

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de una plataforma remolque para la transportación de vehículos y  
maquinaria.”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Edison Manuel Corrales Calderón

Ronny Fernando Martínez Rodríguez

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

Año: 2020

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios, por brindarme salud, paciencia y sabiduría para lograr con éxito esta nueva meta académica.

A mi esposa e hijo que son los pilares fundamentales en mi vida y que gracias a su amor infinito, comprensión y apoyo incondicional me han impulsado a superar cualquier obstáculo.

Finalmente, a mis padres que a través de sus consejos, enseñanzas y cariño hicieron de mí, una gran persona.

**Edison Corrales Calderon**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico a Dios, a mi esposa e hijos y a la noble institución como lo es la Armada del Ecuador, los cuales fueron los pilares fundamentales de seguir mejorando mi conocimiento y poder así contribuir con el desarrollo del país.

**Ronny Martinez Rodriguez**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica del Litoral, docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica y autoridades por impartir su conocimiento y sabiduría a través del desarrollo de la carrera.

A nuestro tutor de tesis que gracias a su asesoramiento y guía, se logró culminar con éxito este proyecto.

Finalmente, de una manera muy especial a la Dirección General de Educación y Doctrina de la Armada por habernos brindado la oportunidad de continuar capacitándonos profesionalmente, con el fin de fortalecer el sector técnico y la investigación en esta noble Institución.

Edison Corrales Calderon  
Ronny Martinez Rodriguez

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Edison Corrales Calderón* y *Ronny Martínez Rodríguez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Edison Corrales  
Calderón



---

Ronny Martínez  
Rodríguez

## EVALUADORES



Jorge Marcial Hernández

PROFESOR DE LA MATERIA



Jorge Marcial Hernández

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de un remolque con plataforma inclinable de capacidad máxima de tres toneladas, para el transporte de vehículos y maquinarias. La metodología de diseño consistió en la utilización de software de ingeniería para dimensionar toda la estructura del remolque y posteriormente mediante la técnica de análisis de elementos finitos validar la resistencia estructural. Los análisis realizados fueron: simulación con cargas de impacto con un 30% adicional de la carga total a remolcar, en base a la norma ASHHTO; simulación con carga de frenado y giro en base a la norma NTE-INEN 1323 y por último el dimensionamiento de los ejes en base a la norma INEN 1129 y 1130. Además, se realizaron cálculos analíticos para la obtención de reacciones en cada uno de los componentes del sistema que sirvieron para la selección del soporte fijo del remolque, cilindro hidráulico, selección de ballestas, llantas y componentes mecánicos. Como resultado se obtuvieron las deformaciones, esfuerzos máximos y factores de seguridad permitidos, siendo estos los parámetros que validen el correcto funcionamiento y posterior construcción del prototipo. Finalmente, este proyecto garantiza transportar un vehículo o maquinaria desde un punto a otro, satisfaciendo las necesidades del usuario con un producto seguro, confiable, de manufactura práctica y comercializable.

**Palabras Clave:** Remolque, Plataforma Inclinable, resistencia estructural, elementos finitos, transporte, diseño mecánico.

## **ABSTRACT**

*This project consists of the design of a trailer with a tilting platform with a maximum capacity of three tons for the transport of vehicles and machinery. The design methodology consisted of the use of engineering software to size the entire structure of the trailer and later, using the finite element analysis technique, to validate the structural resistance. The analyzes carried out were: simulation with impact loads with an additional 30% of the total load to be towed, based on the ASHHTO standard; simulation with braking and turning load based on the NTE-INEN 1323 standard and finally the dimensioning of the shafts based on the INEN 1129 and 1130 standard. In addition, analytical calculations were performed to obtain reactions in each of the system components that were used for the selection of the fixed support of the trailer, hydraulic cylinder, selection of leaf springs, tires and mechanical components. As a result, the deformations, maximum efforts and safety factors allowed were obtained, these being the parameters that validate the correct operation and subsequent construction of the prototype. Finally, this project guarantees to transport a vehicle or machinery from one point to another, satisfying the user's needs with a safe, reliable product, of practical and marketable manufacture.*

*Keywords: Trailer, Tilting Platform, structural strength, finite elements, transportation, mechanical design.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>II</i>
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Definición del Problema .....	2
1.2 Justificación del proyecto .....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
1.4 Marco teórico .....	3
1.4.1 Remolque: .....	3
1.4.2 Partes de un remolque.....	6
1.4.3 Pesos y dimensiones:.....	7
1.4.4 Sistema eléctrico .....	8
1.4.5 Categorías según sus aplicaciones.....	8
1.4.6 Clasificación según su peso.....	9
1.4.7 Clasificación por tipos de remolques.....	9
CAPÍTULO 2 .....	10
2. Metodología.....	10

2.1	Metodología del diseño .....	11
2.2	Generalidades del Diseño .....	12
2.3	Necesidades y Requerimientos del Cliente .....	14
2.4	Diseño Conceptual .....	14
2.4.1	Normas y Códigos .....	15
2.4.2	Alternativas de Solución .....	16
2.4.3	Matriz de Decisión .....	20
2.4.4	Elección de la Mejor Alternativa .....	21
2.5	Análisis de cargas y diseño estructural del remolque .....	22
2.5.1	Especificaciones y determinación de cargas.....	22
2.5.2	Dimensionamiento y Modelamiento del Chasis o Bastidor .....	23
2.5.3	Selección y Diseño del Eje de Transmisión .....	28
2.5.4	Flujograma de la metodología de diseño del remolque .....	30
CAPÍTULO 3 .....		31
3.	Resultados y análisis .....	31
3.1	Remolque.....	31
3.1.1	Estructura: .....	31
3.1.2	Anclaje.....	45
3.2	Sistema Hidráulico .....	45
3.2.1	Selección del cilindro hidráulico .....	45
3.2.2	Selección de la pata hidráulica .....	46
3.2.3	Selección del Winche.....	47
3.3	Sistema de transmisión .....	47
3.3.1	Dimensionamiento del eje.....	47
3.3.2	Selección de la punta de eje y masa.....	50
3.3.3	Selección de la ballesta .....	50
3.3.4	Selección del Sistema de Frenado.....	51

3.3.5	Selección de los neumáticos.....	52
3.4	Listado de Materiales y Costos.....	53
3.4.1	Estructura .....	53
3.4.2	Sistema hidráulico .....	54
3.4.3	Sistema de transmisión.....	55
3.4.4	Costos finales del diseño .....	56
CAPÍTULO 4 .....		57
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	57
4.1	Conclusiones.....	57
4.2	Recomendaciones.....	58
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

## **ABREVIATURAS**

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AISC	American Institute Steel of Construction
ANSI	American National Standards Institute
ANSYS	Swanson Analysis Systems
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
DCL	Diagrama de Cuerpo Libre
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization for Standardization
MEF	Método de Elementos Finitos
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NIST	National Institute of Standards and Technology
PBV	Peso Bruto Vehicular

## SIMBOLOGÍA

a	aceleración
Bar	Bares
cm	Centimetro
Cv	Carga Viva
Cvi	Carga Viva con sobrecarga e Impacto
Cvr	Carga Viva con Sobrecarga
d	Diámetro del eje
F	Fuerza
Fs	Factor de Seguridad
g	Aceleración de la Gravedad
h	horas
I	Inercia
In	Pulgadas
Kg	Kilogramo
L	Longitud de la viga
Lb	Libra
m	Metro
M	Momento Flector
m/s	Metros por segundos
mg	Miligramo
mil	Milésima de pulgada
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascales
Pa	Pascales
S	Módulo de Sección Elastica
Se	Resistencia a la fatiga
Sut	Límite de resistencia a la rotura
Sy	Esfuerzo de Fluencia
v	velocidad
W	Peso
w	Velocidad angular

$\rho$	Densidad
$\sigma_{\max}$	Esfuerzo máximo normal
$\sigma_{vm}$	Esfuerzo de Von Misses
$\tau$	Esfuerzo de Torsión

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Remolque.....	4
Figura 1-2 Remolque con tiro .....	4
Figura 1-3 Remolque con eje central.....	5
Figura 1-4 Semirremolque.....	5
Figura 1-5 Categoría de los remolques según su aplicación. ....	8
Figura 2-1 Fases del Proceso de Diseño de Ingeniería .....	10
Figura 2-2 Esquema del Diagrama de Procesos del Remolque .....	11
Figura 2-3 Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones .....	13
Figura 2-4 Diseño de Forma de la mejor alternativa .....	21
Figura 2-5 Esquema Principal de la Estructura y distribución de apoyos.....	25
Figura 2-6 Distribución de cargas en la viga principal (remolque en reposo) .....	26
Figura 2-7 Distribución de cargas en la viga principal (remolque en movimiento).....	28
Figura 2-8 Distribución de cargas y esquema del eje .....	29
Figura 2-9 Flujograma del diseño del remolque.....	30
Figura 3-1 Esquema del bastidor.....	31
Figura 3-2 Esquema del marco de la plataforma .....	32
Figura 3-3 Cargas y soporte de la estructura del remolque en movimiento .....	33
Figura 3-4 Deformación de la plataforma del remolque en movimiento .....	33
Figura 3-5 Esfuerzos de Von Misses Punto1 .....	34
Figura 3-6 Esfuerzos de Von Misses Punto2.....	34
Figura 3-7 Factor de Seguridad de la plataforma en movimiento .....	35
Figura 3-8 Cargas y soportes de la plataforma considerando carga de frenado .....	36
Figura 3-9 Deformación de la plataforma considerando carga de frenado .....	36
Figura 3-10 Esfuerzos Von Misses debido a carga de frenado Pt1 .....	37
Figura 3-11 Esfuerzos Von Misses debido a carga de frenado Pt2 .....	37
Figura 3-12 Factor de Seguridad de la Plataforma con carga de frenado.....	38
Figura 3-13 Cargas y soportes de la plataforma considerando carga de giro .....	39
Figura 3-14 Deformación de la plataforma considerando carga de giro.....	39
Figura 3-15 Esfuerzo de Von Misses debido a carga de giro Pt1 .....	40
Figura 3-16 Esfuerzo de Von Misses debido a carga de giro Pt2 .....	40
Figura 3-17 Factor de Seguridad de la Plataforma con carga de giro.....	41

Figura 3-18 Cargas y soportes en la estructura del remolque en reposo.....	42
Figura 3-19 Esfuerzos de Von Misses de la Estructura Principal en reposo .....	42
Figura 3-20 Factor de seguridad .....	43
Figura 3-21 Deformación de la plataforma con inclinación a 14° .....	44
Figura 3-22 Esfuerzos de Von Misses .....	44
Figura 3-23 Tiro de bola 2 5/16 .....	45
Figura 3-24 Diagrama de fuerzas del soporte hidráulico fijo .....	46
Figura 3-25 Diagrama de Fuerzas sobre larguero principal .....	47
Figura 3-26 Cargas y soportes en el eje.....	48
Figura 3-27 Deformación sobre el eje .....	49
Figura 3-28 Esfuerzos de Von Misses sobre el eje.....	49
Figura 3-29 Factor de Seguridad sobre el eje .....	50
Figura 3-30 Paquete de Ballestas de 5 hojas .....	51
Figura 3-31 Sistema de Frenado con tambor y zapata .....	51
Figura 3-32 Neumático 265/75/R16 123Q .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Cantidad, ubicación y color de las luces posteriores .....	7
Tabla 1-2 Clasificación de los remolques según su peso .....	9
Tabla 1-3 Clasificación según su carga máxima permisible .....	9
Tabla 2-1 Requerimientos del Cliente .....	14
Tabla 2-2 Especificaciones para el Diseño .....	15
Tabla 2-3 Alternativas de Diseño del Remolque .....	16
Tabla 2-4 Escalas para la evaluación de los Factores .....	20
Tabla 2-5 Matriz de Decisiones entre las Alternativas .....	21
Tabla 3-1 Sistema Hidráulico .....	45
Tabla 3-2 Características del cilindro hidráulico .....	46
Tabla 3-3 Características del soporte hidráulico fijo .....	46
Tabla 3-4 Características del Winche Hidráulico .....	47
Tabla 3-5 Características de Neumáticos .....	52
Tabla 3-6 Listado de Materiales y Precios de la Estructura .....	53
Tabla 3-7 Listado y precios del planchaje .....	53
Tabla 3-8 Listado y precio del eje .....	53
Tabla 3-9 Listado y precio de los pernos .....	53
Tabla 3-10 Listado y precio de los componentes .....	54
Tabla 3-11 Listado y precio para la soldadura .....	54
Tabla 3-12 Listado y precios del sistema hidráulico .....	54
Tabla 3-13 Listado y precios del eje de transmisión .....	55
Tabla 3-14 Listado y precios de la punta del eje y componentes .....	55
Tabla 3-15 Listado y precios del paquete de ballestas .....	55
Tabla 3-16 Cuadro costos totales .....	56

## ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Plano General del Diseño del Remolque
PLANO 2	Bastidor o Chasis
PLANO 3	Plataforma Inclinable
PLANO 4	Triángulo de Tiro
PLANO 5	Eje

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa CLINAUTO S.A. se dedica a la reparación y mantenimiento de autos livianos, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, Ambato.

El presente proyecto tiene como objetivo fortalecer los servicios que brinda la empresa, es decir, tiene la necesidad de implementar un remolque para transportar vehículos desde un punto a otro y satisfacer a los clientes en todo el servicio que brinda la empresa.

Además, el diseño del remolque tiene la capacidad de ser acoplado a un vehículo para ser movilizado de forma rápida, segura y fácil, teniendo en consideración la sujeción de la carga a transportar, la carga máxima permisible y las dimensiones del mismo.

Para cumplir con los requerimientos de capacidades y dimensionamiento es importante realizar un análisis de cargas por medio de un programa de elementos finitos (ANSYS), donde se debe evaluar la estructura en reposo y en movimiento de acuerdo a la norma AASHTO. Para el análisis en reposo permitirá dimensionar la quinta rueda del remolque y para el análisis dinámico del sistema nos permitirá dimensionar la estructura del remolque considerando cargas vivas, cargas de impacto, fuerzas de frenado, fatiga y entre otras cargas que afectarían el desempeño del remolque.

Para el diseño de los ejes se considera la norma UNE-EN 13103, la cual consiste en la determinación del diámetro adecuado del eje para asegurar la resistencia y rigidez en diferentes condiciones de carga y operación.

La selección de elementos y accesorios de seguridad se lo realiza de acuerdo a las normas y códigos vigentes de tránsito utilizadas en el país, los cuales se encuentran en el mercado local.

Por último, los resultados del diseño pretenden obtener un dimensionamiento óptimo, de bajo costo y que se ajuste a los requerimientos planteados en el proyecto para dejar de lado los diseños empíricos que solo se basan en los costos del mercado, pero no garantizan un buen desempeño del mismo.

## **1.1 Definición del Problema**

Los altos costos de alquiler de grúas y la falta de un equipo adecuado para facilitar el traslado de maquinaria que requieran rampas de acceso con poco grado de inclinación, se consideran un gran problema al momento de trasladar de una forma rápida y eficaz un producto de un punto a otro.

## **1.2 Justificación del proyecto**

En los últimos años el parque automotor ha crecido sustancialmente, lo cual implica una mayor demanda de transporte de remolques, ya sea por averías mecánicas o por logística. Este sistema tipo inclinable tiene la posibilidad de descender hasta el nivel del piso, el cual facilita el acceso de un vehículo de manera rápida, segura y eficaz, no implica ningún tipo de riesgo, es más cuando se trate de un siniestro con la ayuda de un winche eléctrico se podrá subir a la plataforma dicho vehículo. Así mismo se elimina el esfuerzo físico realizado por el operador ya que este sistema no consta con rampas u objetos que se desplacen hasta el piso, sino que con la ayuda de componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos es un proceso integrado, es decir se trata de un sistema nacional innovador que brinda facilidad de servicio de transporte de manera óptima, rápida y segura.

Además, de la necesidad en el área automotriz, también se ha visto una creciente demanda en el área de construcción o mantenimiento para lo cual requieren un transporte adecuado de la maquinaria y herramientas empleadas en este sector.

También vale recalcar que, con pequeñas modificaciones, el mismo remolque podría ser utilizado en otros sectores como agrícola, industrial y comercial.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Diseñar un remolque con plataforma inclinable seguro, de bajo costo, liviano, de fácil fabricación con productos nacionales para transporte de vehículos y maquinaria.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Elaborar el diseño y análisis estructural detallado del remolque inclinable mediante la utilización de Software CAD como Ansys e Inventor (Ingeniería Mecánica).
2. Seleccionar los mecanismos adecuados (amortiguadores, winches, suspensión, entre otros) que permita el correcto funcionamiento del remolque.
3. Elaboración de planos de diseño y fabricación del remolque inclinable usando un software CAD (Ingeniería Mecánica).
4. Determinar parámetros de diseño del remolque que cumpla con las normativas nacionales viales, cargas permitidas y de seguridad.
5. Validar el funcionamiento del sistema mediante software de simulaciones.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Remolque:**

Es un medio vehicular sin motor que se adapta a un medio de transporte para desplazarse de un lugar a otro, con el objetivo de llevar cualquier tipo de carga.

Este vehículo no motorizado consta con un chasis, ruedas, plataformas, entre otros elementos mecánicos que facilitan su funcionamiento.

El peso está establecido mediante la norma INEN-3833, la cual menciona los requerimientos mínimos para vehículos automotores, carrocerías de buses y remolques. Para un remolque con capacidad de 3500 kg se establece un mínimo de dos ejes en la parte trasera del mismo.

El dimensionamiento, diseño y montaje se considera la norma INEN-1323 donde establece las cargas de frenado, cargas de giro, carga viva, carga muerta, y las diferentes definiciones para la construcción de una carrocería o chasis.

A continuación, se detalla las partes del remolque:

#### **1.4.1.1 Remolque**

Vehículo diseñado para ser traslado de un punto a otro con un vehículo que tenga motor.



**Figura 1-1 Remolque**

(Alcaglas, 2015)

#### **1.4.1.2 Remolque con tiro**

Remolque con un mínimo de dos ejes, que es traslado de forma vertical y con un transporte de carga de al menos 100 kilogramos.



**Figura 1-2 Remolque con tiro**

(Remolques JLF, 2010)

### **1.4.1.3 Remolque con eje central**

Remolque con enganche que no se puede trasladar de un punto a otro de forma vertical en relación a un remolque y tiene acoplado un eje en el centro de gravedad en el vehículo.



**Figura 1-3 Remolque con eje central**

(Meiller, 2019)

### **1.4.1.4 Semirremolque**

Vehículo sin propulsión y con diseño que permite el acople a un vehículo de carga pesada que ayuda al soporte de la carga que va transportar como por ejemplo, un contenedor.



**Figura 1-4 Semirremolque**

(Kaufmann, 2020)

## **1.4.2 Partes de un remolque**

La fabricación de remolques se establece en diferentes formas y tamaños considerando su uso o aplicación, es decir desde el transporte de carga ligera hasta pesada. Además, cabe mencionar que los remolques y semirremolques están conformados por las mismas partes básicas tales como: chasis, plataforma, cuerpo rodante, luces y alumbrado (MikesByrnes&Associates, 2005).

### **1.4.2.1 CHASIS**

Todo remolque está conformado por un chasis o bastidor, en el cual se acoplan y sujetan todos los componentes mecánicos de rodaje y accesorios de la estructura. Para el diseño del chasis se debe considerar como mínimo dos largueros principales conectados con travesaños y deben ser de algún tipo de acero. Parte del diseño del chasis se debe adecuar los largueros para montar los ejes y pueda soportar los esfuerzos generados durante la marcha (Pérez, 2008).

### **1.4.2.2 PLATAFORMA**

La plataforma es acoplada al chasis para distribuir la carga del peso remolcado, se considera materiales de acero o madera o también la combinación de los mismos de tal forma que contribuyan con ligereza y rigidez permitiendo un bajo centro de gravedad del remolque.

### **1.4.2.3 LUCES Y ALUMBRADO**

El remolque es considerado un transporte y debe ser equipado como un vehículo con un sistema de iluminación y señalización. Para este caso solo se considera alumbrado y señalización en la parte posterior en vista el remolque es transportado por vehículo. A continuación, se detalla cómo está conformado un remolque:

- Luz de frenado
- Luces de dirección y emergencia
- Luz de corto alcance.

En el caso de los remolques de carga ligera no es obligatorio el uso de iluminación, pero se acogen a las leyes y normas ecuatorianas, las cuales se detallan a continuación:

**Tabla 1-1 Cantidad, ubicación y color de las luces posteriores**

(NTE INEN 1155, 2015)

<b>LUCES INDECADORAS POSTERIORES</b>	<b>CANTIDAD MINIMA</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>COLOR</b>
Luces de posición	1 por lado	A no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto de la calzada (2100 mm cuando la carrocería no lo permita)	Rojo
Luces direccionales	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto al suelo (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones)	Ámbar o rojo
Luces de emergencia	1 por lado	Lo más cercano o en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto al suelo (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones)	Ámbar o rojo
Luces de volumen	1 por lado	A la máxima altura posible y no más de 400 mm desde los extremos laterales.	Rojo
Luces de reversa	1	A una altura máxima de 1200 mm de la calzada.	Blanco
Luces de freno	1 por lado	En su parte posterior a no más de 400 mm de los extremos laterales y a una altura entre 350 y 1500 mm (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones).	Rojo

### 1.4.3 Pesos y dimensiones:

La geometría y el peso total a plena carga son considerados en función de la cantidad de ejes que determina la norma según su categoría y tipo, los cuales se encuentran detallados por el ministerio de Transporte y Obras Publicas mediante el Acuerdo Ministerial No. 018-2016 en el

artículo 3 y 4, donde se establece al detalle la aplicación de pesos y dimensiones en la vía pública, (*MinisterioObrasPublicas 018-2016*).

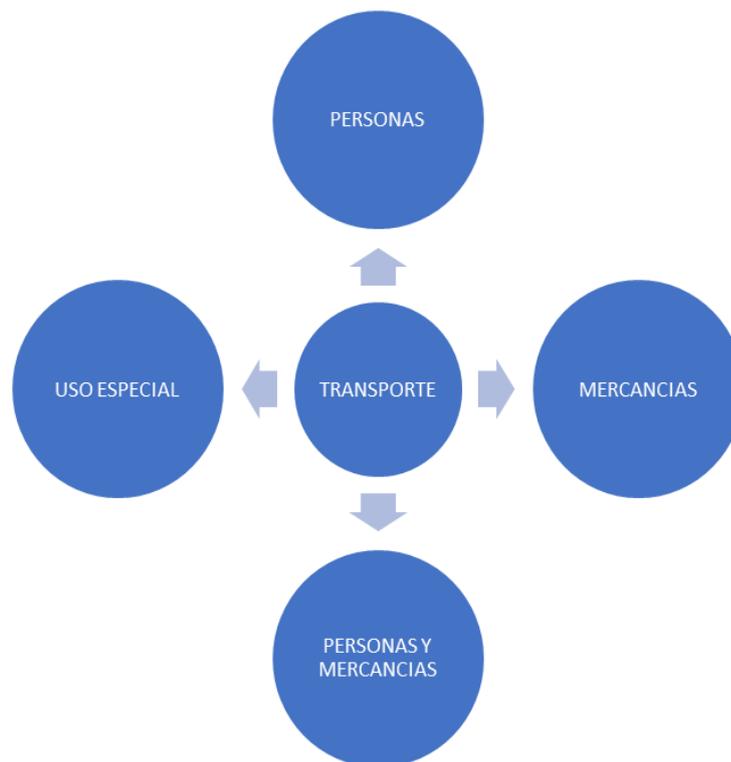
De acuerdo a los artículos antes mencionados el peso y las dimensiones máximas del remolque permitidas para el diseño son: PBV (Peso bruto vehicular): 3500 Kilogramos, largo 5500 milímetros, ancho: 2600 milímetros y alto: 3000 milímetros.

#### 1.4.4 Sistema eléctrico

Mediante la regulación técnica No. 7 de la Organización de Naciones Unidas, todo tipo de remolque que transite en la vía pública debe tener instalado un sistema de señalización, de acuerdo a la ISO 3731, la cual especifica las luces direccionales, reflectivos, freno, retro y guías, deben ser alimentadas por una batería vehicular.

#### 1.4.5 Categorías según sus aplicaciones

A continuación, se detalla los remolques según su aplicación:



**Figura 1-5 Categoría de los remolques según su aplicación.**

Elaborado por los autores

#### 1.4.6 Clasificación según su peso

**Tabla 1-2 Clasificación de los remolques según su peso**

Fuente: (MarcaMotor, 2016).

TIPO DE REMOLQUE	DESCRIPCIÓN
LIGERO	Son aquellos que transportan un máximo de 750 kilogramos. Son transportados por un vehículo. La identificación de matrícula es la misma del vehículo que lo transporta.
MEDIO	Se identifica como un remolque de uso agrícola, destinado al transporte de maquinaria, materia prima o ganado. El diseño del remolque consta de un bastidor y una plataforma.
PESADO	Son aquellos que son arrastrados por tractores o camiones. Uso exclusivo de equipos no desmontables, maquinas grandes.

#### 1.4.7 Clasificación por tipos de remolques

**Tabla 1-3 Clasificación según su carga máxima permisible**

Fuente: (MarcaMotor, 2016).

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA
Remolque y semirremolque ligero.	PBV < 750 Kg
Remolque y semirremolque	750 Kg < PBV < 3500 Kg
Remolque y semirremolque	3500 Kg < PBV < 10000 Kg
Remolque y semirremolque	10000 Kg < PBV

Cabe mencionar que el cuadro anterior excluye los remolques agrícolas, y para considerar el diseño y dimensión de cada remolque en función de su PBV (peso bruto vehicular) se debe hacer referencia al acuerdo ministerial No. 018. Por lo tanto, para el diseño del remolque no se debe exceder el peso y dimensión permitida de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 3833:2008.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

El diseño es un proceso innovador e iterativo que tiene como objetivo principal resolver un problema o satisfacer la necesidad de un usuario con respecto a un producto de forma segura, confiable, funcional, de manufactura práctica y comercializable. La metodología de diseño en ingeniería es una constante búsqueda de soluciones que mediante una secuencia ordenada de pasos ejecutadas correctamente, se llegará a un resultado esperado (Grech, 2013).

En este capítulo se estableció la metodología del proceso de diseño mecánico, según Budynas y Nisbett (2015) y como se puede observar en la figura 2.1, consiste en un ciclo de actividades donde empieza con la identificación de una necesidad o problema, que luego con un proceso estructurado de pasos e iteraciones logrará la evaluación crítica del producto para finalmente terminar con la presentación del diseño detallado que satisficará la necesidad del cliente.

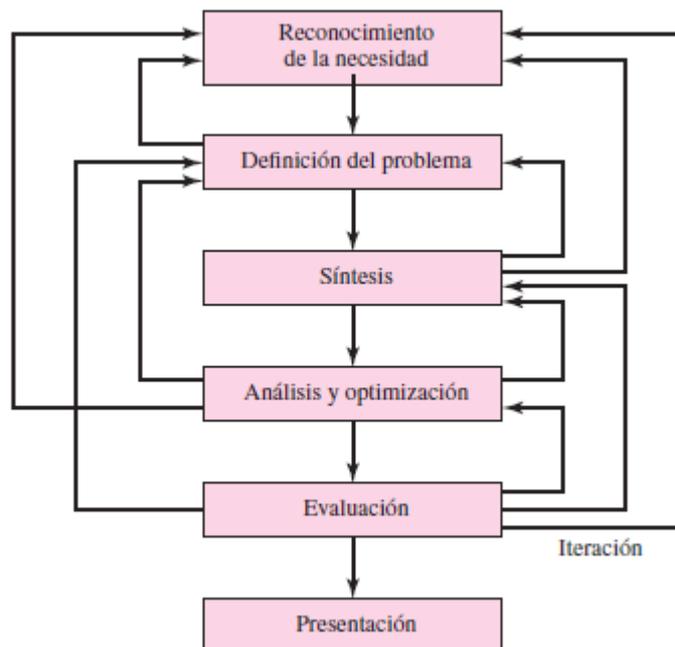


Figura 2-1 Fases del Proceso de Diseño de Ingeniería

Fuente: (Budynas & Nisbett, 2015)

## 2.1 Metodología del diseño

La metodología del diseño del remolque de plataforma inclinable para la transportación de vehículos y maquinaria, inició con las necesidades del cliente, determinando así los límites, alcances, requerimientos técnicos de cada uno de los elementos mecánicos que está conformado, es decir el diseño general del remolque, tal como se observa en la figura 2.2.

