



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE PARA EL TRANSPORTE DE LOS VEHÍCULOS

TIPO KART KF4 PARA EL GRUPO UPS RACING TEAM

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

AUTORES: KEVIN HERNÁN PALTA PICÓN

JOHN HENRY AUCAY MOROCHO

TUTOR: ING. JUAN PABLO SINCHI RIVAS, MSc.

Cuenca - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Kevin Hernán Palta Picón con documento de identificación N° 0107189060 y John Henry Aucay Morocho con documento de identificación N° 0107219297; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 22 de julio del 2024

Atentamente,



Kevin Hernán Palta Picón

0107189060



John Henry Aucay Morocho

0107219297

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Kevin Hernán Palta Picón con documento de identificación N° 0107189060 y John Henry Aucay Morocho con documento de identificación N° 0107219297, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de investigación: “Construcción de un remolque para el transporte de los vehículos tipo kart KF4 para el grupo UPS Racing Team”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de julio del 2024

Atentamente,



Kevin Hernán Palta Picón

0107189060



John Henry Aucay Morocho

0107219297

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Juan Pablo Sinchi Rivas con documento de identificación N° 0104168794, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE PARA EL TRANSPORTE DE LOS VEHÍCULOS TIPO KART KF4 PARA EL GRUPO UPS RACING TEAM, realizado por Kevin Hernán Palta Picón con documento de identificación N° 0107189060 y por John Henry Aucay Morocho con documento de identificación N° 0107219297, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 22 de julio del 2024

Atentamente,



Ing. Juan Pablo Sinchi Rivas, MSc.

0104168794

DEDICATORIA

El presente proyecto les dedico a mis padres Hernán Palta y Rosa Picón por su apoyo incondicional en toda mi vida, por su paciencia, por toda su confianza, por haber creído en mí, por su sacrificio que hoy se ve reflejado en toda mi carrera.

De igual forma le dedico a mi hermana Dayanna Palta que por ser el hermano mayor, he sido para ella su ejemplo a seguir.

A los docentes que me impartieron su conocimiento para poder alcanzar el objetivo.

KEVIN HERNAN PALTA PICÓN

DEDICATORIA

A todas las personas que fueron partícipes en este proceso, a mis padres, quienes forjaron en mí la perseverancia y valentía para anteponerme ante cualquier dificultad, especialmente a mi madre Cecilia, por ser la principal promotora de mis sueños al demostrar su confianza en mí y en mis expectativas durante todo el transcurso de mi carrera y de mi vida, sin ella no habría sido posible todo lo que he logrado.

Para mis hermanas quienes con su apoyo incondicional me motivaron a seguir esforzándome durante esta etapa académica.

JOHN HENRY AUCAY MOROCHO

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Hernán Palta y Rosa Picón. Ustedes han sido el pilar fundamental en mi vida estudiantil. Gracias por su paciencia infinita, su inquebrantable confianza, por creer siempre en mí y por todos los sacrificios que han hecho, los cuales hoy se reflejan en cada paso de mi carrera. Agradezco también a las instituciones académicas y profesionales que han contribuido a mi formación. Su apoyo invaluable, al brindarme acceso a recursos, bibliotecas y herramientas esenciales, ha sido crucial para la realización de esta investigación. Su labor incansable en la promoción del conocimiento ha dejado una huella imborrable en mi trayectoria.

KEVIN HERNAN PALTA PICÓN

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes y personal administrativo de la Universidad Politécnica Salesiana por enseñarme valores, por brindarme los recursos y conocimientos necesarios que optimizaron mi desarrollo profesional.

Mis agradecimientos a la carrera de Ingeniería Automotriz, a mis profesores y a mi asesor de tesis el Ing. Juan Sinchi por otorgarme sus conocimientos y guiarme en el desarrollo de este proyecto.

Finalmente, también agradezco a mis compañeros que estuvieron durante el transcurso de mi carrera, el apoyo y trabajo en equipo fue sin duda alguna una herramienta clave para disfrutar de esta etapa de mi vida.

JOHN HENRY AUCAY MOROCHO

RESUMEN

El proyecto de titulación estará enfocado específicamente en la construcción de un remolque para vehículos tipo kart KF4 para el grupo UPS Racing Team, para asegurar la eficiencia del producto en realidad con el diseño basándose en varios aspectos muy importantes tales como: dimensionamiento, ensayos experimentales de los materiales, la selección de los materiales, análisis de esfuerzos, diseño de estructura, acoplamiento del mecanismo de sujeción, suspensión, etc. Todo esto con el fin de otorgar mayor confort y confiabilidad al momento de realizar la actividad para el cual está destinado. Se diseñaron diversos procedimientos para lograr los objetivos establecidos. Estos procesos se detallarán en el extracto siguiente.

