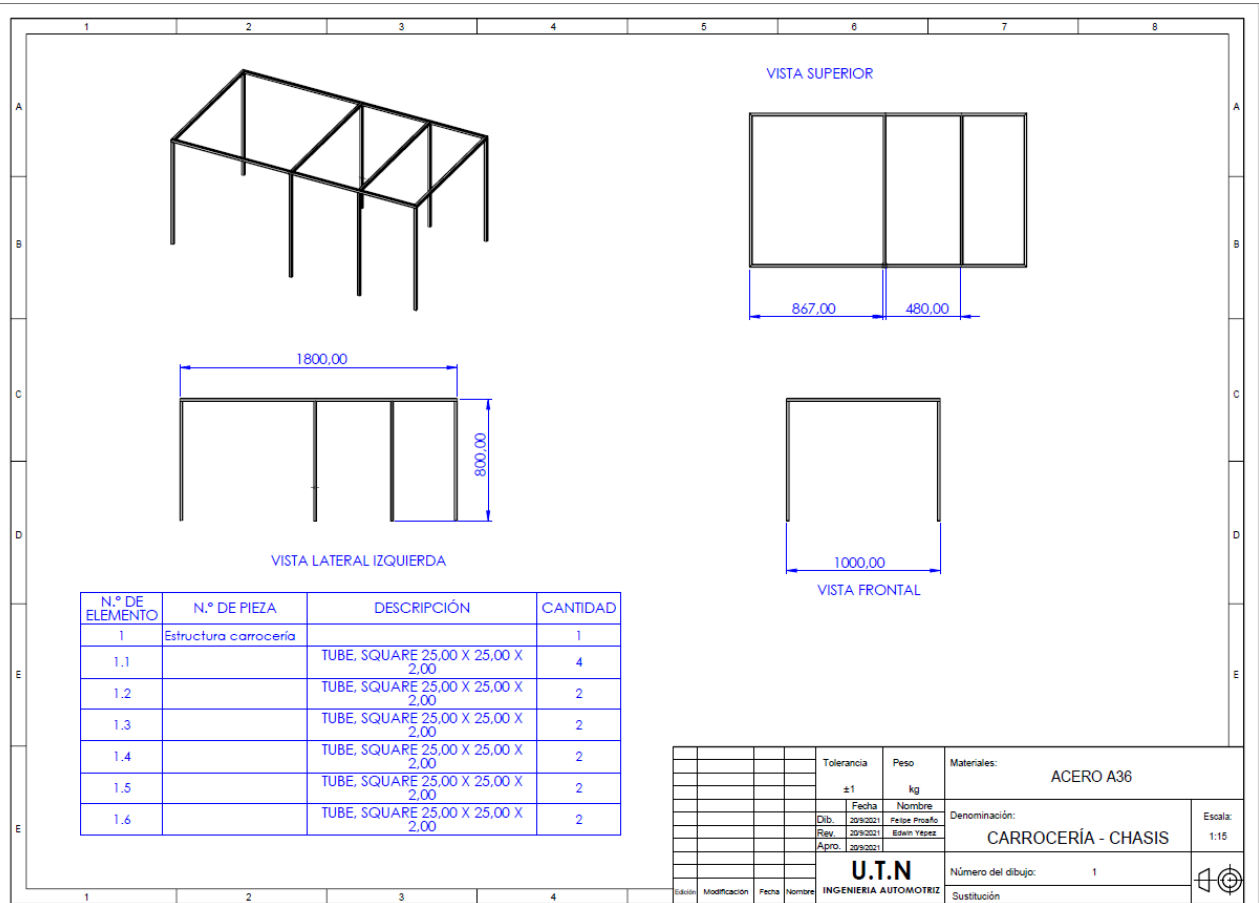
Tous precios incluyen IVA



## ANEXOS II.

### ESQUEMAS - PLANOS





**ANEXOS III.**  
**PRUEBAS DEL REMOLQUE**





## ANEXOS IV

## TABLA DE COSTOS Y MATERIALES.

Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tubo acero rectangular 40x80x2mm	2	\$ 47,25	\$ 94,50
Tubo acero cuadrado 25 x 2 mm	5	\$ 11,47	\$ 57,35
Tol acero negro 1,4mm	3	\$ 47,00	\$ 141,00
Disco de corte 4"	4	\$ 1,80	\$ 7,20
Disco de desbaste 4"	2	\$ 2,60	\$ 5,20
Juego de luces y bombillas	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Aldabas	5	\$ 5,00	\$ 25,00
Neumáticos Rin 14	2	\$ 43,99	\$ 87,98
Aros y puntas de eje			\$ 120,00
Conjunto de Hojas de resorte y cauchos	2	\$ 75,00	\$ 150,00
Generador Husky 5000Watts	1		\$ 350,00
Compresor Truper	1		\$ 250,00
Conos	3	\$ 5,00	\$ 15,00
Bidon de gasolina y agua	2	\$ 2,50	\$ 5,00
Silicon Negro	2	\$ 3,00	\$ 6,00
Thinner	2 Galones	\$ 5,00	\$ 10,00
Fondo anticorrosivo	1 Galón	\$ 12,00	\$ 12,00
Pintura Negra Sintetica Automotriz	1 Galón	\$ 28,00	\$ 28,00
Soquet o terminal de 6 cables	1		\$ 2,80
Acople de enganche y bola de 1-7/8"			\$ 35,00
Mano de Obra	2	\$ 100,00	\$ 200,00
Pernos para hojas de resorte			\$ 8,88
Angulos de 1" aluminio decorativo	2	\$ 10,00	\$ 20,00
Electrodo 6011	3kg	\$ 5,80	\$ 17,40
Enllantaje			\$ 5,00
Transporte, gasolina y peajes			\$ 60,00
Rueda maciza o garrucha	1		\$ 16,00
Masilla plastica automotriz	1/4 de litro		\$ 6,80
<b>TOTAL</b>		\$ 1.766,11	