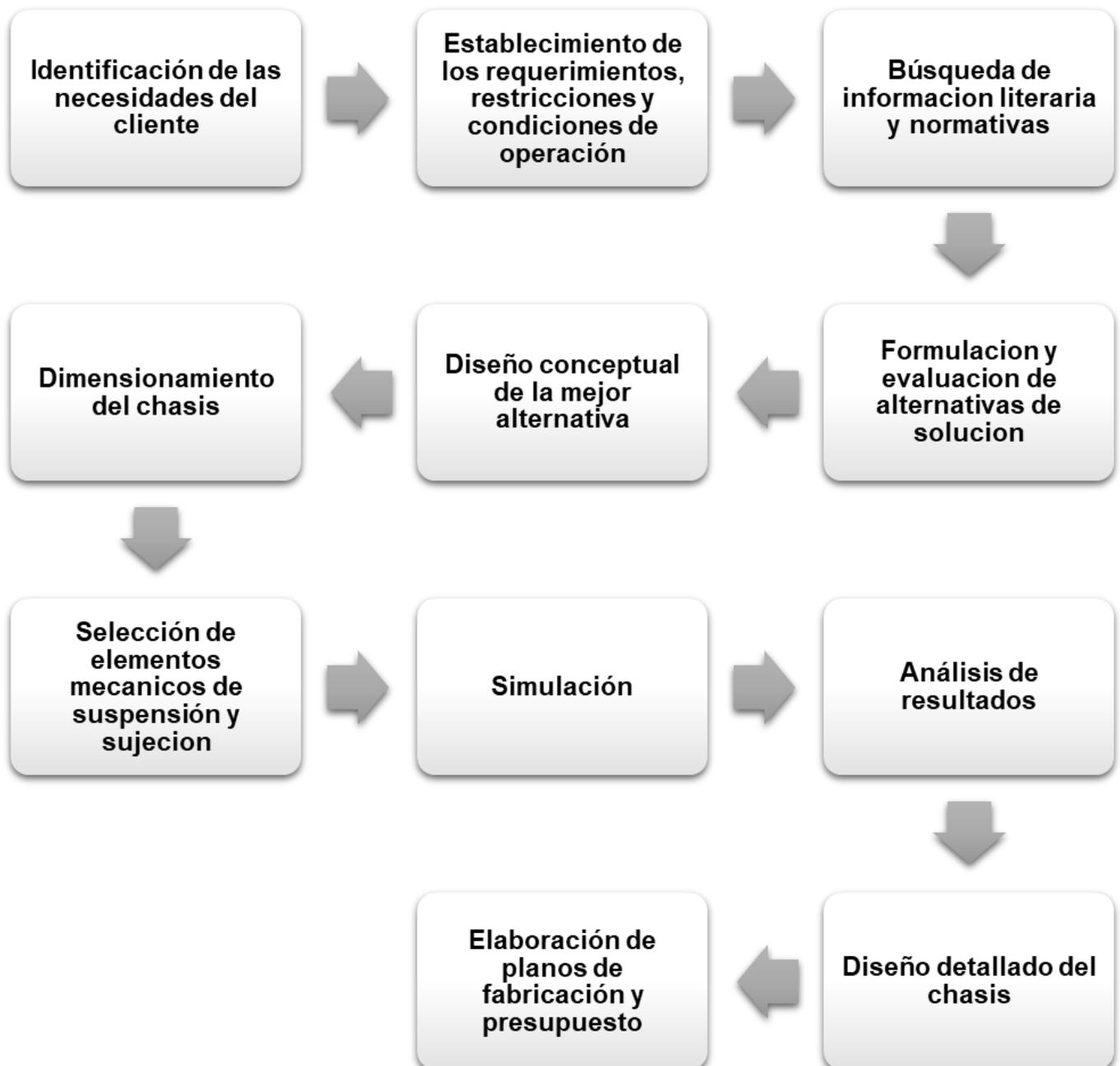


Figura 2-2 Esquema del Diagrama de Procesos del Remolque

Elaborado por los autores

Establecida la necesidad se procedió con el levantamiento de información relevante relacionada al diseño, fabricación y cumplimiento de las normas nacionales e internacionales referentes a vehículos automotores y acoplados, las cuales se mencionarán más adelante. Por otra parte se planteó diferentes alternativas viables que mediante el uso de matrices de decisiones, siendo esta última la más significativa, se pudo elegir la mejor opción de solución para proceder con el diseño preliminar.

En el proceso del diseño de la estructura se utilizó conceptos de resistencia en materiales, de tal manera que cumpla con los criterios mecánicos de elasticidad y rigidez. Finalmente, mediante el uso de un software CAD se elaboró el modelo en 3D y posterior a ello con un software CAE se realizó el análisis estructural, la verificación de los factores de seguridad de los principales elementos que conforman el remolque. Asimismo se presentó los planos detallados de fabricación y costos para el diseño propuesto.

## **2.2 Generalidades del Diseño**

El diseño del remolque de plataforma inclinable además de cumplir con los requerimientos ingenieriles necesarios para su óptimo funcionamiento debe cumplir con las disposiciones y reglamentaciones dadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, la Subsecretaria de Infraestructura del Transporte es el organismo encargado de definir las políticas con respecto al control de pesos y dimensiones de los vehículos y sus acoples que utilizan las redes viales principales y secundarias.

El Servicio Ecuatoriano de Normalización (2008) menciona que un remolque es un vehículo diseñado para que el peso total de la carga sea soportado por la estructura y no por el vehículo remolcador, además que pueda también transportar personas y/o bienes, maquinarias o funciones específicas del trabajo. Asimismo será clasificado como subcategoría O2 de código UCPV como unidad de carga liviana, el cual será diseñado, fabricado y equipado para el transporte de un Vehículo cuyo Peso Bruto Vehicular combinado (PBVC) ingrese en el rango de 750 – 3500 Kg. (Servicio Ecuatoriano de Normalización, Clasificación Vehicular, 2016)

Por otro lado cumpliendo el Reglamento Técnico Andino sobre los límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados a Transporte Internacional publicado en el Registro Oficial 310 del 20 de Abril de 2001 – Decisión 491- y el Acuerdo Ministerial N° 036 del 18 de julio de 2012, Capítulo I donde establece la tabla Nacional de Pesos y Dimensiones, las unidades de carga, remolques y semirremolques que realicen operaciones de transporte de carga Nacional o Internacional deberán cumplir con el siguiente normado, tal como se puede ver en la figura 2.3

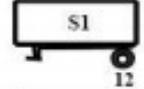
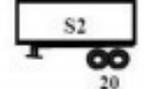
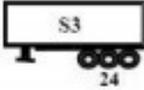
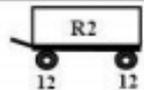
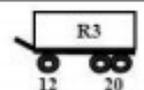
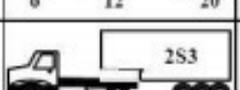
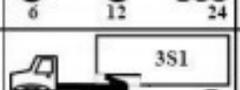
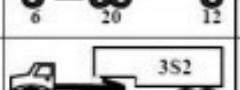
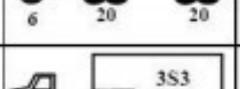
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE (Ton.)	DESCRIPCIÓN	Peso Bruto Vehicular PBV (Toneladas)	Peso Vehículo Vacio (Promedio)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (METROS)		
					Largo	Ancho	Alto
S1		SEMIRREMOLQUE DE UN EJE	12.00	5.00	9.00	2.60	4.10
S2		SEMIRREMOLQUE DE DOS EJES	20.00	6.00	12.50	2.60	4.10
S3		SEMIRREMOLQUE DE TRES EJES	24.00	7.00	13.00	2.60	4.10
R2		REMOLQUE DE 2 EJES	24.00	6.00	10.00	2.60	4.10
R3		REMOLQUE DE 3 EJES	32.00	7.00	10.00	2.60	4.10
2S1		TRACTO CAMION DE 2 EJES Y SEMIRREMOLQUE DE 1 EJE	30.00	14.00	18.50	2.60	4.10
2S2		TRACTO CAMION DE 2 EJES Y SEMIRREMOLQUE DE 2 EJES	38.00	15.00	18.50	2.60	4.10
2S3		TRACTO CAMION DE 2 EJES Y SEMIRREMOLQUE DE 2 EJES	42.00	16.00	18.50	2.60	4.10
3S1		TRACTO CAMION DE 3 EJES Y SEMIRREMOLQUE DE 1 EJE	38.00	16.00	18.50	2.60	4.10
3S2		TRACTO CAMION DE 3 EJES Y SEMIRREMOLQUE DE 2 EJES	46.00	17.00	18.50	2.60	4.10
3S3		TRACTO CAMION DE 3 EJES Y SEMIRREMOLQUE DE 3 EJES	48.00	18.00	18.50	2.60	4.10

Figura 2-3 Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012)

### 2.3 Necesidades y Requerimientos del Cliente

Una vez que se establecieron los límites para los pesos y dimensiones del remolque con plataforma inclinable que cumpla con la Normativa Nacional se procedió a estructurar cuales fueron los principales requerimientos del cliente tal como se observa en la tabla 2.1

**Tabla 2-1 Requerimientos del Cliente**

Elaborado por los autores

<b>Concepto</b>	<b>Requisitos</b>
Función	Transportar vehículo o maquinaria ya que se dedica a restauración de vehículos. Plataforma Inclinable
Dimensiones	Largo máximo de la carga 5500 [mm] Distancia Libre máxima entre guardafangos 2110 [mm]
Carga	Máxima carga a transportar de 2750 [Kg]
Ergonomía y Seguridad	Sistema de Suspensión de la ruedas por Ballestas Sistema de Amortiguación puede ser por cilindro hidráulico o por gravedad (cilindro de amortiguamiento o actuador) Fácil de acoplar, que sea universal.
Materiales	Existentes en el mercado local
Costos	Inversión alrededor de \$3000, es decir bajo costo.

### 2.4 Diseño Conceptual

El proceso que se llevó a cabo en el diseño conceptual es esencialmente en obtener una solución al problema de diseño planteado mediante las especificaciones, requisitos y necesidades planteadas por el usuario. Horvatz (2005) mencionó que el diseño conceptual carece de una definición específica porque es muy ambigua ya que es aplicado a varias subdisciplinas, sin embargo es considerada como un conjunto de tareas encaminadas a sintetizar una solución en forma de conceptos, muchas veces representadas por esquemas o tablas.

Identificados los requerimientos del beneficiario y el cumplimiento de la Normativa Nacional se procedió a estructurar cuales fueron las funciones del dispositivo y especificaciones del diseño a fin de obtener alternativas de solución considerando algunos aspectos tal como se observa en la tabla 2.2.

**Tabla 2-2 Especificaciones para el Diseño**

Elaborada por los autores

<b>Conceptualización</b>	<b>Requerimientos</b>
Función	Transportar vehículos, maquinarias, productos, etc.
Salud Pública	Mitigar el esfuerzo físico que realizaría el operador en la subida o bajada de vehículos, maquinarias, así como el transporte del mismo de un punto determinado a otro.
Seguridad y Bienestar	Fácil maniobrabilidad. Fácil acople del remolque hacia el vehículo. Cero riesgos de operabilidad.
Aspectos Ambientales	No utilización de combustibles fósiles y derivados del petróleo. Utilización de sistemas eléctricos.
Aspectos Económicos	Fácil costo de fabricación acorde a su funcionalidad. Utilización de tecnología local con materiales nacionales.
Aspectos Técnicos	Dimensiones Permitidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Transporte y soporte de cargas permitidas dadas por el diseñador y Normativas Ecuatorianas. Requerimientos estructurales capaces de soportar y cumplir con el óptimo funcionamiento del remolque Facilidades para el respectivo mantenimiento preventivo en mecanismos auxiliares

#### **2.4.1 Normas y Códigos**

Noma INEN 2656 (Clasificación Vehicular)

Noma INEN – ISO – 3833 (Vehículos Automotores, tipos y definición)

Norma INEN-ISO- 611 (Frenado de Vehículos y de sus remolques)

Norma INEN-ISO-21244 (Uniones mecánicas entre tractores y remolques)

Norma INEN 1129 (Punta de ejes para máquinas. Requisitos)

Norma INEN 1130 (Árboles para transmisiones. Requisitos)

Norma INEN-ISO-430 (Número de Identificación del Vehículo y Acoples. Ubicación y Colocación)

Norma INEN 959 (Vehículos Automotores. Pesos. Definiciones)

Norma INEN-ISO-5692 (Uniones Mecánicas entre vehículos remolcados)

Norma ANSI/AISC 360-10 (Especificaciones para construcciones de acero)

Norma ISO 8855 Vehículos de carretera - Dinámica y estabilidad de vehículos

Norma AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Official)

Norma Chilena de Transporte 1608 – Remolques y Semirremolques – Requisitos de Diseño de Bastidores y Cajas.

Norma Chilena de Transporte 2311 - Remolques y semirremolques - Ejes - Requisitos de Seguridad.

## 2.4.2 Alternativas de Solución

El remolque debe soportar una carga alrededor de tres toneladas, la cual debe ser elevada con una plataforma móvil desde el nivel del suelo. En la tabla 2-3 se muestra los distintos sistemas y componentes que conforman los remolques que generalmente se encuentra en el mercado local.

**Tabla 2-3 Alternativas de Diseño del Remolque**

Elaborado por los autores

Sistemas	Tipos de Sistemas		
Remolques	Simple o balanceada de dos eje	Remolque simple o balanceada de dos eje	Remolque de doble eje con cuello de ganso
Chasis o Bastidor	Largueros y Travesaños.	En forma de I (1 larguero principal)	Trailer Tipo Grillo
Carga/Descarga	Rampas	Hidráulicos o Actuadores	Fuelles Neumáticos, Resortes
Suspensión	Ballestas y partes	Muelles Helicoidales o Resortes	Barras estabilizadoras o de torsión
Acoples o Sujeción	Cadenas o correas de sujeción	Grúas o mecanismos	Topes en llantas
Enganche	Tirón recto y bola de enganche	Gancho y Tipo de Ojo	Correas y Pasadores

Con la elaboración de la matriz morfológica presentada en la tabla 2-3 se observó las diferentes opciones que podrían utilizarse para presentar la alternativa final que cumpla con los requerimientos de desempeño, innovación y seguridad.

- ✓ **Alternativa A:** Remolque simple o balanceado de dos ejes con estructura conformada por largueros y travesaños con rampas de acceso, ballestas y cadenas de sujeción.

Este remolque es muy común y de fácil acceso, cuenta con rampas de acceso en el cual el vehículo puede subir siempre y cuando éste se encuentre operativo, en el caso de que éste se encuentre colisionado o no pueda acceder por sí solo se deberá utilizar un mecanismo para poder elevarlo a la plataforma.

La ventaja principal de este remolque es que debido a su tamaño y accesorios que posee no es muy alto el costo a diferencia de los demás, el peso es bajo también. Por otra parte presenta desventaja con las otras alternativas debido a que su plataforma no es inclinable y al utilizar rampas deben alinearse y apoyarse correctamente sino podría suceder un accidente.

- ✓ **Alternativa B:** Remolque simple o balanceado de dos ejes con una estructura fija y móvil realizada con largueros y travesaños, que utilice actuadores, ballestas, winche.

El centro de gravedad se asienta sobre sus dos ejes, su diseño es muy innovador y de fácil maniobrabilidad debido a que por medio de un seguro la plataforma puede inclinarse hasta el nivel del suelo debido a su riel tipo basculante, pudiendo transportar no solamente vehículos sino también maquinarias agrícolas e industriales. Asimismo el tamaño es proporcional al costo debido a que éste remolque posee algunos elementos adicionales para hacerlo del todo funcional, el peso es liviano pero cumple con la necesidad principal del cliente.

- ✓ **Alternativa C:** Remolque de doble eje con cuello de ganso, fuelles neumáticos, muelles helicoidales y topes en las llantas.

La característica principal de este remolque es que son diseñados para ser enganchados en la plataforma de una camioneta, son capaces de transportar grandes cargas y no altera la estabilidad del vehículo porque ayuda a la toma de curvas mientras el vehículo motriz se encuentra en la carretera. Por medio de fuelles neumáticos se puede inclinar ligeramente la plataforma teniendo en cuenta que esta debe ser de cama baja, además que al utilizar este mecanismo se requiere de la ayuda de un compresor para volver a completar el aire dentro de los fuelles, el costo de este remolque es también elevado debido a los múltiples elementos que necesita para cumplir con las necesidades requeridas.

Además se establecieron métodos de selección por medio de factores de ponderación para enlistar aspectos técnicos y especificaciones de seguridad que permitieron determinar los parámetros necesarios para tener en cuenta dentro de la selección, los cuales se mencionan a continuación.

- ✓ **Menor Costo Posible:** El costo es el parámetro más importante que se consideró para nuestro remolque, ya que en todo proyecto se debe escoger la alternativa que represente una inversión rentable y que cumpla con los requerimientos.

Se impuso un valor del 30% de importancia, el valor más alto en la ponderación es 5 pero éste se representa como el valor más bajo posible considerando la estimación de recursos humanos y materiales del proyecto.

- ✓ **Facilidad de Diseño y posterior construcción:** Este parámetro se refirió al diseño detallado del remolque y los materiales que compete a toda la estructura y elementos mecánicos. La construcción y posterior comercialización también es parte de un

requerimiento funcional, así como el acceso al mercado local de los diferentes componentes externos que engloban al remolque.

Se consideró un 20% de importancia, en donde el valor más alto (5) hace referencia al remolque donde su diseño sea más detallado, completo y sus accesorios son fáciles de adquirirlos en el mercado.

- ✓ **Seguridad y Estética:** La apariencia es un factor importante que se consideró para nuestro remolque en conjunto con la seguridad que brinde al operador, es decir que a pesar de que la estética sea muy buena o no deba cumplir con todas las normativas vigentes nacionales e internacionales a fin de resguardar la vida del usuario. Asimismo distinguirse de los demás competidores.

Se consideró un porcentaje de 20% de importancia donde el valor más alto (5) representé la mayor confiabilidad y seguridad del equipo a calificar.

- ✓ **Materiales adecuados para que sea liviano:** Para los materiales se utilizó únicamente los que estaban disponibles en el mercado local para abaratar costos, además se tuvo en cuenta que el material debe ser ligero pero que sea resistente a soportar las diferentes cargas estáticas y dinámicas a la cual estará sometido el remolque.

Se consideró un porcentaje de importancia del 15%, en donde el valor más alto (5) representé el remolque con menor peso en su estructura pero que a su vez la resistencia sea favorable a las condiciones de operación.

- ✓ **Facilidad de Operación:** El grado de dificultad que represente al usuario para poder manejar el remolque es donde ingresa este factor, la manera más sencilla y óptima para operarlo. Además que debe garantizar la satisfacción del usuario con respecto a su aprendizaje en el manejo de todo el sistema.

Se consideró un porcentaje de importancia del 10%, donde el valor más alto represente la facilidad de aprendizaje en el manejo al usuario, así como reducir el esfuerzo físico del mismo.

La alternativa B puntuó el valor más alto debido a su facilidad de operación con su plataforma inclinable debido a su sistema basculante, el cual el vehículo puede subir a la plataforma desde el nivel del suelo unido al sistema de sujeción que en este caso sería el cable del winche.

- ✓ **Transportabilidad:** La facilidad con el que el remolque puede ser movilizado, su estabilidad, comodidad con el que puede trasladarse por las vías y engancharse al vehículo motriz.

Se consideró un valor de importancia del 5% siendo el valor más alto (5) el remolque que presente mayor facilidad, estabilidad, comodidad al momento de trasladarse y de cumplir con su función requerida de trasladar un vehículo de un sitio a otro.

### 2.4.3 Matriz de Decisión

Para establecer una relación de importancia entre las principales alternativas de diseño se definió la siguiente escala de importancia:

**Tabla 2-4 Escalas para la evaluación de los Factores**

Elaborado por los autores

Importancia	Insignificante	Baja	Neutral	Moderada	Alta
Escala	1	2	3	4	5

Posterior a ello, se contrastó y puntuó cada alternativa con los criterios propios del cliente debido a que trabaja en una Metalmecánica y tienen negocios con respecto a restauración de vehículos, asimismo con la experiencia de diferentes expertos en el tema que han trabajado directamente con la fabricación de diferentes remolques y la respectiva bibliografía. Todo esto se puede observar en la tabla 2-5 de la matriz de decisión de las diferentes alternativas anteriormente mencionadas.

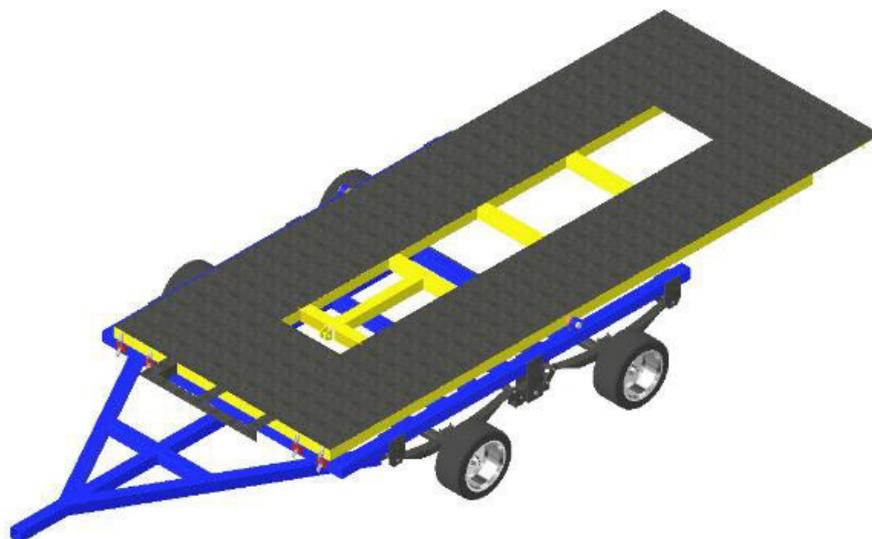
**Tabla 2-5 Matriz de Decisiones entre las Alternativas**

Elaborado por los autores

<b>Criterios</b>	Costos	Diseño y Construcción	Seguridad	Peso	Facilidad de Operación	Transportabilidad	Total
<b>Alternativas</b>							
Factor de Ponderación	0.3	0.2	0.2	0.15	0.1	0.05	1
A	5	4	3	4	2	2	3.8
B	4	5	4	4	5	4	4.3
C	3	3	5	3	3	4	3.45

#### 2.4.4 Elección de la Mejor Alternativa

Una vez que se propuso varios diseños alternativos y evaluándolos de acuerdo a cada criterio, se procedió a seleccionar el diseño óptimo que cumpla con todos los requisitos establecidos por Normativas y las exigencias del cliente. En la figura 2-4 se ilustra el prototipo final de los componentes principales del remolque con plataforma inclinable realizado en un Software CAD y posterior a ello se analizó en breves rasgos los diferentes componentes que conforman al diseño conceptual final.



**Figura 2-4 Diseño de Forma de la mejor alternativa**

Elaborado por los Autores

## **2.5 Análisis de cargas y diseño estructural del remolque**

### **2.5.1 Especificaciones y determinación de cargas**

En el diseño de las estructuras generalmente está especificado por normas de diseño y construcción con el fin de proteger al público. La estimación de las cargas es uno de los factores y tareas más importantes que debe enfrentarse el diseñador, según McCormac & Cserneck (2013) toda estructura está sometida a diferentes tipos de cargas durante su vida útil y varían de acuerdo a su posición, condiciones ambientales, las cuales deben ser consideradas en las combinaciones más desfavorables con el fin de que la estructura pueda soportar este impacto durante su vida de trabajo.

La American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO, 2002) clasifica a las cargas de acuerdo a su naturaleza y aplicación, denominándolas muertas, vivas y ambientales. Esta última no se tomó en consideración debido a que son causadas por el medio como por ejemplo la lluvia, viento, nieve, cambios de temperatura, movimientos sísmicos y en nuestro país según la American Society of Civil Engineers (1992) las condiciones son favorables y el porcentaje de impacto es mínimo para considerarse en una estructura automotriz, únicamente se debe considerar para edificios.

#### **2.5.1.1 Cargas Muertas, estáticas o permanentes**

Este tipo de carga son las que están presentes todo el tiempo, permanecen fijas (AASHTO, 2002). En el diseño del remolque se consideró a la estructura completa incluyendo largueros, travesaños y los accesorios que se encuentran unidas a ésta, es decir la configuración completa del diseño.

$$C_m = \text{Peso Propio del remolque} \quad (2.1)$$

### **2.5.1.2 Cargas Vivas, dinámicas o movibles**

Las cargas vivas son aquellas que tienden a cambiar durante su ubicación y magnitud, es decir el peso de las cargas en movimiento (McCormac & Cserneck, 2013). En el proceso del diseño del remolque se consideró el peso de la carga a transportar (2750 [kg]) más una sobrecarga y cargas de impacto.

$$C_v = \text{Peso de la carga a transportar} \quad (2.2)$$

Dentro de las cargas según ASSHTO (2002) se debe considerar una sobrecarga del 10% del valor de la carga viva que correspondió al peso máximo a transportar, cuando se considere a la estructura en reposo.

$$Cv_r = C_v + (C_v * 0.1) \quad (2.3)$$

De igual manera mediante la norma mencionada anteriormente se estableció un porcentaje del 30% de la carga viva más sobrecarga debido a las cargas de impacto que son fuerzas causadas por las vibraciones de las cargas móviles relacionadas al pavimento irregular de la carretera que podría causar fisuras en la estructura del remolque cuando se encuentre en movimiento.

$$Cv_m = Cv_r + (Cv_r * 0.3) \quad (2.4)$$

## **2.5.2 Dimensionamiento y Modelamiento del Chasis o Bastidor**

### **2.5.3 Aplicación y determinación de cargas a la estructura del remolque**

El remolque está conformado por tres puntos de apoyo los cuales son:

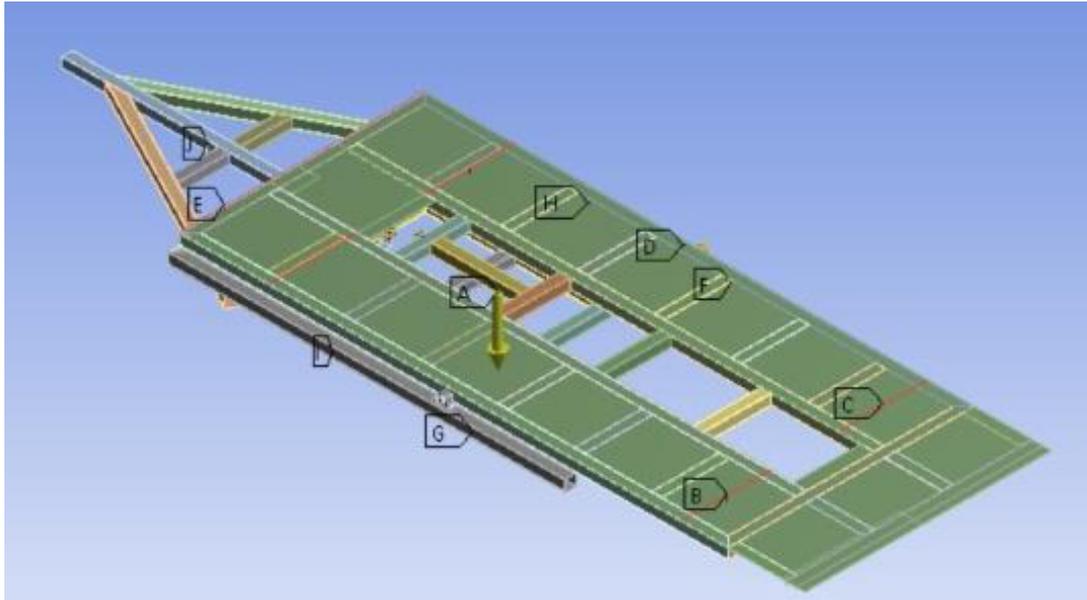
- El primer apoyo se lo configuró cuando el vehículo motriz está acoplado al punto extremo de la plataforma cuando este se encuentra en movimiento, mientras que cuando el remolque se encuentra en reposo se consideró la ubicación del soporte fijo de apoyo de la estructura con el suelo.