Se dará inicio la fase 1 del proyecto, que alberga una investigación exhaustiva y el análisis del estado del arte del proceso de construcción de remolques para vehículos KF4, para comprender las mejores prácticas, tecnologías y metodologías utilizadas en la industria y aplicar este conocimiento con el fin de optimizar el proceso de construcción del remolque.

La segunda fase tendrá varios puntos importantes como la selección de materiales apropiados para la construcción del prototipo mediante pruebas y ensayos experimentales como: soldadura, torsión, deformación, flexión, y compresión para garantizar la resistencia, durabilidad y eficiencia del producto final.

Tras completar la recopilación de los datos más importantes, se dará paso a la tercera fase que contempla la construcción del remolque utilizando materiales seleccionados específicamente por su idoneidad y aplicando técnicas avanzadas de fabricación para garantizar durabilidad, seguridad y eficiencia del producto final.

Palabras Claves: remolque, eficiencia, Karting.

ABSTRACT

The degree project will be specifically focused on the construction of a trailer for KF4 kart-type vehicles for the UPS Racing Team group, to ensure the efficiency of the product in reality with the design based on several very important aspects such as: sizing, testing experimental materials, material selection, stress analysis, structure design, coupling of the clamping mechanism, suspension, etc. All this in order to provide greater comfort and reliability when carrying out the activity for which it is intended. Various procedures were designed to achieve the established objectives. These processes will be detailed in the following extract.

Phase 1 of the project will begin, which houses an exhaustive investigation and analysis of the state of the art of the construction process of trailers for KF4 vehicles, to understand the best practices, technologies and methodologies used in the industry and apply this knowledge with the in order to optimize the trailer construction process.

The second phase will have several important points such as the selection of appropriate materials for the construction of the prototype through experimental tests and trials such as: welding, torsion, deformation, bending and compression to guarantee resistance, durability and efficiency. of the final product.

After completing the collection of the most important data, the third phase will begin, which includes the construction of the trailer using materials specifically selected for their suitability and applying advanced manufacturing techniques to guarantee durability, safety and efficiency of the final product.

Keywords: trailer, efficiency, Karting

Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	4
DEDICATORIA	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
AGRADECIMIENTO	8
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
GENERALIDADES	20
Introducción	20
Problema de estudio.....	20
Antecedentes.....	21
Importancia y Alcances.....	21
Delimitación.....	21
OBJETIVOS	22
Objetivo General.....	22
Objetivos Específicos.....	22
1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEORICO Y ESTADO DEL ARTE.....	23
1.1 Introducción.....	23
1.2 Influencia del automóvil	23
1.3 Deportes de motor.....	26
1.4 Karting	26
1.5 Remolque para karts	27
1.6 Partes y sistemas de un remolque	27

1.6.1 Sistema de suspensión.....	27
1.6.2 Sistema de eje del remolque	29
1.6.3 Sistema de enganche	29
1.7 Materiales para construcción del remolque	31
1.7.1 Acero.....	31
1.7.2 Aluminio	31
1.7.3 Madera	31
1.7.4 Plásticos reforzados	32
1.7.5 Cauchos y materiales sintéticos	32
1.8 Procesos de manufactura.....	33
1.8.1 Operación de proceso.....	33
1.8.2 Operaciones de procedimiento.....	34
1.8.3 Proceso de formado.....	34
1.8.4 Proceso de mejora de propiedades.....	35
1.8.5 Operaciones de procesamiento de superficies	35
1.8.6 Operaciones de ensamble (soldadura)	35
1.8.7 Ensamble mecánico	36
1.9 Ensayos	37
1.9.1 Ensayo de tracción	37
1.9.2 Ensayo de compresión	38
1.9.3 Ensayo de flexión.....	38
1.9.4 Ensayo de torsión.....	39
1.9.5 Ensayo de soldadura no destructivos	39
2 CAPÍTULO II: SELECCIÓN DE MATERIALES, ENSAYOS Y PRUEBAS PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL REMOLQUE	41
2.1 Propiedades de los materiales	41
2.1.1 Propiedades mecánicas	42

