



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRANSPORTACIÓN DE UN VEHÍCULO DE DOS TONELADAS”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES:**

**HECTOR WILSON NEJER VALENCIA**  
**DYLAN SLADER PAILLACHO ROMAN**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE  
TRANSPORTACIÓN DE UN VEHÍCULO DE DOS TONELADAS”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**AUTORES: HECTOR WILSON NEJER VALENCIA**

**DYLAN SLADER PAILLACHO ROMAN**

**DIRECTOR: Ing. EDWIN RODOLFO POZO SAFLA**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Héctor Wilson Nejer Valencia & Dylan Slader Paillacho Román

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

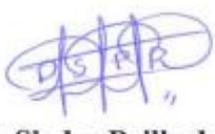
Nosotros, Héctor Wilson Nejer Valencia y Dylan Slader Paillacho Roman, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 05 de diciembre de 2023



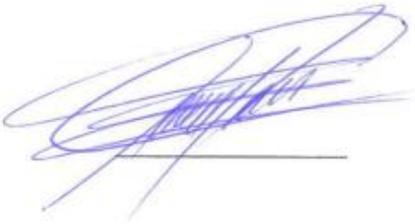
**Héctor Wilson Nejer Valencia**  
C. I: 040188083-6



**Dylan Slader Paillacho Román**  
C. I: 040206815-9

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN DE UN VEHÍCULO DE DOS TONELADAS**”, realizado por los señores: **HECTOR WILSON NEJER VALENCIA** y **DYLAN SLADER PAILLACHO ROMAN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-12-05
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-05
Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-12-05

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
SUMMARY.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	3

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Remolques.....	4
2.2. Tipos de remolques.....	4
2.2.1. <i>Remolque de enganche o remolque completo</i> .....	5
2.2.2. <i>Remolque industrial</i> .....	5
2.2.3. <i>Remolque con eje central</i> .....	5
2.2.4. <i>Semirremolque</i> .....	5
2.3. Dimensiones.....	6
2.4. Partes de un remolque.....	7
2.4.1. <i>Estructura de carga</i> .....	7
2.4.2. <i>Chasis</i> .....	7
2.4.3. <i>Sistema de suspensión</i> .....	7
2.4.3.1. <i>Suspensión independiente</i> .....	8
2.4.3.2. <i>Suspensión semiindependiente</i> .....	8
2.4.3.3. <i>Suspensión dependiente</i> .....	9
2.4.4. <i>Sistema de sujeción</i> .....	9

2.4.5.	<i>Eje de transmisión</i> .....	9
2.4.6.	<i>Sistema de enganche</i> .....	9
2.4.7.	<i>Sistema de alumbrado</i> .....	10
2.5.	<b>Materiales usados para la construcción de remolques</b> .....	11
2.6.	<b>Cargas aplicadas sobre la estructura</b> .....	12
2.6.1.	<i>Carga muerta</i> .....	12
2.6.2.	<i>Carga de lengüeta</i> .....	13
2.6.3.	<i>Carga viva</i> .....	13
2.6.4.	<i>Peso Bruto del remolque</i> .....	13
2.7.	<b>Procesos de manufactura</b> .....	13
2.7.1.	<i>Soldadura</i> .....	13
2.7.2.	<i>Maquinado</i> .....	14
2.8.	<b>Simulación</b> .....	14

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	15
3.1.	<b>Diagrama de etapas del proyecto</b> .....	15
3.2.	<b>Metodología de la investigación</b> .....	15
3.2.1.	<i>Método experimental</i> .....	15
3.2.2.	<i>Método inductivo</i> .....	16
3.3.	<b>Desarrollo del proyecto</b> .....	16
3.3.1.	<i>Cronograma</i> .....	16
3.3.1.1.	<i>Equipos y herramientas</i> .....	17
3.3.2.	<i>Dimensionamiento</i> .....	19
3.3.3.	<i>Modelación mediante software CAD</i> .....	20
3.3.4.	<i>Selección de materiales</i> .....	24
3.3.4.1.	<i>Selección del perfil</i> .....	24
3.3.4.2.	<i>Selección del Material</i> .....	25
3.3.5.	<i>Análisis mediante software CAE</i> .....	27
3.3.5.1.	<i>Evaluación de la geometría para la simulación</i> .....	27
3.3.5.2.	<i>Asignación de cargas</i> .....	27
3.3.5.3.	<i>Deformación total del diseño</i> .....	28
3.3.5.4.	<i>Esfuerzo</i> .....	29
3.3.5.5.	<i>Deformación</i> .....	31
3.3.5.6.	<i>Factor de seguridad estático</i> .....	33
3.3.5.7.	<i>Factor de seguridad por fatiga</i> .....	35

<b>3.3.6.</b>	<b><i>Proceso de manufactura</i></b> .....	38
<b>3.3.6.1.</b>	<i>Planos</i> .....	38
<b>3.3.6.2.</b>	<i>Tratamiento de materiales</i> .....	38
<b>3.3.6.3.</b>	<i>Doblado de láminas</i> .....	38
<b>3.3.6.4.</b>	<i>Corte de material</i> .....	39
<b>3.3.6.5.</b>	<i>Perfiles para la soldadura</i> .....	39
<b>3.3.6.6.</b>	<i>Preparación de los tubos para el proceso de soldadura</i> .....	41
<b>3.3.6.7.</b>	<i>Proceso de soldadura</i> .....	41
<b>3.3.6.8.</b>	<i>Proceso de pintura</i> .....	43

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	44
<b>4.1.</b>	<b>Resultados de simulación software CAE</b> .....	44
<b>4.1.1.</b>	<i>Deformación total del remolque</i> .....	44
<b>4.1.2.</b>	<i>Análisis de resultados de esfuerzo y deformación de cada elemento</i> .....	45
<b>4.1.2.1.</b>	<i>Esfuerzo</i> .....	45
<b>4.1.2.2.</b>	<i>Deformación</i> .....	46
<b>4.1.3.</b>	<i>Factor de seguridad estático y por fatiga</i> .....	46
<b>4.1.3.1.</b>	<i>Factor de seguridad estático</i> .....	47
<b>4.1.3.2.</b>	<i>Factor de seguridad por fatiga</i> .....	47
<b>4.2.</b>	<b>Resultados del proceso de manufactura</b> .....	47
<b>4.3.</b>	<b>Resultados de funcionalidad</b> .....	48

## **CAPÍTULO V**

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	50
<b>5.1.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	50
<b>5.2.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	51

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Vehículos de categoría O .....	4
<b>Tabla 2-2:</b>	Detalle del sistema de alumbrado.....	10
<b>Tabla 3-1:</b>	Cronograma de Actividades .....	16
<b>Tabla 3-2:</b>	Equipos utilizados en la construcción del remolque .....	17
<b>Tabla 3-3:</b>	Herramientas utilizadas para la construcción del remolque .....	18
<b>Tabla 3-4:</b>	Materiales utilizados para la construcción del remolque.....	18
<b>Tabla 3-5:</b>	Componentes Diseñados y seleccionados .....	21
<b>Tabla 3-6:</b>	Selección de perfil para el proceso de manufactura .....	25
<b>Tabla 3-7:</b>	Propiedades de los materiales más comunes en la construcción .....	25
<b>Tabla 3-8:</b>	Tipos de uniones o nodos en perfiles cuadrados o rectangulares .....	40
<b>Tabla 3-9:</b>	Tabla de especificaciones de máquina de soldadura .....	42
<b>Tabla 4-1:</b>	Deformación total del remolque completo .....	44
<b>Tabla 4-2:</b>	Valores de esfuerzo y deformación de los componentes del remolque.....	45
<b>Tabla 4-3:</b>	Factores de seguridad de los elementos diseñados del remolque .....	46

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b>	Remolque tipo plataforma.....	5
<b>Ilustración 2-2:</b>	Dimensiones de un remolque para transporte de vehículos livianos.....	6
<b>Ilustración 2-3:</b>	Suspensión independiente .....	8
<b>Ilustración 2-4:</b>	Suspensión semiindependiente.....	8
<b>Ilustración 2-5:</b>	Suspensión dependiente .....	9
<b>Ilustración 2-6:</b>	Densidad vs Modulo de Young.....	11
<b>Ilustración 2-7:</b>	Densidad vs Resistencia.....	12
<b>Ilustración 3-1:</b>	Diagrama de etapas del proyecto .....	15
<b>Ilustración 3-2:</b>	Dimensiones Chevrolet Aveo family .....	20
<b>Ilustración 3-3:</b>	Dimensiones Audi Q5.....	20
<b>Ilustración 3-4:</b>	Plataforma de remolque .....	24
<b>Ilustración 3-5:</b>	Diseño final de remolque .....	27
<b>Ilustración 3-6:</b>	Asignación de cargas y soportes .....	28
<b>Ilustración 3-7:</b>	Estructura con tubo de 3 mm de espesor.....	28
<b>Ilustración 3-8:</b>	Estructura con tubo de 4 mm de espesor.....	29
<b>Ilustración 3-9:</b>	Análisis de esfuerzo en el tiro remolque con tubo cuadrado de 75x3mm....	29
<b>Ilustración 3-10:</b>	Análisis de esfuerzo en estructura remolque con tubo cuadrado 75x3mm ..	30
<b>Ilustración 3-11:</b>	Análisis de esfuerzo en la estructura del remolque con tubo cuadrado de 75x4mm.....	30
<b>Ilustración 3-12:</b>	Análisis de esfuerzo en el piso de remolque de plancha antideslizante de 3mm de espesor .....	31
<b>Ilustración 3-13:</b>	Análisis de deformación del tiro del remolque con tubo cuadrado 75x3mm	31
<b>Ilustración 3-14:</b>	Análisis de deformación estructura de remolque tubo cuadrado 75x3mm ..	32
<b>Ilustración 3-15:</b>	Análisis de deformación estructura remolque de tubo cuadrado 75x4mm ..	32
<b>Ilustración 3-16:</b>	Análisis de deformación de piso de remolque con espesor de 3mm.....	32
<b>Ilustración 3-17:</b>	Tiro de remolque con tubo cuadrado de 75x3mm.....	33
<b>Ilustración 3-18:</b>	Estructura de tubo cuadrado 75x3 mm.....	34
<b>Ilustración 3-19:</b>	Estructura de tubo cuadrado 75x4mm.....	34
<b>Ilustración 3-20:</b>	Piso de plancha antideslizante espesor 3mm.....	35
<b>Ilustración 3-21:</b>	Factor de seguridad en fatiga del tiro .....	35
<b>Ilustración 3-22:</b>	Factor de seguridad en fatiga de Estructura .....	36
<b>Ilustración 3-23:</b>	Zona de afectación de la singularidad en la estructura.....	36
<b>Ilustración 3-24:</b>	Factor de seguridad en fatiga del piso .....	37
<b>Ilustración 3-25:</b>	Zona de influencia de la singularidad en el piso .....	37

<b>Ilustración 3-26:</b>	Doblado de lamina .....	38
<b>Ilustración 3-27:</b>	Cortado de largueros .....	39
<b>Ilustración 3-28:</b>	Preparación de tubos .....	41
<b>Ilustración 3-29:</b>	Soldadora Power Mig 200 AMP .....	42
<b>Ilustración 3-30:</b>	Proceso de soldadura .....	43
<b>Ilustración 4-1:</b>	Evidencia de la diferencia en la calidad del mallado .....	44
<b>Ilustración 4-2:</b>	Prueba de carga .....	49

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** DISEÑO FINAL DEL REMOLQUE
- ANEXO B:** COMPONENTES DEL REMOLQUE
- ANEXO C:** MEDIDAS TOTALES
- ANEXO D:** ESTRUCTURA DEL REMOLQUE CON TUBO CUADRADO DE 75X3MM
- ANEXO E:** CORREA G DELANTERA
- ANEXO F:** CORREA C POSTERIOR
- ANEXO G:** PISO DEL REMOLQUE
- ANEXO H:** TIRO DEL REMOLQUE
- ANEXO I:** RAMPA DEL REMOLQUE
- ANEXO J:** MANUAL DE OPERACIÓN DEL REMOLQUE

## RESUMEN

Se ha planteado el diseño y construcción de un remolque de dos toneladas con el objetivo de abordar las necesidades de transporte de carga en diversos contextos. El estudio se llevó a cabo con la finalidad de desarrollar un remolque funcional, seguro y eficiente, capaz de llevar una carga máxima de dos toneladas con estabilidad y confiabilidad. La investigación comenzó con un análisis exhaustivo de los requisitos de carga y las especificaciones técnicas necesarias para el remolque. Se consideraron factores como la distribución de peso, la capacidad de remolque del vehículo tractor y las regulaciones locales sobre pesos y dimensiones. A partir de estos datos, se generaron conceptos de diseño que incorporaban soluciones innovadoras para la estructura. La fase de construcción implicó la selección de materiales de alta calidad y durabilidad, así como la implementación de técnicas de fabricación avanzadas. Se enfocó en detalles como la soldadura precisa, el ajuste de componentes y la instalación de sistemas de luces según las normativas vigentes. El resultado final fue un remolque de dos toneladas que superó las pruebas de funcionalidad y seguridad establecidas. Se logró una distribución de peso óptima para asegurar la estabilidad durante la conducción y el frenado, y se garantizó la capacidad de carga máxima sin comprometer la seguridad vial. Además, el remolque se diseñó para ser fácilmente adaptable a diferentes tipos de vehículos tractores y usos de carga.

**Palabras clave:** <DISEÑO>, <CONSTRUCCIÓN>, <REMOLQUE>, <CARGA MÁXIMA>, <SEGURIDAD>, <ESTABILIDAD>, <INVESTIGACIÓN>.



## SUMMARY

The design and construction of a two-ton trailer has been proposed to address the needs of cargo transportation in various contexts. The study was carried out with the aim of developing a functional, safe and efficient trailer capable of carrying a maximum load of two tons with stability and reliability. The research began with a thorough analysis of the load requirements and technical specifications needed for the trailer. Factors such as weight distribution, towing capacity of the towing vehicle and local regulations on weights and dimensions were considered. From this data, design concepts were generated that incorporated innovative solutions for the structure. The construction phase involved the selection of high quality and durable materials, as well as the implementation of advanced manufacturing techniques. The focus was on details such as precise welding, component fit-up and installation of lighting systems in accordance with current regulations. The final result was a two-ton trailer that passed the established functionality and safety tests. Optimal weight distribution was achieved to ensure stability during driving and braking, and maximum load capacity was ensured without compromising road safety. In addition, the trailer was designed to be easily adaptable to different types of tractor vehicles and loading applications.

**Keywords:** <DESIGN>, <CONSTRUCTION>, <TRAILER>, <MAXIMUM LOAD>, <SAFETY>, <STABILITY>, <RESEARCH>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema MSc.

C.I. 0603357062

## **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de la historia la industria automotriz ha ido mejorando la forma del transporte de personas o carga de un lugar hacia otro lugar de destino, siempre con la principal prioridad la seguridad de las personas u objetos que se transportan. En el área de transporte de mercadería o transporte de carga los remolques han tenido una gran influencia y desarrollo, en la actualidad se tiene una gran variedad de tipos de remolques, cada uno pensado en el uso específico del tipo de mercadería que se vaya a transportar, tomando en cuenta la distancia del transporte, y a su vez buscar la reducción de los costos de transportación logrando transportar mayores cantidades de mercancía.

Este trabajo se enfoca en el transporte de carga liviana en específico a la movilidad de vehículos de dos toneladas de peso y para realizar esta tarea los semirremolques porta-vehículos son los más adecuados, tomando en cuenta que el diseño debe cumplir todos los parámetros de seguridad y las normativas técnicas impuestas por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) que es la institución reguladora del Ecuador. Este tipo de semirremolques tiene una gran relevancia en la movilidad de vehículos preparados para competencias como: rally, 4x4 e incluso para vehículos de exhibición. En la actual, el traslado de estos vehículos no ha sido la más adecuada debido a no constar con este medio de transporte lo cual expone a riesgos al vehículo, peatones, así como también presentando dificultades al momento de ingresar a los lugares de exhibición o competencia. Por estos motivos nace la necesidad de diseñar un remolque que brinde seguridad mediante un correcto dimensionamiento de la plataforma de carga, tomando en cuenta la longitud y el peso a ser transportados.

Los elementos que constan en dicha plataforma son seleccionados con un criterio profesional basándose a las condiciones de carga y transporte. El diseño de la estructura y la plataforma del semirremolque son fundamentales, así como también el óptimo funcionamiento de la suspensión. Este sistema cumple con la misión de evitar los movimientos que son ocasionados por las irregularidades del terreno por dónde se transita. Hay que tomar en cuenta con los requisitos de iluminación y señalización que están dispuestos por la ley Orgánica de Transporte Terrestre, Transito y Seguridad Vial (LOTTTSV) y el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). Es un semirremolque de diseño versátil, fácil manipulación tanto en el proceso de carga y descarga del vehículo. Todos estos puntos han hecho que nuestro proyecto cumpla todos los parámetros requeridos.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

La mayor parte del transporte de vehículos ligeros se realiza mediante camiones convencionales con plataformas habituales o remolques que no han sido diseñados específicamente para este fin. La falta de especialización en el transporte de vehículos puede causar daños al cargamento y tiempos prolongados de carga y descarga. Por lo tanto, surge la necesidad de construir un remolque especializado para el transporte de vehículos livianos de hasta 2 toneladas de peso, que asegure la protección del cargamento y una mayor eficiencia en la carga y descarga. Sin embargo, la construcción de un remolque para el transporte de vehículos livianos presenta desafíos en cuanto a la selección de materiales, diseño y construcción del chasis y su estructura, optimización del espacio de carga y reducción del peso del remolque para cumplir con el peso y las dimensiones que indique la normativa ecuatoriana. Por lo tanto, la problemática se basa en diseñar y construir un remolque especializado para el transporte de vehículos livianos que asegure la protección del cargamento y una mayor eficiencia en la carga y descarga, que cumpla con las normas de peso y dimensiones y se adapte a las necesidades específicas del fabricante y del cliente.

### 1.2. Justificación

La industria automotriz está en constante crecimiento, de acuerdo con la estadística de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en el anuario 2022 se observa que existe una gran demanda de vehículos livianos del segmento SUV en 44.56% y automóviles en 26.09% ocupando el mercado con un total de 70.62%, por lo que el transporte de vehículos livianos representa una parte importante de la cadena de suministro. Sin embargo, la falta de un remolque especializado puede resultar en daños al cargamento, aumento de los tiempos de carga y descarga, y mayores costos de mantenimiento y reparación de los vehículos transportados. La construcción de un remolque especializado para el transporte de vehículos livianos es una solución viable que permitiría una mayor protección del cargamento, una mayor eficiencia en la carga y descarga, una reducción en los tiempos de transporte y una disminución en los costos de mantenimiento y reparación de los vehículos. Además, un remolque especializado también podría cumplir con las regulaciones de peso y dimensiones, lo que podría reducir los costos de transporte y mejorar la seguridad en las carreteras. En resumen, la construcción de un remolque especializado para el transporte de vehículos livianos sería beneficioso tanto para la industria

automotriz como para la industria del transporte en general, ya que mejoraría la eficiencia y la seguridad en el transporte de mercancías.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

Diseñar y construir un remolque mediante simulación computacional, para transportar un vehículo de un peso máximo de dos toneladas.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Dimensionar el remolque para una capacidad de dos toneladas con software CAD.
- Interpretar los tipos de cargas que soporta la estructura del remolque mediante la utilización de software CAE.
- Construir el remolque según los procesos de manufactura más adecuados
- Evaluar el montaje y las condiciones de funcionamiento.