- El segundo apoyo es ubicado en el eje interno de la plataforma
- El tercer apoyo es el punto de conexión del eje externo de la plataforma

En la determinación del reparto de las cargas que afectan a la estructura del remolque se consideró que es imposible determinar las reacciones principales y momentos por lo que se optó en suponer el estudio como una viga continua con soportes y cargas indeterminadas que con ayuda de cálculos en software de elementos finitos, se resolvió cada una de las incógnitas de los elementos de la estructura y soportes.

Asimismo el remolque está sometido a cargas estáticas debido al peso propio de su estructura, elementos y de la carga a transportar, además sobre la plataforma actúan cargas dinámicas debido a las irregularidades presentes en las carreteras locales por lo que se estableció diferentes análisis estructurales para cada una de las situaciones mencionadas con el fin de poner énfasis no sólo en la selección sino también en el diseño de uniones permanentes (soldadura) y no permanentes (pernos, remaches).

En el dimensionamiento se eligió las medidas requeridas por el cliente que cumplan la normativa legal local, tal como se observó en la tabla 2-1, para el peso del vehículo se consideró a la camioneta Ford-F150 debido a que será el vehículo de mayor magnitud en longitud y peso a transportar. Asimismo, cumple con los requerimientos necesarios del cliente debido que su empresa se dedica al mantenimiento, reparación de vehículos automotores.



**Figura 2-5 Esquema Principal de la Estructura y distribución de apoyos**

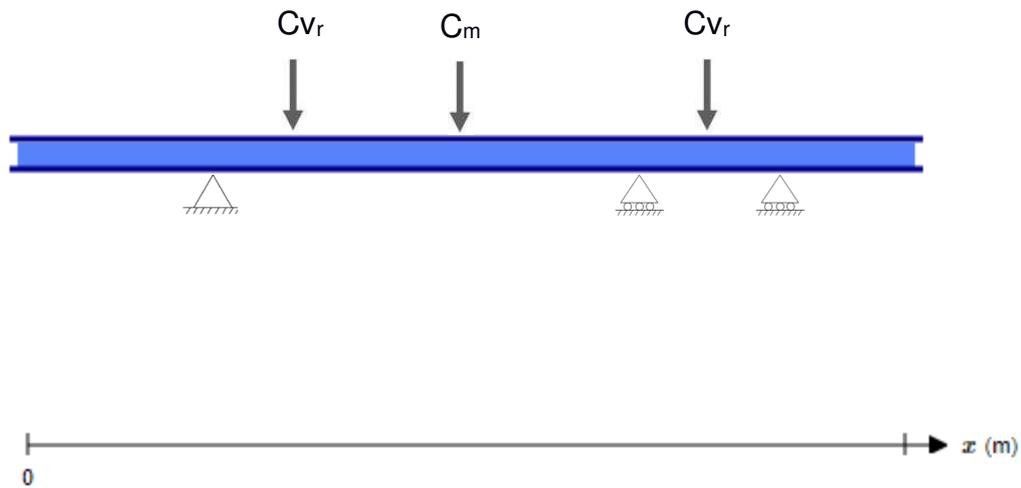
Elaborados por los autores

### **Determinación y aplicación de cargas a la estructura principal en reposo**

Para el comienzo del análisis de la viga principal se consideró uno de los materiales más utilizados para estructuras como es el Acero ASTM A500, debido a su fácil adquisición y costos relativamente bajos en el mercado local, asimismo las ventajas que presentó son muchas como su alta resistencia, uniformidad, durabilidad, ductilidad, tenacidad y fácil construcción, este material presentó buenas propiedades mecánicas para el análisis.

Las vigas principales comunmente llamados largueros y las vigas transversales son denominadas como travesaños, pero dentro del análisis mediante software se los realizó de manera independiente con el fin de calcular los esfuerzos principales y momentos flectores. En el análisis de la viga se consideró ciertas cargas puntuales, en el caso de la carga viva se dividió en cuatro partes debido a las fuerzas nomales que ejerce el vehículo a transportar por medio de las ruedas a la plataforma más la sobrecarga. Para la distancia entre estas cargas, se tomó la distancia que existe entre cada eje. Por otra parte la carga muerta se propuso el valor de la carga de la plataforma en conjunto con sus accesorios en el centro

de la viga. Los apoyos fueron considerados como se mencionó anteriormente, tal como se puede observar en la figura 2.6



**Figura 2-6 Distribución de cargas en la viga principal (remolque en reposo)**

Elaborado por los autores

Donde:

$C_{v_r}$  = Carga viva más una sobrecarga del 10% (Separadas por la distancia entre ejes del vehículo a transportar)

$C_m$  = Carga muerta (Localizada en la mitad de la viga principal)

Para determinar el tipo de perfil adecuado de la viga se debe utilizar la relación que existe entre el momento flector máximo que a su vez produce un esfuerzo máximo y el modulo de Inercia debido a que la distribución de los esfuerzos normales de una sección depende del momento en dicha sección y geometría (Beer, Johnston, DeWolf, & Mazurek, 2010). Se introdució el término del módulo de sección elástico para comparar con la ficha técnica del proveedor de materiales a fin de elegir el perfil adecuado para nuestro diseño. Asimismo se consideró un factor de seguridad superior a 1.6 según la norma AASHTO.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{|M|}{S} \quad (2.5)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{F.S.} \quad (2.6)$$

Donde:

$\sigma_{m\acute{a}x}$  = Esfuerzo máximo normal

$M$  = Momento flector máximo

$S$  = Módulo de sección elástica

$S_y$  = Esfuerzo de Fluencia (Material A-500)

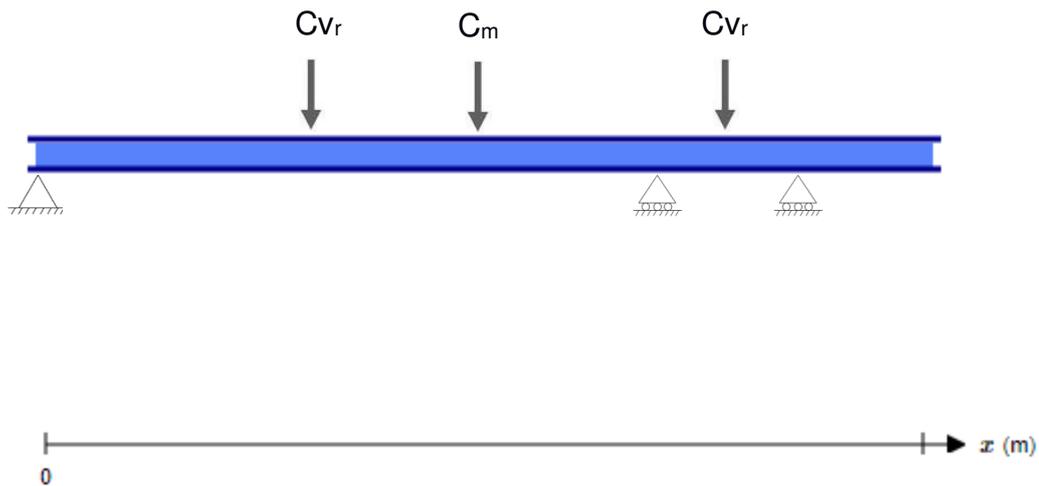
F.S. = Factor de seguridad (>1.6)

De acuerdo con la metodología que se propuso, únicamente se realizará análisis estructural esttico para dimensionar los elementos externos de la estructura como soportes fijos, actuadores, sistema de suspensión.

### **Determinación y aplicación de cargas a la estructura principal en movimiento**

Para cuando el remolque se encuentra en movimiento se consideró las mayores condiciones de trabajo debido a la aparición del efecto dinámico de las cargas vivas, generalmente se presentan por las irregularidades del suelo provocando cargas adicionales de impacto. Según AASHTO (2002) se debe considerar para dicho efecto un 30% de la carga viva a fin de evitar fallas en la estructura.

La aplicación de las cargas se consideró tal como se menciona en el apartado anterior con la diferencia del cambio de ubicación de los soportes, tal como se observa en la figura 2.7.



**Figura 2-7 Distribución de cargas en la viga principal (remolque en movimiento)**

Elaborado por los autores

Donde:

$C_{vr}$  = Carga viva más una sobrecarga por carga de impacto del 30%

$C_m$  = Carga muerta

Una vez que se encontró las reacciones de las fuerzas y momentos flectores se procedió a utilizar la metodología del módulo de sección elástico para determinar el mejor perfil de las vigas estructurales de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente.

#### **2.5.4 Selección y Diseño del Eje de Transmisión**

Para el diseño del árbol de transmisión se basó en la norma INEN 1130 del Servicio Ecuatoriano de Normalización, en donde se especifica el diámetro del árbol debido a la longitud del mismo.

Según Budynas & Nisbett (2015) en el diseño de un eje de transmisión se debe considerar como primer lugar el material del eje, que en conjunto con la norma se eligió el Acero ASTM A-500 por sus propiedades mecánicas y fácil adquisición en el mercado local. La geometría del perfil para los ejes traseros fue considerada de tipo circular tubular.

En el reparto de las cargas sobre el eje del remolque se utilizó el peor escenario que es cuando se encuentra en movimiento, por lo que el eje

está expuesto a soportar el peso del vehículo a transportar, el peso de la estructura y componentes distribuido en los ejes interno y externo del remolque. El ancho del remolque se consideró la distancia entre guardafangos y el mecanismo acoplado (punta del eje).



**Figura 2-8 Distribución de cargas y esquema del eje**

Elaborado por los autores

$Cvt_d$  = Carga Viva Total aplicada en el eje parte derecha

$Cvt_i$  = Carga Viva Total aplicada en el eje parte izquierda

En el análisis estructural se consideró cuando el remolque se encuentra en reposo tal como se observó en la figura 2.8 y cuando se presenta situaciones de aceleración o frenado ya que se originó esfuerzos adicionales al eje. Con ayuda de software CAE se procedió a encontrar todas las reacciones y momentos flectores de la estructura para con la ayuda de la metodología escrita en la sección anterior encontrar el perfil adecuado de la estructura y el diámetro del eje requerido. El valor del factor de seguridad en el diseño del eje debe ser superior a 3. (Hermenejildo, s.f.)

## 2.5.5 Flujograma de la metodología de diseño del remolque

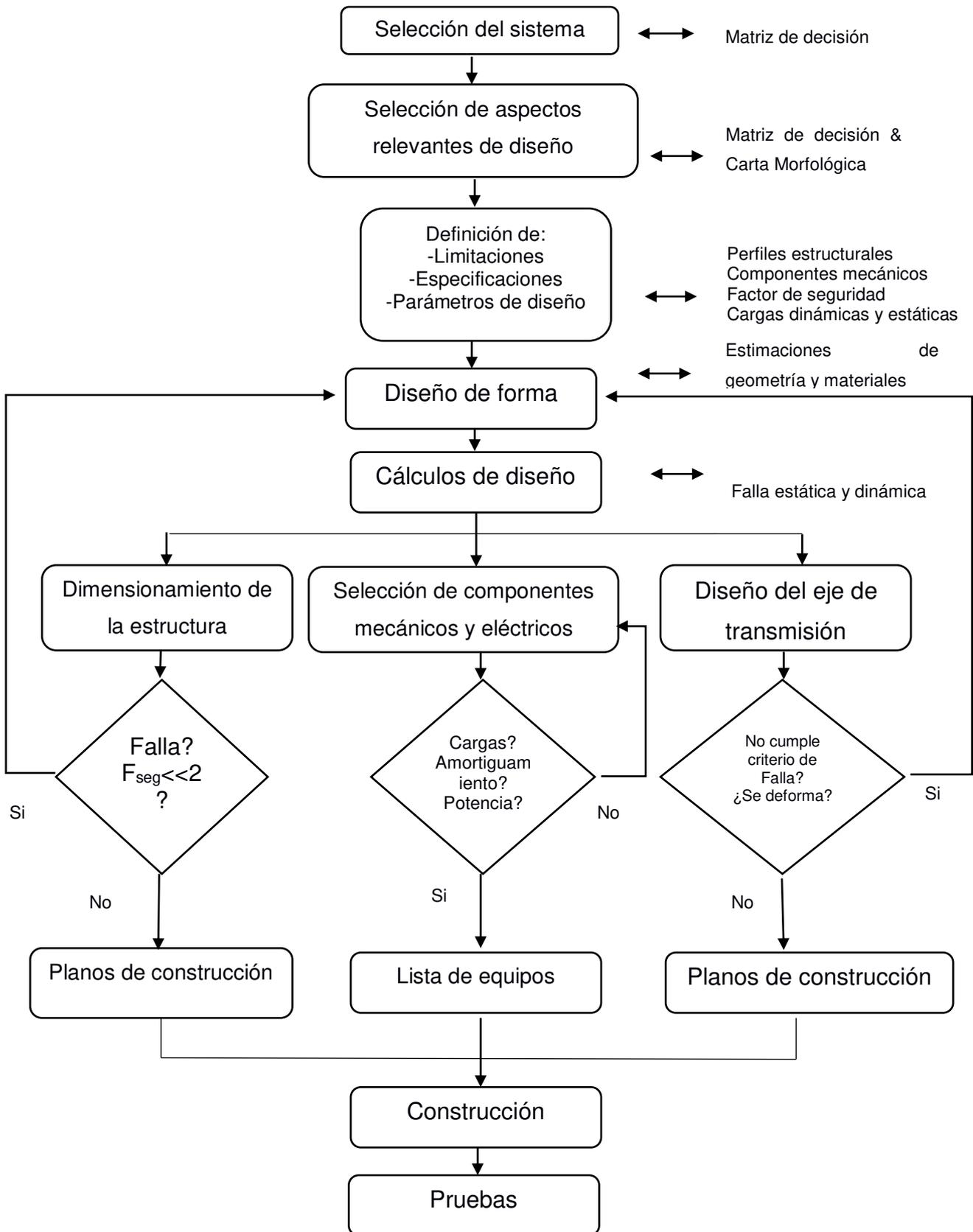
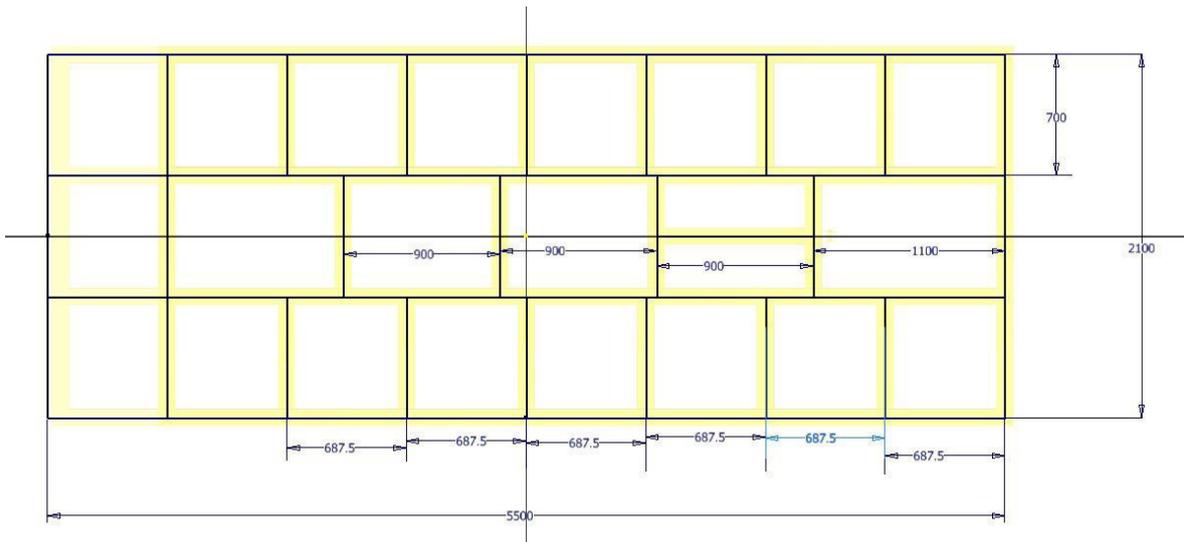


Figura 2-9 Flujograma del diseño del remolque

Elaborado por los autores





**Figura 3-2 Esquema del marco de la plataforma**

Elaborado por los autores

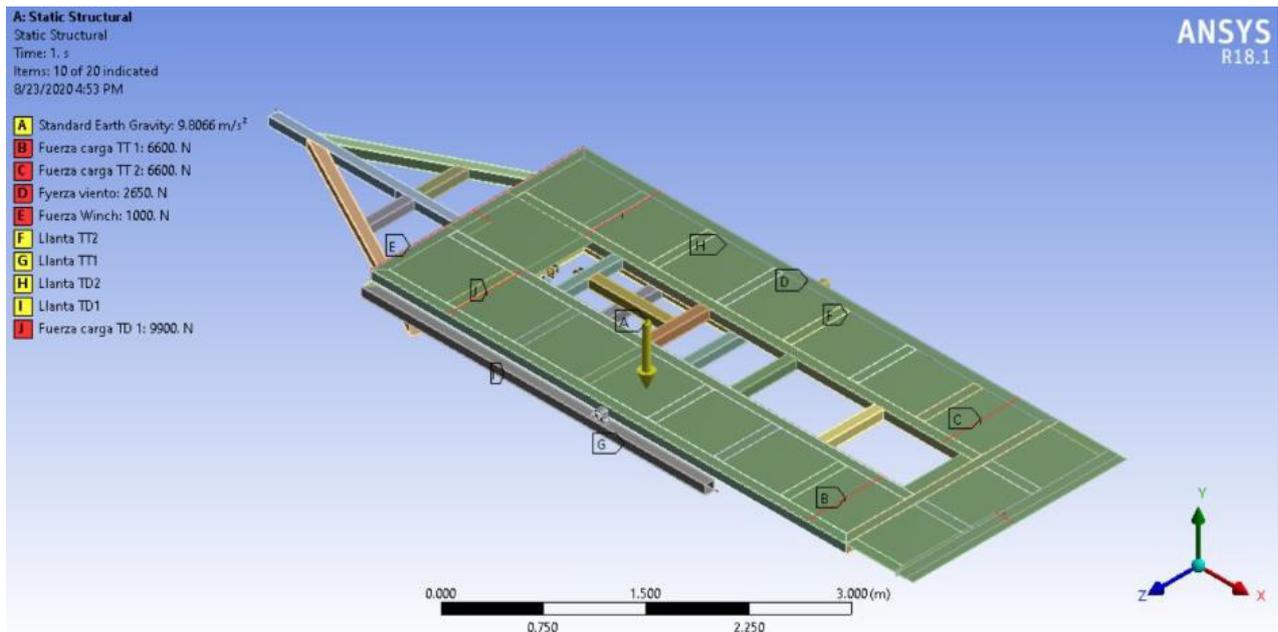
Para evaluar la resistencia de la estructura conformada por el bastidor, marco de la plataforma y plancha, establecieron cinco modelos de cargas a ser evaluados con análisis de elementos finitos detallados a continuación:

**Modelo 1: Plataforma con ángulo de inclinación a 0°, con carga del vehículo y carga impacto.**

Este modelo permitió calcular los esfuerzos y deformaciones que soporta la estructura, además de comprobar si los perfiles estructurales seleccionados anteriormente son los correctos mediante su factor de seguridad.

La carga de impacto se considera por normativa AASHTO el 30% de la carga viva y es adicionada a la contribución del peso del vehículo remolcado en cada llanta. (American Association of State Highway and Transportation Officials, 2002)

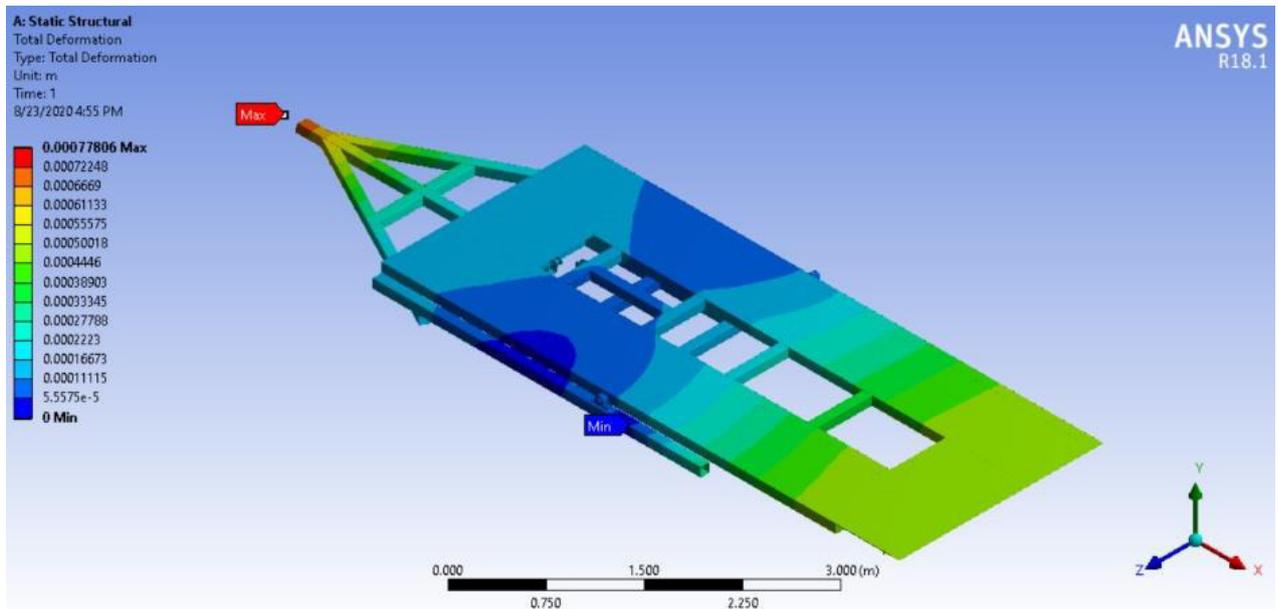
Como parámetros de entrada en el análisis de elementos finitos en ANSYS STATIC STRUCTURAL se definieron las siguientes cargas y restricciones:



**Figura 3-3 Cargas y soporte de la estructura del remolque en movimiento**

Elaborado por los autores

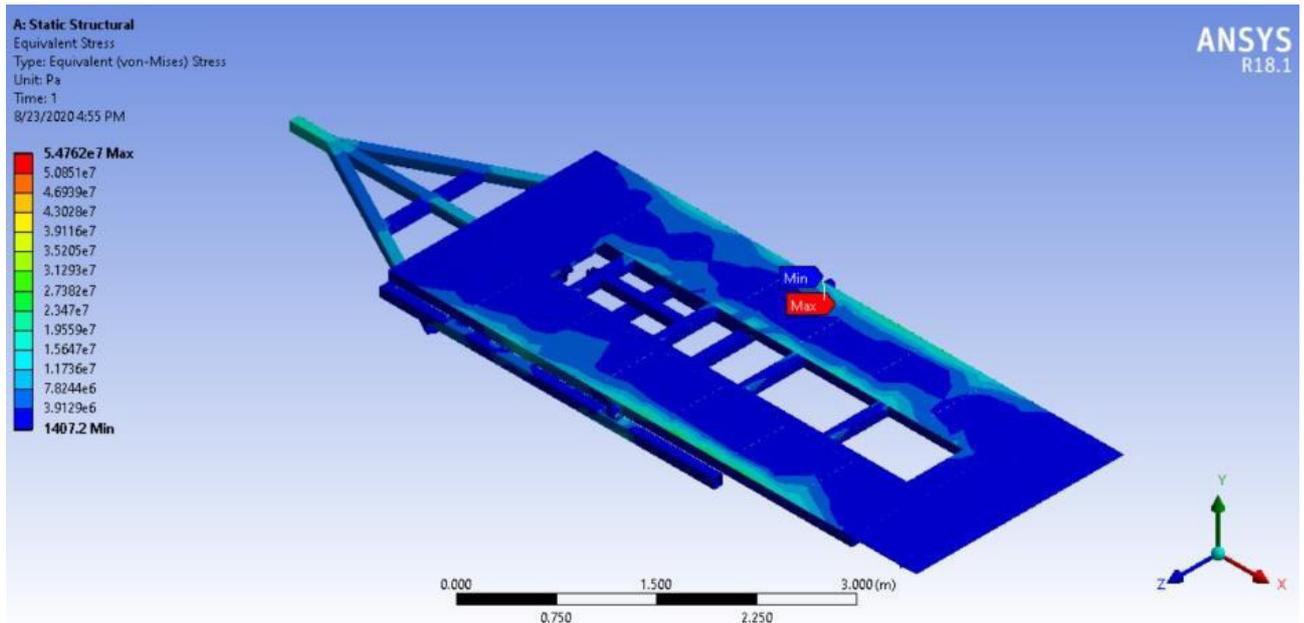
Luego de la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:



**Figura 3-4 Deformación de la plataforma del remolque en movimiento**

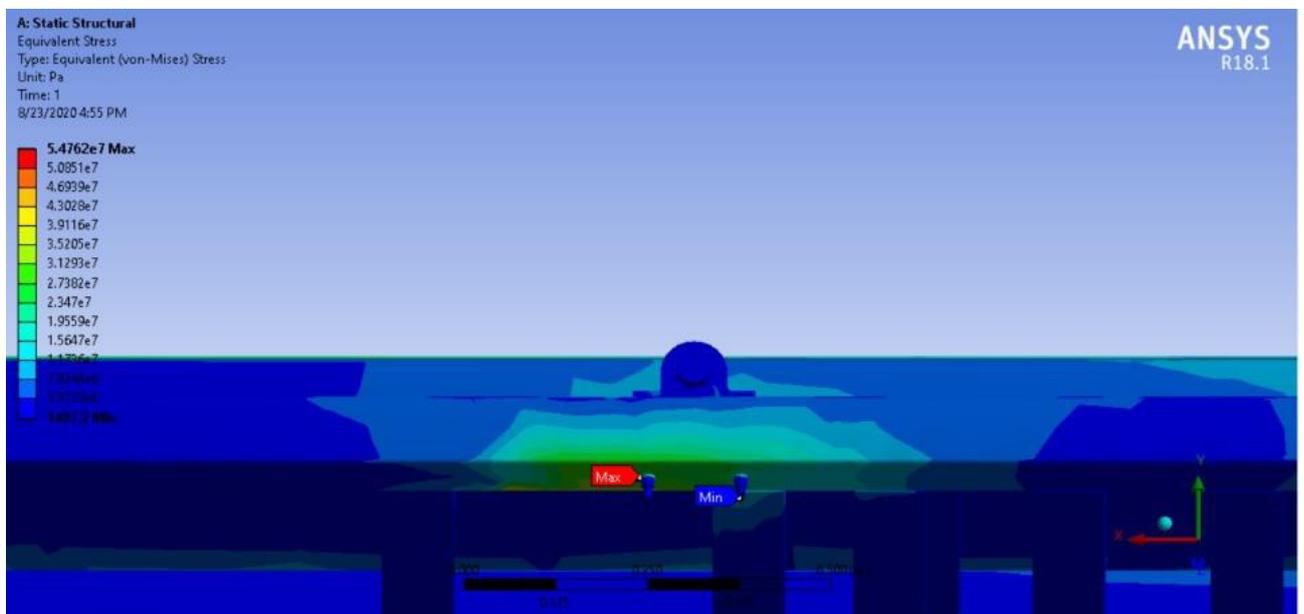
Elaborado por los autores

En la figura 3-4 se observa que la máxima deformación es de 0.78 [mm] y ocurre en el tiro. Específicamente en la unión entre el vehículo motriz y el remolque, la deformación es muy pequeña, casi despreciable.