2.1.2 Propiedades físicas.....	42
2.1.3 Propiedades químicas.....	42
2.2 Materiales usados en la construcción.....	42
2.2.1 Tubo rectangular inoxidable AISI 304	42
2.2.3 Tubo estructural cuadrado negro galvanizado ASTM A500 Grado B	43
2.2.4 Tubo estructural rectangular negro SAE J 4003 1008	45
2.2.5 Tubo estructural rectangular galvanizado SAE J 403 1008.....	46
2.2.6 Tubo mecánico cuadrado JIA 3141	47
2.2.7 Tubo mecánico rectangular JIS 3141.....	48
2.2.8 Tubo mecánico cuadrado galvanizado JIS 3141	49
2.3 Análisis comparativo	50
2.4 Conclusiones del análisis	51
2.4.1 Esfuerzo a la fluencia.....	51
2.4.2 Esfuerzo a la tensión	51
2.4.3 Elongación mínima	51
2.4.4 Módulo de elasticidad	51
2.4.5 Propiedades físicas.....	51
2.4.6 Propiedades químicas.....	51
2.5 Herramientas y Método de ensayo.....	52
2.6 Materiales y equipos	52
2.7 Ensayo de compresión	53
2.7.1 Procedimiento del ensayo de compresión.....	53
2.7.2 Resultados obtenidos del ensayo de compresión	56
2.8 Ensayo de Flexión.....	58
2.8.1 Procedimiento del ensayo de flexión	58
2.8.2 Resultados obtenidos del ensayo de Flexión	60
2.9 Ensayo de tracción	63

2.9.1 Procedimiento del ensayo de tracción.....	63
2.9.2 Resultados obtenidos del ensayo de tracción.....	66
3 CAPÍTULO III: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL REMOLQUE	69
3.1 Cronograma del proceso de construcción del remolque	69
3.2 Consideraciones a tener en cuenta para realizar el trabajo	70
3.2.1 Capacitación y entrenamiento.....	70
3.2.2 Uso de Equipos de Protección Individual (EPIs).....	70
3.2.3 Supervisión constante y comunicación.....	71
3.2.4 Mantenimiento preventivo	71
3.3 Equipos y herramientas.....	71
3.4 Construcción del remolque	71
3.4.1 Construcción de la carrocería y chasis.....	72
3.4.2 Acoplamiento de la cubierta, piso y puertas	73
3.4.3 Implementación del sistema de suspensión	75
3.4.4 Pintado y ajuste del acople para la bola de enganche	75
3.4.5 Implementación del sistema de luces.....	77
3.5 Costos.....	77
3.5.1 Análisis de los costos y gastos	77
3.5.2 Costos de materiales	78
3.5.3 Costos de montaje y pruebas respectivas.....	78
3.5.4 Costos de acabados	79
3.5.5 Costos de mano de obra	79
3.5.6 Costos extras	80
3.5.7 Costos Totales.....	81
3.6 Ficha técnica del remolque	81
3.7 Guía de uso del remolque	82
3.7.1 Mantenimiento.....	82

3.7.2 Modo de uso.....	82
3.7.3 Inspecciones regulares	83
3.7.4 Limpieza y protección.....	83
3.8 Validación con el diseño	83
3.9 Verificación y comportamiento del remolque	84
3.9.1 Inspecciones visuales	84
3.9.2 Ensayo de líquidos penetrantes	85
3.9.3 Pruebas de integridad estructural	87
3.9.4 Pruebas de comportamiento dinámico	88
3.9.5 Pruebas de fatiga y durabilidad.....	89
Conclusiones	89
Recomendaciones	90
Bibliografía	91
Anexos	94

Índice de figuras

Figura 1.- Ubicación de las limitaciones de las pruebas	21
Figura 2.- Kartódromo europeo de la FIA	26
Figura 3.- Remolque para transporte de dos Go-Karts	27
Figura 4.- Remolque con suspensión de tipo ballesta.....	28
Figura 5.- Suspensión mixta de ballesta e hidráulica.....	28
Figura 6.- Sistema de suspensión mixta.....	28
Figura 7.- Eje de remolque con capacidad para soportar hasta 1000kg.....	29
Figura 8.- Eje de remolque con extensión tipo brazos	29
Figura 9.- Eje de remolque sencillo	29
Figura 10.- Enganche de tipo bola.	30
Figura 11.- Enganche de fijación	30
Figura 12.- Prototipo de enganche de quinta rueda.	30
Figura 13.- Los procesos de manufactura como proceso técnico y proceso económico.	33
Figura 14.- Clasificación de los procesos de manufactura.	34
Figura 15.- Realización de soldadura autógena	35
Figura 16.- Soldadura fuerte	36
Figura 17.- Soldadura blanda con plomo y estaño.....	36
Figura 18.- Gráfica del ensayo de tracción	38
Figura 19.- Tubo de acero inoxidable	42
Figura 20.- Tubo estructural cuadrado negro o galvanizado ASTM 500 Grado B.....	44
Figura 21.- Tubo estructural rectangular negro	45
Figura 22.- Tubo cuadrado galvanizado	46
Figura 23.- Tubo mecánico cuadrado	47
Figura 24.- Tubo mecánico rectangular	48
Figura 25.- Tubo cuadrado mecanico	49
Figura 26.- Medición de la probeta.....	54
Figura 27.- Acoplamiento de la probeta	54
Figura 28.- Aplicación de la fuerza a la probeta.....	55
Figura 29.- Programa TrapeziumX-V.....	55
Figura 30.- Probeta deformada.	55
Figura 31.- Gráfico tensión – deformación.....	57
Figura 32.- Medición de la probeta.....	58
Figura 33.- Acoplamiento de la probeta	59