## CAPÍTULO II

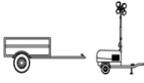
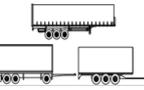
### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Remolques

De acuerdo con el trabajo de titulación denominado diseño y análisis de un remolque para tres motocicletas, un remolque es un objeto bastante simple; es un vehículo de carga no motorizado cuyo propósito es transportar mercancías que, por muchas razones como tamaño, espacio, comodidad, seguridad, etc. No se puede transportar en el vehículo principal o tractor. (Tajuelo, 2012)

Así también en la norma ecuatoriana NTE INEN 2656 de clasificación vehicular, los remolques son clasificados como categoría O, vehículos no motorizados diseñados para ser remolcados por un vehículo motorizado. (INEN, 2016)

**Tabla 2-1:** Vehículos de categoría O

SUBCATEGORÍA	CÓDIGO	TIPO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
O1	UC1	UNIDAD DE CARGA MUY LIVIANA		Vehículo cuyo peso máximo no sea superior a 750 kg. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.2.1,3.2.1.2 y 3.2.1.4
O2	UC2	UNIDAD DE CARGA LIVIANA		Vehículo cuyo peso máximo sea superior a 750 kg, pero no exceda los 3500 kg. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.2.1, 3.2.1.2, 3.2.1.3 y 3.2.1.4
O3	UC3	UNIDAD DE CARGA MEDIANA		Vehículo cuyo peso masa máxima sea superior a 3500 kg, pero no exceda los 10000 kg. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.2.1,3.2.1.2, 3.2.1.3 y 3.2.1.4
O4	UC4	UNIDAD DE CARGA PESADA		Vehículo cuyo peso máximo sea superior a 10000 kg. Ver NTE INEN-ISO 3833, 3.2.1, 3.2.1.2, 3.2.1.4, 3.2.2, 3.2.2.2 y 3.2.2.3

Fuente: (INEN, 2016)

#### 2.2. Tipos de remolques

De acuerdo con el libro Manual del conductor comercial de la administración federal de seguridad de autotransportes, en sus siglas en inglés (FMCSA), menciona que, por su superficie plana y estable y su adecuada capacidad de carga, un remolque de plataforma es el tipo de remolque ideal para transportar un vehículo liviano. Para garantizar la seguridad del transporte, es importante seguir las normas de tráfico y seguridad y conducir el remolque con precaución. (FMCSA, 2020)



**Ilustración 2-1:** Remolque tipo plataforma

**Fuente:** Remolques Cuni.

### ***2.2.1. Remolque de enganche o remolque completo***

Remolque que destaca por tener un mínimo de dos ejes, uno de ellos cumple la función asociada de direccionar el remolque, se caracteriza por poder transportarse de forma vertical haciendo referencia al vehículo por el cual es transportado. (Andrade, y otros, 2016)

### ***2.2.2. Remolque industrial***

Remolque que se caracteriza por transportar objetos de gran peso, comúnmente este tipo de remolque es utilizado para transportar maquinarias industriales de entidades de gran nivel, este remolque posee dos ejes para el soporte de la plataforma. (Andrade, y otros, 2016)

### ***2.2.3. Remolque con eje central***

Remolque que consta de un dispositivo de enganche que le imposibilita tener un libre movimiento de manera vertical haciendo referencia al remolque. El eje ira ensamblado a una mínima distancia del centro de gravedad del vehículo remolcado, con esto se dará lugar a una sola fuerza vertical estática que será transmitida al vehículo de tracción. (Andrade, y otros, 2016)

### ***2.2.4. Semirremolque***

Vehículo sin propulsión propia el cual debe ser acoplado a otro vehículo para su movimiento. Sobre el vehículo de tracción reposara una parte del semirremolque, transfiriéndole una cierta parte de su peso. (Andrade, y otros, 2016)

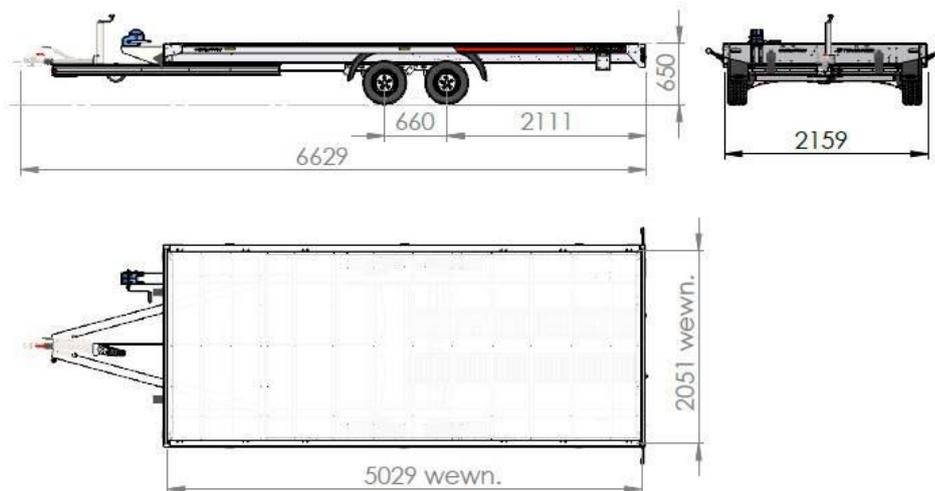
### 2.3. Dimensiones

La longitud y el peso máximo a plena capacidad se establecen en función del número de ejes o pueden especificarse en función de la categoría del remolque; estos se encuentran especificados en el Código de Circulación, según Acuerdo Ministerial N. 018 art. 3 y 4, que rige el uso y conservación de las vías públicas, así como sus pesos y dimensiones. (Ministerio de Transporte y Obras publicas, 2016)

La tabla Nacional de pesos y dimensiones de este acuerdo dice que, el peso y las dimensiones máximas permitidas para el diseño de un remolque de dos ejes son: PBV (Peso bruto vehicular): 20 toneladas, largo: 10 metros, ancho: 2,60 metros y alto: 4,10 metros. (Ministerio de Transporte y Obras publicas, 2016)

Conociendo que un remolque es una estructura de un número no definido de ejes que posibilita el traslado de objetos con tamaños y pesos que permutan, los mismos que tienen un fin, ser trasladados por un sistema de transporte auxiliar los cuales constan con sus características específicas que dan a la opción de trasladar ciertos productos u objetos. (Andrade, y otros, 2016)

Según el sitio web del fabricante de remolques de la empresa UNITRAILER menciona que las dimensiones de la caja de carga de 5029 x 2051 mm y una MMA de 3500 kg permiten un transporte seguro del vehículo. Seguridad de las mercancías que se transportan garantizado por el marco de soporte de aluminio de alta resistencia. (UNITRAILER)



**Ilustración 2-2:** Dimensiones de un remolque para transporte de vehículos livianos

Fuente: UNITRAILER

## **2.4. Partes de un remolque**

Basándose en la información obtenida del libro “Teoría de los vehículos automóviles” plantea que un remolque está constituido por 7 partes fundamentales, las cuales son: estructura de carga, chasis, sistema de suspensión, sistema de enganche, sistema de sujeción, ejes y sistema eléctrico. (Vera, y otros, 2016)

### **2.4.1. Estructura de carga**

Hace referencia a la parte que va sobre el chasis sosteniendo la carga que va en su interior. En esta estructura es donde van las señaléticas que están dispuestas por ley de tránsito para poder circular en las vías y también va el sistema de sujeción.

De la geometría de la estructura dependerá la capacidad de carga, el dimensionamiento debe estar sujeto al cumplimiento a las disposiciones de la ley de tránsito para la libre circulación. La capacidad un remolque va sujeta de los materiales, forma, estética y funcionalidad. (Vera, y otros, 2016)

### **2.4.2. Chasis**

Todo vehículo que está destinado a ser de carga está constituido por un chasis o bastidor en donde irán sujetos todos los mecanismos de rodaje. El diseño de esta parte del remolque consta de dos largueros que son unidos por los travesaños, estos dos elementos deben ser de acero, los largueros tienen un detalle, son curvados en la sección donde se montan los cuales tendrán oscilaciones verticales al momento de circular el remolque. Este chasis se someterá a esfuerzos por lo que los largueros y travesaños deberán ser de una sección correspondida cuando estén sometidos a dichos esfuerzos para así no tener ningún inconveniente. (Rodríguez, 2010)

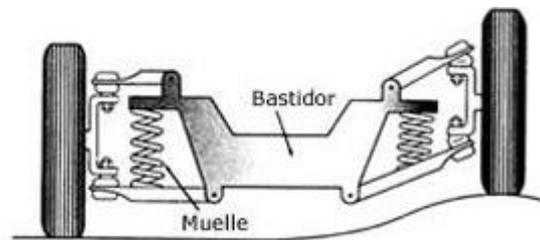
### **2.4.3. Sistema de suspensión**

La suspensión tiene como finalidad absorber los desniveles que se presentan en la calzada sobre la cual se desplaza, así como también tener las ruedas en contacto con el piso. Este sistema es indispensable tanto en vehículos como en remolques ya que otra de sus funciones es evitar que la carrocería sufra una excesiva inclinación al tomar curvas en la carretera.

Hay una gran variedad de tipos de suspensión, pero las ideales para los remolques son: suspensión independiente, suspensión semindependiente y la suspensión dependiente. (Control activo en una suspensión neumática mejorada, 2008)

#### 2.4.3.1. *Suspensión independiente*

Las suspensiones independientes se caracterizan por tener un movimiento vertical de las ruedas de cada eje individualmente sin verse afectado el uno con el otro, adaptándose al pavimento sin ninguna dificultad. Los vehículos livianos, así como los turismos dan uso de este tipo de suspensión tanto en los ejes posteriores y delanteros. (Control Tolerante a Fallas en una Suspensión Automotriz Semi-Activa, 2016)

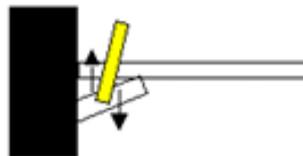


**Ilustración 2-3:** Suspensión independiente

**Fuente:** Control tolerante a fallas en una suspensión Automotriz Semiactivo

#### 2.4.3.2. *Suspensión semiindependiente*

Las suspensiones semindependientes o semi rígidas tienen una similitud a las rígidas o dependientes, estos dos tipos de suspensiones constan con que sus ruedas están unidas entre sí, pero la semirrígida tiene la diferencia de que transmite las oscilaciones generadas por los desniveles de la calzada de forma parcial, de una rueda a la otra del mismo eje. (Rediseño y construcción de un semi-remolque plataforma para la empresa ROMARCO S.A, 2009)

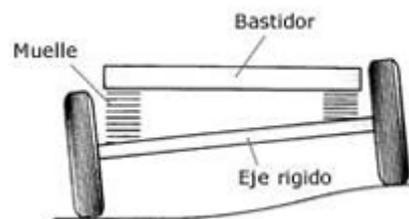


**Ilustración 2-4:** Suspensión semiindependiente

**Fuente:** Rediseño y construcción empresa ROMARCO S.A

#### 2.4.3.3. *Suspensión dependiente*

Una suspensión dependiente se caracteriza por la conexión de sus ruedas, están unidas por un eje rígido que les permite tener un giro independiente, pero teniendo en común otro movimiento que sea generado de una u otra rueda lo que causa que ambas señalen el mismo sentido de dirección y el mismo golpe de caída. Este tipo de suspensión es utilizada en el eje trasero de vehículos antiguos, así como de turismo y camiones. (Álvarez, 2009)



**Ilustración 2-5:** Suspensión dependiente

Fuente: Álvarez, 2009.

#### 2.4.4. *Sistema de sujeción*

Hace referencia a las correas de seguridad que sujetara al vehículo, estas irán colocadas haciendo énfasis en la estructura de carga con el fin de sujetar el vehículo a transportar para evitar algún percance al momento de trasladar a este. (Gonzales Herrera, 2018)

#### 2.4.5. *Eje de transmisión*

Su forma es cilíndrica de sección circular que tiene como función transmitir un movimiento de giro, es un elemento mecánico común en vehículos pesados. Por su función este está sometido a diferentes cargas, las cuales son: tracción, flexión, y torsión. Dichas fuerzas actúan individual o combinada, dependiendo de la acción que esté ocurriendo. (Gonzales Herrera, 2018)

#### 2.4.6. *Sistema de enganche*

El sistema de enganche es un parte indispensable para la sujeción de remolques. Por su función este estará sometido a fuerzas estáticas y dinámicas que son producidas por el movimiento del remolque.

El tiro ejercerá varias funciones en el remolque, como: frenar, mover y hacer girar el remolque. Para el giro se debe tener en cuenta la libertad de rotación del enganche con el vehículo.

Hay dos tipos de enganche, fijo y extraíble. (Cervera, y otros, 2001)

#### 2.4.7. Sistema de alumbrado

Como cualquier vehículo, los remolques deben estar equipados con sistemas de iluminación, en este caso el conjunto de luces posteriores. Este sistema de iluminación consta de las siguientes luces:

- Luz de posición
- Luz de freno o stop
- Luces de dirección y emergencia

A continuación, se detalla el sistema de alumbrado posterior de acuerdo con la normativa ecuatoriana, en este caso la norma NTE INEN 1155

**Tabla 2-2:** Detalle del sistema de alumbrado

LUCES INDICADORAS POSTERIORES	CANTIDAD mínima	UBICACIÓN	COLOR (ver Anexo A)
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 (hasta 2100 mm cuando la carrocería no lo permita)	Rojo
Luces direccionales (ver nota 6)	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 del suelo (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones)	ámbar o rojo
Luces de emergencia (ver nota 6 y 7)	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 del suelo (hasta 2100 mm para camiones o tractocamiones)	ámbar o rojo
Luces de volumen (ver nota 8)	1 por lado	A la máxima altura posible y no más de 400 mm desde los extremos laterales	Rojo
Luces de reversa (ver nota 9)	1	A una altura máxima de 1200 mm de la calzada	Blanco
Luces de freno	1 por lado	En la 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
Luz de freno central (ver nota 10)	1	Central en su parte posterior	Rojo
Luz de placa	1	La necesaria para iluminar la placa	Blanco

NOTA 6. La frecuencia de los destellos debe ser de 90+-30 periodos por minuto  
 NOTA 7. Los dispositivos de las luces direccionales pueden usarse como luces de emergencia  
 NOTA 8. Aplicables a vehículos con carrocerías mayores a 2100 mm de ancho  
 NOTA 9. Para vehículos con longitud mayor a 6000 mm deben disponer de mínimo 1 a cada lado  
 NOTA 10. No obligatorio para chasis cabinados, vehículos de carga con espacio abierto y para vehículos con longitud mayor a 6000 mm

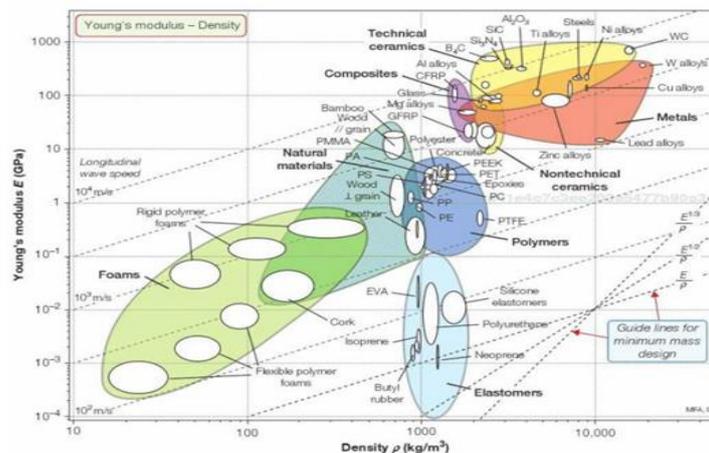
Fuente: (INEN, 2016)

## 2.5. Materiales usados para la construcción de remolques

Para construir un remolque funcional, necesitará una variedad de herramientas y materiales, incluidas barras de acero, yunques, soleras para el marco. Es preferible planificar y buscar orientación profesional para el cálculo del material y las técnicas de instalación. (Castillo, y otros, 2020).

Más resistente y flexible que el aluminio es el acero, es el material más utilizado para la producción de remolques utilitarios, es excelente para transportar grandes volúmenes de carga. El aluminio es adecuado para la construcción de remolques pequeños y compactos, son destinados para cargas más pequeñas, aunque no es tan resistente ni duradero como el acero. También se utiliza una combinación de aluminio y plástico de alto peso molecular para crear remolques con un nivel de metal reducido, lo que permite el transporte de grandes volúmenes de carga liviana. (Torres, y otros, 2020). Varios materiales utilizados en la construcción de remolques utilitarios, incluidos hierro, aluminio y plástico. El acero, como Strenx, es el preferido para los diseños y componentes de los remolques debido a su durabilidad, ligereza, seguridad y sostenibilidad. (Costa-Gama, y otros, 2016).

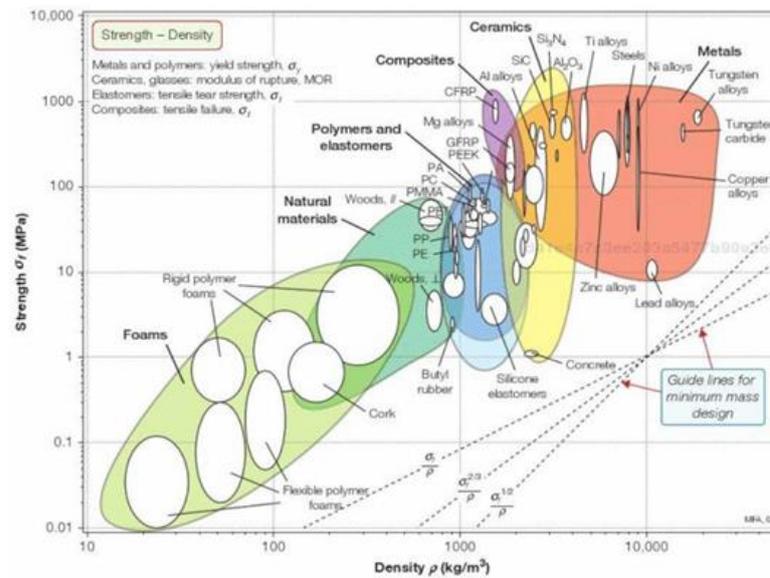
Los materiales utilizados en la industria del automóvil deben cumplir muchos requisitos, como la rigidez/peso y la resistencia/peso, adecuados. Dicho de otra manera, los sistemas automotrices deben ser livianos, pero con una resistencia mecánica adecuada y un medio elástico capaz de absorber grandes cantidades de energía en el caso de un accidente. El método Ashby propone cartas que fusionan propiedades que permite reconocer grupos de materiales que pueden seleccionarse en función al comportamiento de los distintos elementos. (Ashby, 2010)



**Ilustración 2-6:** Densidad vs Modulo de Young

Fuente: Ashby, 2010.

El acero son los materiales más utilizados en la industria del automóvil. La mayoría de las estructuras de chasis y vehículos están fabricados con este material debido a su bajo costo, buenas propiedades mecánicas como maleabilidad, ductilidad, resistencia mecánica y módulos elásticos superiores a otros metales, permitiendo el uso de secciones y tamaños más pequeños en piezas finales. (Ashby, 2010)



**Ilustración 2-7:** Densidad vs Resistencia

Fuente: Ashby, 2010.

## 2.6. Cargas aplicadas sobre la estructura

De acuerdo con diferentes trabajos de titulación mencionan las diferentes cargas que influyen en un remolque para transportar un vehículo liviano.