**Figura 3-5 Esfuerzos de Von Mises Punto1**

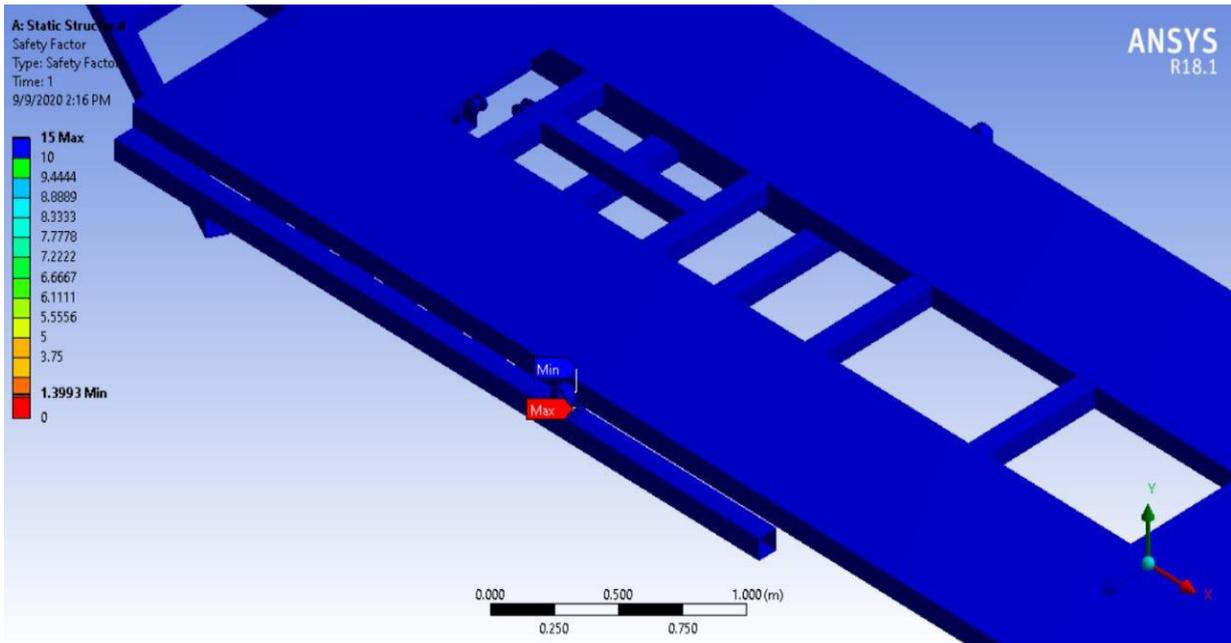
Elaborado por los autores



**Figura 3-6 Esfuerzos de Von Mises Punto2**

Elaborado por los autores

En las figuras 3-5 y 3-6 se observa que el máximo esfuerzo de Von Mises es de 54.8 [MPa] y se encuentra localizado en los largueros donde se asientan las chumaceras y se ancla el marco de la plataforma junto con la plancha.



**Figura 3-7 Factor de Seguridad de la plataforma en movimiento**

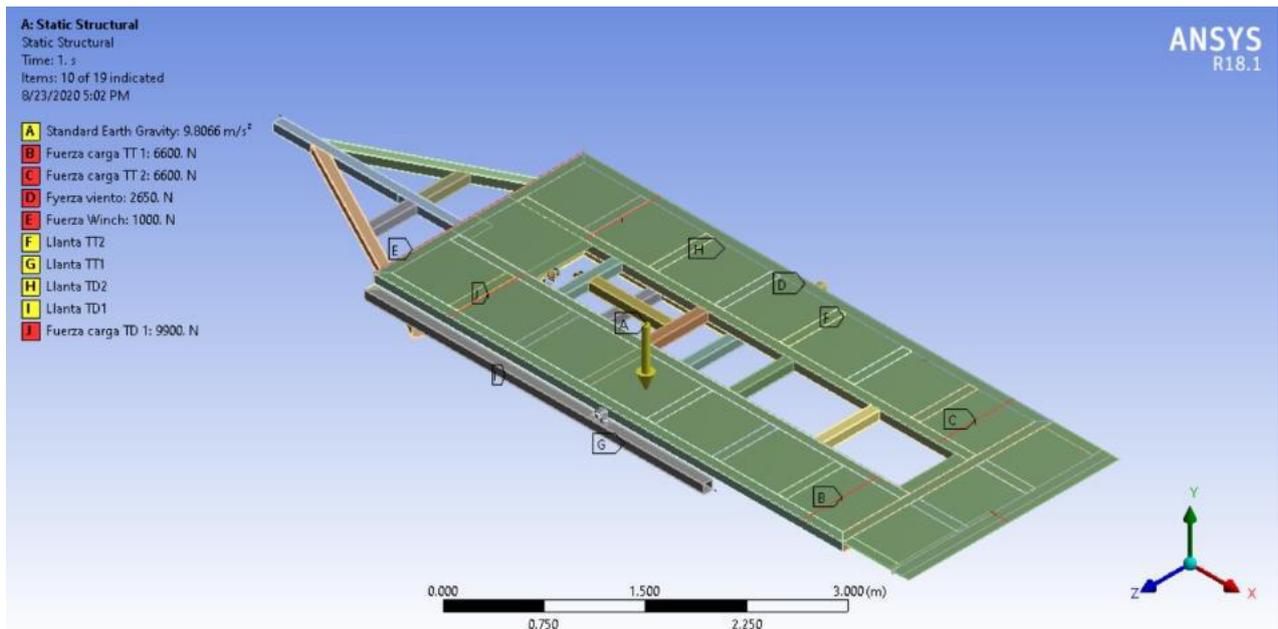
Elaborado por los autores

En la figura 3-7 se observa que el factor de seguridad máximo para este análisis es de 15. El factor de seguridad tiene un valor mínimo de 1.4 en la zona de unión el bastidor con el marco de la plataforma.

## **Modelo 2: Plataforma con ángulo de inclinación a 0°, con carga del vehículo, carga de impacto y carga de frenado**

Este modelo permite evaluar la resistencia y deformación que presenta la estructura en sus travesaños, cuando el remolque tiende por inercia a continuar el movimiento después del frenado. La fuerza de frenado se determina con aceleración recomendada de 4 [m/s<sup>2</sup>] en la normativa NTE-INEN 1323. La carga de frenado obtenida mediante cálculos y que se encuentra en la sección de Apéndices es de 13200 [N].

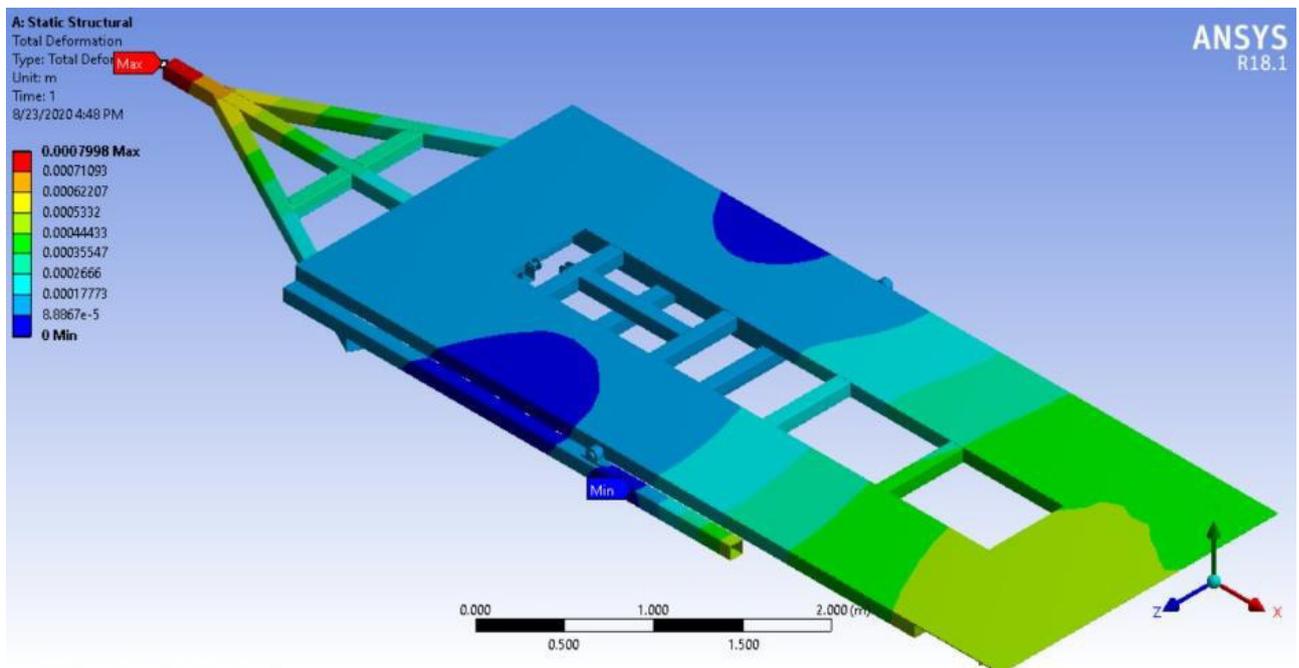
Como parámetros de entrada en el análisis de elementos finitos en ANSYS STATIC STRUCTURAL se definieron las siguientes cargas y restricciones:



**Figura 3-8 Cargas y soportes de la plataforma considerando carga de frenado**

Elaborado por los autores

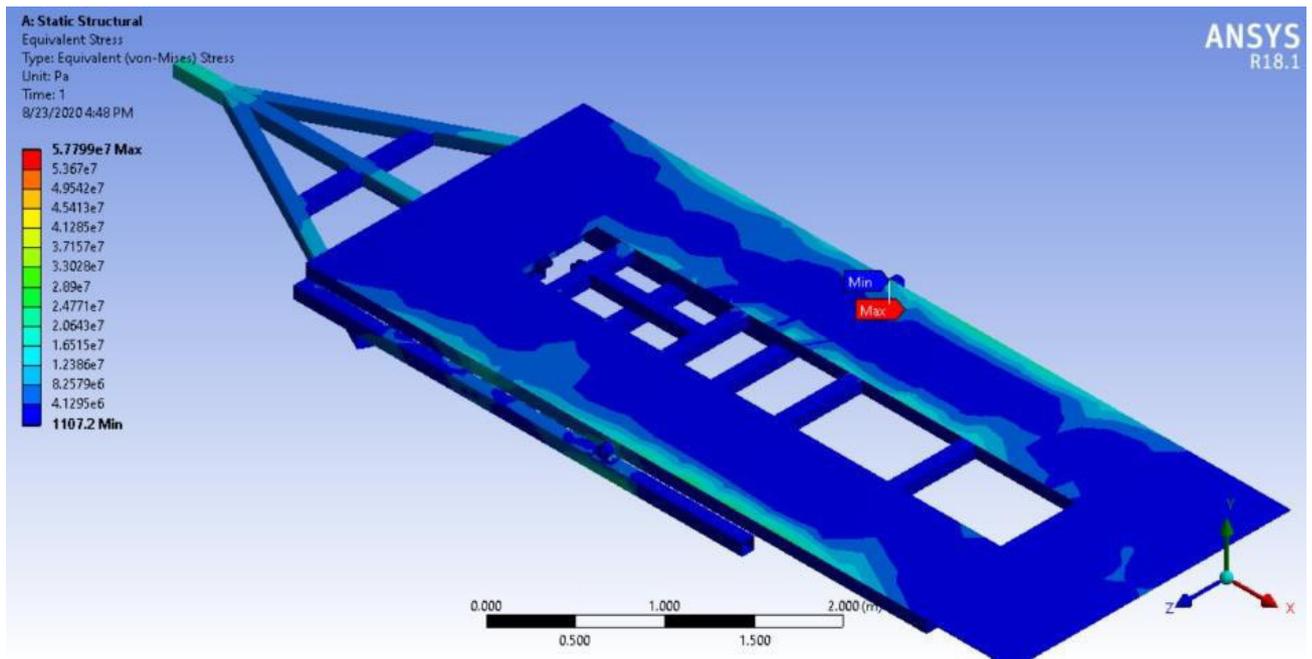
Luego de la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:



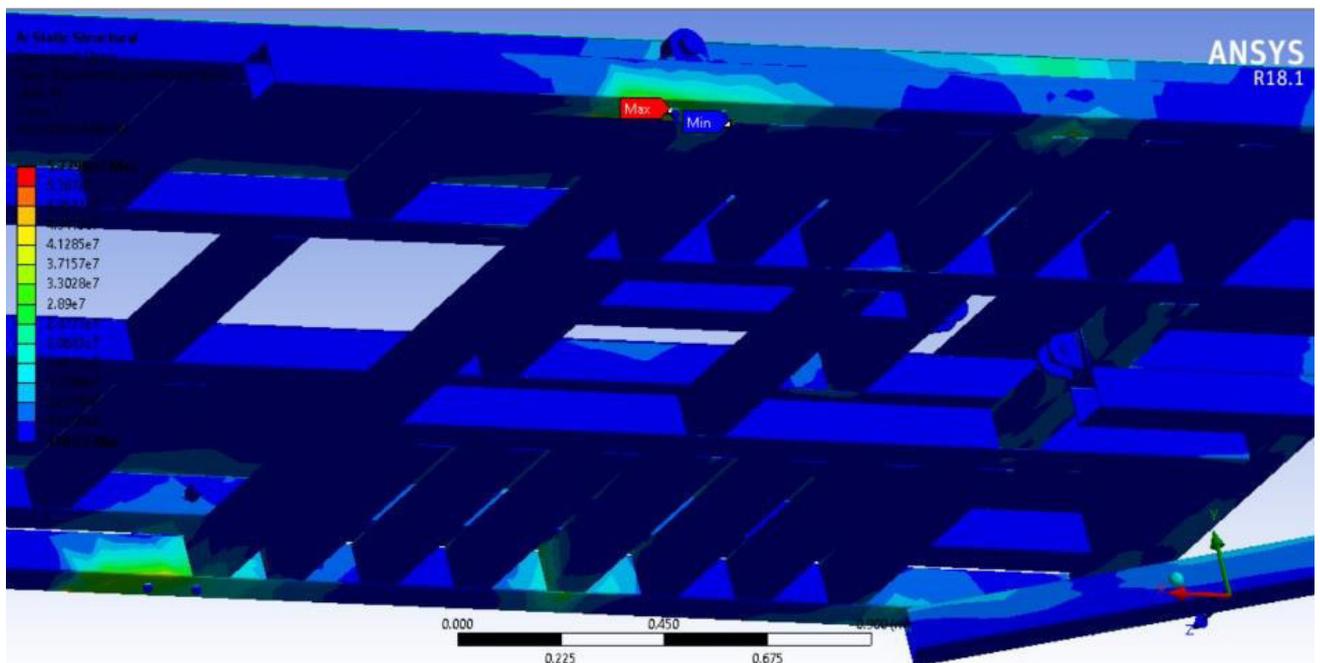
**Figura 3-9 Deformación de la plataforma considerando carga de frenado**

Elaborado por los autores

En la figura 3-9 se observa que la máxima deformación es de 0.80 [mm] y ocurre en el tiro debido a la gran fuerza axial que se genera por el frenado de emergencia del remolque.

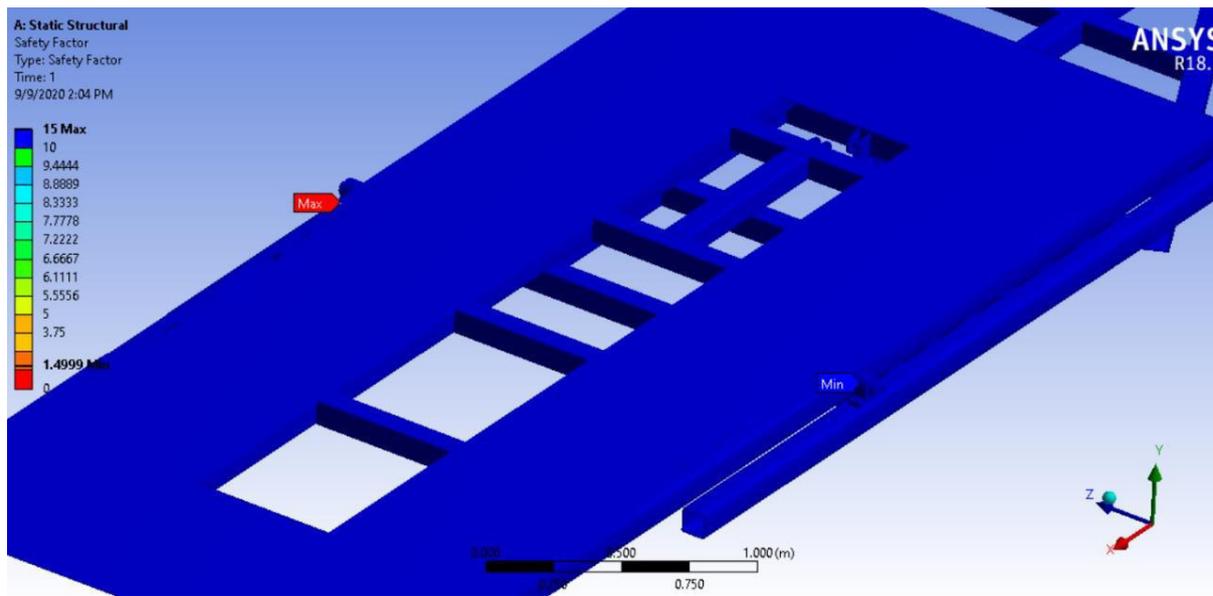


**Figura 3-10 Esfuerzos Von Mises debido a carga de frenado Pt1**  
 Elaborado por los autores



**Figura 3-11 Esfuerzos Von Mises debido a carga de frenado Pt2**  
 Elaborado por los autores

En las figuras 3-10 y 3-11 se observa que el máximo esfuerzo de Von Mises es de 57.8 [MPa] y se encuentra localizado en los largueros donde se asientan las chumaceras y se ancla el marco de la plataforma junto con la plancha.



**Figura 3-12 Factor de Seguridad de la Plataforma con carga de frenado**

Elaborado por los autores

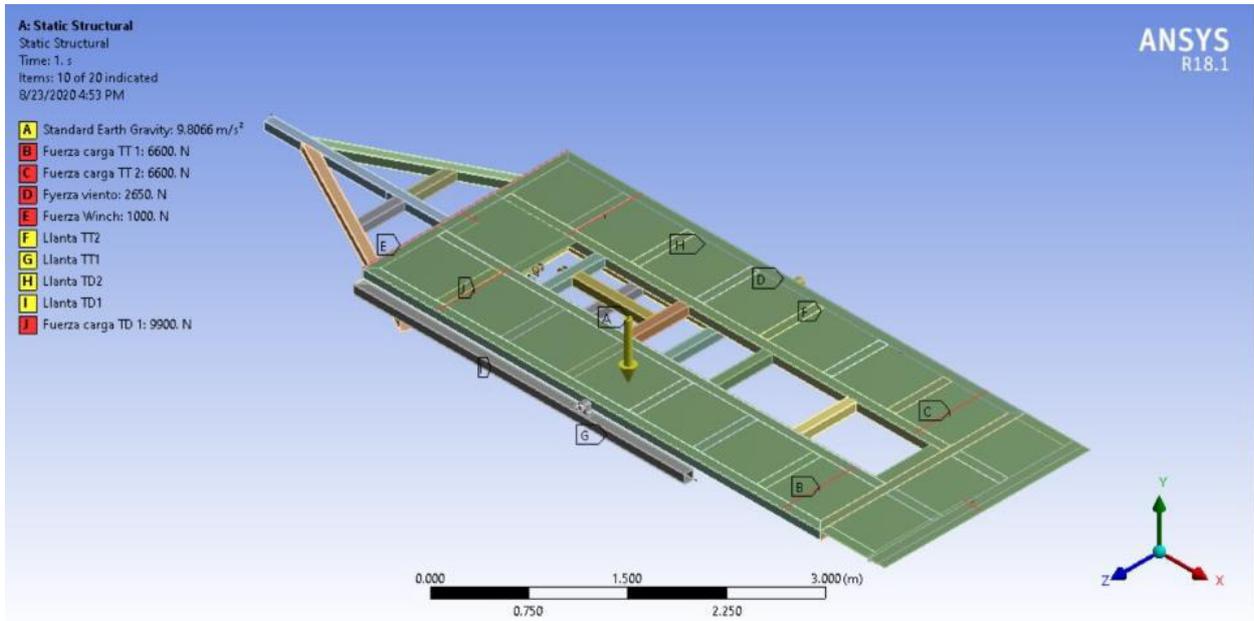
En la figura 3-12 se observa que la zona donde se conecta el marco de la plataforma junto con la plancha y el bastidor es el elemento que tiene el factor de seguridad mínimo de 1.5. Esto se atribuye al incremento del esfuerzo cortante y aplastamiento durante una desaceleración, ya que la inercia del vehículo que se encuentra en la plataforma tiende ir hacia delante.

Con este modelo, se determina la resistencia a la fluencia del pin de acero AISI 4340 de diámetro de 35 [mm] y largo 250[mm] que conecta el marco de la plataforma con el bastidor. De manera analítica se obtuvo un factor de seguridad de 8.

### **Modelo 3: Plataforma con ángulo de inclinación a 0°, con carga del vehículo, carga de impacto y carga de giro**

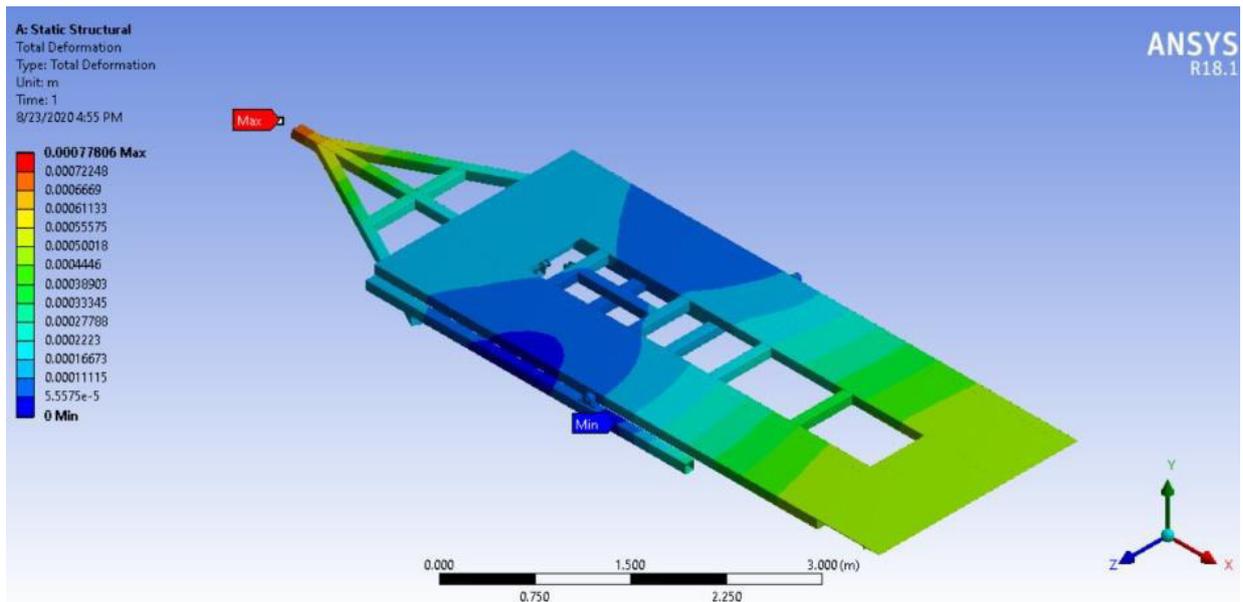
Este modelo permite evaluar la resistencia y deformación que presenta la estructura en sus largueros, cuando el remolque entra a una curva. La fuerza centrípeta se determina con la velocidad y radio de curvatura recomendadas en la normativa NTE-INEN 1323. La carga de giro obtenida es de 5900 [N]. Como parámetros de entrada en el análisis de

elementos finitos en ANSYS STATIC STRUCTURAL se definieron las siguientes cargas y restricciones:



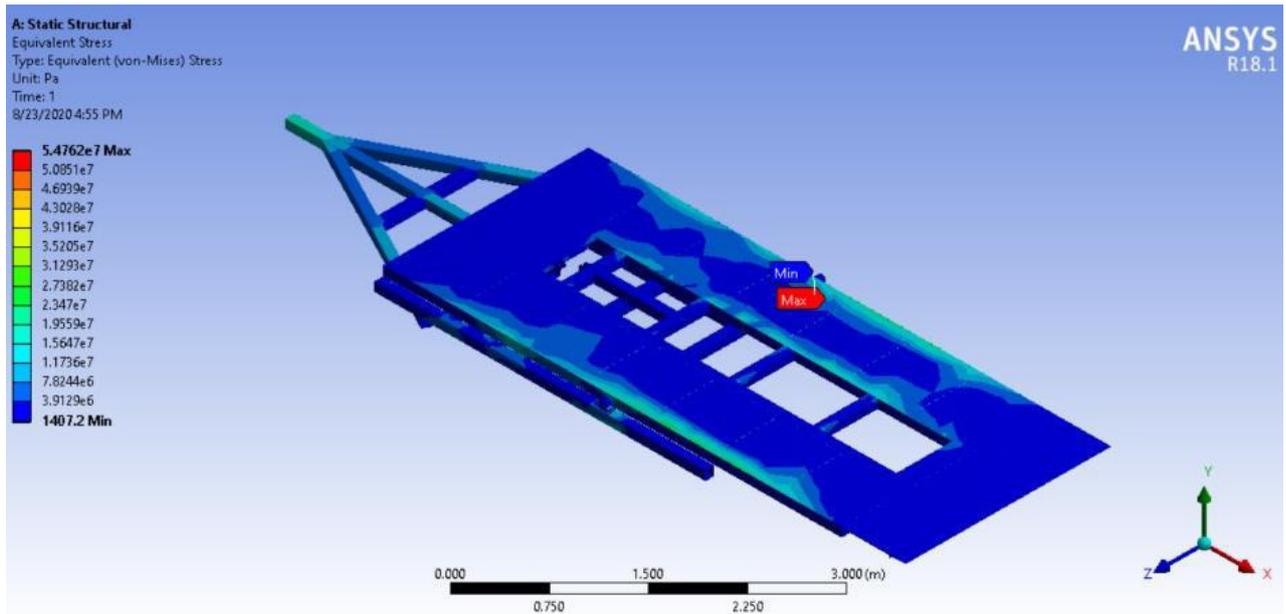
**Figura 3-13 Cargas y soportes de la plataforma considerando carga de giro**  
Elaborado por los autores

Luego de la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:

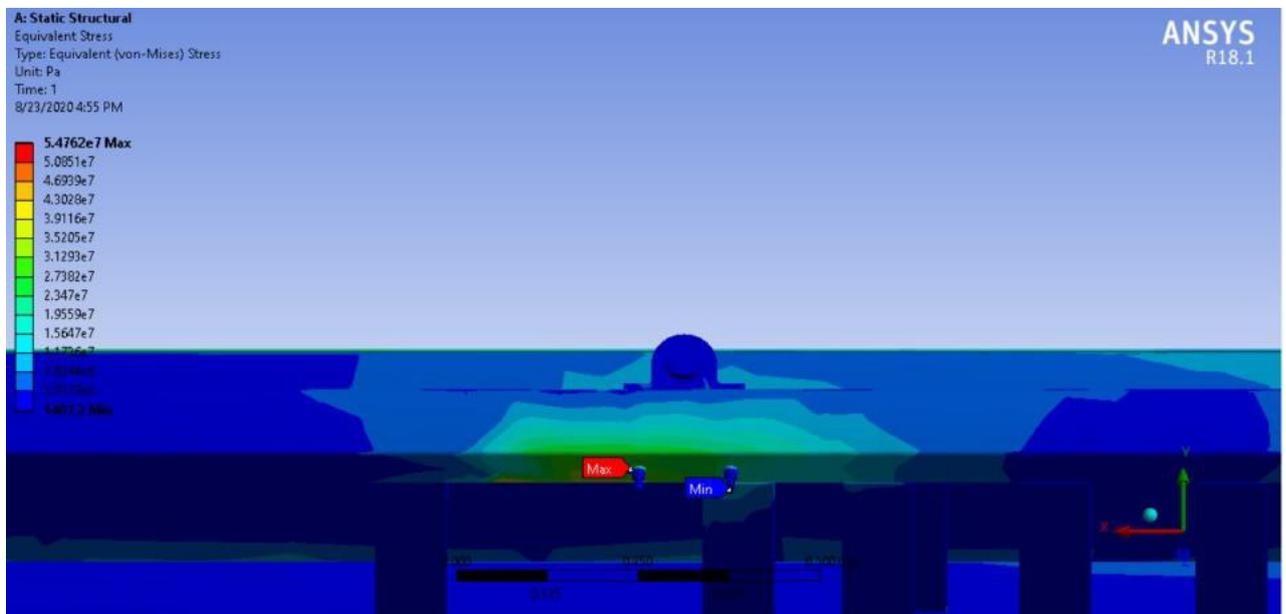


**Figura 3-14 Deformación de la plataforma considerando carga de giro**  
Elaborado por los autores

En la figura 3-14 se observa que la máxima deformación es de 0.78 [mm] y ocurre en el tiro.