Figura 34.- Aplicación de fuerza a la probeta.....	59
Figura 35.- Programa TrapeziumX-V.....	60
Figura 36.- Resultado de la probeta ensayada.....	60
Figura 37.- Curva fuerza – desplazamiento.....	62
Figura 38.- Medición de las probetas.....	63
Figura 39.- Acoplamiento de la probeta.....	64
Figura 40.- Aplicación de fuerza a la probeta.....	64
Figura 41.- Programa Trapezium X-V.....	65
Figura 42.- Resultados de la probeta.....	65
Figura 43.- Curva fuerza – desplazamiento.....	68
Figura 44.- Cronograma de construcción.....	69
Figura 45.- Equipos de protección individual.....	70
Figura 46.- Piso de la estructura del remolque.....	72
Figura 47.- Estructura interna del remolque.....	72
Figura 48.- Estructura montada sobre el piso del remolque.....	73
Figura 49.- Estructura interna terminada del remolque.....	73
Figura 50.- Inicio de recubrimiento lateral.....	74
Figura 51.- Terminado de recubrimientos y elementos auxiliares.....	74
Figura 52.- Eje de Chevrolet LUV 3200.....	75
Figura 53.- Acople de remolque.....	75
Figura 54.-Colocación del acople.....	76
Figura 55.-Construcción finalizada.....	76
Figura 56.-Juegos de luces.....	77
Figura 57.-Instalación juegos de luces.....	77
Figura 58.-Simulación del remolque en Ansys.....	84
Figura 59.-Inspección de soldadura.....	85
Figura 60.-Limpieza de zona a inspección.....	85
Figura 61.- Aplicación de líquido penetrante.....	86
Figura 62.- Aplicación de líquido removedor.....	86
Figura 63.- Inspección visual.....	87
Figura 64.-Cargas aplicadas en la estructura.....	87
Figura 65.-Evaluación de deformación.....	88
Figura 66.-Prueba de funcionamiento dinámico.....	88
Figura 67.-Preparación del chasis.....	94

Figura 68.-Preparación de base del chasis	94
Figura 69.-Corte de tubos de acero	94
Figura 70.-Pulido del cordón de la soldadura	95
Figura 71.-Fijación de estructura	95
Figura 72.-Acabados estéticos de la suspensión	95

Índice de Tablas

Tabla 1.- Propiedades del tubo rectangular de acero inoxidable	43
Tabla 2.- Propiedades del tubo estructural ASTM A500	44
Tabla 3.- Propiedades Tubo Estructural rectangular negro	45
Tabla 4.- Propiedades del Tubo SAE J 403 1008	46
Tabla 5.- Propiedades tubo mecánico cuadrado JIS 3141	47
Tabla 6.- Propiedades Tubo mecánico rectangular JIS 3141	48
Tabla 7.- Propiedades Tubo mecánico cuadrado galvanizado JIS 3141	49
Tabla 8.- Tabla comparativa de las propiedades de los materiales	50
Tabla 9.- Datos del ensayo de compresión	56
Tabla 10.- Datos del ensayo	56
Tabla 11.- Datos de rupturas	57
Tabla 12.- Datos del ensayo de Flexión	61
Tabla 13.- Resultados del ensayo de flexión	61
Tabla 14.- Resultados de rupturas	61
Tabla 15.- Datos del ensayo de tracción	66
Tabla 16.- Resultados del ensayo de tracción	66
Tabla 17.- Resultados de ruptura	67
Tabla 18.- Listado de materiales y sus costos	78
Tabla 19.- Implementos de herramientas y sus costos	79
Tabla 20.- Costos de equipos usados para el acabado	79
Tabla 21.- Costos de los trabajos realizados	80
Tabla 22.- Costos extras asumidos en la construcción	80
Tabla 23.- Descripción y valor total de los costos	81
Tabla 24.- Datos del remolque	81

GENERALIDADES

Introducción

A mediados de la década de los 70 el karting llegó al Ecuador, desde ese entonces esta disciplina deportiva ha ido desplegándose poco a poco y a su vez captando el interés de los aficionados por las competencias de vehículos que utilizan motores con cuatro ruedas, los cuales son denominados karts o go-karts que circulan en circuitos diseñados exclusivamente para éstos. Su característica fundamental es la de brindar a los pilotos experiencias con velocidades emocionantes y maniobras precisas, gracias al peso de los coches, siendo sumamente ligeros y ágiles. Es importante mencionar el impacto de este tipo de competencias debido a que la gran mayoría de pilotos profesionales tuvieron sus inicios en los karts.