### 2.6.1. Carga muerta

Según el trabajo de titulación, diseño y construcción de una plataforma remolque con suspensión modificada para transporte de un vehículo de competencia 4 x 4. El peso muerto de un remolque se refiere a su peso estructural y los componentes fijos del remolque, que no se pueden quitar o cambiar fácilmente incluye el chasis, sistemas de suspensión, sistemas de enfriamiento, ejes, llantas y demás componentes necesarios para la operación y seguridad del remolque. (Paillacho, y otros, 2009)

### **2.6.2. Carga de lengüeta**

De acuerdo con el trabajo de titulación, diseño y construcción de un remolque móvil con circuitos neumáticos para el transporte de un peso máximo de dos toneladas, es el peso que se ejerce sobre la conexión entre el remolque y el vehículo remolcador. (Andino, 2017)

### **2.6.3. Carga viva**

En el trabajo de titulación, diseño y construcción de un remolque con capacidad para dos motocicletas menciona que: la carga viva es el peso máximo que se puede transportar en el remolque es la carga principal para el diseño estructural del chasis y todos sus componentes mecánicos. (Teran, et al., 2009)

### **2.6.4. Peso Bruto del remolque**

En el trabajo de titulación, diseño y construcción de un remolque móvil con circuitos neumáticos para el transporte de un peso máximo de dos toneladas dice que: Es el peso total del remolque y su contenido, incluida la bolsa de transporte, los accesorios del remolque y cualquier otro artículo que se encuentre en el remolque. El peso bruto del remolque debe estar dentro de los límites de capacidad del fabricante. (Andino, 2017)

## **2.7. Procesos de manufactura**

### **2.7.1. Soldadura**

El trabajo de titulación, Diseño y construcción de un remolque de mantenimiento para la UTN Racing Team, menciona que los tipos de soldadura más utilizados son: soldadura por arco, soldadura por gas MIG y gas TIG. (Recalde, y otros, 2022)

Así también en el trabajo de titulación, Diseño y construcción de un remolque de doble eje con articulación delantera, mencionó que el proceso MIG se utiliza para soldar todos los metales esenciales comercialmente como aluminio, cobre y acero inoxidable. Se suelda en cualquier posición y se usa típicamente corriente continua y electrodo positivo. (Lucitante, 2010)

### **2.7.2. Maquinado**

En este proceso según el trabajo de titulación, Diseño y construcción de un remolque de mantenimiento para la UTN Racing Team, menciona dos tipos de maquinado: el taladrado, que se utilizará en diversas aplicaciones dentro del remolque, y el torneado, que se utilizará para el dimensionado de ejes. (Recalde, y otros, 2022)

### **2.8. Simulación**

El modelado y la simulación son ahora tareas imprescindibles a la hora de afrontar el análisis y diseño de sistemas multidisciplinares de algún grado de complejidad. Su propósito es ayudar a los diseñadores o brindar el apoyo necesario durante el proceso de diseño, análisis y diagnóstico de los sistemas técnicos. El software debe complementar la genialidad del diseñador para que pueda modelar y simular con la mayor eficacia posible. El software permite la evaluación final antes de construir un sistema, reduce la necesidad de experimentación costosa y admite todas las fases de un proyecto desde la concepción hasta el montaje y la operación. (Mejia Avila, y otros, 2008).

La teoría de la simulación se puede definir como un medio de experimentar con modelos detallados de sistemas reales para determinar cómo responde el sistema a los cambios en su estructura y entorno. (Harrel, y otros, 2008). La simulación, por otro lado, nos permite comprender mejor los procesos y experimentar con modelos de sistemas para mejorar las operaciones comerciales (Harrington, y otros, 2010). Finalmente, un aspecto muy importante a destacar entre las diversas definiciones de la teoría de la simulación es que la teoría de la simulación tiene como objetivo imitar y evolucionar el comportamiento de los sistemas reales

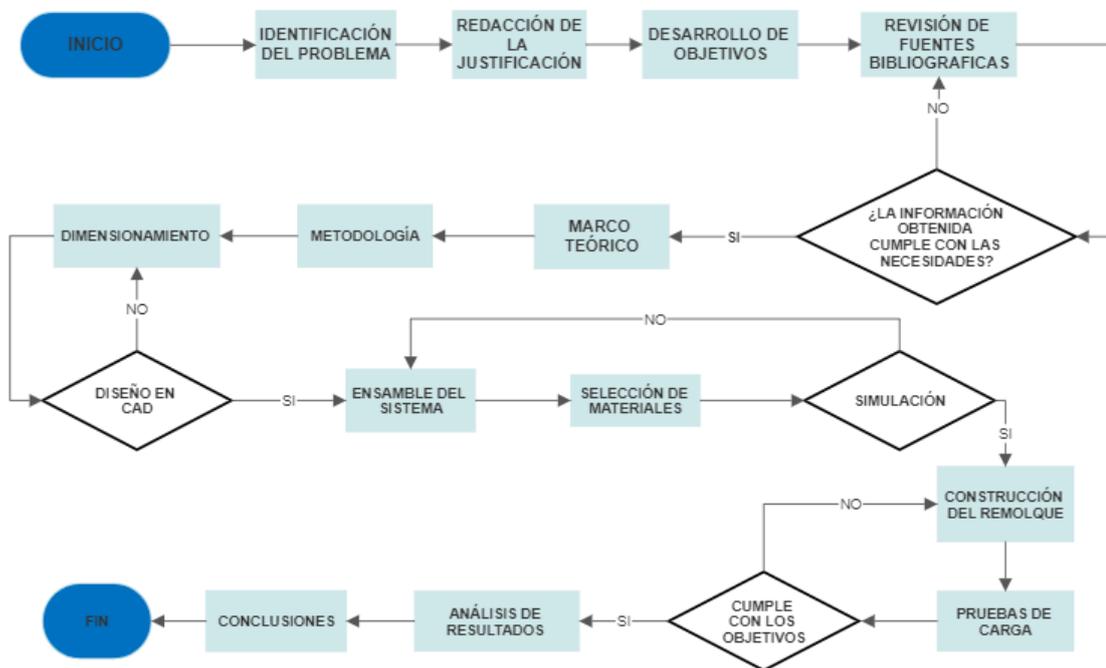
Describir el párrafo correspondiente.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Diagrama de etapas del proyecto

Representamos de forma gráfica las diferentes fases o etapas que se planean llevar a cabo para completar el proyecto de investigación. Este tipo de diagrama proporcionamos una visión general de la secuencia de actividades y tareas que se llevarán a cabo a lo largo del proyecto, desde el inicio hasta la finalización



**Ilustración 3-1:** Diagrama de etapas del proyecto

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023

#### 3.2. Metodología de la investigación

##### 3.2.1. Método experimental

El método experimental permite abordar los procesos de diseño y construcción de manera sistemática y controlada, asegurando que el remolque cumpla con los requisitos específicos y sea seguro y eficiente.



### 3.3.1.1. Equipos y herramientas

Los equipos y materiales son una parte importante para la elaboración de remolques, por lo tanto, esta sección describe cada uno de ellos en detalle. Para conocer minuciosamente se ha dividido en tres partes, que son: dispositivos, materiales y herramientas.

- Equipos

Los equipos brindan una mayor facilidad al momento de construir una estructura determinada, son acciones que al hombre se le dificulta hacerlo o es imposible. Basándose en esto, los equipos nos permiten obtener buenos resultados en un menor tiempo. Para la elaboración del remolque se utilizan los siguientes equipos.

**Tabla 3-2:** Equipos utilizados en la construcción del remolque

EQUIPOS	ILUSTRACIÓN
Soldadora MIG	
Soldadora eléctrica	
Dobladora de laminas	

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Herramientas

Las herramientas son dispositivos diseñados para facilitar y mejorar la realización de tareas y actividades específicas. Ya sean manuales o eléctricas, son utilizadas por personas para la

construcción de remolques. A continuación, se detalla las herramientas necesarias para su respectivo desarrollo

**Tabla 3-3:** Herramientas utilizadas para la construcción del remolque

HERRAMIENTAS	ILUSTRACIÓN
Amoladora	
Flexómetro	
Taladro	

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- **Materiales**

Los materiales son sustancias utilizadas en la fabricación y construcción que poseen propiedades físicas, químicas y mecánicas específicas. La selección del material adecuado depende de la aplicación deseada y las propiedades requeridas para lograr el mejor rendimiento y resultados deseados. En la construcción del remolque se ha utilizado:

**Tabla 3-4:** Materiales utilizados para la construcción del remolque

MATERIALES	ESPECIFICACIÓN	ILUSTRACIÓN
<b>Tubo estructural perfil cuadrado</b>	75x3 mm 75x4 mm (Acero estructural A36)	

---

**Plancha antideslizante**

3 mm  
(Acero estructural A36)



---

**Correa tipo G**

Espesor 3 mm  
(Acero estructural A36)



---

**Correa tipo C**

Espesor 3 mm  
(Acero estructural A36)



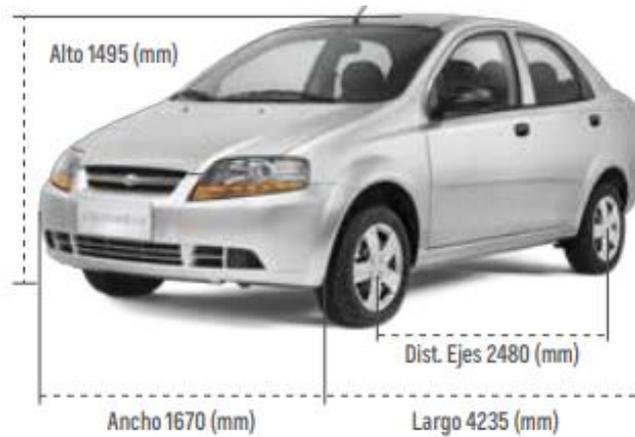
---

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

### **3.3.2. Dimensionamiento**

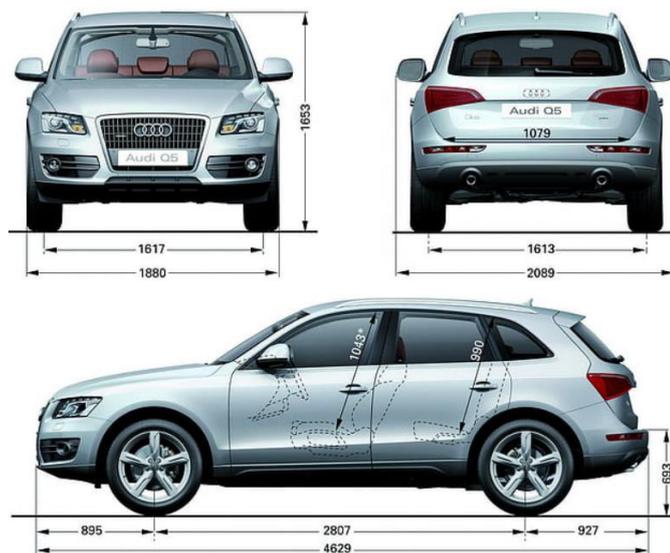
De acuerdo con el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, el tamaño total del remolque de dos ejes no debe exceder estas dimensiones: 10 metros de largo, 2,6 metros de ancho y 4,1 metros de alto.

Para el dimensionamiento de la plataforma se tomó en cuenta las dimensiones de un automóvil más común en la zona que sería el Chevrolet Aveo family y de un SUV que no es tan común el Audi Q5, estas dimensiones se observan a continuación:



**Ilustración 3-2:** Dimensiones Chevrolet Aveo family

Fuente: Chevrolet,2018



**Ilustración 3-3:** Dimensiones Audi Q5

Fuente: Audi,2013

Luego de realizar una comparación entre estos modelos el dimensionamiento se realiza en base al vehículo Audi Q5 con unas medidas de la plataforma de: 4.60m de largo y 2.00m de ancho.

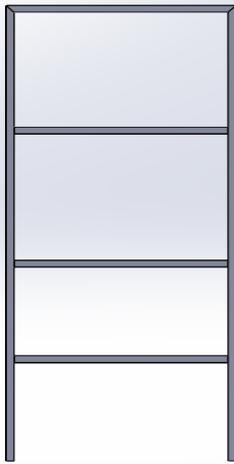
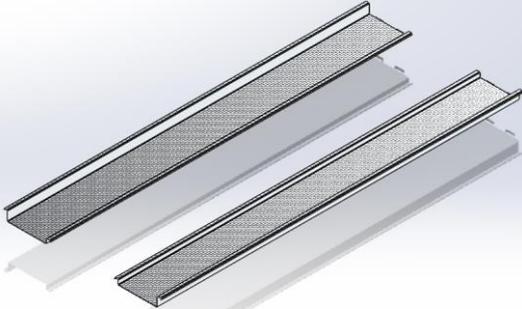
### 3.3.3. Modelación mediante software CAD

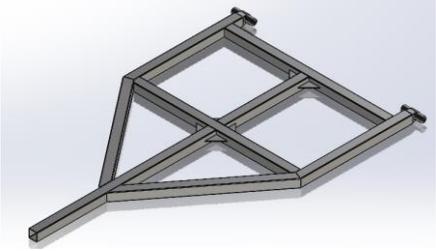
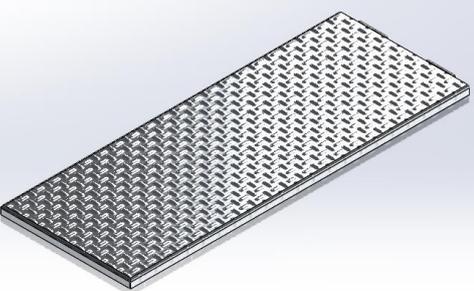
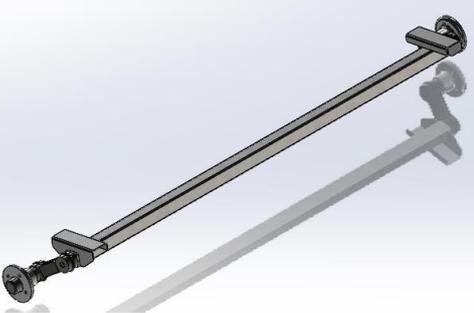
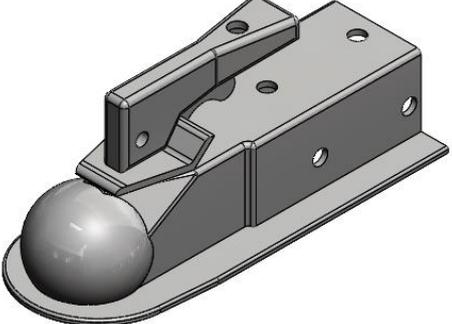
Para el diseño asistido por computadora se debe tener un amplio conocimiento sobre el software con el que se va a realizar el estudio para tener un trabajo óptimo. Este software debe contener las herramientas necesarias para facilitar el estudio del diseño.

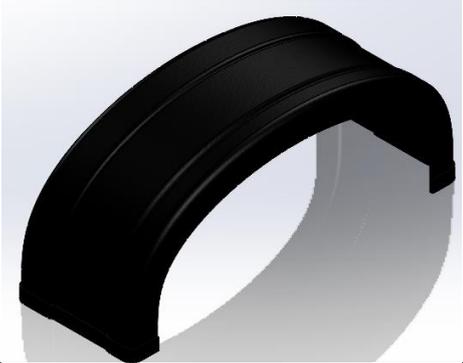
Para el diseño de este remolque usamos el software Solidworks, el que ayudó para la realización del plano, acotando sus diferentes dimensiones con las que será construido el remolque.

Para este apartado se debe tener en cuenta todas las restricciones que se presentaron en la ley aplicable para la libre circulación de remolques en las vías públicas, para poder realizar el remolque de forma correcta, también teniendo en cuenta los requerimientos y seguridad para los vehículos a transportar. De esta manera se establece la estructura que va a adquirir el remolque.

**Tabla 3-5:** Componentes Diseñados y seleccionados

<b>Piezas diseñadas y componentes seleccionados</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fotografía</b>
Larguero	El larguero es una pieza de acero estructural A36, que se extiende 4600 mm, longitud del chasis del remolque, de adelante hacia atrás. Sirve como una estructura vertebral del chasis, proporcionando rigidez y resistencia torsional al remolque. Los largueros están situados a los lados del chasis, uno a cada lado del vehículo.	
Travesaño	Los travesaños se utilizan para la conexión con los largueros y proporcionar rigidez adicional, resistencia a la estructura y mejor distribución de carga en el chasis. El ancho de la plataforma es de 2000 mm.	
Piso	El piso de un remolque es la superficie sobre la cual se cargan y transportan los diferentes tipos vehículos, es fabricado en acero por su resistencia y robustez. Tiene un ancho de 600 mm en donde 10 mm de cada lado han sido doblados a 90° para una mejor estética y seguridad al momento de transportar el vehículo.	

<p>Triángulo de tiro</p>	<p>Es la estructura que se extiende desde el remolque hasta el enganche del vehículo en donde proporciona la conexión física entre el remolque y el vehículo.</p>	
<p>Rampa</p>	<p>Es una estructura inclinada diseñada para permitir el acceso a personas o vehículos a un nivel más alto o bajo. Se utiliza para superar desniveles en terrenos, edificios u otras infraestructuras</p>	
<p>Eje de torsión</p>	<p>Tipo de sistema de suspensión que se usa en remolques y otros vehículos que usan un movimiento de torsión para absorber impactos y vibraciones, lo que brinda una conducción más suave que las suspensiones tradicionales de ballestas</p>	
<p>Enganche</p>	<p>Es un dispositivo que permite que un vehículo arrastre un remolque u otro vehículo, y viene en diferentes tipos, tamaños y capacidades de peso para adaptarse a varios vehículos y remolques.</p>	

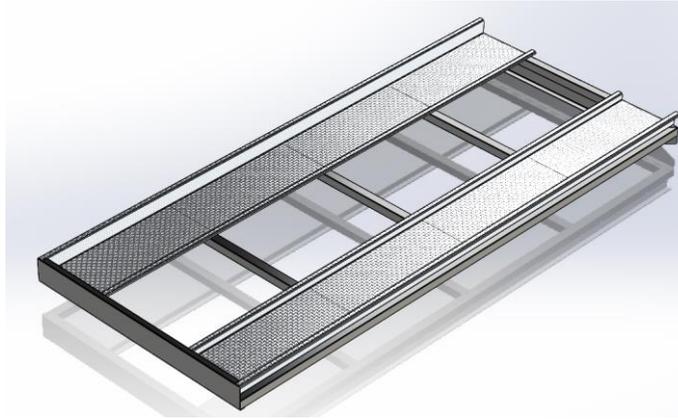
Salpicadero	Son fundas protectoras que evitan que el polvo y la suciedad entren en las partes móviles, y pueden referirse a diferentes partes del remolque, en estos casos los ejes de torsión.	
Neumático	Los neumáticos son componentes esenciales de un vehículo que proporcionan el contacto directo con la superficie de la carretera, permitiendo la tracción, el agarre y la comodidad durante el desplazamiento.	

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

Teniendo finalizado el plano de la plataforma se procederá a trabajar en 3D lo que nos facilitará para la simulación, la cual requiere de mucho tiempo y dedicación, de esto depende la fidelidad de esta y por ende la seguridad del diseño estructural a realizar.

Del diseño en 3D se extraerá las diferentes vistas en donde no ira incluido el sistema de suspensión ni elementos adicionales, solo la estructura principal, lo que ayudará a tener una fácil simulación, pero eso si basándose en los parámetros para tener una correcta simulación para comprobar la construcción estructural.

Es importante relevar que al momento de la realización de un croquis estructural 3D se debe definir los parámetros de unión de elementos, si es por soldadura se debe especificar el tipo de cordón y las propiedades físicas mecánicas del electrodo usado.



**Ilustración 3-4:** Plataforma de remolque

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023

### 3.3.4. Selección de materiales

#### 3.3.4.1. Selección del perfil

Para la realización del remolque se ha seleccionado dos opciones que son las más utilizadas y fáciles de manufacturar elementos estructurales. Las opciones son las siguientes:

- Tubo redondo
- Tubo cuadrado

Para la selección de la forma de tubo más recomendada se tiene que tomar en cuenta los siguientes parámetros: proceso de manufactura, resistencia y acondicionamiento a futuros elementos externos.

Se ha elegido prioridad el proceso de manufactura, particularmente porque que se necesita que el perfil elegido pueda adaptarse a la forma de la estructura diseñada y en lo posterior se pueda tener las condiciones necesarias para poder agregar elementos externos a la estructura. Acorde a esto, se ha basado en una matriz de decisión para poder seleccionar el que nos ofrece mejores prestaciones, tomando como base los siguientes parámetros:

- Excelente =10
- Bueno= 8
- Regular= 5
- Insuficiente= 1

Cabe mencionar que en todos los seleccionamiento por criterios ponderados se tomará el mismo principio para la escala de calificación. En la siguiente tabla se realiza la elección mediante los

criterios anteriormente mencionados, tomando como referencia la prioridad de cada uno de ellos y su contribución al desarrollo de la estructura.

Para la selección del material de construcción del remolque se realizó una tabla comparativa de los materiales más utilizados en el proceso.

**Tabla 3-6:** Selección de perfil para el proceso de manufactura

Ítem	Porcentaje de pertinencia	Perfil cuadrado	Perfil redondo
Proceso de manufactura	40%	8	8
Propiedades mecánicas	40%	10	8
Acondicionamiento	20%	10	5
<b>Total</b>	100%	9.3	7

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

#### 3.3.4.2. Selección del Material

Para poder determinar el material a utilizarse, se ha tomado en cuenta las restricciones como son la existencia en el mercado nacional y también la facilidad de poder realizar el remolque con este material.