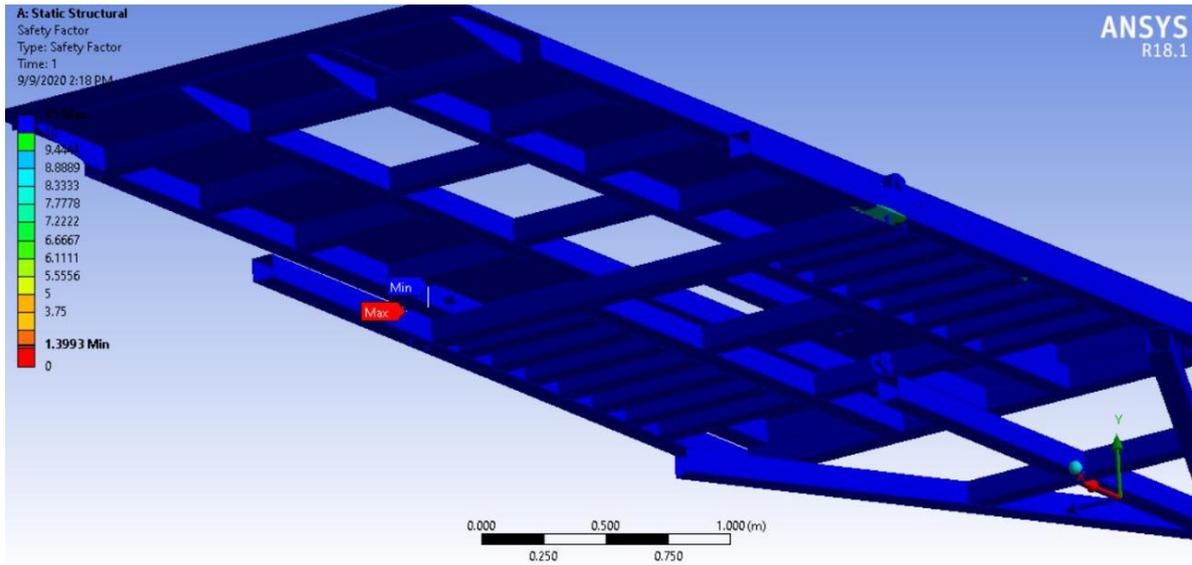


**Figura 3-15 Esfuerzo de Von Mises debido a carga de giro Pt1**  
 Elaborado por los autores



**Figura 3-16 Esfuerzo de Von Mises debido a carga de giro Pt2**  
 Elaborado por los autores

En las figuras 3-15 y 3-16 se observa que el máximo esfuerzo de Von Mises es de 54.8 [MPa] y se encuentra localizado en los largueros donde se asientan las chumaceras y se ancla el marco de la plataforma junto con la plancha.



**Figura 3-17 Factor de Seguridad de la Plataforma con carga de giro**

Elaborado por los autores

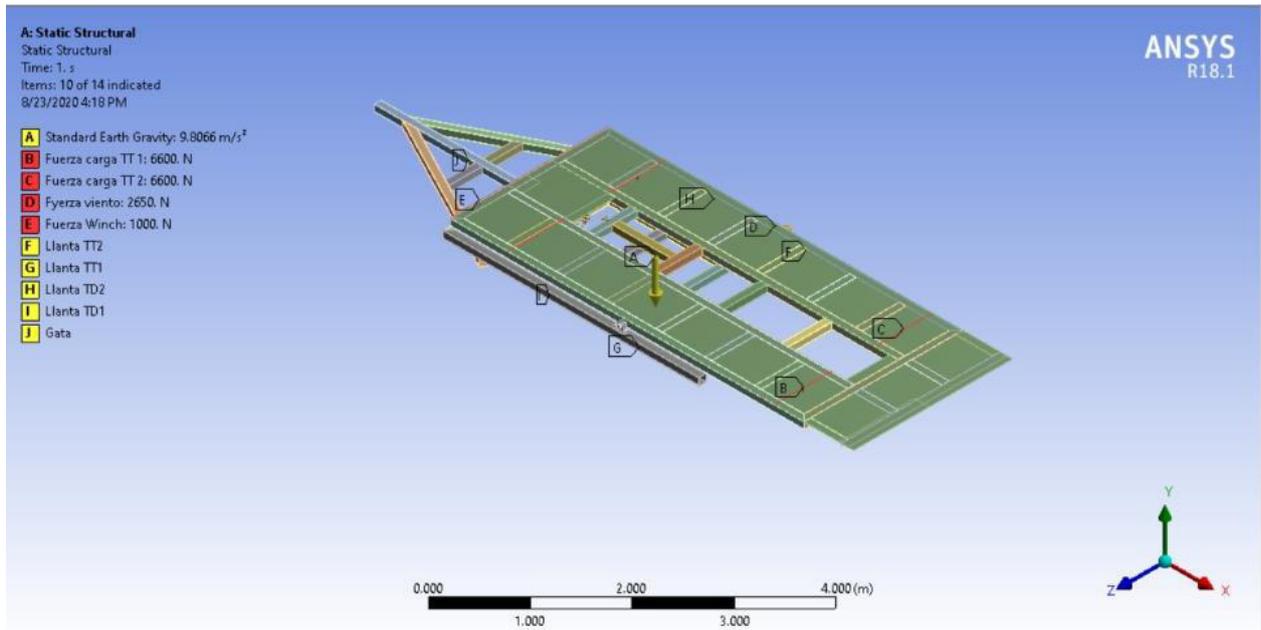
En la figura 3-17 se observa la zona que conecta el marco de la plataforma junto con la plancha y el bastidor es el elemento que tiene el factor de seguridad mínimo de 1.4. Esto se atribuye a que la fuerza centrípeta tiende a direccionar el vehículo hacia el centro de la trayectoria variando la ubicación de su centro de gravedad.

#### **Modelo 4: Plataforma con ángulo de inclinación a 0°, con carga del vehículo.**

Este modelo permitió conocer las fuerzas en los apoyos cuando el remolque se encuentra en reposo y se procede a elevar el vehículo. Este es el caso más crítico para la selección de la pata y el cilindro hidráulico, y para el diseño de la sujeción del cilindro con el bastidor y plataforma.

La unión del cilindro con el bastidor y el marco de la plataforma se la realizó con un pin de acero AISI 4340 de diámetro de 35[mm] y largo 250[mm]. Las orejas están hechas en plancha de acero ASTM A36 de espesor de 10[mm]. La resistencia de esta sujeción bajo análisis de elementos finitos.

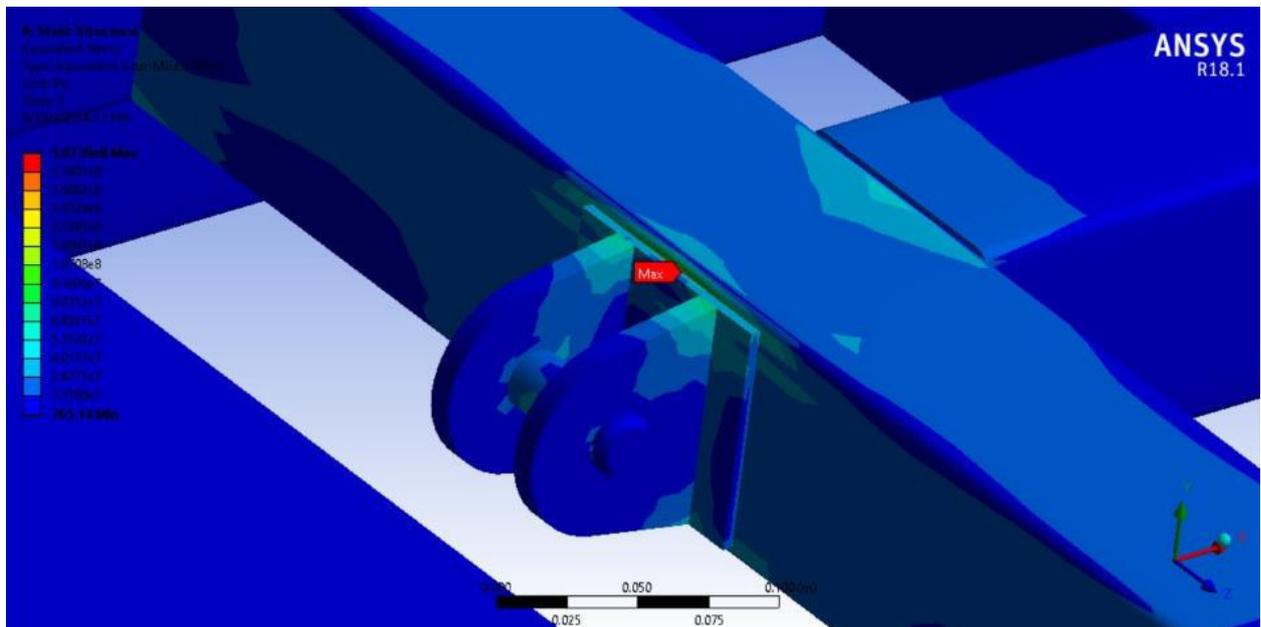
Como parámetros de entrada en ANSYS STATIC STRUCTURAL se definieron las siguientes cargas y restricciones:



**Figura 3-18 Cargas y soportes en la estructura del remolque en reposo**

Elaborado por los autores

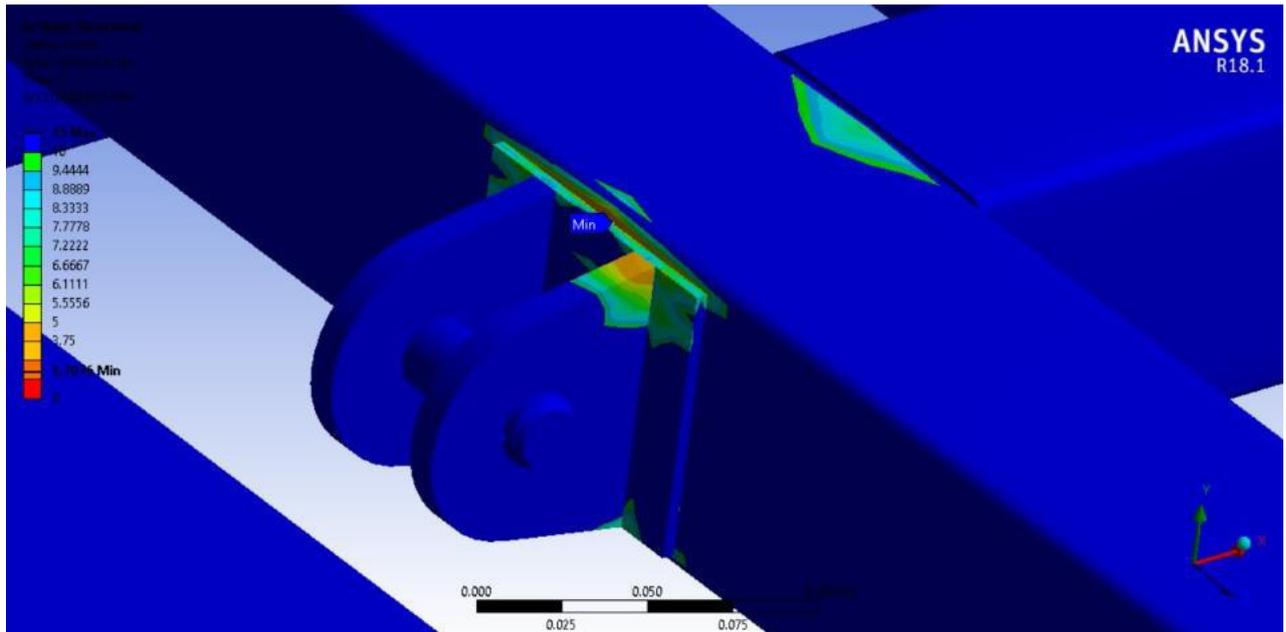
Luego de la simulación, se obtuvo los siguientes resultados:



**Figura 3-19 Esfuerzos de Von Mises de la Estructura Principal en reposo**

Elaborado por los autores

En la figura 3-19 se observa que el esfuerzo máximo de Von Mises es de 182 [MPa] y este ocurre en la placa soldada al travesaño donde se instala el cilindro hidráulico.



**Figura 3-20 Factor de seguridad**

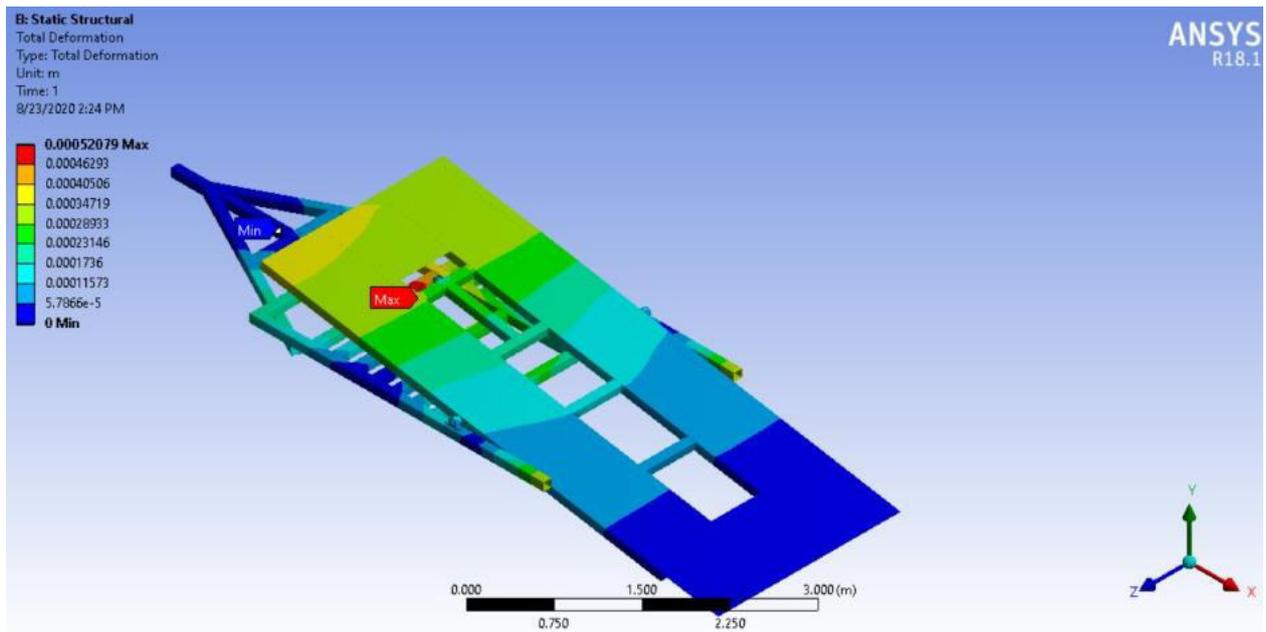
Elaborado por los autores

En la figura 3-20 se observa que el factor de seguridad máximo para este análisis es de 15. El factor de seguridad tiene un valor mínimo de 1.8 para la placa que soldada al travesaño.

### **Modelo 5: Plataforma con ángulo de inclinación a 14°, con carga del vehículo**

Este modelo permitió conocer si el pin de acero AISI 4340 de diámetro 35[mm] y longitud 250[mm] que une la plataforma con el bastidor no fluye en su posición más crítica que corresponde a una inclinación de 14°.

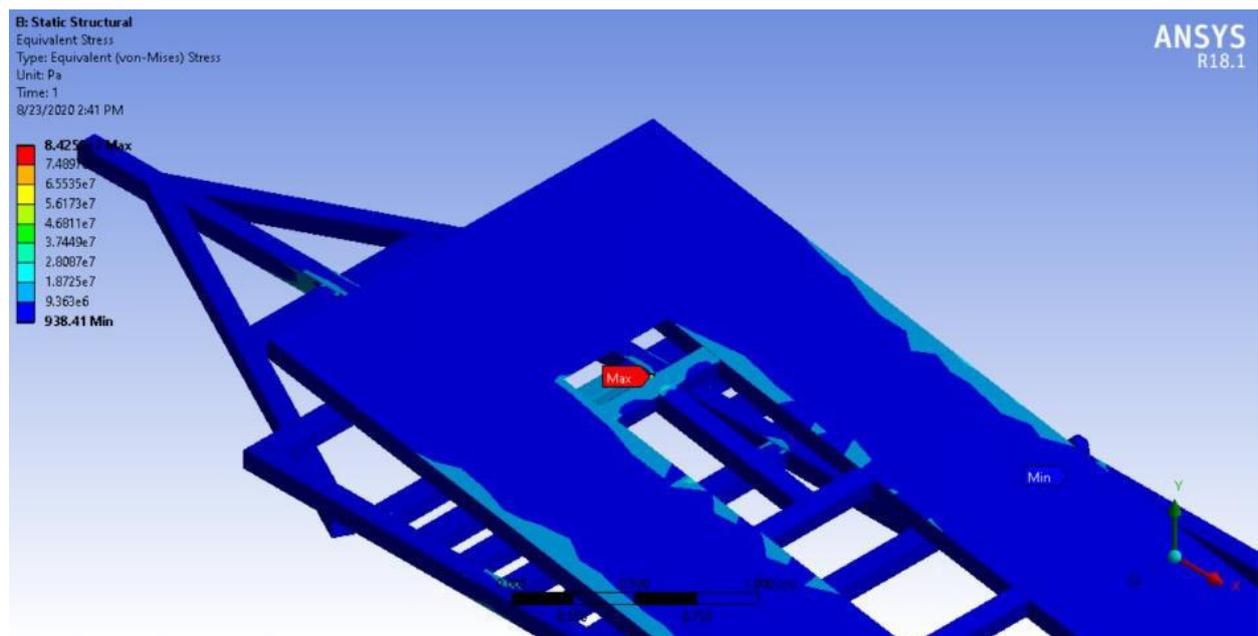
En ANSYS STATIC STRUCTURAL se obtuvieron los siguientes resultados:



**Figura 3-21 Deformación de la plataforma con inclinación a 14°**

Elaborado por los autores

En la figura 3-21 se observa que la máxima deformación es de 0.52 [mm] y ocurre en el travesaño que soporta la parte trasera del cilindro hidráulico.



**Figura 3-22 Esfuerzos de Von Mises**

Elaborado por los autores

En la figura 3-22 se observa que el máximo esfuerzo de Von Mises es de 84.3 [MPa] y ocurre en el travesaño que se conecta con la parte trasera del cilindro hidráulico.

### 3.1.2 Anclaje

La fuerza de tiro necesaria para remolcar el vehículo es de 26215 [N] (5895 [lbf]). Para esta carga se selecciona un tirón forjado para bola 2-5/16 [in] canal tipo A para 12500 [lbf].



Figura 3-23 Tiro de bola 2 5/16

(Performance, 2019)

### 3.2 Sistema Hidráulico

El sistema hidráulico está conformado por una bomba hidráulica y reservorio con las siguientes características:

**Tabla 3-1 Sistema Hidráulico**

Elaborado por los autores

<b>Tipo</b>	Engranaje/Piñones
<b>Modelo</b>	GP1K8
<b>Caudal @1800RPM</b>	3.80 [GPM]
<b>Presión</b>	170 a 190 [Bar]
<b>Capacidad reservorio</b>	20 [Gal]

Esta entrega la presión y caudal demandados por uno de los componentes mediante un mando de tres palancas.

#### 3.2.1 Selección del cilindro hidráulico

Cuando la plataforma se encuentra a 0°, el pistón forma un ángulo de 22° respecto a la horizontal. La fuerza que aplica el cilindro para levantar la plataforma con el vehículo en esta posición es de 13700[N].

Con la fuerza calculada y con la presión de trabajo de 140 [Bar] (2000[Psi]), se selecciona el cilindro hidráulico con las siguientes características:

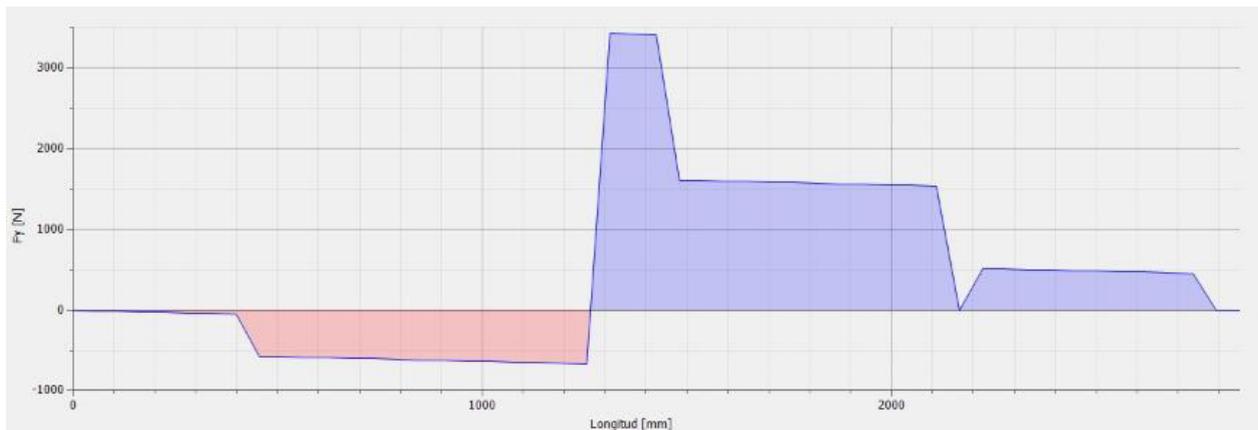
**Tabla 3-2 Características del cilindro hidráulico**

Elaborado por los autores

Tipo	Simple efecto
Diámetro de Camisa	36 [mm] (1.5 [in])
Distancia mínima entre centros	280 [mm]
Distancia máxima entre centros	530 [mm]

### 3.2.2 Selección de la pata hidráulica

La fuerza soporta la pata hidráulica para junto con las llantas sostener el vehículo peso del vehículo y el remolque cuando la plataforma se encuentra a 0° es de 4000[N] aproximadamente, según el diagrama de fuerzas obtenido como resultado del análisis de elementos finitos en AUTODESK INVENTOR.



**Figura 3-24 Diagrama de fuerzas del soporte hidráulico fijo**

Elaborado por los autores

Con la fuerza calculada y con la presión de trabajo de 140 [Bar] (2000 [Psi]), se selecciona la pata hidráulica con las siguientes características:

**Tabla 3-3 Características del soporte hidráulico fijo**

Elaborado por los autores

Diámetro de Camisa	19 [mm] (3/4 [in])
--------------------	--------------------

### 3.2.3 Selección del Winche

Con el peso del vehículo a remolcar que es de 3000 [Kg], se selecciona el winche hidráulico con las siguientes características:

**Tabla 3-4 Características del Winche Hidráulico**

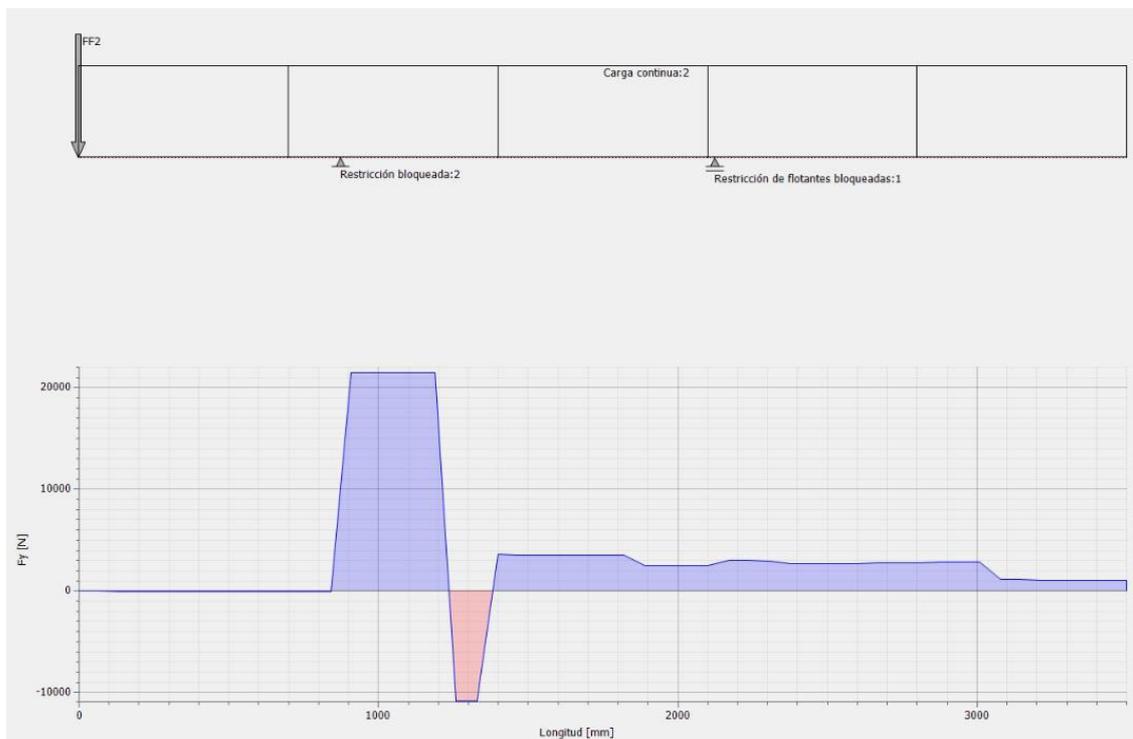
Elaborado por los autores

Presión de trabajo	165 [Bar] (2393 [Psi])
Fuerza de tracción	5000 [Kg]
Longitud máxima de la cuerda	49 [m]
Diámetro de la cuerda	12 [mm] (1/2 [in])
Hidromotor	315 [cc]
Máximo Caudal Bomba	16 [GPM]

### 3.3 Sistema de transmisión

#### 3.3.1 Dimensionamiento del eje

Para el dimensionamiento del eje, se realizó un análisis de elementos finitos en AUTODESK INVENTOR para obtener la magnitud de la reacción en los neumáticos que actúa en los largueros principales considerando la carga viva total y la carga de impacto. A continuación, se muestra el diagrama de fuerzas:



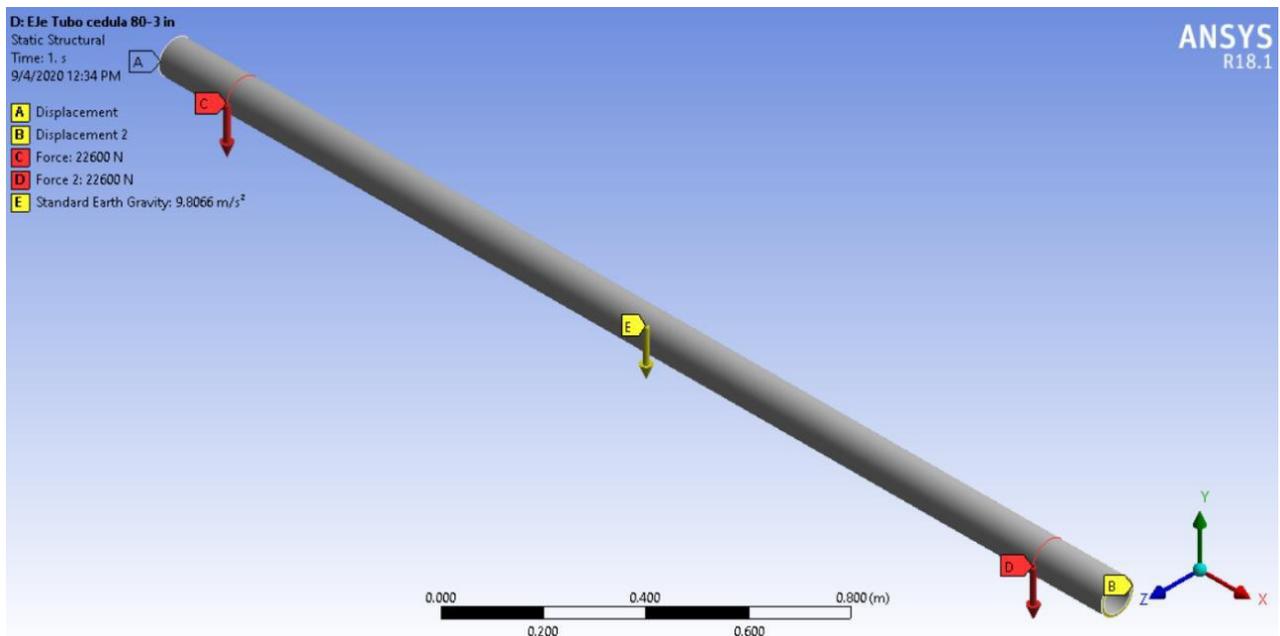
**Figura 3-25 Diagrama de Fuerzas sobre larguero principal**

Elaborado por los autores

En la figura 3-25 se observa que a 1000[mm] se encuentra un pico de fuerza cuyo valor es de 22561[N].