La influencia y el alcance que ha tenido este deporte se ha visto reflejado en las competencias desarrolladas en el país, varios equipos se han formado, contando incluso con participación de instituciones educativas, la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana en conjunto con sus docentes y estudiantes establecieron su propio equipo oficial de karting, conocido como UPS Racing Team donde son ellos quienes han diseñado y fabricado sus vehículos obteniendo buenas posiciones en los torneos que han sido partícipes.

No es desconocido el hecho de que los karts al igual que cualquier otro vehículo de competencia requiere ser trasladado hasta el lugar donde se desarrollará la carrera, existiendo varias alternativas como los vehículos con caja de carga o pick-up, en otros casos colocándolos en el techo de un automóvil convencional, y por medio de cajas o remolques externos.

Problema de estudio

La carencia de un remolque puede plantear desafíos significativos y complicaciones en aspectos como la movilidad, seguridad y logística del transporte de vehículos tipo Kart KF4. En consecuencia, el grupo ASU UPS Racing Team de la carrera de Ingeniería Automotriz de la sede Cuenca, ve indispensable el uso de un medio transporte para el traslado de este tipo de vehículos, lo que ha conllevado a depender de terceros para su movilización, como camionetas, camiones o vehículos de carga, sin embargo, tales métodos de movilidad generan un transporte costoso, poco seguro e ineficiente.

En el mercado ecuatoriano, es común encontrar remolques fabricados de forma artesanal, lo que puede acarrear ciertos problemas debido a la falta de cumplimiento de las normativas necesarias para poder circular. Al ser un tipo de vehículo terrestre destinado al

transporte de carga, en su construcción deberá comprender de varias partes, entre las más comunes se tiene: estructura de carga, chasis, sistema de suspensión, sistema de sujeción, ejes, ruedas, sistema de enganche, sistema eléctrico, entre otros, las cuales deben cumplir con los reglamentos establecidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, para su libre circulación en las carreteras del país.

Antecedentes

Los remolques están diseñados específicamente para el transporte de mercancías y los vehículos monoplaza conocidos como karts no son la excepción, partiendo de esto surge la necesidad de que el grupo ASU UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca requiera de este sistema de traslado, resultando más conveniente a comparación del hecho de depender de terceras personas o camionetas.

El remolque deberá regirse a las leyes y normas relacionadas a su circulación en las vías del Ecuador contemplados en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (LOTTTSV), y de igual forma en el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN).

Importancia y Alcances

La construcción del remolque tiene el propósito de beneficiar a la Carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana y al grupo ASU UPS Racing Team, facilitando la logística eficiente para el transporte de los karts en eventos deportivos y obteniendo un ahorro de costos a largo plazo.

Delimitación

El presente proyecto, se llevará a cabo en la Provincia del Azuay, en la ciudad de Cuenca, ubicada en el austro ecuatoriano (figura 1), con una altitud de 2550 m.s.n.m, una superficie de 70,59 kilómetros cuadrados y una población de 417.632 habitantes (INEC, 2023).

Figura 1.- *Ubicación de las limitaciones de las pruebas*



Nota. Esta figura representa las limitaciones en las que se realiza el presente proyecto.

Fuente: (Google Maps, 2024)

OBJETIVOS

Objetivo General

Construir un remolque para el transporte de los vehículos tipo kart KF4 para el grupo UPS Racing Team enfocados en normas y reglamentos nacionales respetando estructuras de manufactura, para garantizar un transporte cómodo y seguro, basándose en los resultados y conclusiones de la tesis denominada: “Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo kart KF4 para el grupo ASU UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana”, para garantizar un buen desempeño en el momento de traslado.

Objetivos Específicos

- Realizar una investigación exhaustiva y un análisis detallado del estado del arte en el proceso de construcción de remolques para vehículos tipo kart KF4, con el fin de conocer las mejores prácticas, tecnologías y metodologías utilizadas en la industria y aplicar este conocimiento para optimizar el proceso de construcción del remolque.
- Seleccionar los materiales apropiados para la construcción del remolque mediante pruebas y ensayos experimentales tales como: soldadura, torsión, deformación, flexión, y compresión con el fin de garantizar la resistencia, durabilidad y eficiencia del producto final.
- Construir un remolque utilizando materiales seleccionados específicamente por su idoneidad y aplicando técnicas avanzadas de fabricación para garantizar la durabilidad, seguridad y eficiencia del producto final.

1. CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEORICO Y ESTADO DEL ARTE

1.1 Introducción

La invención del automóvil a finales del siglo XIX marcó un hito crucial en la historia de la movilidad, provocando una impresionante evolución que ha dejado huella en la sociedad y el mundo. Comenzando como simples vehículos motorizados hasta los más recientes modelos de autoconducción de hoy en día, el automóvil ha influido de manera significativa en la vida del ser humano transformándola grandiosamente.

Karl Benz y Gottlieb Daimler, dos visionaros apasionados en el campo, fueron los precursores de esta revolución, dando vida a los primeros automóviles propulsados por motores de combustión interna a finales del siglo XIX. Aunque tenían una pequeña peculiaridad en su aspecto, ya que se asemejaban más a carruajes motorizados que a los automóviles modernos, pero a partir de aquí surge la idea para lo que estaba por venir.

Sin embargo, quien hizo del automóvil un bien accesible para las masas fue Henry Ford, introduciendo el icónico Ford Model T e implementando la línea de ensamblaje en 1913 sellando así la apertura hacia una nueva era en la movilización, que se produjeran en serie no solo conllevaba a que los automóviles fueran más factibles, sino que también repercutía en la manera de fabricarlos.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, el automóvil emergió como un símbolo de prosperidad y libertad en los años de posguerra, los diseños innovadores, la expansión de las carreteras y la cultura del viaje contribuyeron a una verdadera fiebre del automóvil, fueron varios los automóviles destacables que conceptualizaron la época dorada como los vehículos deportivos, los descapotables y unos cuantos modelos icónicos.

Existieron obstáculos como la crisis del petróleo de la década de 1970, la cual planteó importantes desafíos para la industria automotriz, generando un mayor razonamiento cuando se pensaba en eficiencia del combustible, llevando al desarrollo de automóviles más pequeños y eficientes, sumado a ello el surgimiento de nuevos competidores, como fabricantes de Japón, alterando de tal manera la perspectiva sobre la industria de la automoción.

1.2 Influencia del automóvil

El automóvil desde sus inicios, ha ido construyendo un nuevo estilo de vida en lo social y económico, esto debido a su gran utilidad como medio de transporte de forma individual o en conjunto, se pueden citar las siguientes ventajas:

- Se puede recorrer por completo la ciudad o país donde se encuentre el conductor, facilitando así los lazos entre individuos.
- Al ser posible conocer otros lugares, se incrementan las relaciones e intercambios de conocimientos culturales.
- Es de gran ayuda para realizar tareas domésticas y de orden público.

En cuanto al ámbito profesional se refiere, es importante mencionar que el vehículo aumenta de manera significativa la eficiencia y eficacia de un sin número de tareas técnicas, siendo incluso en algunos casos imposibles de realizarlas sin esta máquina con motor.

No es debatible el alcance que han desarrollado los transportes motorizados en el ámbito público, trasladando personas y mercancías, siendo este último vital para definir al automóvil como irremplazable en varios aspectos, basándose en la flexibilidad de este medio para optimizar los trabajos.

Para el progreso económico de un país o nación es fundamental resaltar la importancia laboral y económica del automóvil en diversos sectores de la sociedad:

- Conductores profesionales, se incluye también a quienes trabajan en servicios de transporte público o privado e instructores de conducción.
- Trabajadores involucrados en la producción de automóviles y en industrias de componentes y accesorios.
- Industria del petróleo y sus derivados, contemplando desde la extracción y el transporte de crudos hasta la producción de carburantes y lubricantes.
- Comercialización y venta de vehículos, repuestos accesorios, servicios de mantenimiento, estaciones de servicio y aseguradoras relacionadas.
- Infraestructura vial y su mantenimiento, que genera empleo en la construcción, mejora y mantenimiento de carreteras, de igual forma en la producción de materiales y equipamiento vial.

Además de los aspectos positivos mencionados previamente, el vehículo automotor también ha inducido en impactos negativos en la naturaleza tomando en cuenta que el número de automóviles crece cada vez más, éstos pueden resumirse en:

Emisiones de gases de efecto invernadero debido a que los vehículos utilizan combustibles fósiles emitiendo dióxido de carbono (CO₂) y otros gases que contribuyen al calentamiento global, siendo una de las principales causas del cambio climático.