Es por lo que para la selección del material se debe tomar en cuenta criterios como la densidad, el costo y las características mecánicas que poseen. Acorde a esto se han considerado 3 materiales que son los siguientes:

- Acero ASTM A36
- Acero galvanizado
- Aluminio

Una vez establecido los materiales que se van a analizar, es muy indispensable conocer las propiedades mecánicas y otras características importantes que cada uno posee para seleccionar la mejor alternativa.

**Tabla 3-7:** Propiedades de los materiales más comunes en la construcción

Propiedad	Acero ASTM A36	Acero galvanizado	Aluminio
Resistencia a la tracción	400 - 550 MPa	450 - 600 MPa	200 - 450 MPa
Densidad	7.85 g/cm <sup>3</sup>	7.85 g/cm <sup>3</sup>	2.7 g/cm <sup>3</sup>

<b>Módulo de elasticidad</b>	200 GPa	200 GPa	70 GPa
<b>Conductividad térmica</b>	50 - 60 W/(m·K)	43 - 52 W/(m·K)	120 - 210 W/(m·K)
<b>Coefficiente de expansión térmica</b>	$10.6 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$	$10.6 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$	$23.1 \times 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$
<b>Resistencia a la corrosión</b>	Baja	Alta	Alta
<b>Facilidad de soldadura</b>	Buena	Buena	Buena
<b>Costo relativo</b>	Moderado	Moderado	Alto
<b>Aplicaciones comunes</b>	Estructuras, maquinaria	Estructuras, componentes exteriores	Construcción ligera, transporte

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

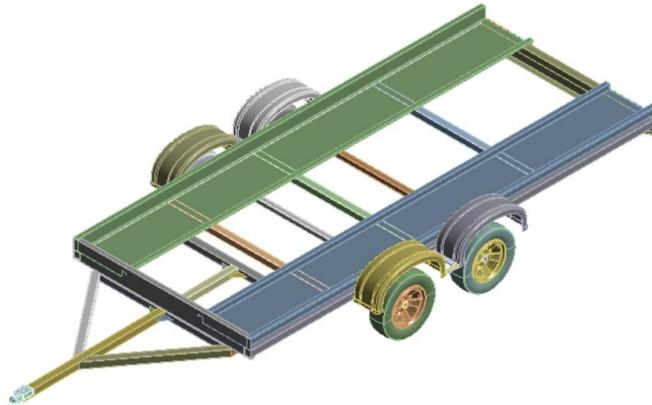
Con respecto a esta tabla, a continuación, se respalda la selección del material:

1. Resistencia mecánica: el acero ASTM A36 y el acero galvanizado pueden tener rangos de resistencia a la tracción similares. Sin embargo, la resistencia del acero galvanizado puede disminuir ligeramente debido al proceso de galvanizado. Si se requiere cierta resistencia mecánica sin tener en cuenta la resistencia a la corrosión, el acero A36 puede ser una opción adecuada.
2. Ductilidad y tenacidad: el acero A36 y el acero galvanizado suelen exhibir propiedades de ductilidad y tenacidad similares. Ambos materiales pueden resistir la deformación antes de fallar. Esto es importante en aplicaciones donde se esperan cargas fluctuantes y golpes. Por tanto, en términos de propiedades mecánicas, ambos materiales pueden ser comparables.
3. Costo: el acero ASTM A36 es generalmente más económico que el acero galvanizado. El proceso de galvanizado, que recubre el acero con una capa de zinc para protegerlo de la corrosión, agrega el costo del material galvanizado.
4. Soldabilidad: Tanto el acero ASTM A36 como el acero galvanizado son materiales soldables. Sin embargo, el acero galvanizado puede requerir un tratamiento previo de la capa de zinc antes de la soldadura, lo que puede complicar el proceso. Por el contrario, el acero A36 no requiere ningún tratamiento especial antes de la soldadura, lo que simplifica el proceso de fabricación del remolque.
5. Experiencia y conocimiento: el acero ASTM A36 se usa ampliamente y existe una gran cantidad de conocimiento y experiencia disponible sobre sus propiedades y comportamiento. Esto significa que existen normas y directrices establecidas para trabajar con este material. En comparación, el acero galvanizado puede necesitar conocimientos y consideraciones más especializados relacionados con el proceso de galvanizado.

### 3.3.5. Análisis mediante software CAE

#### 3.3.5.1. Evaluación de la geometría para la simulación

Una vez analizado los distintos parámetros que se evaluaron para determinar las dimensiones, material, el tipo y perfil de tubo, se observa en la figura el diseño final en software, para su posterior estudio de parámetros de diseño y un análisis estático - dinámico.



**Ilustración 3-5:** Diseño final de remolque

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

#### 3.3.5.2. Asignación de cargas

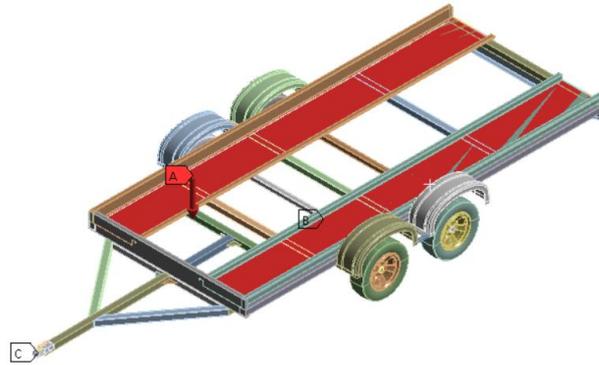
Realizar una asignación adecuada de los soportes en las llantas y el enganche, así como determinar la distribución de la carga de 2 toneladas en el piso del remolque, es esencial para garantizar que el remolque sea seguro y funcione al máximo.

De esta manera se asignó los puntos de soporte en las ruedas y en el enganche, los soportes de las llantas son esenciales para el diseño del remolque porque mantienen el peso de la carga en las ruedas y lo distribuyen de manera equitativa. El enganche conecta el remolque y el vehículo de remolque y es esencial para la transmisión de fuerzas y el control del remolque. Es fundamental que el enganche esté dimensionado y diseñado correctamente para poder resistir las fuerzas de tracción y torsión.

De igual manera se asignó la carga en el piso del remolque, para evitar puntos de tensión excesivos y asegurar una distribución equilibrada de las fuerzas, la carga de dos toneladas debe distribuirse uniformemente en el piso del remolque. Para garantizar que la carga permanezca en su lugar durante el transporte y no se produzcan desplazamientos o desequilibrios que puedan afectar la estabilidad del remolque.

A: Static Structural  
 Static Structural  
 Time: 1, s  
 20/7/2023 12:33

A Force: 19613 N  
 B Remote Displacement  
 C Displacement



**Ilustración 3-6:** Asignación de cargas y soportes

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

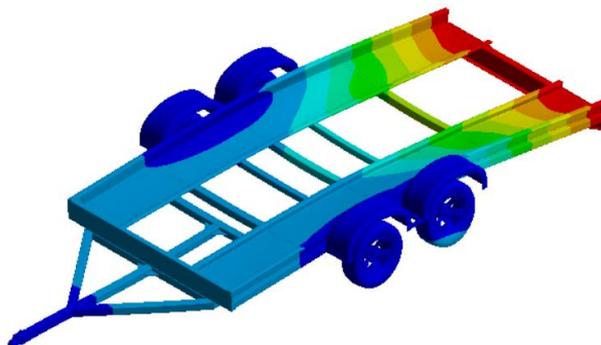
### 3.3.5.3. Deformación total del diseño

Los resultados muestran que, aunque ambos remolques tienen las mismas características físicas y geométricas en el modelo, la estructura de 3 mm de espesor tiene una deformación de 3,66 mm mientras que la estructura de 4 mm de espesor tiene una deformación de 5,42 mm. Esta discrepancia podría ser explicada por una variedad de elementos relacionados con el análisis de elementos finitos. En primer lugar, los resultados pueden verse significativamente afectados por el mallado de la estructura, es decir, cómo se divide la geometría en partes más pequeñas para realizar el análisis. La predicción de las deformaciones puede ser más precisa con un mallado más detallado y refinado.

- Con estructura de tubo cuadrado de 75x3mm

A: Static Structural  
 Total Deformation  
 Type: Total Deformation  
 Unit: mm  
 Time: 1  
 20/7/2023 12:42

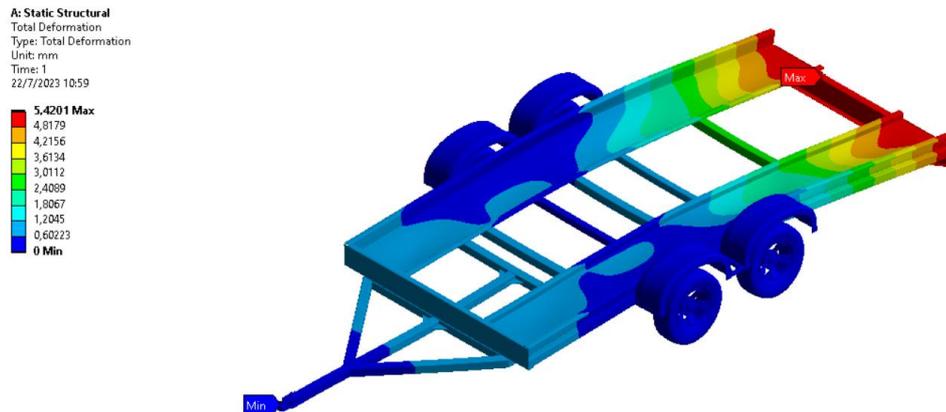
3,6633 Max  
 3,2363  
 2,8493  
 2,4422  
 2,0352  
 1,6281  
 1,2211  
 0,81407  
 0,40704  
 0 Min



**Ilustración 3-7:** Estructura con tubo de 3 mm de espesor

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Con estructura de tubo cuadrado de 75x4



**Ilustración 3-8:** Estructura con tubo de 4 mm de espesor

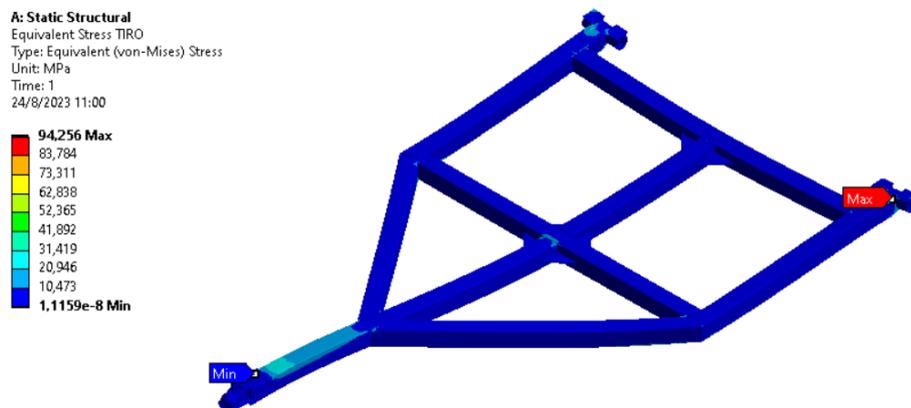
**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023

A pesar de que ambas deformaciones son pequeñas en comparación con las dimensiones totales del remolque y, por lo tanto, no representan un peligro para la funcionalidad del remolque, estos resultados demuestran la importancia de llevar a cabo un análisis detallado y minucioso con el software de elementos finitos.

#### 3.3.5.4. Esfuerzo

- Tiro

En el caso del análisis de esfuerzos en el tiro del remolque se observa que el mayor esfuerzo se concentra en la zona de unión del tubo cuadrado de 75x3 mm con el tubo redondo que posteriormente se conectara con la estructura del remolque, este esfuerzo es de 94,256 MPa, como se observa en la ilustración 16-3

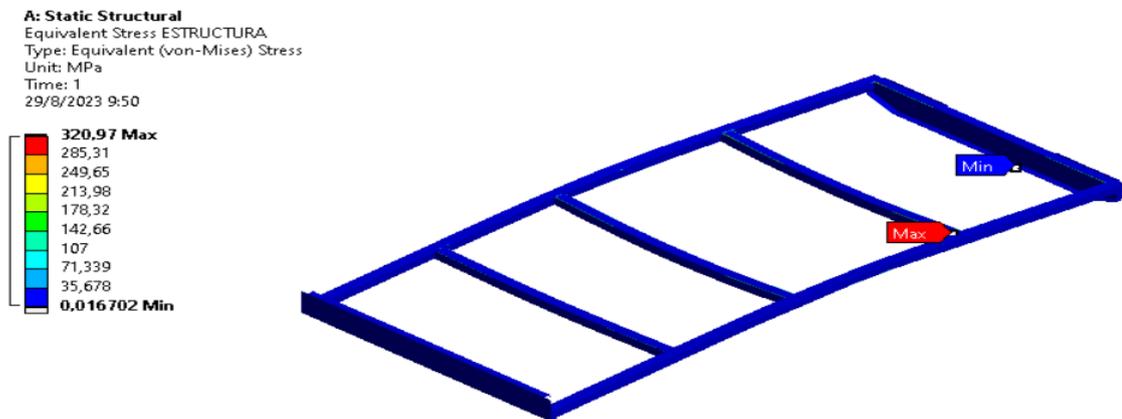


**Ilustración 3-9:** Análisis de esfuerzo en el tiro del remolque con tubo cuadrado de 75x3mm

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

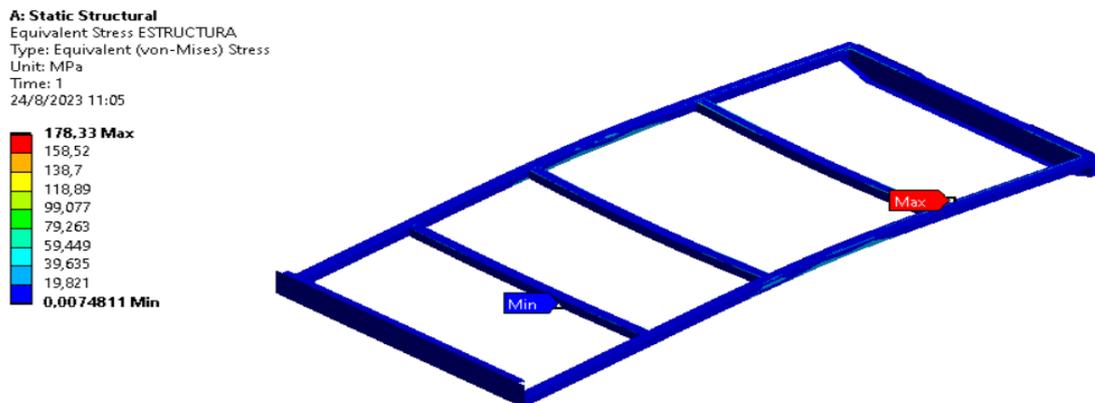
- Estructura

En el análisis de esfuerzos de la estructura del remolque se puede observar el máximo esfuerzo en la parte posterior con un valor de 320,97 MPa, tal como se observa en la ilustración 17-3, para la estructura de tubo cuadrado de 75x3mm, en el caso de la estructura con tubo cuadrado de 75x4mm se observa un esfuerzo de 178,33 MPa en la ilustración 18-3.



**Ilustración 3-10:** Análisis de esfuerzo en la estructura de remolque con tubo cuadrado 75x3mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023

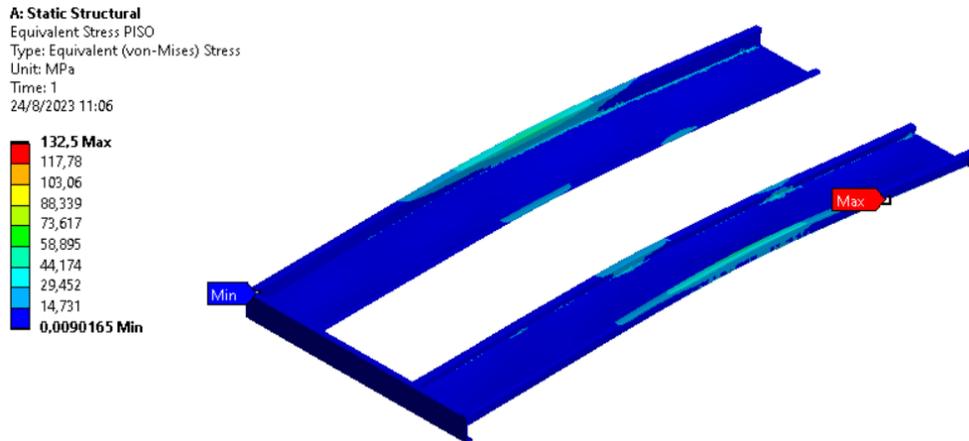


**Ilustración 3-11:** Análisis de esfuerzo en la estructura del remolque con tubo cuadrado de 75x4mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Piso

En el análisis de esfuerzo del piso se observa un máximo esfuerzo en la parte posterior al mismo nivel que en la estructura con un máximo de 132,5 MPa, así se observa en la ilustración 18-3



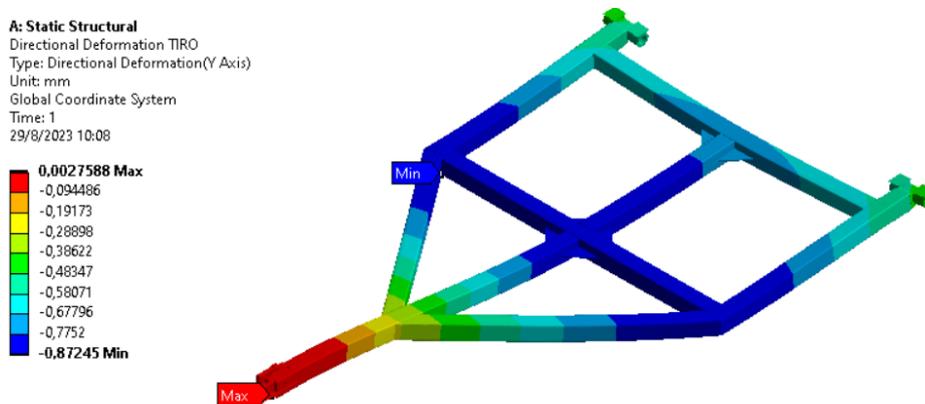
**Ilustración 3-12:** Análisis de esfuerzo en el piso de remolque de plancha antideslizante de 3mm de espesor

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

### 3.3.5.5. Deformación

- Tiro

En el análisis de deformación del tiro del remolque se observó que la máxima deformación se presentó en la parte del acople del remolque con un valor de 0,0027 mm como se indica en la Ilustración 20-3

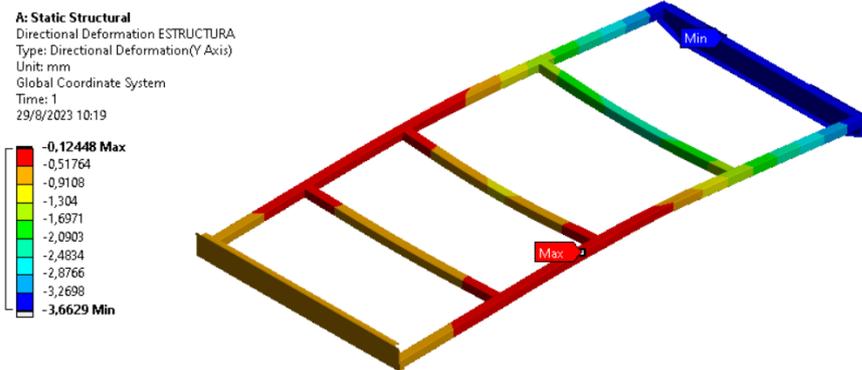


**Ilustración 3-13:** Análisis de deformación del tiro del remolque con tubo cuadrado 75x3mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

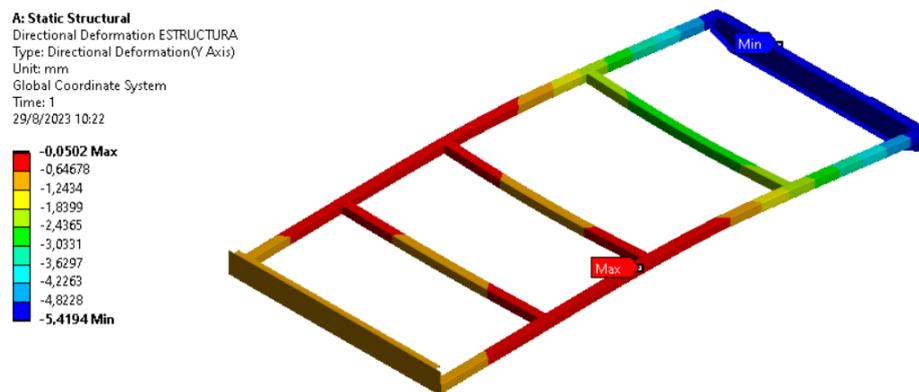
- Estructura

En el análisis de deformación realizado en la estructura del remolque se observó que la máxima deformación se presenta antes de llegar al primer travesaño referenciando desde la parte delantera, con un valor de 0,1244 en el caso del tubo cuadrado de 75x3mm como se observa en la Ilustración 21-3, para el caso del tubo cuadrado de 75x4mm se observó un valor de deformación máximo de 0,0502 como se verifica en la Ilustración 22-3.