Esta magnitud de fuerza es escogida como crítica para el análisis del eje por flexión. Con ello se evalúa la resistencia a la fluencia, deformación y factor de seguridad de un tubo de hierro negro sin costura cédula 80 de diámetro nominal 3[in] y espesor 7.62 [mm].

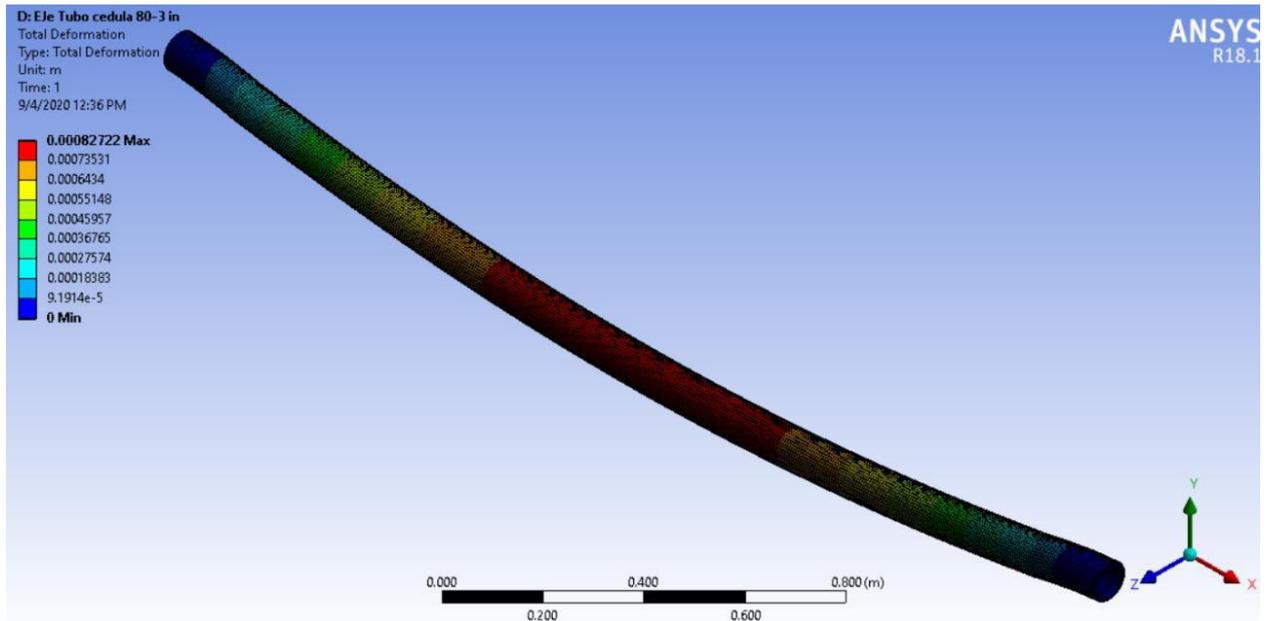
Como parámetros de entrada en el análisis de elementos finitos en ANSYS STATIC STRUCTURAL se definieron las siguientes cargas y restricciones:



**Figura 3-26 Cargas y soportes en el eje**

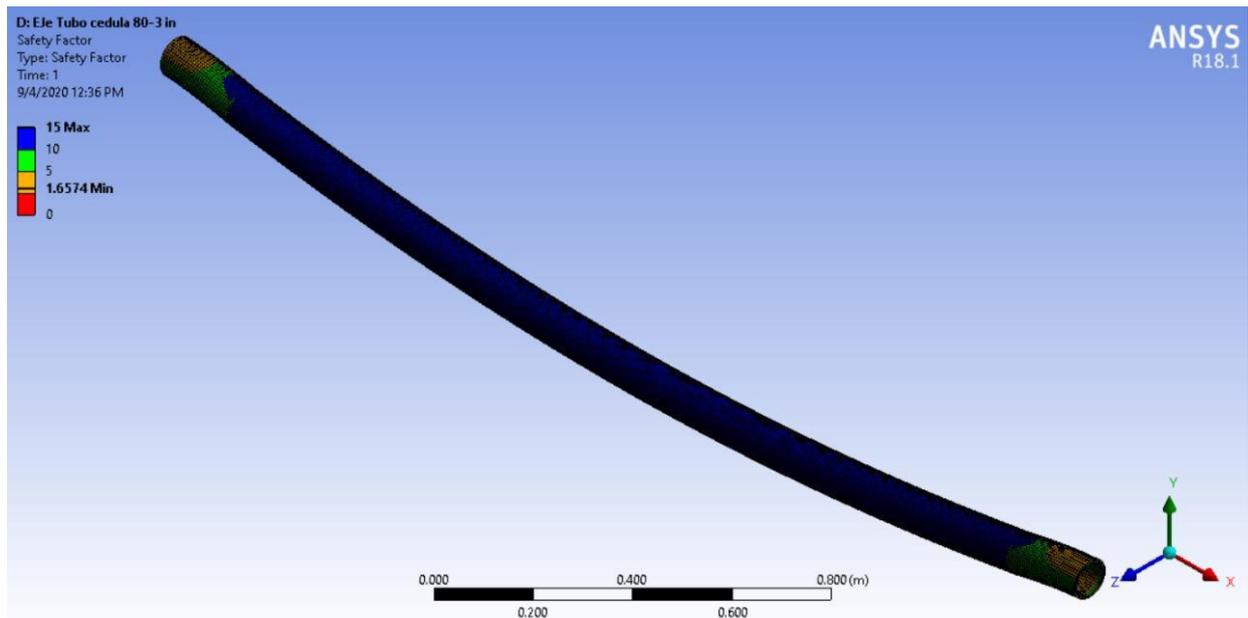
Elaborado por los autores

Luego de la simulación, se obtuvieron los siguientes resultados:



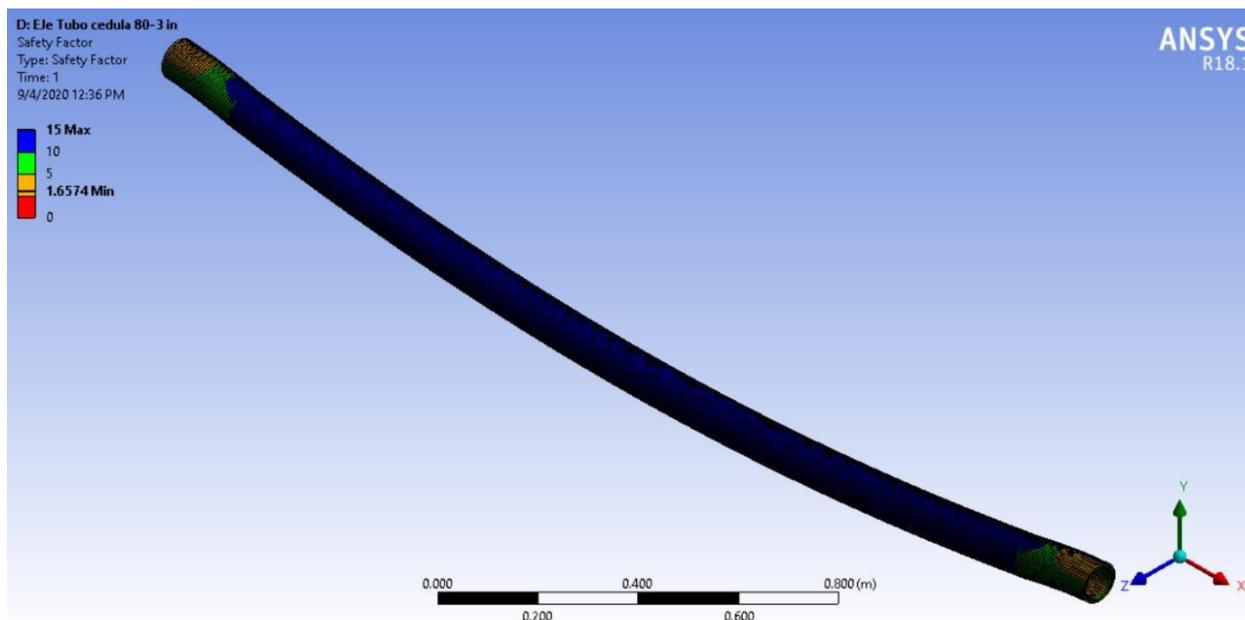
**Figura 3-27 Deformación sobre el eje**  
 Elaborado por los autores

En la figura 3-27 se observa que la máxima deformación que presenta el eje es de 0.82 [mm].



**Figura 3-28 Esfuerzos de Von Mises sobre el eje**  
 Elaborado por los autores

En la figura 3-28 se observa que el esfuerzo de Von Mises tiene un valor máximo de 171 [MPa].



**Figura 3-29 Factor de Seguridad sobre el eje**

Elaborado por los autores

En la figura 3.29 se observa que el eje que se conecta con la punta y masa para el acople de los neumáticos tiene un factor de seguridad mínimo de 1.7.

### 3.3.2 Selección de la punta de eje y masa

Conocido el diámetro interior del tubo de cedula 80 que corresponde a un valor aproximado de 73,66 [mm] se procede a buscar una punta de eje de 2-1/2 [in] (63.5 [mm]). Esta punta se inserta en el tubo y se la une con soldadura. La masa seleccionada es un tráiler modelo F100 que se acopla a una llanta de rin 16 con cinco agujeros y soporta 3000-3500 [Kgf] por eje.

### 3.3.3 Selección de la ballesta

En función de la fuerza crítica con la que se dimensionó el eje de magnitud 22561 [N] (4970 [Lbf]), (ver cálculos en la sección de apéndices) se selecciona una ballesta de doble ojo con cinco hojas, de largo 1200 [mm] y ancho 100 [mm], la cual tiene una capacidad mayor a las 10000[Lbf]. En total se colocan 4 ballestas, donde cada una se ancla a la

estructura mediante un extremo fijo y comparten entre sí el otro extremo que queda libre y permite el movimiento tipo balancín.

El eje se sujeta a la ballesta mediante dos abrazaderas tipo U de  $\frac{1}{2}$  [in] y una mordaza de 12 [mm] de espesor.



**Figura 3-30 Paquete de Ballestas de 5 hojas**

(Performance, 2019)

### 3.3.4 Selección del Sistema de Frenado

En el sistema de frenado se eligió un sistema de fácil manejo a fin de que el operador pueda utilizarlo en conjunto con el sistema hidráulico, ayudándole a sujetarse correctamente a la superficie cuando cumpla con su propósito. Es de tipo fricción entre las piezas zapatas y tambor que mediante el sistema hidráulico ejercerá la presión necesaria para poder frenar completamente todo el remolque con su carga. La presión de trabajo para este sistema será de 100 [bar]



**Figura 3-31 Sistema de Frenado con tambor y zapata**

(Autolab, 2017)

### 3.3.5 Selección de los neumáticos

En el diseño del remolque se consideran cuatro neumáticos de alta capacidad R16, que en el caso más crítico debe resistir la carga viva total junto con la de impacto cuyo valor es de 5540[Kgf]. Esta se distribuye para cada neumático, con un valor de 1385[Kgf]. Además, esta recorre una velocidad mínima de 90 [Km/h] según normativa NTE INEN 1323.

Con esa información se selecciona los neumáticos con las siguientes características:

**Tabla 3-5 Características de Neumáticos**

Elaborado por los autores

Vehículo	LT
Diámetro	16 [in]
Ancho de la llanta	265
Alto del flanco	75
Construcción	R (Radial)
Índice de carga	123 (1550[Kg])
Índice de velocidad	Q (160 [Km/h])

La denominación del neumático en el sistema ISO es LT 265/75/R16 123Q.

### **GOODYEAR / WRANGLER SILENT ARMOUR**

**CAMPERO Y CAMIONETA** - Todo Terreno



UTQG: N.A. ①  
LONAS: ①  
PROF. BANDA: ①  
PAÍS: USA  
ANCHO REAL DE BANDA: ①  
FABRICADA EN:  
INDICE CARGA: 123 (1550 kg) ①  
INDICE DE VEL: Q (160 km/h) ①

**GOODYEAR.**

**Figura 3-32 Neumático 265/75/R16 123Q**

(Goodyear, 2019)

### 3.4 Listado de Materiales y Costos.

#### 3.4.1 Estructura

**Tabla 3-6 Listado de Materiales y Precios de la Estructura**

Elaborado por los autores

<b>A) Perfilería</b>						
<b>Componente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dimensiones [mm]</b>	<b>longitud [mm]</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Bastidor	Tubo estructural cuadrado	100x100x4	33332	6	\$57.56	\$345.36
Plataforma	Tubo estructural cuadrado	100x100x3	25650	5	\$43.91	\$219.55
Plataforma	Tubo estructural cuadrado	100x100x2	8000	2	\$29.95	\$59.90
Plataforma	Angulo laminado	100x100x6	4250	1	\$70.63	\$70.63
Plataforma	Angulo laminado	100x100x3	1700	1	\$43.72	\$43.72
Bastidor	Tubo cedula 80	3 in	5200	1	\$19.90	\$19.90
						<b>\$759.06</b>

**Tabla 3-7 Listado y precios del planchaje**

Elaborado por los autores

<b>B) Planchones</b>						
<b>Componente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dimensiones [mm]</b>	<b>Espesor [mm]</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Plataforma	Plancha antideslizante	1220x2440	3	4	\$66.87	\$267.48
						<b>\$267.48</b>

**Tabla 3-8 Listado y precio del eje**

Elaborado por los autores

<b>C) Eje</b>						
<b>Componente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Diámetro [mm]</b>	<b>longitud [mm]</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Pin unión bastidor - marco	Acero 4340	35	800	1	\$33.45	\$33.45
Pin unión oreja cilindro	Acero 4340	25	70	1	\$28.40	\$28.40
						<b>\$61.85</b>

**Tabla 3-9 Listado y precio de los pernos**

Elaborado por los autores

<b>D) Pernos</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Clase</b>	<b>Diámetro [mm]</b>	<b>longitud [mm]</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Perno negro y tuerca	8.8	15	170	28	\$0.20	\$5.60
Tuerca	-	15	-	28	\$0.10	\$2.80
Perno negro y tuerca	8.8	12	150	4	\$0.15	\$0.60
						<b>\$9.00</b>

**Tabla 3-10 Listado y precio de los componentes**

Elaborado por los autores

<b>E) Chumacera</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Código cajera</b>	<b>Código rodamiento</b>	<b>Diámetro [mm]</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Pie	76207.2RSR	62307.2RSR	35	2	\$6.75	\$13.50
						<b>\$13.50</b>

**Tabla 3-11 Listado y precio para la soldadura**

Elaborado por los autores

<b>F) Soldadura</b>						
<b>Proceso</b>	<b>Consumible</b>	<b>Denominación</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
SMAW	Electrodo	6011	Fondeo	100	\$3.50	\$7
SMAW	Electrodo	7018	Acabado	100	\$3.70	\$7.20
						<b>\$14.20</b>

### 3.4.2 Sistema hidráulico

**Tabla 3-12 Listado y precios del sistema hidráulico**

Elaborado por los autores

<b>Componente</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Bomba hidráulica de engranajes modelo GP1K8	Presión 170-190 [Bar]; Caudal 380 [GPM]; Reservorio 20 [Gln]	1	\$170	\$170
Cilindro Hidráulico 1-1/2 [in]	Presión 140 [Bar]; Distancia máx. centros 530 [mm]; Distancia min centros 280 [mm]	1	\$400	\$400
Pata Hidráulica 3/4 [in]	Presión 140 [Bar]	1	\$250	\$250
Winche Hidráulica	Capacidad 5000 [Kg]	1	\$1600	\$1600
Mando de 3 palancas		1	\$350	\$350
Manómetro	0-3000 [Psi]	1	\$25	\$25
				<b>\$2795</b>

### 3.4.3 Sistema de transmisión

**Tabla 3-13 Listado y precios del eje de transmisión**

Elaborado por los autores

<b>A) Eje de Transmisión</b>						
<b>Componente</b>	<b>Tipo</b>	<b>Diámetro nominal [in]</b>	<b>longitud [mm]</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Tubo cedula 80	Tubo hierro sin costura	3	4400	1	\$19.90	\$19.90
						<b>\$19.90</b>

**Tabla 3-14 Listado y precios de la punta del eje y componentes**

Elaborado por los autores

<b>B) Punta de Eje, masa y llantas</b>				
<b>Componente</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Punta de eje y masa	diámetro 2-1/2 [in]	4	\$120	\$480
Neumático 265/75/R16 123Q		4	\$150	\$600
				<b>\$1080</b>

**Tabla 3-15 Listado y precios del paquete de ballestas**

Elaborado por los autores

<b>C) Ballesta y accesorios</b>				
<b>Componente</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Ballesta	Longitud 1200 [mm]; 5 hojas	4	\$170	\$680
Abrazaderas		8	\$15.8	\$126.4
Balancín		2	\$120	\$240
				<b>\$1046.40</b>

### 3.4.4 Costos finales del diseño

**Tabla 3-16 Cuadro costos totales**

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTOS</b>
1	ESTRUCTURA	
	• Perfilaría	\$759.06
	• Planchones	\$267.48
	• Ejes	\$61.85
	• Pernos	\$9
	• Chumaceras	\$13.50
	• Soldadura	\$14.20
2	SISTEMA HIDRAULICO	\$2795
3	SISTEMA DE TRANSMISIÓN	
	• Eje de transmisión	\$19.90
	• Punta de eje, masa y llanta	\$1080
	• Ballesta y accesorios	\$1046.40
		<b>\$6066.39</b>

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la finalidad de presentar un vehículo tipo remolque que cumpla con los requerimientos de diseño, fabricación, operabilidad para minimizar los costos altos que conlleva alquilar grúas para el transporte de vehículos, en este trabajo se presentó varios procesos metodológicos de diseño, asimismo los análisis y resultados mediante software CAE. Finalmente se resumirán los puntos más importantes que se obtuvieron de la investigación, alternativas de solución y ventajas que ofrece el diseño del proyecto.

### 4.1 Conclusiones

- La implementación de la metodología de diseño mecánico permitió resolver el problema y satisfacer las necesidades del usuario con un producto seguro, confiable, de manufactura práctica y comercializable. El diseño del remolque con plataforma inclinable cumplió con los requerimientos funcionales y mecánicos correspondientes a normativas nacionales e internacionales.
- Para la estructura del chasis o bastidor se utilizaron perfiles estructurales tipo hueco cuadrado de dimensiones 100x100x4 [mm] y para la estructura de la plataforma inclinable vigas estructurales tipo cuadrado dimensiones 100x100x3 dando como resultados factores de seguridad superiores a 1.67 por lo que se concluye que los perfiles elegidos para las estructuras fueron las adecuadas.
- En el sistema de suspensión comprendió el análisis de toda la carga viva para elegir un paquete de ballestas de 5 hojas de 1200[mm] de largo y 100 [mm] de ancho que soportará las cargas cíclicas de la estructura, minimizando el desgaste de piezas aledañas, vibraciones excesivas y fatiga del material. Asimismo, el soporte de las cargas de impacto del 30% y sobrecarga del 10% permitiendo soportar las irregularidades del suelo en el recorrido de las principales vías nacionales.

- El sistema de anclaje y seguridad que se propuso para el remolque permitió el agarre eficiente al momento de subir o descargar la carga, de igual manera una circulación segura y visible, así como una sujeción estable entre el vehículo a remolcar y plataforma del remolque.
- En el modelamiento y análisis estructural mediante software de elementos finitos se obtuvo una respuesta adecuada y favorable, al momento de distribuir las cargas y soportes en toda la estructura del remolque con factores de seguridad superiores a 1.6 permitiendo indicar que se cumplió con el objetivo general del proyecto planteado y las respectivas normas nacionales e internacionales.
- El valor total para el diseño del remolque es de \$6000 aproximadamente y se basó únicamente en la adquisición de materiales locales y de fácil adquisición. Asimismo, los repuestos y accesorios pueden ser reemplazados brindando al remolque una gran adaptabilidad al mercado evitando realizar importaciones.
- Finalmente, cabe recalcar que en el presente trabajo se ha puesto en evidencia el aprendizaje obtenido a lo largo de los años de estudio de carrera, adquiriendo agilidad y habilidad en el desarrollo de diseño de piezas, modelado y dibujo mecánico en software de Ingeniería. De igual manera el proyecto ha implicado mucho más trabajo, reflexión e investigación de lo que se ha plasmado en este escrito.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Realizar mantenimientos preventivos a los diferentes mecanismos giratorios, estructura, acoples, elementos mecánicos, etc. a fin de conservar el remolque en óptimas condiciones y alargar la vida útil del material.
- Se recomienda que se trabaje de acuerdo a los parámetros de diseño indicados por los autores, la máxima carga a transportar es de 2750 [kg] que hace referencia al peso bruto vehicular de una camioneta FORD-F150. Asimismo, considerar las velocidades permitidas y distanciamiento correcto

entre el remolque y vehículos externos que según norma debe ser superior a los 50 metros. Verificar que el sistema de sujeción y señalización se encuentre en buen estado y correctamente puesto para evitar percances o accidentes vehiculares.

- Al momento de realizar la carga/descarga del vehículo a remolcar en la plataforma inclinable, se debe corroborar que el pie de apoyo se encuentre correctamente ajustado y el cilindro amortiguador abierto su sistema hidráulico. De igual manera en el acople del vehículo motriz al remolque se debe verificar que dichos cuerpos se encuentren correctamente alineados y nivelados.
- Al momento de manufacturar el remolque con todos sus elementos que lo conforman se recomienda que se utilice personal altamente calificado, vista que en el proceso de soldado, las juntas de la estructura e uniones permanentes queden libre de defectos y con buen acabado. Asimismo seguir un estricto protocolo de seguridad industrial al realizar los diferentes trabajos para su construcción. El prototipo finalizado no está considerando las fallas de construcción debido a la mano de obra.
- Se debe tomar en consideración que los materiales y elementos seleccionados para la posterior construcción del remolque, cumpla con los protocolos de prueba, además de verificar el funcionamiento de los sistemas hidráulicos con el fin de que no se tenga ninguna afectación al momento del que el prototipo ingrese a circulación en el país.
- Se recomienda analizar y estudiar una propuesta para introducir un sistema eléctrico para la plataforma inclinable con un banco de baterías, asimismo la implementación de luces nocturnas reales a diferencia de las reflectivas ya que ayudará a una mejor visualización del remolque y mayor seguridad en la conducción.

# BIBLIOGRAFÍA

- Alcaglas. (2015). *Remolque de gran robustez ideal para transporte de maquinaria*.  
Obtenido de <http://www.alcaglas.com/producto.php?codigo=remolque-carga-vehiculatorpb1&foto=2>
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2002). *Standard Specifications for Highway Bridges*. AASHTO. Washington DC, United States.
- American Society of Civil Engineers. (1992). *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. ASCE. New York, United States.
- Andrade, J., & Sánchez, H. (2007). *Diseño de una plataforma cama alta acoplable a cabezales de Transporte*. *Tesis de ingeniería*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ashby, M. (2005). *Material Selection in Mechanical Design*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Báez, A. (2016). *Diseño y construcción de un semirremolque con capacidad para dos toneladas*. *Tesis de Ingeniería*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- Beer, F., Johnston, E., DeWolf, J., & Mazurek, D. (2010). *Mecánica de Materiales*. México: McGraw Hill.
- Budynas, R., & Nisbett, K. (2015). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Décima ed.). Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill Education.
- Callister, W. (28 de Mayo de 2013). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/144093065/INTRODUCCION-A-LA-CIENCIA-E-INGENIERIA-DE-LOS-MATERIALES-William-D-Callister-Ed-Reverte-19>
- Farag, M. (2014). *Materials and Process Selection for Engineering Design*. New York: Taylor & Francis Group.
- Grech, P. (2013). *Introducción a la ingeniería. Un enfoque a través del diseño*. (Segunda ed.). Colombia: Pearson Educación de Colombia.
- Hermenejildo, G. (s.f.). *Cálculo y diseño de los ejes de un vehículo*. *Ingemecánica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn18.html>
- Kaufmann. (2020). *Rodados, semirremolques*. Obtenido de <https://www.kaufmann.cl/rodados/tremac/sr-planos-11-ejes/>
- McCormac, J., & Cserneck, S. (2013). *Diseño de Estructura de Acero* (Quinta ed.). México: AlfaOmega.

- Meiller. (2019). *Remolques de eje central*. Obtenido de <https://www.meiller.com/es/productos/remolque-de-eje-central/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). *Tabla de Pesos y Dimensiones*. 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)
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de elementos de máquinas* (Cuarta ed.). Mexico: Pearson Education.
- Norma Chilena. (1979). Remolques y semirremolques - Requisitos de diseño de bastidores y cajas. *NCh1608:1979*. Santiago, Chile.
- Norma Chilena. (1996). Remolques y semirremolques - Ejes - Requisitos de seguridad. *NCh2311:1996*. Santiago, Chile.
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Máquinas - Un enfoque Integrado* (Cuarta ed.). (L. M. Cruz Castillo, Trad.) México, México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Novoa, D. (2010). Diseño y construcción de un remolque para traslado de coches tipo skuk con capacidad de media tonelada. *Tesis de Ingeniería*. Universidad Internacional SEK, Quito.
- Paredes, S. (2017). Diseño y construcción de un remolque móvil con circuitos neumáticos para el transporte de un peso máximo de dos toneladas. *Tesis de Ingeniería*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Remolques JLF. (2010). Obtenido de <https://www.remolques-jlf.com/>
- Rodríguez, A. (2010). Diseño de un semi-remolque de dos niveles para la transportación de pallets. *Tesis de ingeniería*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2008). Vehículos Automotores. Tipos, Términos y Definiciones. *NTE INEN-ISO 3833*. Quito, Ecuador.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2016). Clasificación Vehicular. *NTE INEN 2656*. Quito, Ecuador.