Contaminación del aire, pues además de los gases de efecto invernadero, los vehículos liberan contaminantes del aire como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, que afectan negativamente la calidad del aire y la salud humana.

También se produce un agotamiento de los recursos naturales por la extracción y producción de materiales para vehículos que pueden causar daños ambientales, incluida la degradación de ecosistemas y la contaminación del agua y del suelo, agregando que el uso de recursos no renovables plantea desafíos a largo plazo para la sostenibilidad de la industria automotriz.

La generación de residuos en la fabricación y el mantenimiento de vehículos generan una cantidad significativa de los mismos, tanto durante la producción como en forma de desechos de partes y componentes desgastados. La gestión adecuada de estos residuos es crucial para minimizar su impacto ambiental y promover la economía circular.

Teniendo presente el nivel de dominio de los vehículos en la civilización, nace la adopción de nuevas tecnologías, así como también medidas para contrarrestar los aspectos negativos y optimizar los beneficios que brinda el uso de este medio de transporte, entre las cuales se destacan las siguientes:

La adopción de vehículos eléctricos, que sustituyen los motores térmicos por motores eléctricos, es una medida clave para reducir las emisiones de CO₂ y otros contaminantes, su funcionamiento tiende a ser más sostenible gracias al uso de energías renovables en las fuentes de carga.

Mejoras en la eficiencia de combustible, como desarrollo de motores más eficientes y sistemas de propulsión híbridos, que combinan motores de combustión interna con motores eléctricos.

Implementación de materiales más sostenibles en la fabricación de vehículos, como plásticos reciclados y materiales renovables como la fibra de carbono derivada de fuentes vegetales, reduciendo así la dependencia de recursos no renovables y disminuyendo el impacto ambiental de la producción.

La ejecución de estrategias como el transporte multimodal, la consolidación de carga y el uso de vehículos más eficientes en términos de consumo de combustible pueden tener un impacto significativo en la reducción de la huella ambiental de la industria automotriz.

1.3 Deportes de motor

La influencia de los automóviles ha sido tan elevada que no solo basta el hecho de servir como un medio de transporte para los seres humanos, sino que también se ha convertido en una fuente de pasión, competencia y entretenimiento, dicha fascinación por la velocidad y la habilidad de manejo ha sido el motivo para la creación de diversos deportes que tienen como núcleo a los vehículos, los cuales han inspirado a la formación de comunidades de fanáticos, equipos de competición y eventos de renombre mundial. Disciplinas como el rally, autoslalom, drifting, velocidad, rally raid, carreras de montaña, karting y rallycross, no solo destacan las habilidades de los pilotos, pues al mismo tiempo se demuestra la innovación tecnológica y la ingeniería automotriz aplicadas en cada automotor.

1.4 Karting

Es el punto de partida por donde pasa cualquier piloto joven que desee competir profesionalmente en cualquier otro tipo de deporte automovilístico o ya sea en el mismo, tuvo sus orígenes en los Estados Unidos alrededor de 1950, básicamente se trata de automóviles demasiado pequeños con estructura esquelética y con un motor trasero conocidos como karts o Go Karts, Figura 2.

El espectáculo que brindan las carreras de karting expone una intensidad no muy común en el mundo del automovilismo provocado en parte por el modo de conducción y la cercanía que tiene el ocupante sobre la pista.

Figura 2.- Kartódromo europeo de la FIA



Nota. Competencia de karting. Fuente: (FIA, 2024)

1.5 Remolque para karts

A diferencia de otros vehículos de competición, los karts o Go karts no pueden conducirse hacia el circuito de competición, teniendo la necesidad de un remolque para ser colocados y transportados hasta su destino.

Un remolque es un vehículo sin motor arrastrado por otro automóvil, Figura 3, en el cual se pueden transportar cualquier tipo de mercancías, dependiendo del tamaño y el peso que pueda soportar, consta como mínimo de chasis, ruedas, superficie de carga y sistema de enganche.

Figura 3.- Remolque para transporte de dos Go-Karts



Nota. Plataforma Porta-Karts. Fuente: (ESVA, 2023)

1.6 Partes y sistemas de un remolque

1.6.1 Sistema de suspensión

Al igual que en cualquier tipo de vehículo este elemento desempeña un papel importante cuando se habla de seguridad, su función principal es evitar que la carrocería perteneciente al remolque toque el suelo manteniendo las ruedas en la carretera y además mejora la estabilidad absorbiendo impactos y vibraciones producidos por irregularidades en la vía y por el peso de los objetos transportados.