**Ilustración 3-14:** Análisis de deformación de estructura de remolque de tubo cuadrado 75x3mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

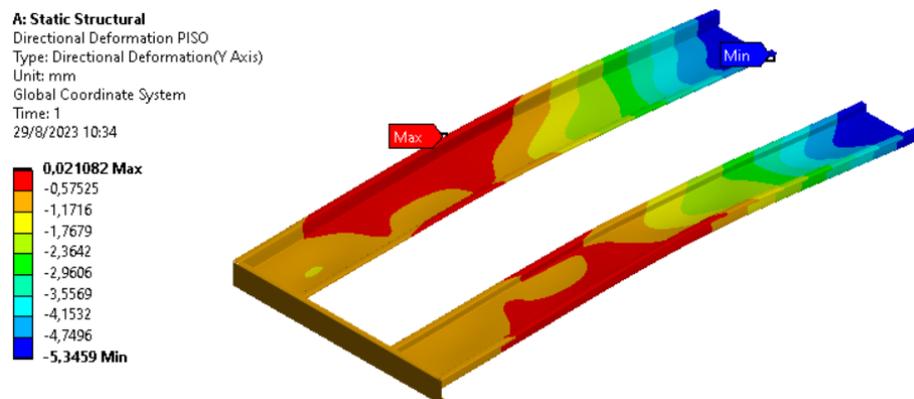


**Ilustración 3-15:** Análisis de deformación de estructura de remolque de tubo cuadrado 75x4mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Piso

En el análisis de deformación del piso del remolque diseñado con plancha antideslizante de 3mm de espesor se observó una deformación máxima ubicada al mismo nivel de la estructura del remolque con un valor de 0.0210 mm como se indica en la Ilustración 23-3.



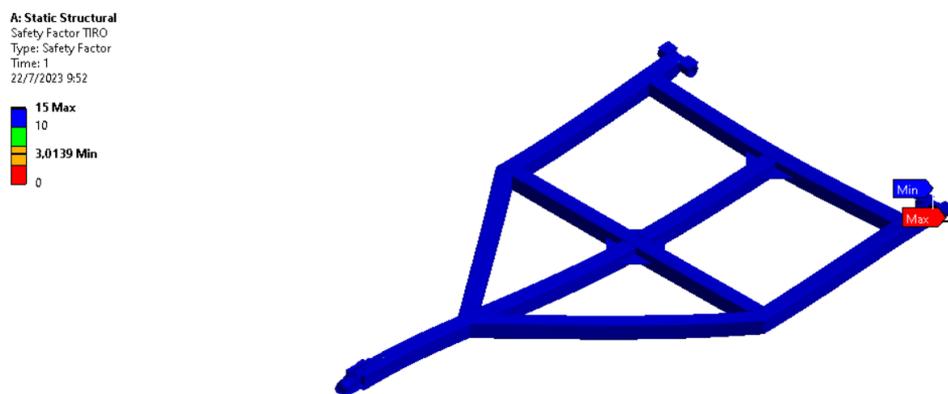
**Ilustración 3-16:** Análisis de deformación de piso de remolque con espesor de 3mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

### 3.3.5.6. Factor de seguridad estático

- Tiro

El análisis realizado en el tiro del remolque dio como resultado un factor de seguridad de 3.01, como se observa en la ilustración 24-3, esto es una señal positiva. Como resultado de este valor, el tiro del remolque es capaz de soportar cargas que son aproximadamente tres veces mayores que las cargas máximas que se espera que pueda soportar durante su funcionamiento típico. Un factor de seguridad de 3.01 es considerado adecuado y seguro para la mayoría de las aplicaciones porque proporciona un margen significativo de resistencia adicional, brindando confianza en la integridad estructural del remolque.



**Ilustración 3-17:** Tiro de remolque con tubo cuadrado de 75x3mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

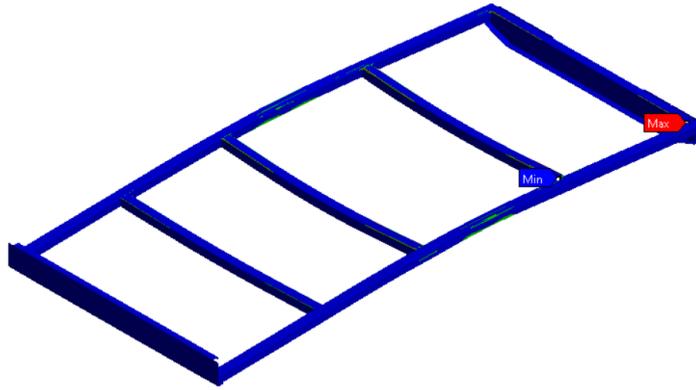
- Estructura

La estructura con un tubo cuadrado de 4 mm tiene un factor de seguridad de 1,4019 como indica la ilustración 26-3, mientras que la estructura con un tubo cuadrado de 3 mm tiene un factor de seguridad de 0,7789 tal como se evidencia en la ilustración 25-3. Esto demuestra que la estructura de 4 mm ofrece un mayor margen de seguridad y resistencia en comparación con las estructuras de 3 mm.

Por esto se utilizará un tubo cuadrado de espesor de 4 mm porque la seguridad y la integridad son importantes en el diseño del remolque. Esta opción ofrece un factor de seguridad más alto, lo que significa que puede soportar cargas mayores.

A: Static Structural  
Safety Factor ESTRUCTURA  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
22/7/2023 9:55

15 Max  
10  
5  
0.7789 Min  
0

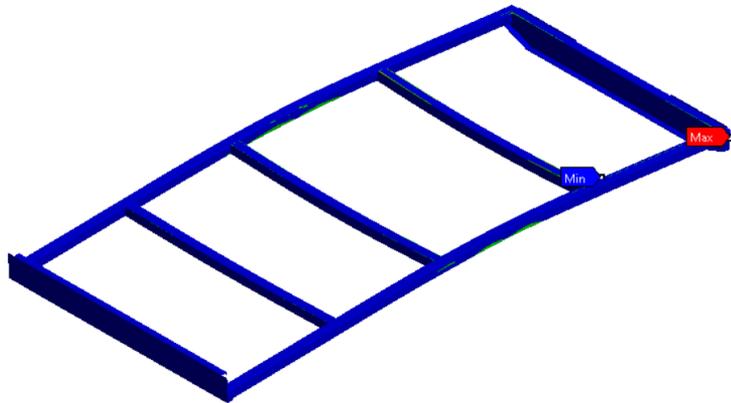


**Ilustración 3-18:** Estructura de tubo cuadrado 75x3 mm

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

A: Static Structural  
Safety Factor ESTRUCTURA  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
22/7/2023 11:00

15 Max  
10  
5  
1.4019 Min  
0



**Ilustración 3-19:** Estructura de tubo cuadrado 75x4mm

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023

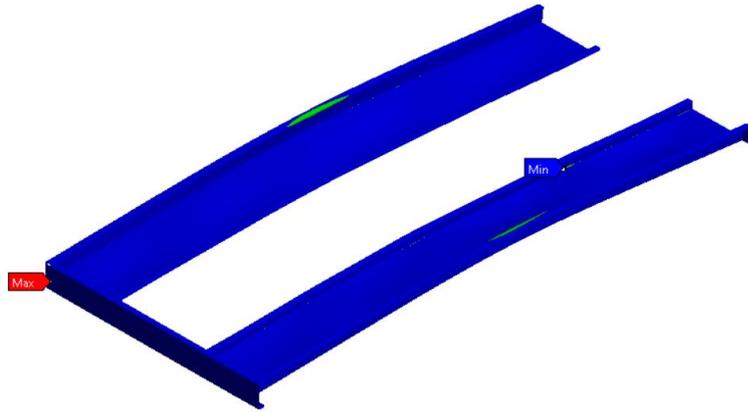
- Piso

Un factor de seguridad de 2.6469 se encontró a través del análisis de piso de remolque. Este valor es una señal positiva que indica que el diseño del piso está preparado para soportar las cargas esperadas durante el uso del remolque. El factor de seguridad es una medida importante para evaluar la capacidad de una estructura para resistir las fuerzas y tensiones a las que estarán soportadas en condiciones de servicio. Un factor de seguridad superior a uno indica que la estructura tiene un margen de resistencia adicional, lo que aumenta la confianza en su integridad y capacidad de carga.

Un factor de seguridad de 2.6469 indica que el piso del remolque puede soportar cargas aproximadamente 2.65 veces mayores que las cargas máximas esperadas durante el funcionamiento normal sin llegar a su límite de resistencia. Esta resistencia adicional garantiza que el piso sea capaz de soportar las diversas cargas que puede enfrentar.

A: Static Structural  
Safety Factor PISO  
Type: Safety Factor  
Time: 1  
22/7/2023 9:58

15 Max  
10  
2,6469 Min  
0



**Ilustración 3-20:** Piso de plancha antideslizante espesor 3mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

### 3.3.5.7. Factor de seguridad por fatiga

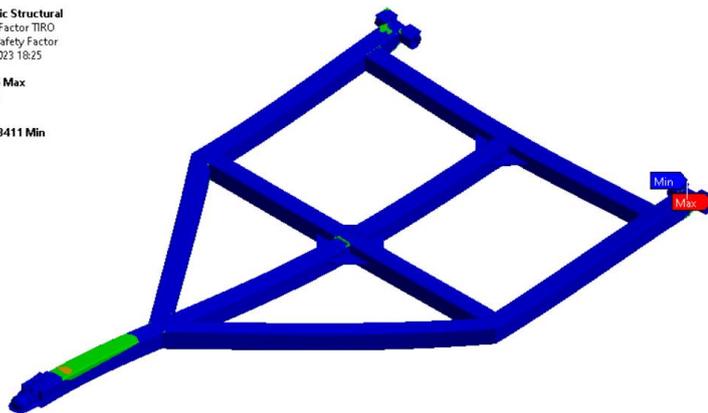
- Tiro

El factor de seguridad de 1.3411 como se observó en la ilustración 28-3 indica que, en comparación con los casos en los que el factor de seguridad está más cerca de la unidad, el componente dura más tiempo. Al tener más resistencia, el componente puede resistir mejor las cargas cíclicas y durar más antes de alcanzar el límite de fatiga.

De igual manera este resultado indica que se reduce la probabilidad de que el componente falle debido a cargas cíclicas o fatiga. Un mayor margen de seguridad significa que el componente es menos susceptible a sufrir daño por fatiga, lo que aumenta la confiabilidad del sistema.

A: Static Structural  
Safety Factor TIRO  
Type: Safety Factor  
26/7/2023 18:25

15 Max  
10  
5  
1,3411 Min  
0

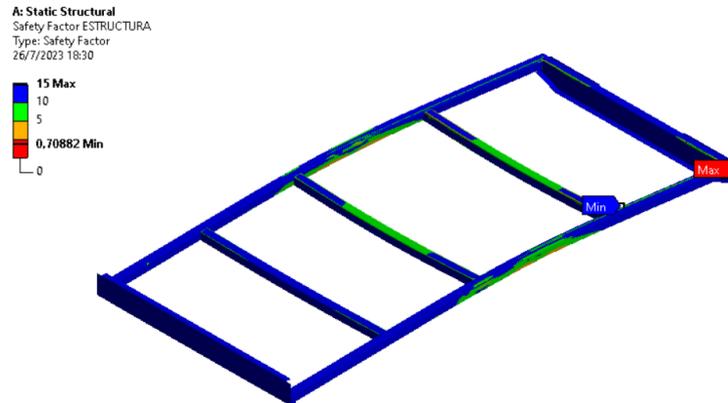


**Ilustración 3-21:** Factor de seguridad en fatiga del tiro

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Estructura del remolque

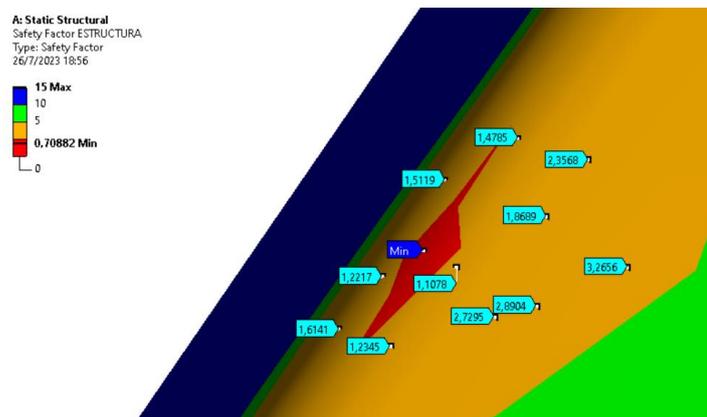
En este caso se observó que la estructura no cumple con el factor de seguridad aceptable y de acuerdo con esto se asumiría que la estructura no será capaz de soportar las cargas, debido a esto se observó en la zona de influencia, en la ilustración 26, una singularidad.



**Ilustración 3-22:** Factor de seguridad en fatiga de Estructura

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

En la ilustración 30-3 se observó claramente que es una singularidad por concentración de fuerzas en un nodo debido a que en el contorno el factor de seguridad es bueno y esto se debe a un posible error en el proceso de diseño CAD, esta singularidad no afectaría en el funcionamiento de la estructura.

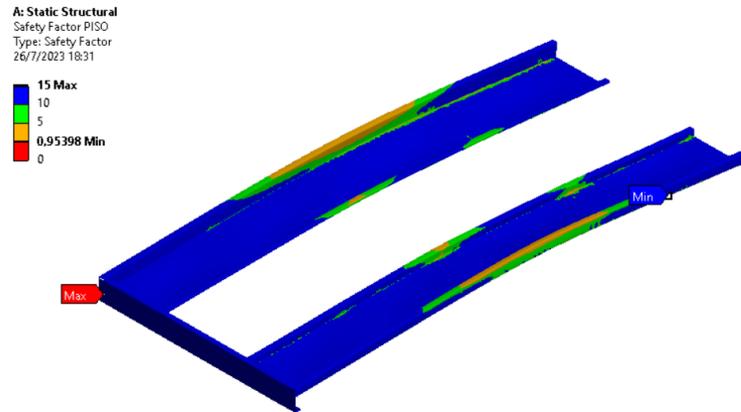


**Ilustración 3-23:** Zona de afectación de la singularidad en la estructura

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Piso

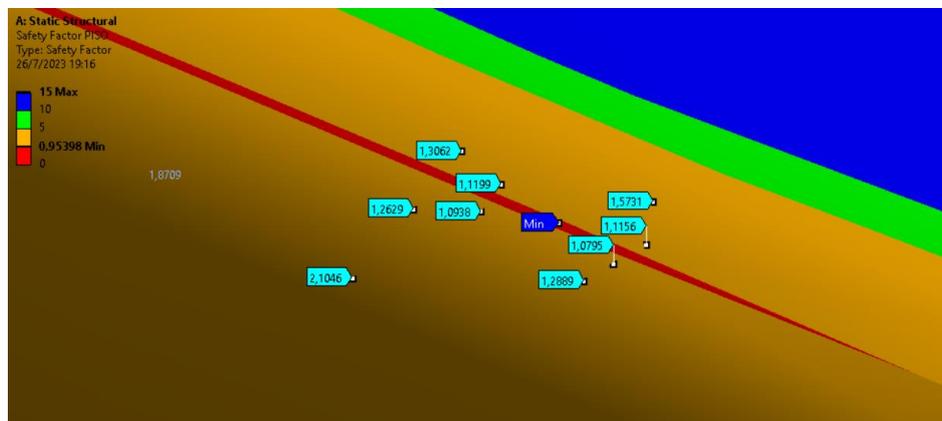
En el análisis de fatiga del piso se observó un factor de seguridad de 0,9539 como indica la ilustración 31-3, lo que indicaría que no cumple el valor admisible de seguridad de 1.



**Ilustración 3-24:** Factor de seguridad en fatiga del piso

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

En el piso se presenta una singularidad en el mismo lugar que la estructura por tal motivo se observó en detalle la zona de influencia como se indica en la ilustración 27-3.



**Ilustración 3-25:** Zona de influencia de la singularidad en el piso

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

En esta ilustración se observa que en realidad se trata de una singularidad ya que en el contorno de esta tenemos un factor de seguridad bueno y esta singularidad se debe a que existe la conexión entre la estructura y el piso por tal motivo esta singularidad no afectaría en el funcionamiento del piso.

### **3.3.6. Proceso de manufactura**

Ya obtenido el diseño final y también realizado las diferentes pruebas de simulación de cargas mediante software CAD y CAE, el siguiente proceso es la construcción del remolque. Para la construcción se ha iniciado con la cotización de materiales existentes en el mercado.

#### **3.3.6.1. Planos**

Ya establecido el diseño, se realiza los planos correspondientes para que la construcción sea realizada con mayor eficacia y facilidad. En los planos se ha considerado 3 vistas (superior, inferior, lateral y frontal) y de igual forma una vista isométrica para tener una perspectiva general del remolque, las cotas se han ubicado de la mejor manera para una buena visualización e interpretación. Para apreciación de los planos observamos el ANEXO D

#### **3.3.6.2. Tratamiento de materiales**

Realizado el análisis se ha definido los materiales que se van a utilizar, en este caso acero estructural A36 se ha considerado el mercado disponible para su adquisición. Ya obtenido los materiales, se ha iniciado con el tratamiento respectivo para darle forma a la estructura del remolque.

#### **3.3.6.3. Doblado de láminas**

En el diseño del remolque implican ciertas curvas, se tomó la decisión por realizar una sola pieza el piso del remolque, con esta decisión se disminuirá el riesgo de sufrir una deformación por fatiga a causa de los esfuerzos que será sometida, es decir, el riesgo de ruptura será mínimo ya que no presenta cortes, así también ayuda a la estética a pesar de ser los dobles de ángulo recto ocupando una dobladora industrial.



**Ilustración 3-26:** Doblado de lamina

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

#### 3.3.6.4. Corte de material

Ya realizado el proceso de doblaje de las respectivas partes se debe continuar con el proceso de corte. En este caso ha sido indispensable el uso de la amoladora con su respectivo disco de corte, así como también se realizó cortes con plasma, dependiendo de las condiciones.

Cabe mencionar que en este apartado se busca la perfección ya que todo esté ligado a un dimensionamiento y a un análisis de estudio que se los ha desarrollado mediante software CAD y CAE, lo que exige una alta precisión en la manufactura.

- Corte de los largueros

Para realizar el proceso de corte se ha iniciado por los largueros, debido a que estos son la parte fundamental de la estructura del remolque, sobre estas reposara todo el peso a transportar.



**Ilustración 3-27:** Cortado de largueros

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

- Corte de travesaños

Realizado el corte de los largueros, se continúa con los travesaños, estos van en la parte interior de la estructura, los cuales unirán un larguero con el otro, por lo tanto, el corte implementado se ha realizado de tal forma que se acoplen correctamente los terminales de los travesaños con los largueros, siguiendo los planos previamente realizados.

- Cortes para el triángulo de tiro

La parte delantera del remolque está constituida por el triángulo de tiro, el cual tienen ciertos ángulos en donde deben estar unidos los perfiles. En esta sección se va a localizar el acople de la bola de tiro, la rueda de apoyo, por lo tanto, el corte se ha realizado de tal forma que se acoplen los perfiles de una manera correcta.