# **APÉNDICES**

# APÉNDICE A

## NORMAS Y CÓDIGOS



NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN 2656**

Primera revisión  
2016-09

CLASIFICACIÓN VEHICULAR

VEHICLE CLASSIFICATION



## INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO 3833:2008**

**Primera revisión**

---

NÚMERO DE REFERENCIA ISO 3833:1977(E)

### **VEHÍCULOS AUTOMOTORES. TIPOS. TÉRMINOS Y DEFINICIONES.**

**Primera Edición**

ROAD VEHICLES. TYPES. TERMS AND DEFINITIONS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Vehículos de carretera, vehículos automotores, vehículos de carretera remolcados, designación, definiciones.  
MC: 08.06-103  
COD: 629.113:001.4  
CIIU: 3843  
ICS: 43.020

CON LICENCIA DE USO PARA: PETROCHECK SERVICES  
NRO. DE ORDEN DESCARGADO 2017-07-38  
AUTORIZACIÓN A USUARIO ÚNICO. PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN



# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO 611:2009**

NÚMERO DE REFERENCIA ISO 611:2003 (E/F)

## **VEHÍCULOS AUTOMOTORES. FRENADO DE VEHÍCULOS AUTOMOVILÍSTICOS Y DE SUS REMOLQUES. VOCABULARIO.**

**Primera Edición**

ROAD VEHICLES. BRAKING OF AUTOMOTIVE VEHICLES AND THEIR TRAILERS. VOCABULARY.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Terminología, ingeniería automotriz, sistemas para vehículos automotores, sistemas de frenos, vocabulario.

---



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO 21244**

Primera edición  
2014-01

**VEHÍCULOS AGRÍCOLAS. UNIONES MECÁNICAS ENTRE  
TRACTORES Y REMOLQUES. ANILLOS DE ENGANCHE PARA  
IMPLEMENTOS Y FIJACIÓN A LA BARRA DE ENGANCHE**

**(ISO 21244:2008, IDT)**

**AGRICULTURAL EQUIPMENT.MECHANICAL CONNECTIONS BETWEEN TOWED AND  
TOWING VEHICLES. IMPLEMENT HITCH RINGS AND ATTACHMENT TO TRACTOR  
DRAWBARS  
(ISO 21244:2008, IDT)**

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 21244:2008.



Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 1129:1984**

---

**FECHA DE CONFIRMACIÓN: 2015-03-23**

**PUNTAS DE EJE PARA MAQUINAS. REQUISITOS  
DIMENSIONALES**

**Primera edición**

SHAFT ENDS FOR MACHINERY. DIMENSIONAL REQUIREMENTS

First edition

---

REQUISITOS: Puntas de eje para maquinas, con requisitos dimensionales



Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 959:2013**  
**Primera revisión**

---

## **VEHÍCULOS AUTOMOTORS. PESOS. DEFINICIONES**

**Primera edición**

MOTOR VEHICLES. WEIGHTS. DEFINITIONS

First edition

---

DESCRIPTORES: Vehículos automotores, pesos, definiciones.  
MC 04.01-101  
ODJ: 629.1.071:001.4  
ICS: 43.020



Quito – Ecuador

**NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA**

**NTE INEN-ISO 5692-1**

Primera edición  
2014-01

**VEHÍCULOS AGRÍCOLAS. UNIONES MECÁNICAS EN VEHÍCULOS  
REMOLCADOS. PARTE 1: DIMENSIONES DE LOS ANILLOS DE  
ENGANCHE DE SECCIÓN 50/30 mm (ISO 5692-1:2004, IDT)**

AGRICULTURAL VEHICLES. MECHANICAL CONNECTIONS ON TOWED VEHICLES. PART 1:  
DIMENSIONS FOR HITCH RINGS OF 50/30 mm CROSS SECTION (ISO 5692-1:2004, IDT)

---

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional  
ISO 5692-1:2004.

DESCRIPTORES: Vehículos, agrícolas, uniones mecánicas, remolcados, dimensiones, anillos, enganche.  
ICS: 43.040.70; 65.060.10

10 Páginas
---------------

ANSI/AISC 360-16  
An American National Standard

---

# Specification for Structural Steel Buildings

---

July 7, 2016

Supersedes the *Specification for Structural Steel Buildings*  
dated June 22, 2010 and all previous versions of this specification

Approved by the AISC Committee on Specifications



AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION  
130 East Randolph Street, Suite 2000  
Chicago, Illinois 60601-6204

# AASHTO

27/05/2020 1432



---

Acrónimo de American Association of State Highways and Transit Officials.

La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, de American Association of State Highway and Transportation Officials, es un órgano que establece normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas en el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados Unidos.

# APÉNDICE B

## CÁLCULOS

### CARGAS

- **ESTÁTICAS**

- a) Carga muerta (CM)                      Peso de la estructura

$$CM = 1250 [Kg] * 10 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$CM = 12500 [N]$$

- **DINAMICAS**

- a) Carga viva (CV)
- b) Carga de impacto (CI)
- c) Carga de viento (Rf)
- d) Carga de frenado (F)
- e) Carga de giro (G)

A continuación, procedemos con la obtención de la carga viva a total, a partir de la carga del vehículo y el peso total del remolque:

$$CV = \text{Carga a transportar} + 10\% \text{sobrecarga}$$

$$CV = 1.1 * 3000 [Kg] * 10 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

$$CV = 33000 [N]$$

$$W_{TD1} = 60\% CV$$

$$W_{TT1} = 40\% CV$$

$$CVT = \text{Carga viva total}$$

$$CVT = CV + CM = 33000 + 12500$$

$$CVT = 45500 [N]$$

Procedemos con la obtención de la carga de viento con la siguiente ecuación:

$$R_f = 0.5 * C_{xx} * \rho_x * A_f * V^2$$

Donde:

$$C_{xx} = 0.7$$

$$\rho_x = 1.1 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$$

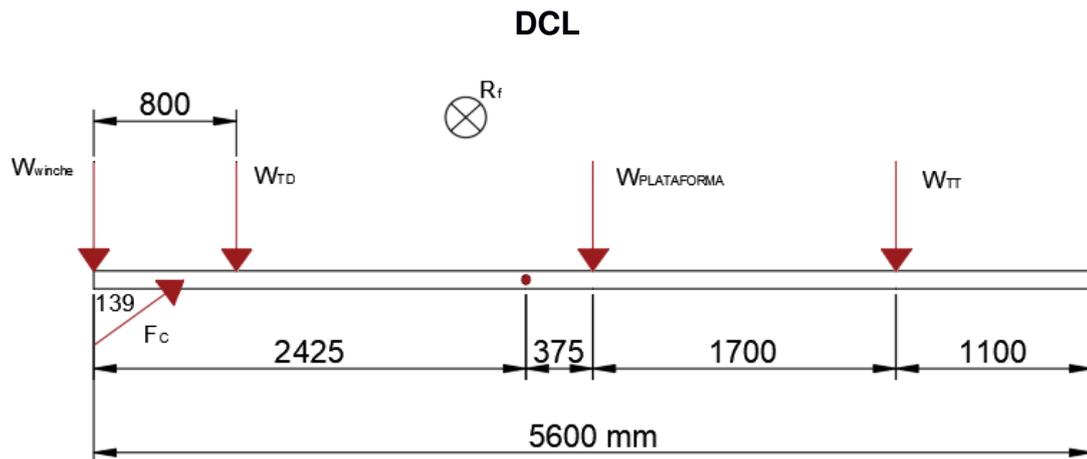


$$A_f = 11m^2$$

$$V = 25 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Por lo tanto, la carga del viento es:

$$R_f = 2650[N]$$



**MODELO 1:**

$$R_f = 2650[N]$$

$$W_{plat} = 5600[N]$$

$$W_{TD1} = 19800[N]$$

$$W_{TT1} = 13200[N]$$

$$W_{winche} = 1000[N]$$

Cuando  $\alpha_{plat} = 0^\circ$  entonces,  $\theta_{cilindro} = 20^\circ$

Procedemos a realizar sumatoria de momentos:

$$+M_0 = 0$$

$$\frac{W_{plat} * 375 + W_{TT1} * 2075 - W_{TD1} * 1625 - W_{winche} * 2425}{1636 * \text{sen}20^\circ} = F_C$$

$$F_C = 9132 [N]$$

Por seguridad se multiplica por un factor de 1.5:

$$F'_C = 1.5 * F_C$$

$$F'_C = 1.5 * 9132$$

$$F'_C = 13700[N]$$

## MODELO 2:

Cuando  $\alpha_{plat} = 10^\circ$  entonces,  $\theta_{cilindro} = 49^\circ$

$$F_C = 4140 [N]$$

$$F'_C = 1.5 * 4140$$

$$F'_C = 6210[N]$$

## MODELO 3: CARGA DE IMPACTO

Carga de impacto donde se adiciona un 30% a la carga a transportar.

CONSIDERACIÓN: No actúa el cilindro.

$$W_{plat} = 5600[N]$$

$$W_{winche} = 1000[N]$$

$$W'_{TD1} = 1.3 * W_{TD1} = 1.3 * 19800 = 25740[N]$$

$$W'_{TT1} = 1.3 * W_{TT1} = 1.3 * 13200 = 17160[N]$$

$$R_f = 2650[N]$$

Fricción en el tren delantero por la llanta del remolque:

$$f'_{TD1} = 0.03 \frac{25740}{2} = 386[N]$$

Fricción en el tren trasero por la llanta del remolque:

$$f'_{TT1} = 0.03 \frac{17160}{2} = 258[N]$$

Fuerza de tiro

$$F_T = \frac{52430^2}{2 * 52430}$$

$$F_T = 26215[N]$$

## MODELO 4: FUERZA DE FRENADO

Masa del vehículo:  $M_V$

$$M_V = \frac{CV}{g} = \frac{33000}{10} = 3300[Kg]$$

Carga de frenado:  $F$

De acuerdo a la norma NTE INEN 1323 la aceleración es igual  $a = 4 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$

Por lo tanto, mediante la siguiente ecuación encontramos la fuerza de frenado:

$$F = M_V * a$$

$$F = 3300 * 4$$

$$F = 13200[N]$$

## MODELO 5: FUERZA DE GIRO

Carga de giro:  $G$

De acuerdo a la norma INEN 1323 la velocidad recomendada es  $V = 90 \left[ \frac{km}{h} \right]$  y el radio

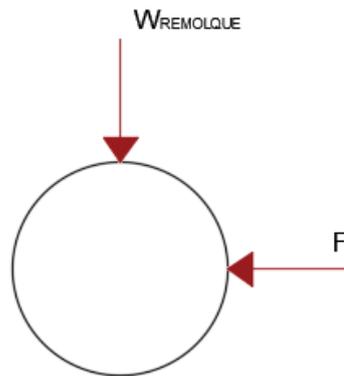
de giro es  $r = 350[m]$

$$G = M_V \frac{V}{r}$$

$$G = 3300 * \frac{25}{350}$$

$$G = 5900[N]$$

## DIMENSIONAMIENTO PIN *BASTIDOR-MARCO*



$$R = \sqrt{W_{\text{REMOLQUE}}^2 + F^2}$$

$$R = \sqrt{52430^2 + 13200^2}$$

$$R = 54066 \text{ [N]}$$

Propiedades del material: AISI 4340  $\rightarrow S_y = 900 \text{ [MPa]}$  y  $d = 35 \text{ [mm]}$

$$\eta = \frac{S_{Sy}}{\frac{R}{\frac{\pi d^2}{4}}}$$

$$\eta = \frac{0.5 * 900 * 10^6}{\frac{54066}{\frac{\pi(35 * 10^{-3})^2}{4}}}$$

$$\eta = 8$$

## DIMENSIONAMIENTO PIN *CILINDRO-OREJA*

$\eta$  cuando  $F_c \leq 20^\circ = 13700 \text{ [N]}$

$$\eta = \frac{S_{Sy}}{\tau}$$

$$\eta = \frac{0.5 * 900 * 10^6}{\frac{13700}{\frac{2}{\frac{\pi(25.4 * 10^{-3})^2}{4}}}}$$

$$\eta = 34$$

## DIMENSIONAMIENTO DE OREJA

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{\frac{900 * 10^6}{\frac{13200}{\frac{2}{(25.4 * 10^{-3})(10 * 10^{-3})}}}}$$

$$\eta = 34$$

## SISTEMA HIDRAULICO

### A. CILINDRO

$$F'_C = 13700[N]$$

$$\text{Presión de trabajo } P = 2000[psi] = 14[MPa]$$

$$A = \frac{F'_C}{P}$$

$$A = \frac{13700}{14 * 10^6}$$

$$A = 9.78 * 10^{-4}[m^2]$$

$$d = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 0.035 [m] = 35.5[mm] \approx 1 - \frac{1}{2} in$$

## B. PATA HIDRAULICA

$$F_{PH} = 4000[N]$$

$$P = 2000[psi] = 14[Mpa]$$

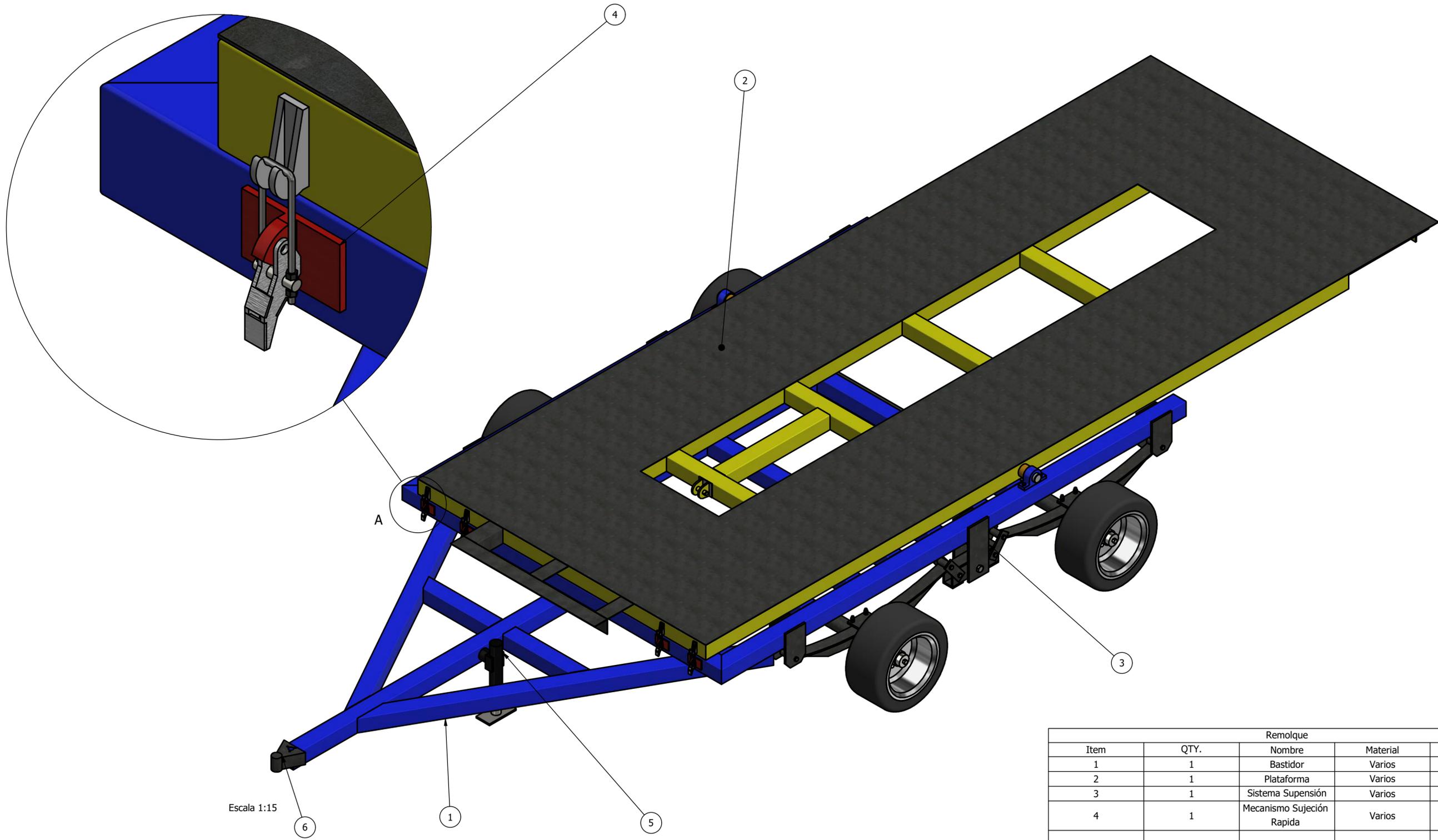
$$A = \frac{F_{PH}}{P}$$

$$A = \frac{4000}{14 * 10^6}$$

$$A = 2.86 * 10^{-4}[m^2]$$

$$d = 0.019 [m] = 19[mm] \approx \frac{3}{4} in$$

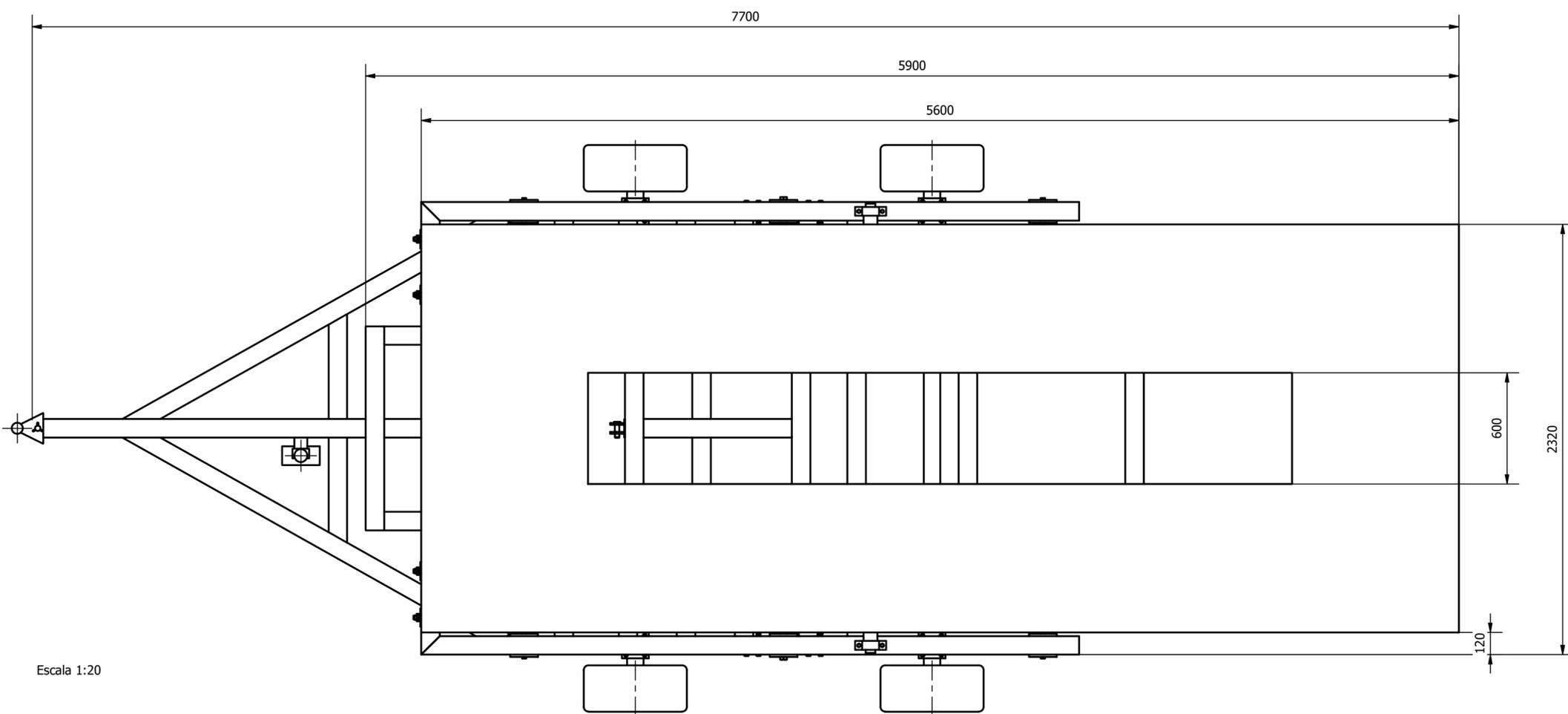
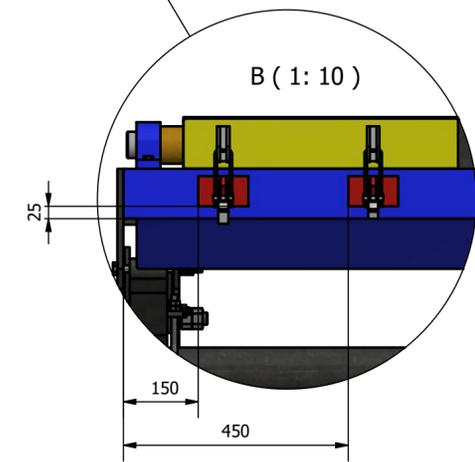
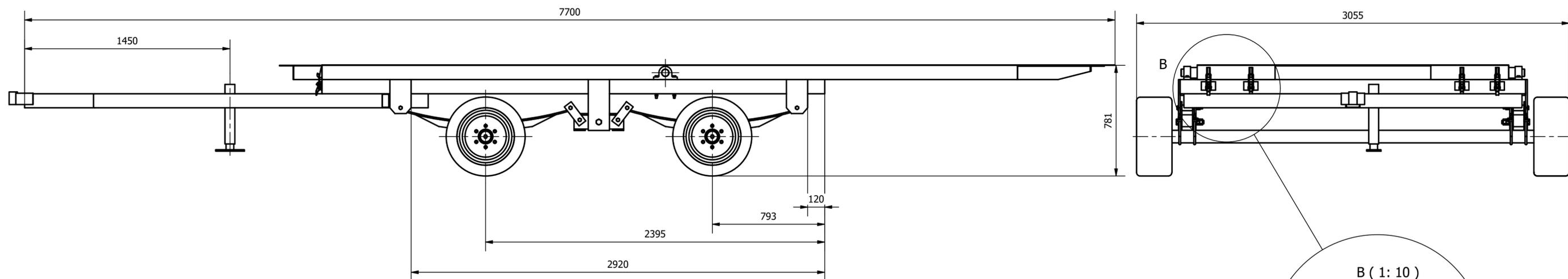
**APÉNDICE C**  
**PLANOS DEL EQUIPO**



Escala 1:15

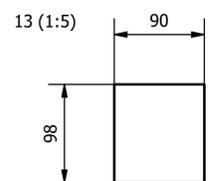
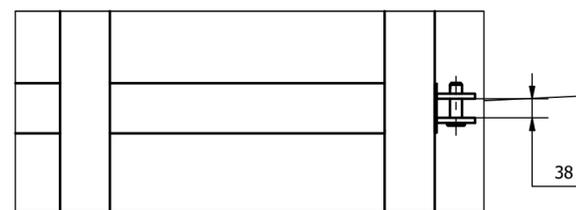
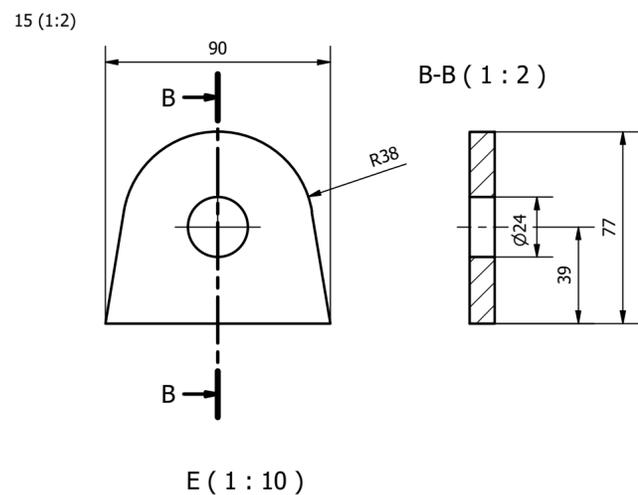
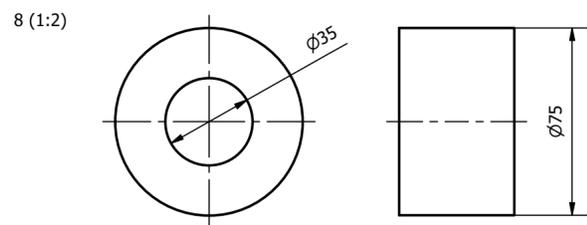
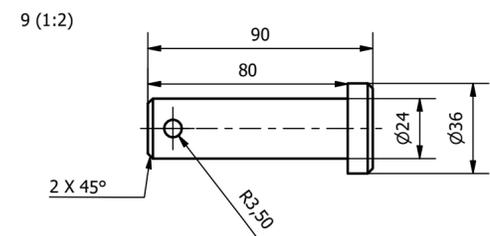
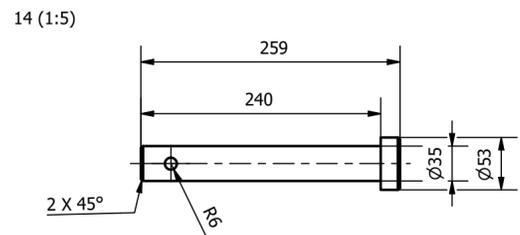
Remolque				
Item	QTY.	Nombre	Material	Descripción
1	1	Bastidor	Varios	-
2	1	Plataforma	Varios	-
3	1	Sistema Suspensión	Varios	-
4	1	Mecanismo Sujeción Rápida	Varios	-
5	1	Gato	Varios	Manivela Superior Carrera 15" 5000 Lb
6	1	Tirón	-	Tirón para Bola 2-5/16" Canal A 12500 Lb Forjado

Diseño de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha
	Ing. Jorge Marçal			9/4/2020
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		Proyecto de Tesis		
Remolque			Edición	Hoja
				1 / 6

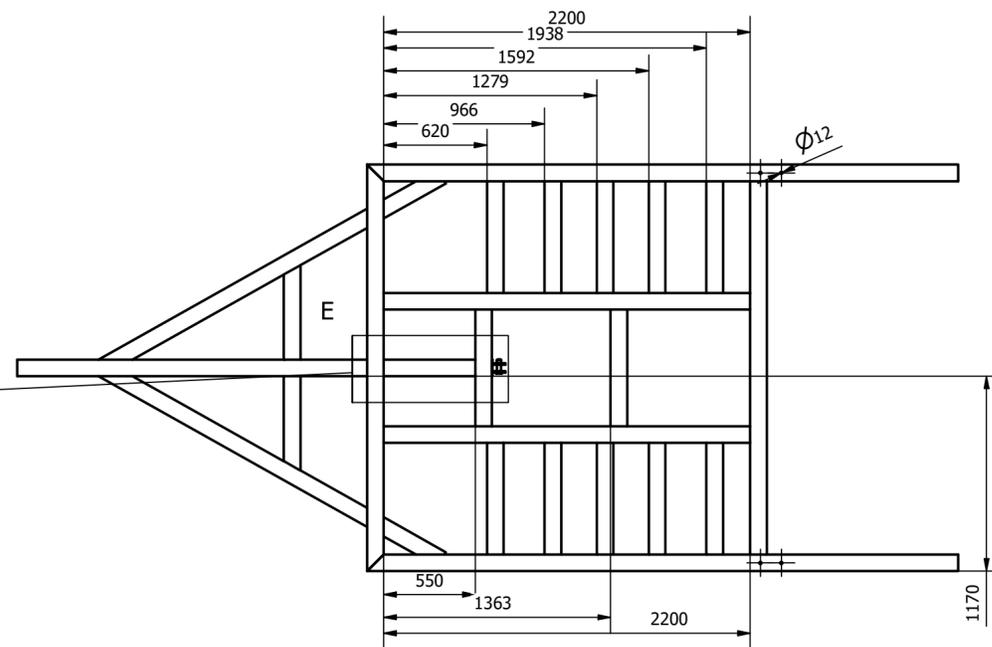
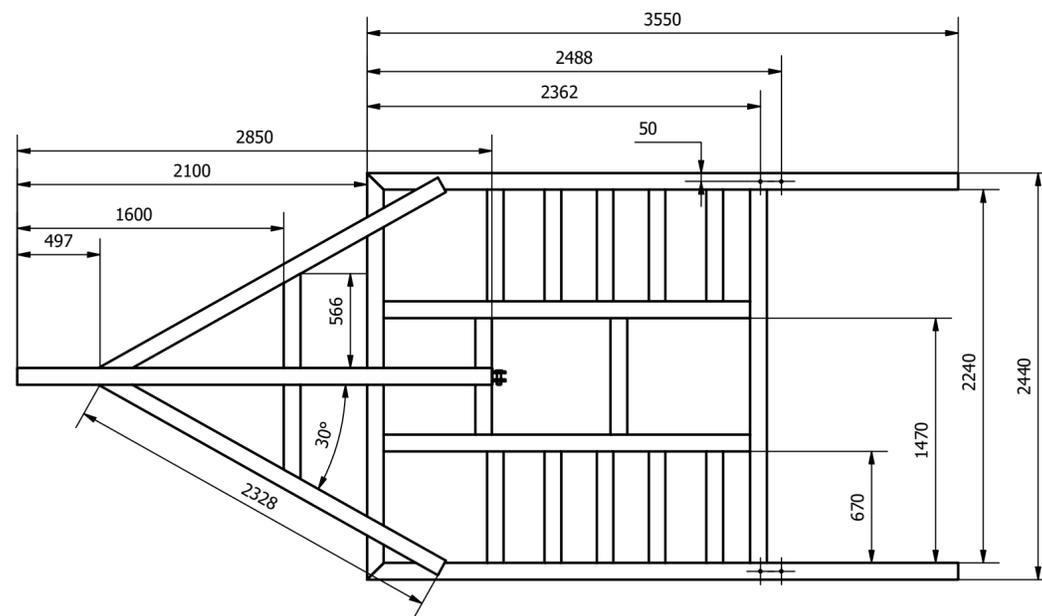