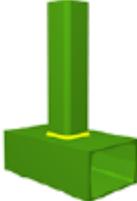
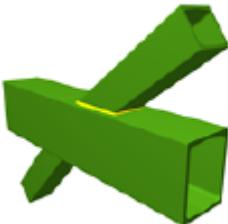
#### 3.3.6.5. Perfiles para la soldadura

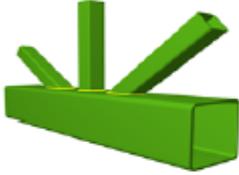
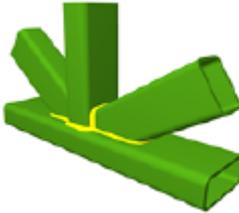
En general, las tuberías vienen en diferentes tipos de perfiles, como perfiles rectangulares, cuadrados, redondos, rectangulares y tipo G. En este caso se utiliza un perfil cuadrado de 75x3mm

y 75x4mm, ya que el corte es recto y menos complicado a diferencia de un perfil circular que requiere un corte especial llamado boca de pescado para unir al otro.

Hay distintos tipos de uniones en el cual pueden optar los perfiles, siendo estos en tipo K,X,T,N,Y,DT,KK,KT,TT,XX, existiendo un total de 45 tipologías y se encuentran en función de la barra de cordón que puede ser RHS, CHS e incluso perfiles abiertos tipo I, H o U. conociendo los requerimientos se da a conocer las diferentes uniones para un perfil rectangular o cuadrado (Velasco, 2016)

**Tabla 3-8:** Tipos de uniones o nodos en perfiles cuadrados o rectangulares

Descripción	Ilustración
Nudo en T	
Nudo en X	
Nudo en K con espaciamento	
Nudo en K con solapamiento	

Nudo KT con espaciamento	
Nudo KT con solapamiento	

Fuente: (Velasco, 2016).

### 3.3.6.6. Preparación de los tubos para el proceso de soldadura

Una vez realizado los procesos de doblado y corte de los diferentes perfiles, a continuación, se realiza la preparación de los tubos a soldar. En primer lugar, se limpia los perfiles para tratar de evitar que haya impurezas como pueden ser: grasas, polvo u otro tipo de impurezas los cuales pueden afectar al proceso de soldadura.



**Ilustración 3-28:** Preparación de tubos

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

### 3.3.6.7. Proceso de soldadura

Para este proceso se utiliza el tipo soldadura MIG, también conocida como GMAW (Gas Metal Arc Welding), es un proceso de soldadura que utiliza un electrodo de alambre solido de 1.0 mm en este caso, continúa alimentado a través de una pistola de soldar. La soldadura MIG utiliza un gas de protección, como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o una mezcla de CO<sub>2</sub> y argón, para proteger el metal fundido de la contaminación atmosférica.

- Especificaciones de la soldadura MIG

Para el trabajo de soldadura se ha utilizado la maquina Soldadora Powermig 200 AMP, la cual consta con las prestaciones necesaria para la realización de nuestro trabajo. Para un mejor entendimiento se ha establecido la siguiente tabla con los siguientes requerimientos:

**Tabla 3-9:** Tabla de especificaciones de máquina de soldadura

ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Voltaje	220 V
Amperaje máximo	200 AMP
Calibre de alambre (MIG)	0.8 - 1.0
Factor de trabajo	MMA= 180 / MIG = 200 / TIGLIFT = 200
Regulador para CO2	Si / 220V
Grapas de tierra	Si
Porta electrodos	600 AMP

**Fuente:** (Torres, y otros, 2020).



**Ilustración 3-29:** Soldadora Power Mig 200 AMP

**Fuente:** (Torres, y otros, 2020)

Una vez realizado los procesos de corte y doblado de las partes de la estructura del remolque se procede al a la soldadura, teniendo en cuenta el espesor y materiales ya que poseen características especiales. Se debe tener una óptima visualización y optar por una adecuada postura, consecuentemente se inicia con el procedimiento, teniendo en cuenta que el cordón realizado sea uniforme, de esta manera también podemos precautelar la estética de este. Es por ello por lo que se ha trabajado con un amperaje de 180 amperios y un voltaje de 20 voltios.



**Ilustración 3-30:** Proceso de soldadura

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

La inspección se realizó visualmente para asegurarse de que no haya defectos, como porosidades, grietas o falta de fusión.

#### *3.3.6.8. Proceso de pintura*

Una vez terminado los anteriores procesos, procedemos al último, el proceso de pintura en donde debemos tener en cuenta las instrucciones del fabricante de la pintura y utilizar equipos de protección personal adecuados durante todo el proceso de pintura. El proceso de pintura esta se dividido en varios pasos para garantizar un acabado duradero y de alta calidad. A continuación, se describe el proceso:

Preparación del remolque: el primer paso es limpiar a fondo el remolque para eliminar la suciedad, el óxido, la grasa y otros contaminantes. También revisar si hay daños en la superficie y hacer reparaciones necesarias. Lijado: La superficie se lija cuidadosamente para eliminar óxido, asperezas o suciedad. El lijado crea una superficie lisa y porosa que facilita la adherencia de la pintura nueva.

Imprimación (primer): Se aplica una capa de imprimación o primer después de haber lijado la superficie. La imprimación ayuda a mejorar la adhesión de la pintura y proporciona una base uniforme para la pintura final. También protege el metal de la corrosión.

Pintura: Aplicar la pintura después de que la imprimación se haya secado. Esto se realiza con una pistola de pintura. A menudo, se aplica varias capas de pintura para lograr un acabado suave y duradero.

Secado: Después de aplicar la pintura, el remolque debe colocarse en un lugar libre de impurezas para permitir que la pintura se cure y se seque por completo.

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Resultados de simulación software CAE

##### 4.1.1. Deformación total del remolque

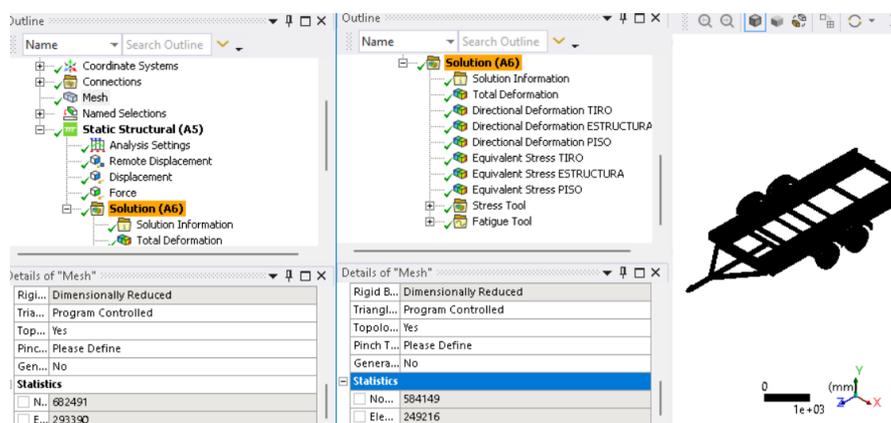
**Tabla 4-1:** Deformación total del remolque completo

ESPECIFICACIÓN	TUBO CUADRADO 75X3mm	TUBO CUADRADO 75X4mm
Deformación total	3.6633 mm	5.4201

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

La estructura con tubo cuadrado de 75 x 4 mm tiene una deformación mayor de 5,42 en comparación con la estructura con tubo cuadrado de 75 x 3 mm. con una deformación de 3,66. Esta diferencia en la deformación se puede atribuir a la diferencia en la calidad del mallado utilizado en la simulación. Según un artículo sobre la simulación de SolidWorks, la precisión de los resultados de la simulación depende en gran medida de qué tan bien se configure inicialmente un problema de simulación a través de la definición del usuario de las condiciones de contorno, las restricciones, los grados de libertad, las propiedades de los materiales y las cargas. Por lo tanto, si la calidad del mallado fuera igual, la estructura con tubo cuadrado de 75 x 4 mm debería tener una deformación menor que la estructura con tubo cuadrado de 75 x 3 mm.

Este fenómeno de la calidad del mallado se puede evidenciar en la ilustración 29-4, en el apartado de statistics.



**Ilustración 4-1:** Evidencia de la diferencia en la calidad del mallado

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

#### 4.1.2. Análisis de resultados de esfuerzo y deformación de cada elemento

**Tabla 4-2:** Valores de esfuerzo y deformación de los componentes del remolque

	ESFUERZO	UNIDADES	DEFORMACIÓN	UNIDADES
<b>TIRO</b>	94,256	Mpa	0,0027	Mm
<b>ESTRUCTURA 3mm</b>	320,97	Mpa	0,1244	Mm
<b>ESTRUCTURA 4mm</b>	178,33	Mpa	0,0502	mm
<b>PISO</b>	132,5	Mpa	0,021	mm

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

##### 4.1.2.1. Esfuerzo

- Tiro del remolque: El valor máximo de esfuerzo en el tiro del remolque es de 94,256 MPa. Este es un valor importante para considerar, ya que indica la resistencia del tiro a la tensión. Si este valor se acerca o supera el límite de resistencia del material utilizado, podría haber riesgo de falla en el tiro del remolque. En este caso el límite de resistencia del material es de 460 MPa con esto sabemos que el material no fallara.
- Estructura del remolque de tubo cuadrado de 75x3mm: El valor máximo de esfuerzo en la estructura del remolque es de 320,97 MPa. Este valor indica la resistencia de la estructura del remolque a la carga aplicada. Si este valor se acerca o supera el límite de resistencia del material utilizado, podría haber riesgo de deformación excesiva o falla en la estructura. Como el límite de resistencia del material es de 460 MPa esta estructura no fallara.
- Estructura del tubo cuadrado de 75x4mm: El valor máximo de esfuerzo en la estructura del tubo cuadrado de 75x4mm es de 178,33 MPa. Al igual que en el caso anterior, este valor indica la resistencia de la estructura a la carga aplicada. Si se acerca o supera el límite de resistencia del material, podría haber riesgo de deformación excesiva o falla en la estructura. El límite de resistencia del material es de 460MPa por lo tanto esta estructura no fallara, sin embargo, esta estructura presenta un menor esfuerzo por ende mayor seguridad que la estructura de tubo cuadrado de 75x3mm.
- Piso del remolque: El valor máximo de esfuerzo en el piso del remolque es de 132,5 MPa. Este valor indica la resistencia del piso a la carga aplicada. Considerando que el límite de resistencia del acero A36 es de 460 MPa se determina que el piso no tendrá deformación excesiva ni tampoco fallará.

#### 4.1.2.2. Deformación

- Tiro del remolque: El valor máximo de deformación en el tiro del remolque es de 0,0027 mm. Este valor indica la cantidad de deformación que experimenta el tiro del remolque bajo la carga aplicada. Si bien este valor es pequeño, es importante tener en cuenta que la deformación acumulativa puede afectar la resistencia y la durabilidad del tiro del remolque. Se recomienda revisar el diseño y los materiales utilizados en esta área para garantizar la resistencia adecuada y evitar problemas de seguridad.
- Estructura del remolque de tubo cuadrado de 75x3 mm: El valor máximo de deformación en la estructura del remolque es de 0,1244 mm. Este valor indica la cantidad de deformación que experimenta la estructura del remolque bajo la carga aplicada. Si bien este valor es mayor que el del tiro del remolque, sigue siendo relativamente pequeño
- Estructura del tubo cuadrado de 75x4mm: El valor máximo de deformación en la estructura del tubo cuadrado de 75x4mm es de 0.0502mm. Al igual que en el caso anterior, este valor indica la cantidad de deformación que experimenta la estructura bajo la carga aplicada. Aquí se observa que esta estructura es mejor y brinda mayor seguridad que la anterior por esto se empleara esta estructura en la construcción.
- Piso del remolque: El valor máximo de deformación en el piso del remolque es de 0,021 mm. Este valor indica la cantidad de deformación que experimenta el piso del remolque bajo la carga aplicada. Si bien este valor es relativamente pequeño, esto nos indica que no tendremos problemas de seguridad.

#### 4.1.3. Factor de seguridad estático y por fatiga

**Tabla 4-3:** Factores de seguridad de los elementos diseñados del remolque

ESPECIFICACIÓN	TIRO	ESTRUCTURA		PISO
		3mm	4mm	
Factor de seguridad estático	3.01	0.778	1.40	2.64
Factor de seguridad por fatiga	1.34	0.30	0.70	0.95

Realizado por: Nejer H., Paillacho D., 2023.

#### *4.1.3.1. Factor de seguridad estático*

La interpretación de estos resultados indica que el factor de seguridad estático es más bajo en la estructura de 3 mm de espesor (0,778) en comparación con la estructura de 4 mm de espesor (1,40). Esto significa que la estructura de 3 mm de espesor está más cerca de alcanzar su límite de resistencia, lo que implica un mayor riesgo de falla o deformación excesiva en comparación con la estructura de 4 mm de espesor, con esto se evidencia una vez más que la diferencia en las deformaciones que se observó se debe a la calidad del mallado.

La utilización de un espesor de 4 mm solo en la estructura del remolque se justifica debido a que proporciona un mayor factor de seguridad estático. Un factor de seguridad más alto indica una mayor capacidad de carga y resistencia estructural. Esto es especialmente importante en el diseño del remolque, ya que están sujetos a cargas y tensiones significativas durante su uso.

#### *4.1.3.2. Factor de seguridad por fatiga*

Es importante mencionar que los factores de seguridad en la estructura de 4mm y en el piso son bajos debido a la singularidad que se demostró en la simulación, que es de tipo por concentración de fuerzas en un nodo, y esta singularidad no afecta en la vida real. La interpretación de estos resultados indica que el factor de seguridad por fatiga es más bajo en la estructura de 3 mm de espesor (0,30) en comparación con la estructura de 4 mm de espesor (0,70) y el piso (0,95). Esto significa que la estructura de 3 mm de espesor tiene una menor capacidad de resistencia a la fatiga, lo que implica un mayor riesgo de falla o deformación excesiva en comparación con la estructura de 4 mm de espesor y el piso.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que los factores de seguridad por fatiga también dependen de otros factores, como la calidad de los materiales utilizados, el diseño estructural y las condiciones de carga aplicada. Además, la singularidad observada en la simulación puede afectar los resultados y no reflejar la realidad.

## **4.2. Resultados del proceso de manufactura**

El resultado clave del proceso de fabricación exitoso es la precisión dimensional de la estructura metálica. Con esto podemos deducir que las piezas fabricadas se han ajustado con precisión a las especificaciones del diseño, asegurando que todas las conexiones y ensamblajes se realicen correctamente.

La estructura metálica del remolque tiene la resistencia y la durabilidad adecuadas para soportar las cargas y condiciones ambientales para las que ha sido diseñada. Los materiales y la calidad de la soldadura o unión juegan un papel crucial en la resistencia de la estructura.

Un resultado deseado es un acabado de superficie uniforme y de alta calidad que proteja el metal contra la corrosión y mejore la apariencia estética de la estructura. Así también vale mencionar que cumple con todas las normas, regulaciones y códigos aplicables para garantizar la seguridad y la conformidad legal de la estructura.

### **4.3. Resultados de funcionalidad**

La funcionalidad de un remolque se refiere a cómo opera y responde en diversas situaciones cuando está conectado a un vehículo remolcador. Aquí hay algunos resultados clave que influyen en la funcionalidad de un remolque:

La capacidad de carga es uno de los aspectos más importantes de la funcionalidad del remolque. Se refiere al peso máximo que el remolque puede transportar de manera segura sin comprometer su integridad estructural o la capacidad del vehículo remolcador. El remolque ha sido diseñado para soportar 2 toneladas lo cual a cumplido sin comprometer ningún componente del remolque.

La estabilidad es esencial para una funcionalidad segura. El diseño del remolque y la forma en que se distribuyó han sido correcta para su estabilidad. Un remolque inestable puede oscilar, balancearse o incluso volcarse, lo que representa un peligro tanto para el vehículo remolcador como para otros en la carretera.

Cargar un remolque de manera adecuada es crucial para su funcionalidad. La distribución del peso ha sido correcta, por lo tanto, no afecto la tracción y el manejo del vehículo remolcador, así como la estabilidad del remolque. Se debe tener cuidado para evitar un peso excesivo en la parte trasera del remolque, ya que esto puede elevar el frente del vehículo remolcador, disminuyendo la tracción en las ruedas delanteras.

La forma en que el remolque está conectado al vehículo remolcador es fundamental para su funcionalidad. El enganche es seguro y adecuado, con lo cual podemos mantener el control del remolque y garantizar que siga las maniobras del vehículo remolcador.

La funcionalidad del remolque también se refleja en su capacidad para maniobrar de manera segura y efectiva. La longitud y el diseño del remolque no afectan la capacidad para girar en espacios estrechos, estacionar y realizar maniobras en reversa.

El remolque a altas velocidades mantiene una buena funcionalidad, esto es esencial para mantener la seguridad en carreteras y autopistas. Un remolque bien diseñado y correctamente cargado debería ser capaz de mantener la estabilidad a velocidades legales y seguras.

La suspensión y la amortiguación del remolque desempeñan un papel importante en su funcionalidad. El sistema de suspensión ayuda a absorber golpes y vibraciones, mejorando la comodidad de conducción y evitando daños a la carga transportada.



**Ilustración 4-2:** Prueba de carga

**Realizado por:** Nejer H., Paillacho D., 2023.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

El dimensionamiento del remolque para una capacidad de dos toneladas con software CAD requirió de un enfoque integral en el cual se consideró todos los factores relevantes para garantizar la seguridad y durabilidad del diseño, de este modo se dimensiono para que logre transportar vehículos de tipos automóvil y tipo SUV, lo cual para esto se seleccionó un perfil de tubo cuadrado de 75x4mm el mismo que garantizo soportar las dos toneladas sin problema.

La interpretación de los tipos de cargas que soportan la estructura del remolque mediante el uso del software CAE es un proceso fundamental para garantizar la seguridad y la resistencia del diseño. Al simular una carga distribuida en el piso de dos toneladas y soportes en las 4 ruedas y en el enganche, se logró obtener resultados que garantizan la capacidad de la estructura para resistir esta carga sin tener dificultades en el funcionamiento del remolque.

El proceso de fabricación del remolque es una tarea compleja y crítica que requiere planificación, precisión y cuidado. El éxito del proceso de fabricación depende en gran medida de una planificación detallada y minuciosa que incluya el diseño, la selección de materiales, la programación y la logística. Un diseño bien realizado es esencial para lograr una estructura metálica que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y funcionalidad. La mano de obra calificada y experimentada es esencial para realizar una fabricación precisa y segura. Hay que tener habilidades en corte, soldadura, ensamblaje y acabado para obtener los mejores resultados. Es crucial que la estructura metálica cumpla con todas las normas, regulaciones y códigos aplicables para asegurar la seguridad y la legalidad de este.

## **5.2. Recomendaciones**

Hacer énfasis en el manejo de una mayor variedad de perfiles y materiales disponibles en el mercado a nivel nacional e internacional, estableciendo más alternativas para la construcción.

En el proceso de montaje de los demás elementos del prototipo, considerar las dimensiones apropiadas que requieren, con el propósito de que exista un acople seguro y adecuado de los mismos.

Asegurarse de que la carga esté distribuida de manera uniforme en el remolque para mantener la estabilidad. Evita concentrar el peso en un solo punto o extremo del remolque.

No exceder la capacidad de carga máxima especificada para el remolque. Sobrecargar el remolque puede tener consecuencias graves para la funcionalidad y seguridad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ALVAREZ, Vladimir.** Informe sobre la eficiencia de los conjuntos tractivos de las cuñas SCANIA y dos remolques FACHINNI, los camiones chinos Weichai y camiones KAMAZ 53212 remotorizados. 2009.

**ANDINO, PAREDES, Santiago David** DSpace ESPOCH. [En línea] 30 de 11 de 2017. [Citado el: 16 de 05 de 2023.] <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/9953/1/65T00281.pdf>.

**ANDRADE, J & SANCHEZ, H.** Diseño de una plataforma cama-alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores, Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico. Quito : Facultad de Ingeniería Mecánica, 2016.