Escala 1:20

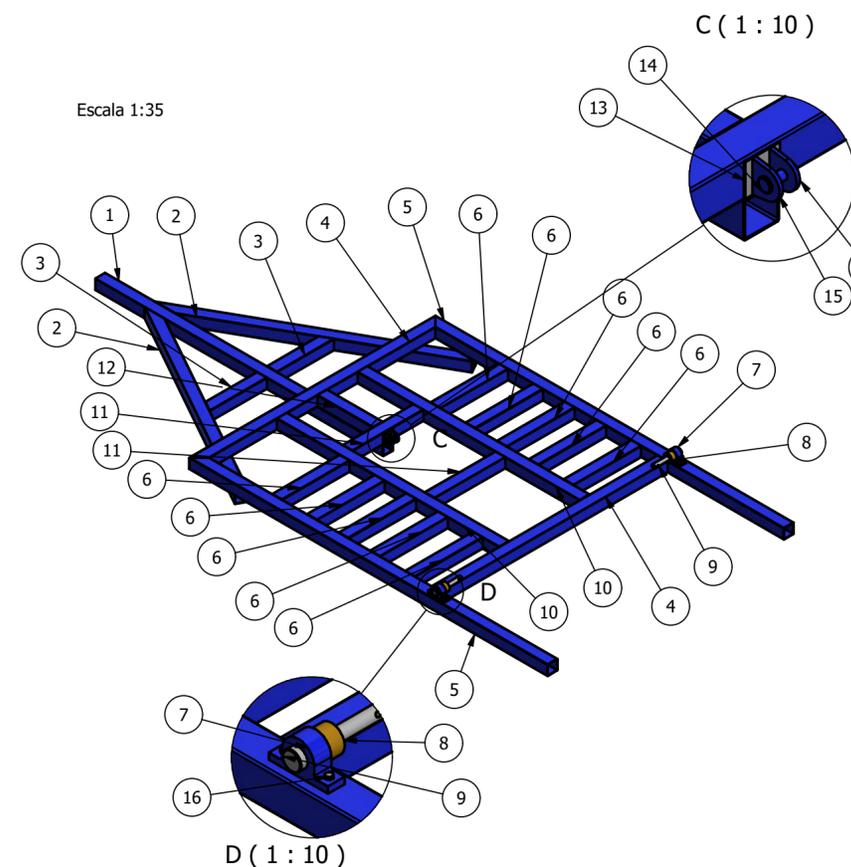
Diseño de	Revisado por Ing. Jorge Marçal	Aprobado por	Fecha	Fecha 9/4/2020
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		Proyecto de Tesis		
Remolque			Edición	Hoja 2 / 6



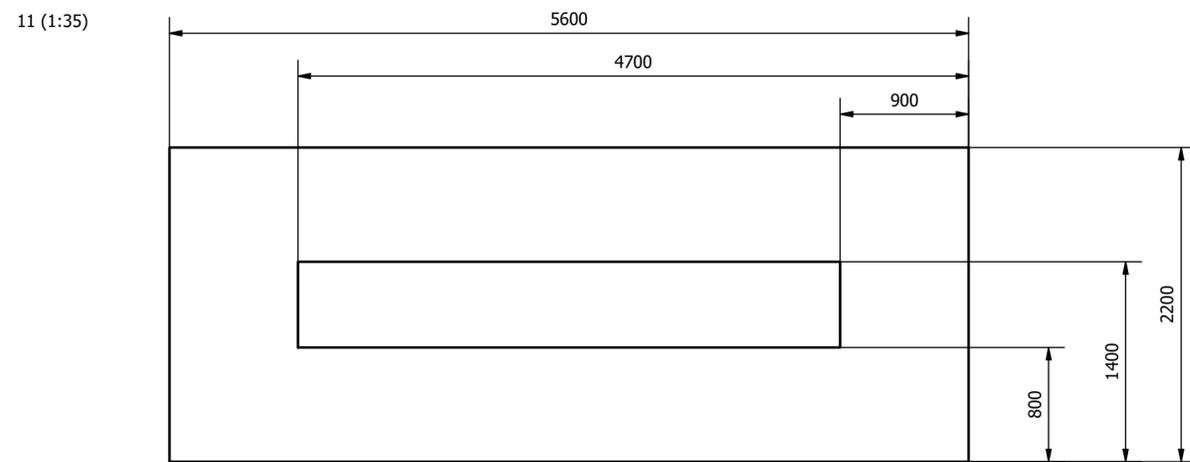
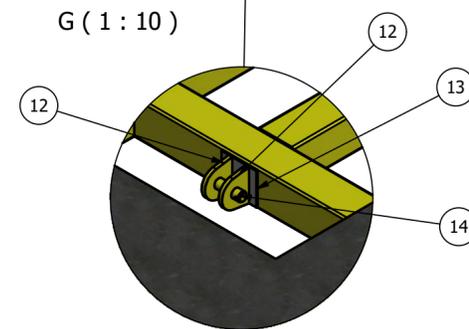
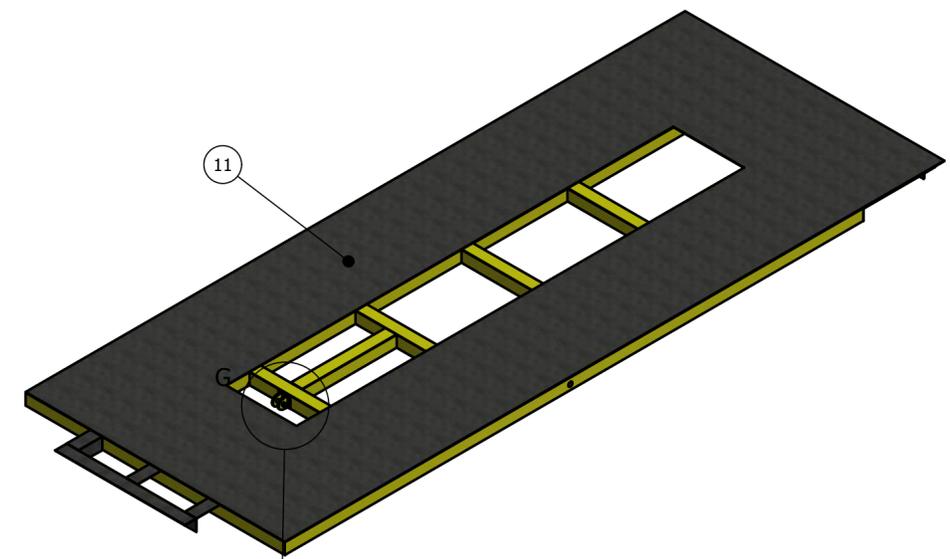
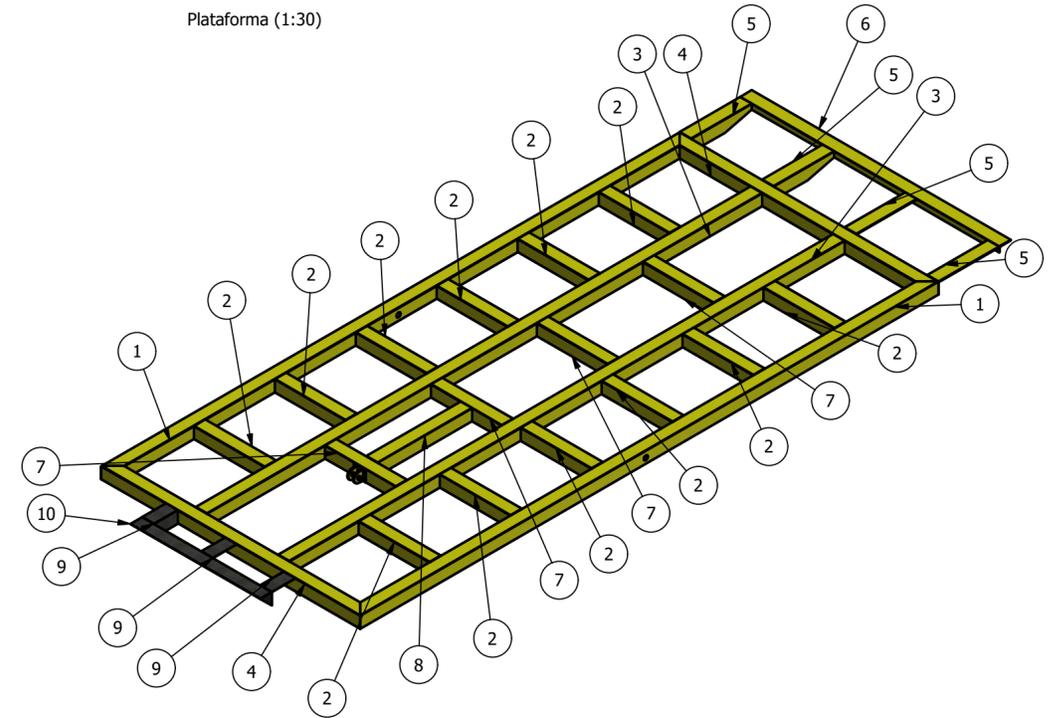
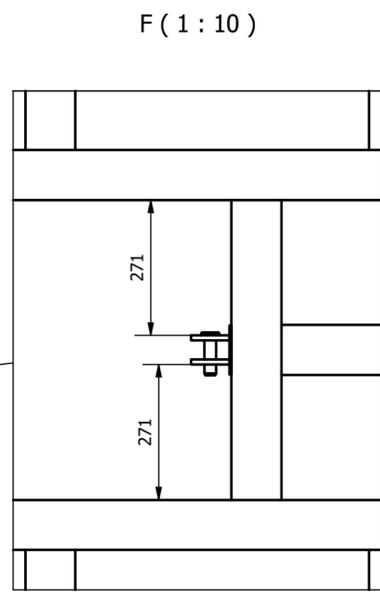
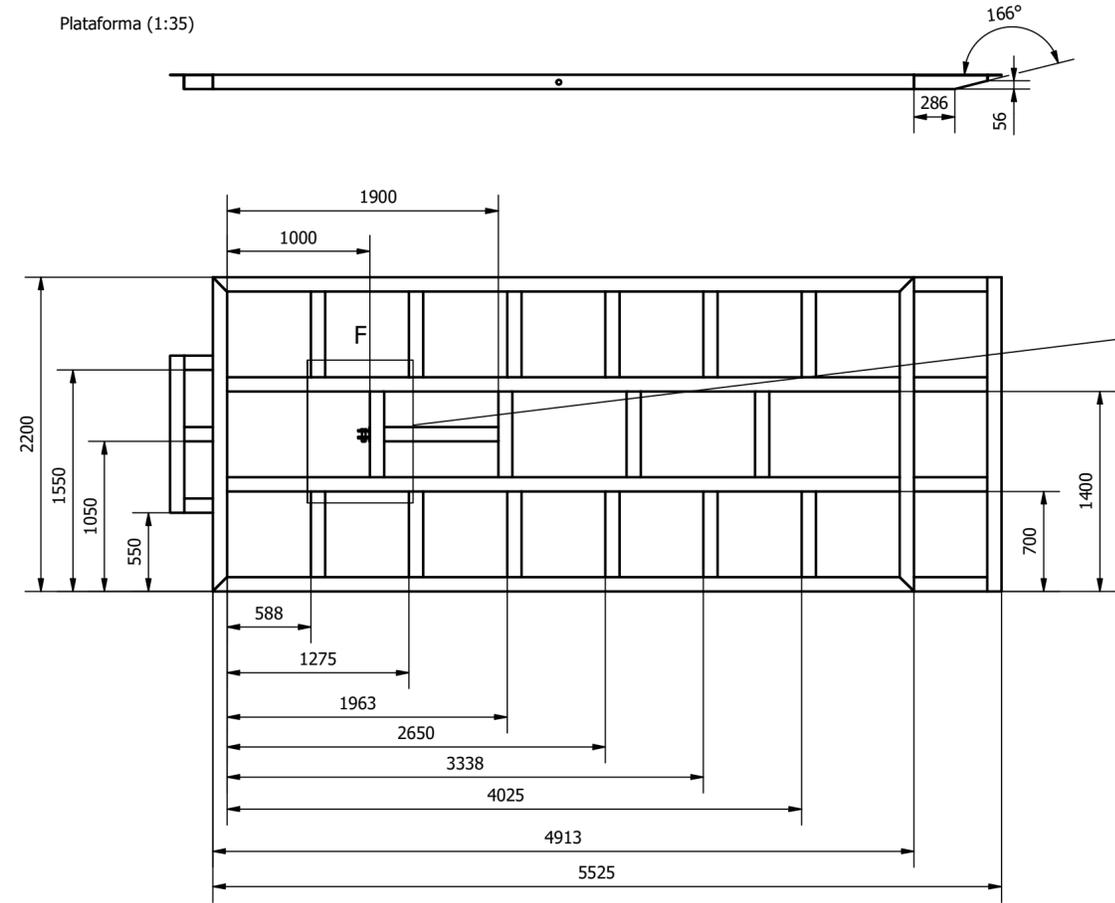
Bastidor (1:30)



Bastidor					
Item	Qty	Nombre	Descripción	Material	Nota
1	1	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 2850 [mm]	ASTM A500	
2	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 2328[mm]	ASTM A500	
3	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 566 [mm]	ASTM A500	
4	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 2440 [mm]	ASTM A500	
5	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 3550 [mm]	ASTM A500	
6	10	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 670 [mm]	ASTM A500	
7	2	Chumacera de Pie	FAG F6207.2RSR	ASTM A500	
8	2	Bocín	-	AISI 1018	
9	2	Pin Chumacera	-	AISI 4340	
10	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 2240 [mm]	ASTM A500	
11	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L 700[mm]	ASTM A500	
12	1	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x4 [mm] L550 [mm]	ASTM A500	
13	1	Refuerzo	Plancha Negra 4 [mm]	ASTM A36	
14	1	Pin Cilindro	-	AISI 4340	
15	2	Oreja Cilindro	Plancha Negra 4 [mm]	ASTM A36	
16	4	Perno Negro Clase 8.8	M12 x 170	Acero Medio Carbono Templado y Revenido	Un Tuerca y Arandela Plana por cada Perno

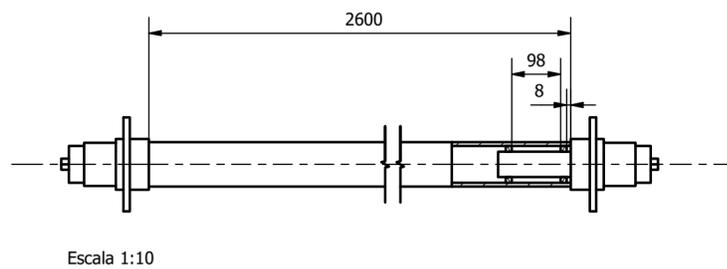
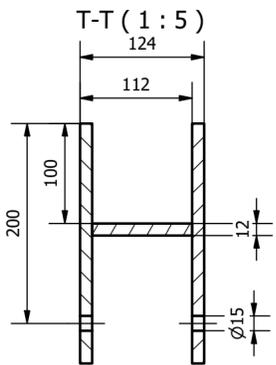
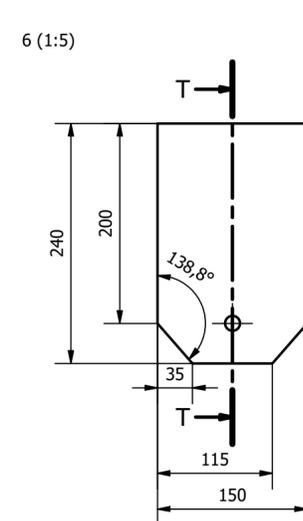
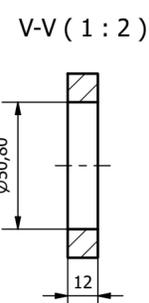
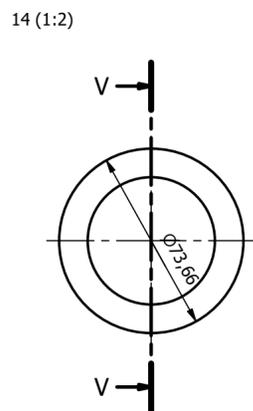
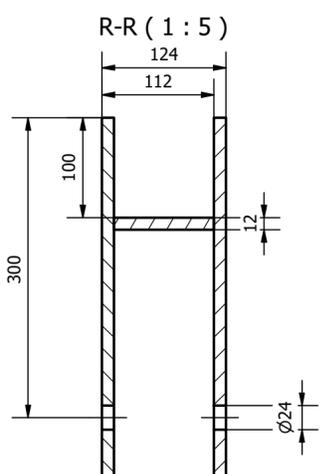
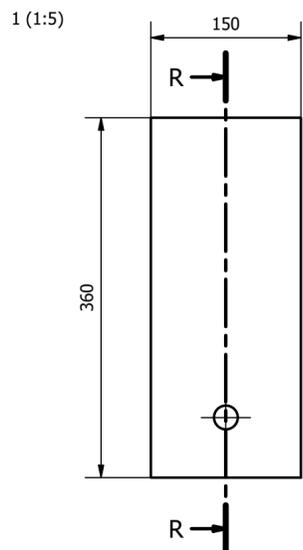
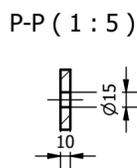
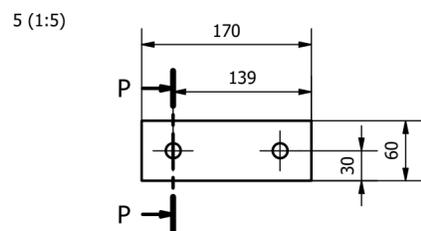
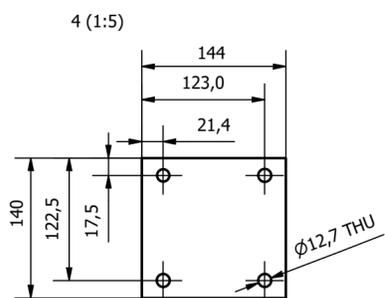
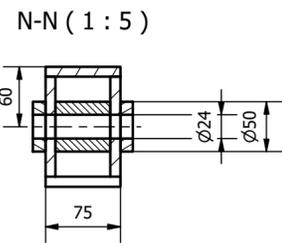
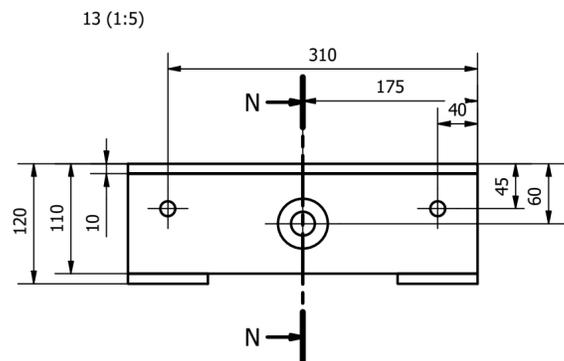


Diseño de	Revisado por Ing. Jorge Marçal	Aprobado por	Fecha	Fecha 9/4/2020	
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			Proyecto de Tesis		
Remolque			Edición	Hoja 3 / 6	

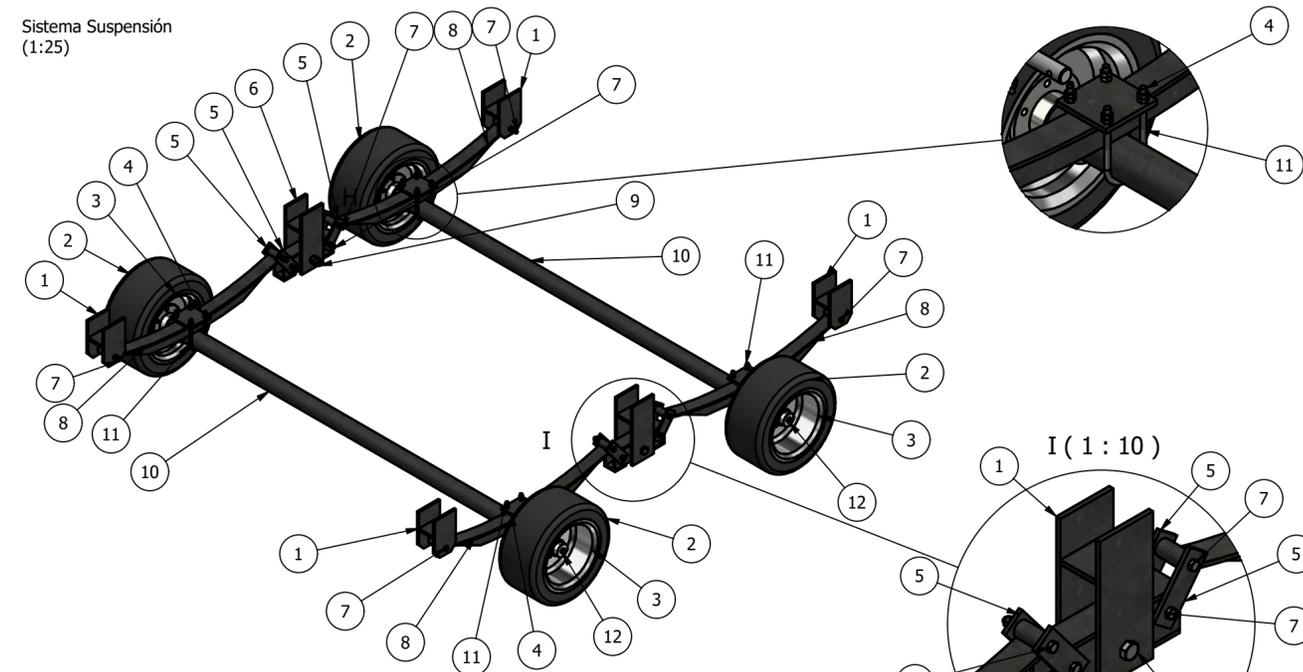


Plataforma					
Item	Qty	Nombre	Descripción	Material	Nota
1	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x3 [mm] L 5525 [mm]	ASTM A500	
2	12	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x2 [mm] L 600 [mm]	ASTM A500	
3	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x3 [mm] L 4713 [mm]	ASTM A500	
4	2	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x3 [mm] L 2200 [mm]	ASTM A500	
5	4	Ángulo Laminado Estructural	Ángulo Laminado Estructural 100x100x6 [mm] L 513 [mm]	ASTM A36	
6	1	Ángulo Laminado Estructural	Ángulo Laminado Estructural 100x100x6 [mm] L 2200 [mm]	ASTM A36	
7	4	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x3 [mm] L 600 [mm]	ASTM A500	
8	1	Tubería Estructural Cuadrada	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x2 [mm] L 800 [mm]	ASTM A500	
9	3	Ángulo Laminado Estructural	Ángulo Laminado Estructural 100x100x3 [mm] L 200 [mm]	ASTM A36	
10	1	Ángulo Laminado Estructural	Ángulo Laminado Estructural 100x100x3 [mm] L 1100 [mm]	ASTM A36	
11	1	Plancha Antideslizante	Plancha Antideslizante 3 [mm]	ASTM A36	
12	2	Oreja Cilindro Plataforma	Plancha Negra 10 [mm]	ASTM A36	Dimensiones revisar Hoja 3
13	1	Refuerzo	Plancha Negra 4 [mm]	ASTM A36	Dimensiones revisar Hoja 3
14	1	Pin Cilindro		AISI 4340	Dimensiones revisar Hoja 3

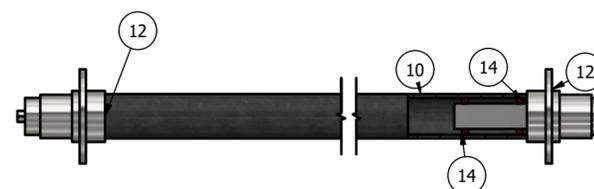
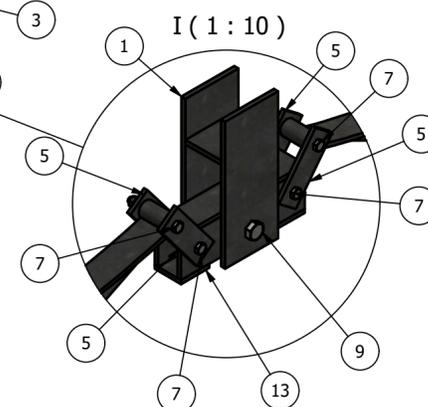
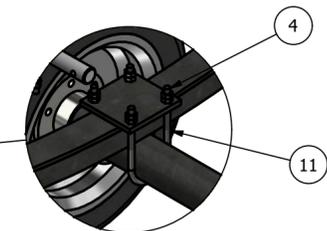
Diseño de	Revisado por Ing. Jorge Marçal	Aprobado por	Fecha	Fecha 9/4/2020
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL			Proyecto de Tesis	
Remolque			Edición	Hoja 4 / 6



Sistema Suspensión (1:25)



H (1:10)



Escala 1:10

Sistema Suspensión					
Item	Qty	Nombre	Descripción	Material	Nota
1	4	Pivote Fijo	Tubería Estructural Cuadrada 100x100x3 [mm] L 5525 [mm]	ASTM A500	-
2	4	Neumático LT 265/75/R16 123Q	-	-	-
3	4	Ring 16	-	Aluminio 6061	-
4	4	Mordaza	Plancha Negra 12 [mm]	ASTM A36	-
5	8	Fleje	Plancha Negra 10 [mm]	ASTM A36	-
6	2	Pivote Balancín	Plancha Negra 12 [mm]	ASTM A36	-
7	12	Perno Negro clase 8.8	M12 x 170	Acero Medio Carbono Templado y Revenido	Tuerca y ContraTuerca por cada Perno
8	4	Paquete de Hoja Para Ballesta	Carga 1500 [Kg] Long 1200 [mm]	-	-
9	2	Perno Negro Clases 8.8	M24 x 170	Acero Medio Carbono Templado y Revenido	Tuerca y ContraTuerca por cada Perno
10	2	Eje Fijo	Tubería Cédula 80 -3"	ASTM A106	-
11	4	Abrazadera Tipo U Carga Pesada de 1/2"	Carga Persada Diámetro 3"	-	-
12	4	Punta de Eje	Carga 2000 [Kg]	-	-
13	2	Balancín	Plancha Negra 12 [mm]	ASTM A36	-
14	8	Anillo de Pivote	Plancha Negra 12 [mm]	ASTM A36	-

Revisión: 01, Fecha: 9/4/2020  
 Ing. Jorge Marcial