**ASHBY, Michael F.** *Materials selection in mechanical design.* Cambrindge : Butterworth-Heinemann, 2010. 0 7506 4357 9 .

**CASTILLO, ANTONIO, TENICOTA, Alex & NUELA, Stalin.** Comportamiento aerodinámico en la reducción del arrastre mediante la variación de accesorios en un tractocamión. *3C Tecnología\_Glosas de innovación aplicadas a la pyme.* 2020.

**CERVERA, M & DIAZ, E.** Mecánica de Estructuras. Libro 1: Resistencia de materiales. Barcelona : s.n., 2001. *Control activo en una suspensión neumática mejorada.*

**COSTA-GAMA, Cunha, MORALES, Diego & RESGALLA, JR.** Mechanical undulating towed vehicle for collection of oceanographic data. *Latin American Journal of Aquatic Research.* 5, 2016, Vol. 44.

**FMCSA.** *Manual del conductor comercial.* Washington, D.C : Administración Federal de Seguridad de Autotransportes, 2020.

**GONZALES HERRERA, E.** Análisis estructural de un sistema de enganche de remolque automotriz mediante el método de elemento finito. Nueva Leon : s.n., 2018.

**HARREL, C & TUMAY, K.** *Simulation Made Easy. A Manager's Guide.* Norcross : GA: Industrial Engineering and Management Press, 2008.

**HARRINGTON, H, TUMAY & K.** Simulation modeling models. New York : McGraw Hill, 2010.

**INEN.** Servicio ecuatoriano de normalización. [En línea] 09 de 2016. [Citado el: 19 de 04 de 2023.] <https://inencloud.normalizacion.gob.ec/index.php/s/kmbTJ6pNAxCKHye>.

**LUCITANTE, Jaime Roberto.** DSpace en ESPOL. *Diseño y construcción de un remolque de doble eje con articulación delantera.* [En línea] 2010. [Citado el: 17 de 05 de 2023.] <file:///C:/Users/User/Downloads/ProyectoCardona.pdf>.

**MEJIA AVILA, Heidy & GALOFRE VASQUEZ, Marjorie.** Aplicación de software de simulación como herramientas de rediseño de plantas de producción en empresas del sector de alimentos. *PROSPECTIVA*. 2008, Vol. 6, 2.

**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PUBLICAS.** Acuerdo Ministerial n 018. [En línea] 2016. [Citado el: 05 de 05 de 2023.] [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/LOTAIP\\_1\\_ACUERDO-MINISTERIAL-018-2016.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/LOTAIP_1_ACUERDO-MINISTERIAL-018-2016.pdf).

**PAILLACHO, Pablo Xavier & PAZMIÑO, Santiago Enrique.** Repositorio Digital - EPN. [En línea] 07 de 2009. [Citado el: 16 de 05 de 2023.] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1610/1/CD-2313.pdf>.

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA.** Diccionario Panhispánico del español jurídico. [En línea] PANISHPANICO, 2023. [Citado el: 16 de ABRIL de 2023.] <https://dpej.rae.es/lema/remolque>.

**RECALDE, Felipe Javier & MORAN, Edwin Mauricio.** Repositorio digital UTN. *Diseño y construcción de un remolque de mantenimiento para el club de automovilista UTN Racing Team.* [En línea] 2022. [Citado el: 17 de 05 de 2023.] <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11997/2/04%20MAUT%20169%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.

**RODRIGUEZ, Alexander.** Diseño de un semi-remolque de dos niveles para la transportación de pallets. *Trabajo de grado ingeniero mecanico.* 2010.

**TAJUELO, Hector Madueño.** Diseño y análisis de un remolque para tres motocicletas. [En línea] 07 de 2012. [Citado el: 16 de 04 de 2023.] <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/15760>.

**TERAN, Jorge Luis & CHAMORRO, Mauricio.** Repositorio Digital - EPN. [En línea] 02 de 2009. [Citado el: 16 de 05 de 2023.] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1170/1/CD-2022.pdf>.

**TORRES, Isis, et. al.** Applied data mining in ttrp with fuzzy demands and capacities. *Investigación Operacional*. 1, 2020, Vol. 38.

**UNITRAILER.** Grúa de aluminio de dos ejes uniplat 500 alu mma 3500 kg. *Unitrailer Sp. z o.o.* [En línea] [Citado el: 12 de 05 de 2023.] <https://unitrailer.es/product-spa-4856-GRUA-DE-ALUMINIO-DE-DOS-EJES-UNIPLAT-500-ALU-MMA-3500-KG.html>.

**VELASCO, Emilio, SÁNCHEZ, Miguel & PERAL, Ramón.** XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica: Libro de Artículos. Elche : Universidad Miguel Hernández, 2016.

**VERA, C, APARICIO, F & DIAZ, V.** Teoria de los vehiculos automoviles. *ETS Ingenieros Industriales*. 2016.

# ANEXOS

## ANEXO A: DISEÑO FINAL DEL REMOLQUE



N°. Lámina: 1 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FM-CLA-DAC-01-2023		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: hector.nejer@esPOCH.edu.ec				Teléfonos: 0962696149		Denominación: <b>Hoja 1</b>					
Datos	Nombre	Firma	Fecha								
Proyectó	Nejer H.		10/8/2023								
Dibujó	Pailacho D.		11/8/2023								
Revisó											
Aprobó				Materiales:		Nombre de archivo: Diseño final		ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.P. CALIDAD DE SERVICIO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENSADA POR LA LEY			

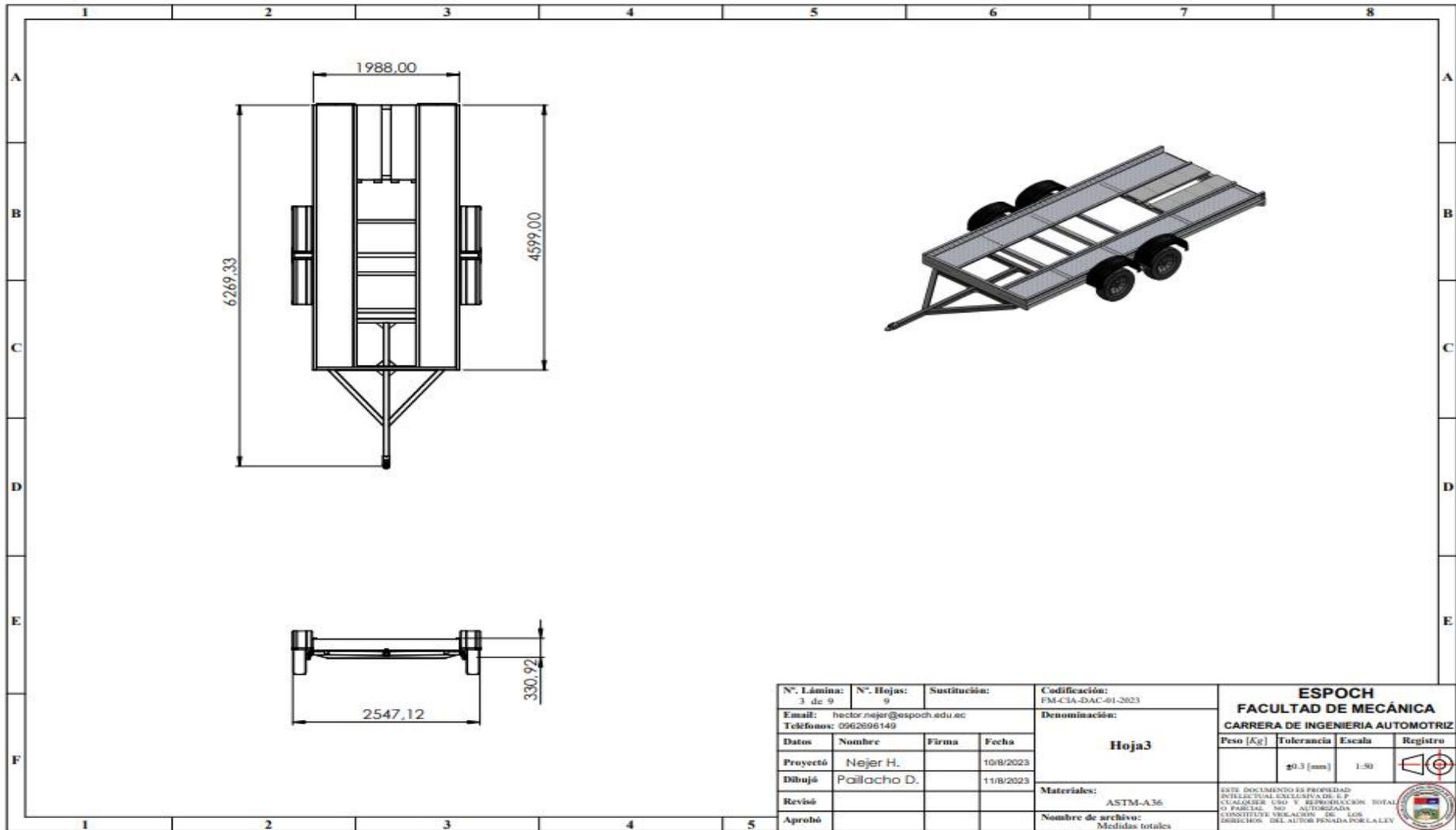
## ANEXO B: COMPONENTES DEL REMOLQUE

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Estructura	Tubo cuadrado de 75x4mm	1
2	Piso	Plancha antideslizante de 3mm de espesor	1
3	Tiro	Tubo cuadrado de 75x3mm	1
4	Enganche	Hitch-Ball Coupler	1
5	Eje torsion	1300kg	2
6	Llanta	215/75 R14	4
7	Salpicadero	Plastico	4
8	Rampa	Tubo cuadrado de 30x3 y plancha antideslizante de 3mm de espesor	2

N.º. Lámina: 2 de 9	N.º. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FM-CLA-DIAC-01-2023	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>				
Email: hector.nejer@esPOCH.edu.ec			Denominación:					
Teléfonos: 0962696149			<b>Hoja 2</b>		Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Datos	Nombre	Firma			Fecha		±0.3 [mm]	1:35
Proyectó	Nejer H.		10/9/2023	<b>Materiales:</b> ASTM A-36				
Dibujó	Paillocho D.		11/8/2023					
Revisó								
Aprobó				<b>Nombre de archivo:</b> Componentes del remolque				

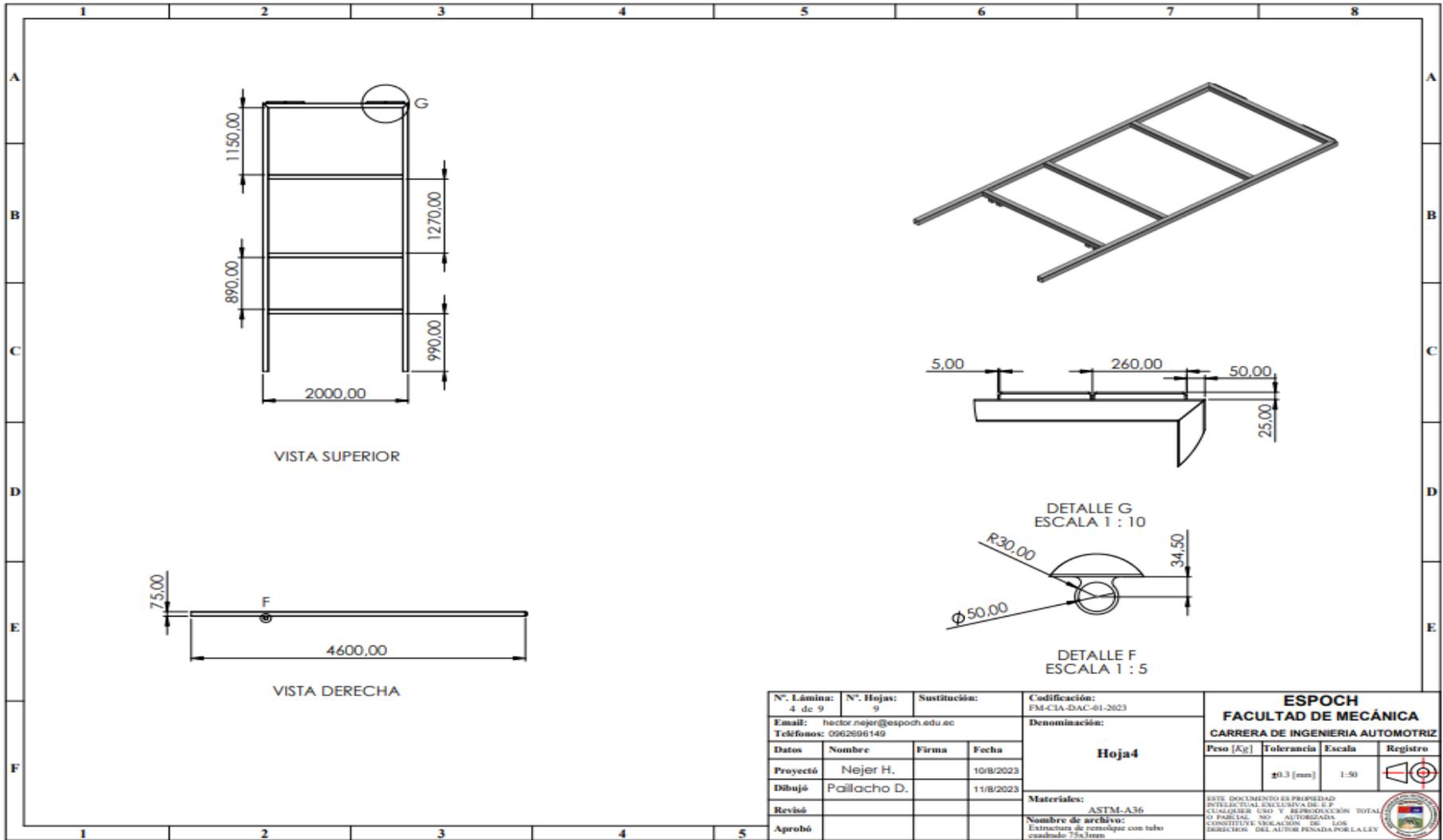
ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.P. CUALQUIERA USO Y REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA, CONSTITUYE VIOLACION DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY

# ANEXO C: MEDIDAS TOTALES



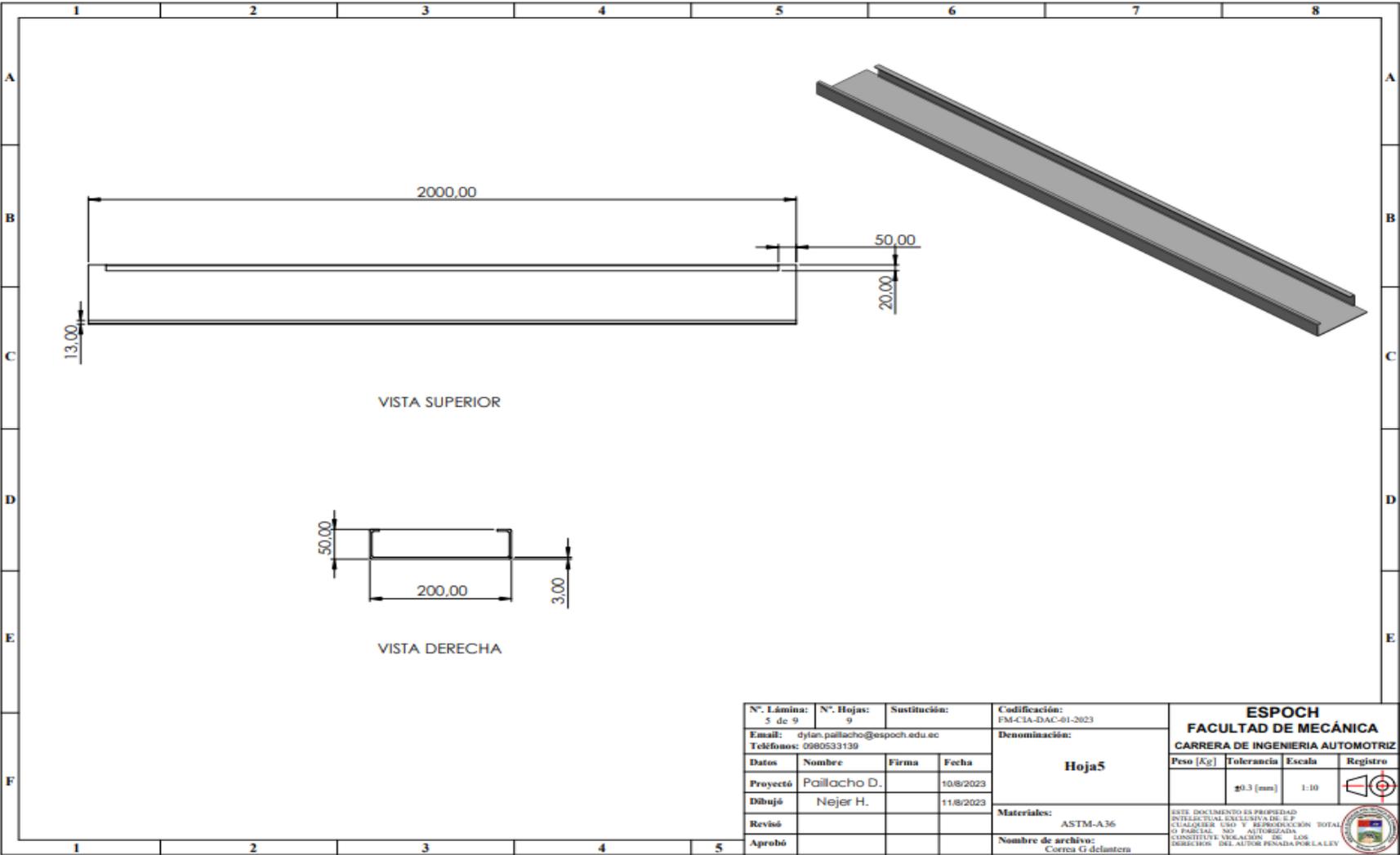
N° Lámina: 3 de 9	N° Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-DAC-01-2023	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: hector.nejer@espoeh.edu.ec Teléfonos: 0962896149			Denominación:  <b>Hoja3</b>				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Materiales: ASTM-A36	±0.3 [mm]	1:50	
Proyectó	Nejer H.		10/8/2023				
Dibujó	Pailacho D.		11/8/2023				
Revisó							
Aprobó				Nombre de archivo: Medidas totales	<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE LA UNIV. DE E. P. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA, CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY</small>		

**ANEXO D: ESTRUCTURA DEL REMOLQUE CON TUBO CUADRADO DE 75X3MM**



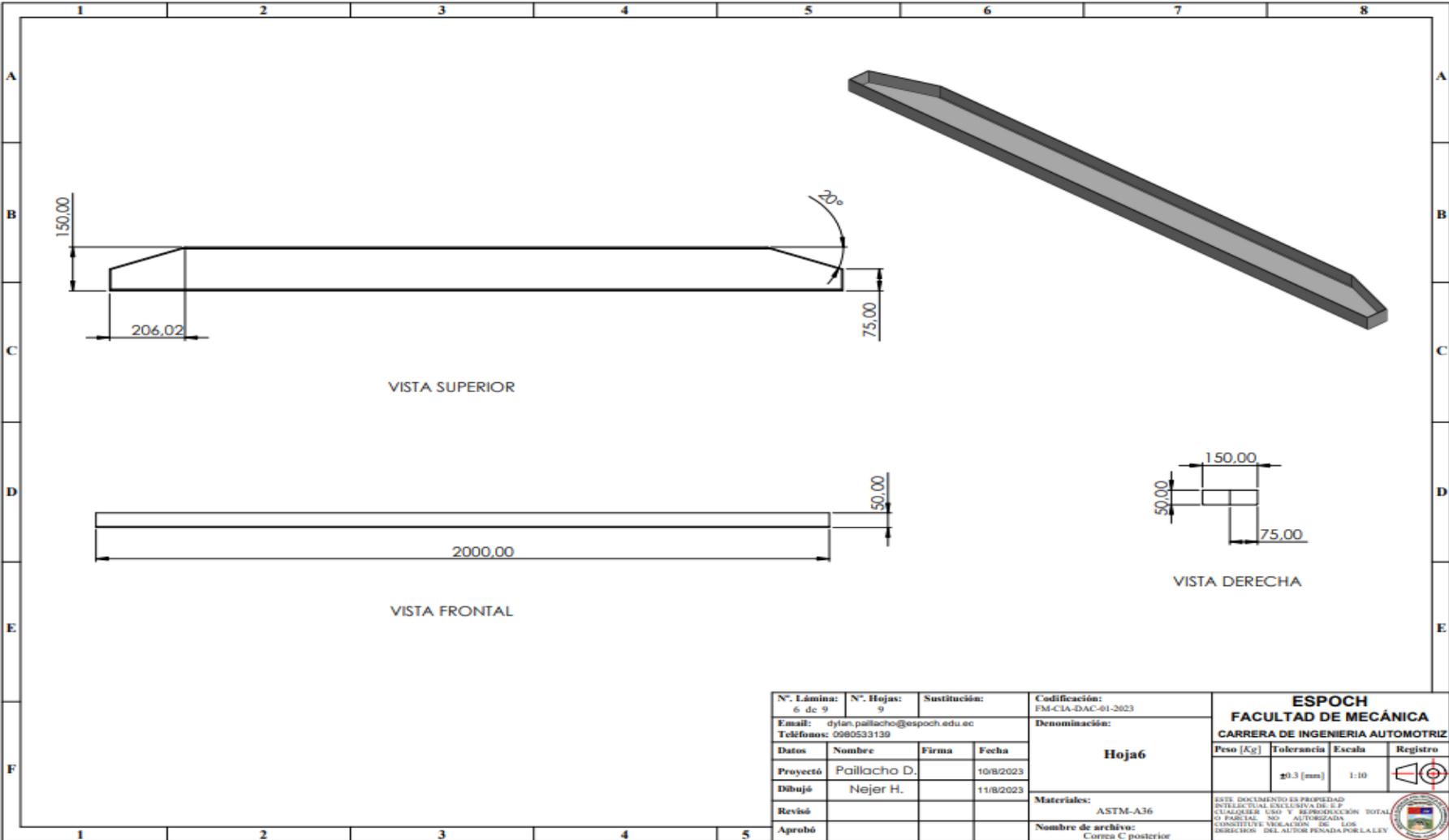
N°. Lámina: 4 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-DAC-01-2023	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>				
Email: hector.nejer@espoeh.edu.ec Teléfonos: 0962696149			Denominación:  <b>Hoja4</b>				Peso [Kg]	Tolerancia
Datos	Nombre	Firma	Fecha	<b>Materiales:</b> ASTM-A36 Nombre de archivo: Estructura de remolque con tubo cuadrado 75x3mm				ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE L.F. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL, NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY
Proyectó	Nejer H.		10/8/2023					
Dibujó	Pailacho D.		11/8/2023					
Revisó								
Aprobó								

**ANEXO E: CORREA G DELANTERA**



N°. Lámina: 5 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FM-CIA-DAC-01-2023	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: dylan.pailacho@espoch.edu.ec	Teléfonos: 0980533139		Denominación:  <b>Hoja5</b>				
Proyectó Pailacho D.	Firma	Fecha 10/8/2023	Materiales: ASTM-A36		±0.3 [mm]	1:10	
Dibujó Nejer H.	Fecha 11/8/2023	Revisó					
Aprobó							<small>ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.P. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSULTE VERBALEMEN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.</small>

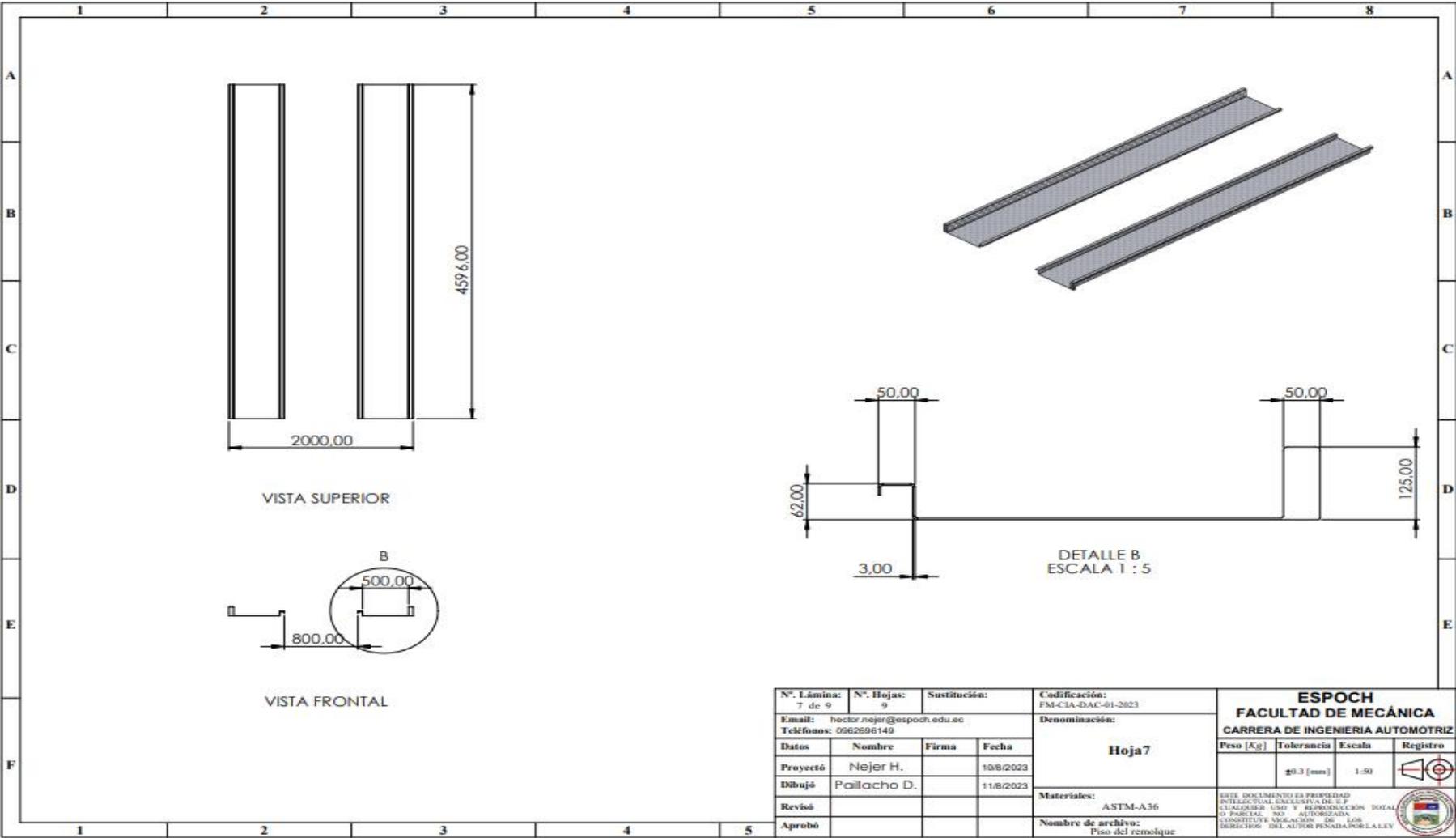
**ANEXO F: CORREA C POSTERIOR**



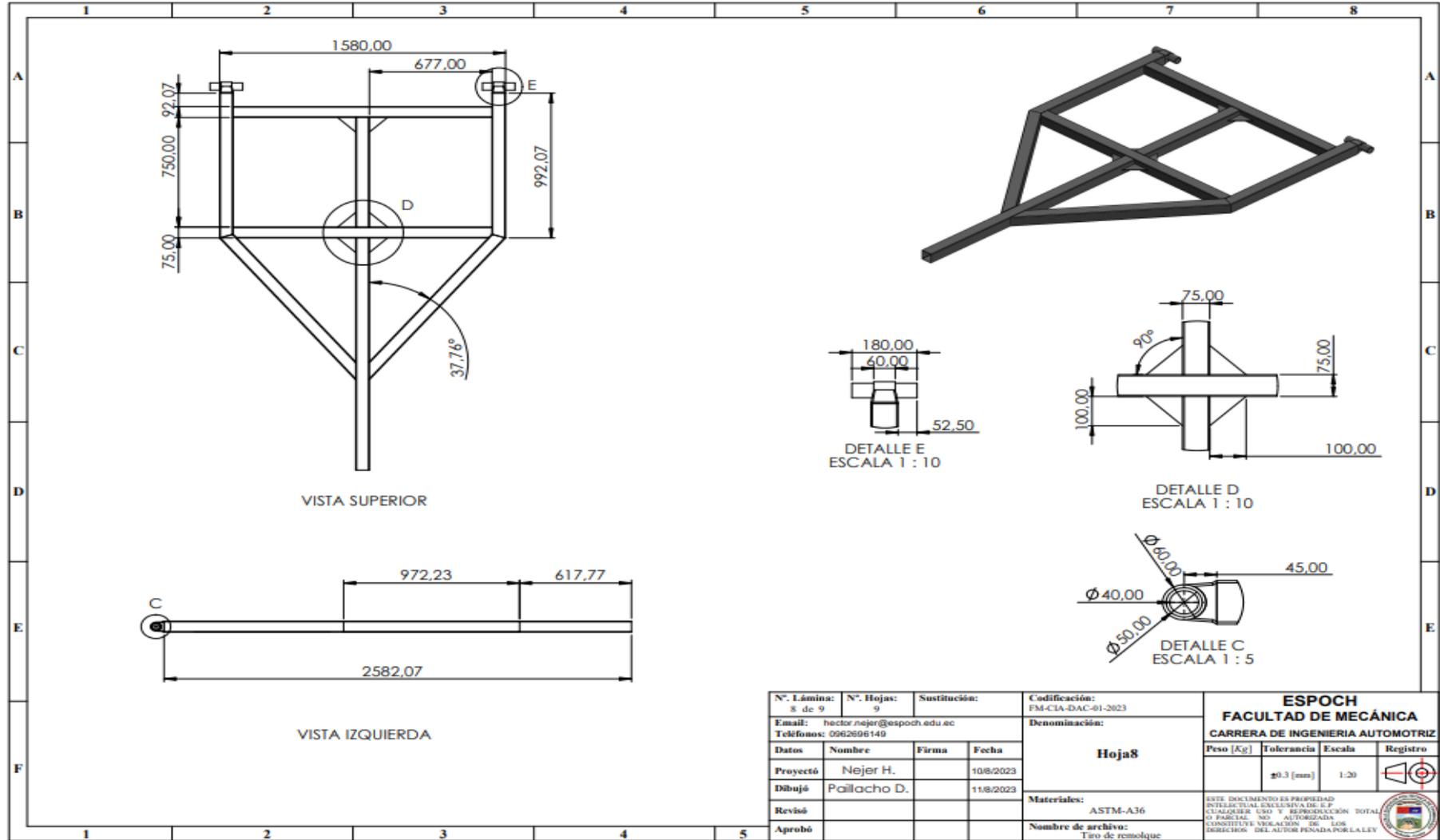
N°. Lámina: 6 de 9		N°. Hojas: 9		Sustitución:		Codificación: FM-CLA-DAC-01-2023		<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: dylan.paillacho@esPOCH.edu.ec				Denominación: <b>Hoja 6</b>							
Teléfonos: 0980533139								Peso [Kg]		Registro	
Datos	Nombre	Firma	Fecha					Tolerancia		Escala	
Proyectó	Paillacho D.		10/8/2023					±0.3 [mm]		1:10	
Dibujó	Nejer H.		11/8/2023								
Revisó											
Aprobó											
						Materiales: ASTM-A36					
						Nombre de archivo: Correa C posterior					

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL EXCLUSIVA DE E.S.P. CUALQUIER USO O REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR FUNDADA POR LA LEY

**ANEXO G: PISO DEL REMOLQUE**

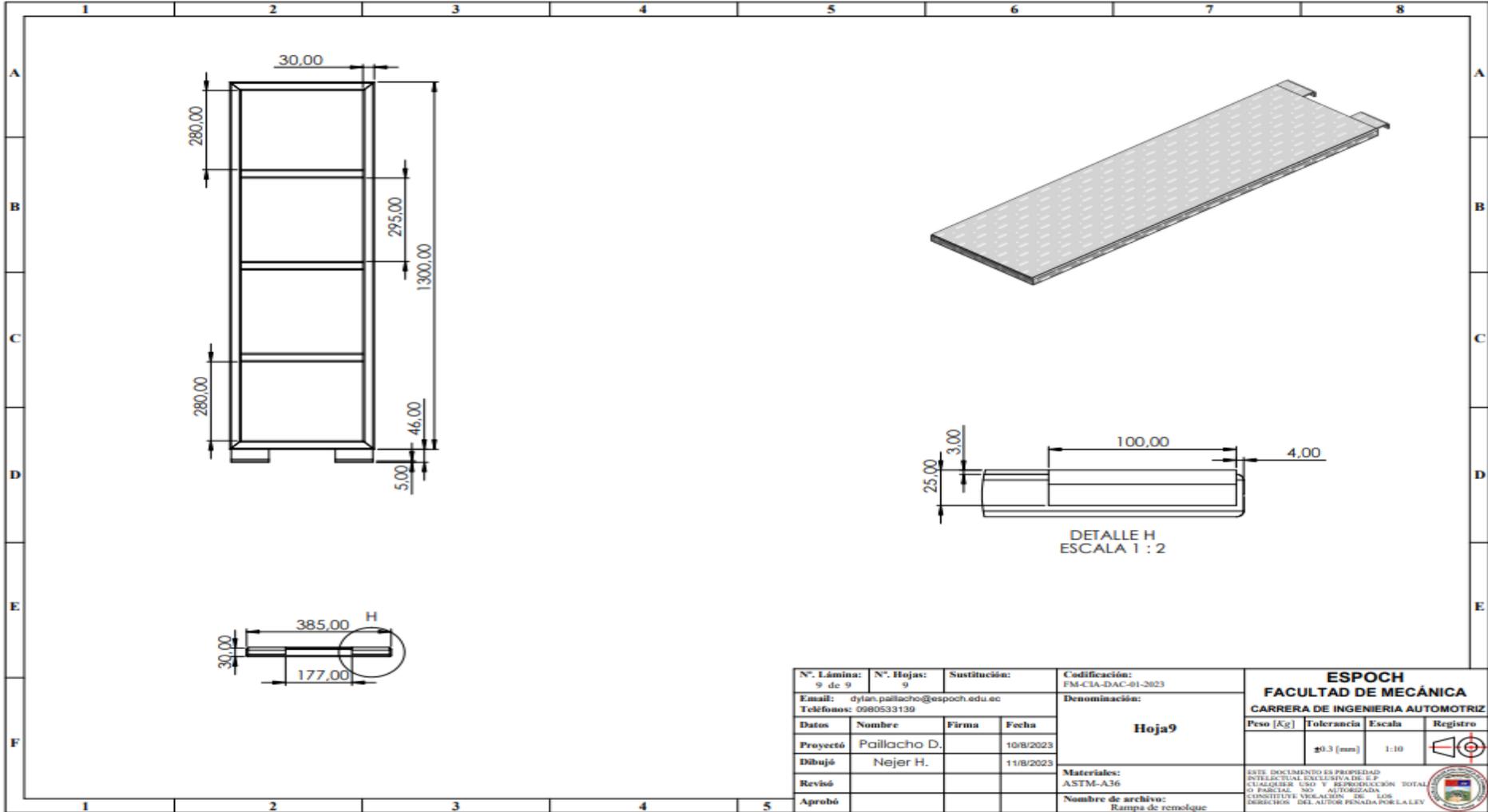


ANEXO H: TIRO DEL REMOLQUE



N°. Lámina: 8 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FM-CLA-DAC-01-2023	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: hector.nejer@esPOCH.edu.ec		Denominación:					Peso [Kg]
Teléfonos: 0962696149		Hoja8			±0.3 [mm]	1:20	
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Este documento es propiedad intelectual exclusiva de E.P. cualquier uso y reproducción total o parcial, sin autorización, constituye violación de los derechos del autor penada por la ley.			
Proyectó	Nejer H.		10/8/2023				
Dibujó	Paillacho D.		11/8/2023				
Revisó							
Aprobó							
Materiales:			ASTM-A36				
Nombre de archivo:			Tiro de remolque				

ANEXO I: RAMPA DEL REMOLQUE



N°. Lámina: 9 de 9	N°. Hojas: 9	Sustitución:	Codificación: FM-CLA-DAC-01-2023	<b>ESPOCH</b> <b>FACULTAD DE MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ</b>			
Email: dylan.pailacho@esPOCH.edu.ec			Denominación:				
Teléfonos: 0980533139			<b>Hoja9</b>				
Datos	Nombre	Firma	Fecha	Peso [Kg]	Tolerancia	Escala	Registro
Proyectó	Pailacho D.		10/8/2023		±0.3 [mm]	1:10	
Dibujó	Nejer H.		11/8/2023	ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD INTELECTUAL EXCLUSIVA DE E.P. CUALQUIER USO Y REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL NO AUTORIZADA. CONSTITUYE VIOLACIÓN DE LOS DERECHOS DEL AUTOR PENADA POR LA LEY.			
Revisó							
Aprobó							
			Materiales: ASTM-A36				
			Nombre de archivo: Rampa de remolque				

## **ANEXO J: MANUAL DE OPERACIÓN DEL REMOLQUE**

### **MANUAL DE OPERACIÓN DEL REMOLQUE**

#### **Revisión previa**

##### **1. Inspección Previa**

- Verificar visualmente la estructura del remolque en busca de grietas, daños o partes sueltas.
- Asegurar de que las luces estén en buen estado y funcionen correctamente.
- Hay que confirmar que las ruedas en condiciones óptimas y presión de aire a 30 PSI sin carga y a 38 PSI con carga

##### **2. Conexión al Vehículo Remolcador**

- Asegurarse de que la conexión eléctrica esté adecuadamente conectada al vehículo remolcador para el funcionamiento de las luces.
- Enganchar el remolque al vehículo remolcador teniendo en cuenta los seguros que se presentan en el soporte de conexión

#### **Carga y Descarga del Vehículo**

##### **1. Carga del Vehículo**

- Asegurarse de que la carga del vehículo no exceda la capacidad máxima de 2 toneladas.
- Conducir el vehículo con cuidado sobre el remolque, asegurándote de que esté correctamente alineado y asegurado con los amarres correspondientes.

##### **2. Descarga del Vehículo**

- Para la descarga, desengancha los amarres con precaución y con el vehículo remolcador en una posición segura.
- Descender el vehículo del remolque con cuidado, utilizando una superficie plana si es posible.

#### **Conducción y Seguridad**

##### **1. Conducción**

- Conduce a una velocidad adecuada y acorde a las regulaciones viales. ( Urbana: 40 Km/h; Perimetral 70 Km/h; Curvas en 40 Km/h)
- Mantén una distancia segura con otros vehículos y toma en cuenta la longitud adicional del remolque al realizar giros y maniobras.

##### **2. Seguridad**

- Realizar paradas periódicas para verificar la sujeción de la carga y la condición general del remolque.
- Asegurarse de que las luces del remolque estén encendidas durante la conducción para una visibilidad óptima.

#### **Estacionamiento y Almacenamiento**

## **1. Estacionamiento**

- Cuando estaciones el remolque, asegúrate de que esté en una superficie nivelada y estable.
- Utiliza la rueda de apoyo para estabilizar el remolque al desengancharte del vehículo remolcador.

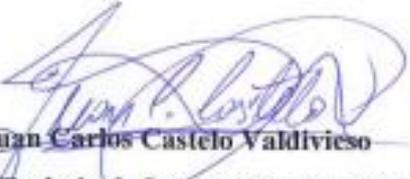
## **2. Almacenamiento**

- Si el remolque no se usará durante un tiempo prolongado, guárdalo en un lugar seco y seguro y sin carga para evitar problemas en la estructura y presión en las llantas.
- Realiza inspecciones periódicas, incluso durante el almacenamiento, para garantizar su buen estado.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 30/01/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Nejer Valencia Héctor Wilson Paillacho Roman Dylan Slader
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería Automotriz
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Automotriz
 <b>Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla</b> <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>
 <b>Ing. Juan Carlos Castelo Valdivieso</b> <b>Asesor del Trabajo de Integración Curricular</b>