Existen varios tipos como lo son:

- **Suspensión de ballesta:** consta de varias hojas de acero curvadas y unidas en forma de ballesta, en términos de confort no es la más adecuada, pero resulta óptima cuando se trata de transportar grandes cargas, su durabilidad es prolongada de tal manera que su mantenimiento es económico.

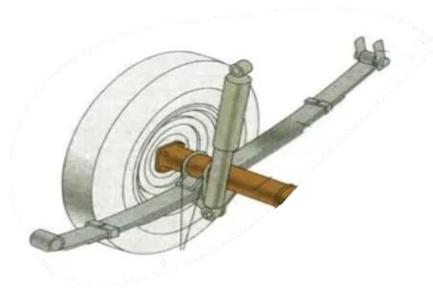
Figura 4.- Remolque con suspensión de tipo ballesta



Nota. Remolque de un eje de mercancía. Fuente: (Oferton, 2023)

- **Suspensión mixta:** combina dos elementos distintos de suspensión, como por ejemplo de tipo ballesta e hidráulica, llegando a ser más confortable debido a que los conjuntos de amortiguación se duplican, sobre todo si se tiene en cuenta que el amortiguador hidráulico absorbe de manera más suave los impactos generados.

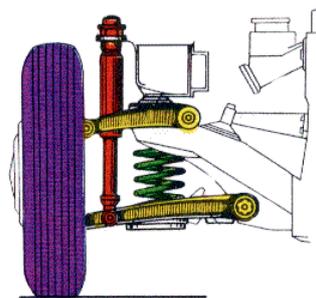
Figura 5.- Suspensión mixta de ballesta e hidráulica



Fuente: (Guerra, 2016)

- **Suspensión mixta hidráulica y espiral:** en este caso se sustituye el amortiguador de ballesta por uno de tipo espiral, teniendo como principal diferencia es que, a comparación del primer ejemplo, el espiral soporta cargas menores, pero junto con el amortiguador hidráulico garantizan confort y seguridad.

Figura 6.- Sistema de suspensión mixta



Fuente: (Mecanica Online, 2022)

1.6.2 Sistema de eje del remolque

Son cruciales en la estructura del remolque, se encargan principalmente de soportar el peso de la carga distribuyéndolo uniformemente en las ruedas, facilitar el movimiento del remolque en los distintos tipos de terreno y contribuir en el frenado del remolque en caso de presentar una configuración con sistema de frenado. Los hay de distintos tipos:

Figura 7.- Eje de remolque con capacidad para soportar hasta 1000kg.



Fuente: (Granadina Industrial Agrícola S. L., 2024)

Figura 8.- Eje de remolque con extensión tipo brazos



Nota. El prototipo está a la venta en la página. Fuente: (Amazon, 2024)

Figura 9.- Eje de remolque sencillo



Fuente: (Amazon, 2024)

1.6.3 Sistema de enganche

Permite conectar de forma segura el remolque al vehículo, el sistema debe garantizar estabilidad y control del mismo en todo momento.

- **Bola de enganche:** básicamente comprende una bola montada en la parte trasera del vehículo y un acoplamiento en el remolque que va conectada a la bola

Figura 10.- *Enganche de tipo bola.*



Fuente: (Oris Bosal, 2019)

- **Enganche de fijación:** similar al anterior, pero con la diferencia de que el mecanismo de sujeción es más preciso haciéndolo más seguro y resistente.

Figura 11.- *Enganche de fijación*



Fuente: (ManoMano, 2024)

- **Enganche de quinta rueda:** es una placa de enganche encajada en el vehículo y un acoplamiento en forma de quinta rueda en el remolque que va enganchado en la placa, utilizado comúnmente en remolques grandes de carga pesada.

Figura 12.- *Prototipo de enganche de quinta rueda.*



Fuente: (Amazon, 2024)

1.7 Materiales para construcción del remolque

La construcción de remolques abarca el uso de una variedad de materiales que aseguran la durabilidad, resistencia y funcionalidad del producto final. Entre los materiales más comúnmente empleados se encuentran el acero, el aluminio, la madera, plásticos reforzados y compuestos, cauchos y materiales sintéticos.

1.7.1 Acero

Corresponde a un conjunto de aleaciones del hierro (Fe) con elementos como carbono (C), zinc (Zn), silicio (Si) o aluminio (Al), como resultado se obtiene un producto menos oxidable, el uso principal de este material se ve reflejado en las construcciones y es la base de las herramientas y elementos mecánicos de cualquier tipo.

En el caso de los remolques específicamente, los aceros se encuentran basados en la reglamentación ASTM (American Society for Testing and Materials) donde se pueden encontrar aceros estructurales ASTM A36 que van implementados como estructura principal del chasis, aceros de alta resistencia y baja aleación HSLA para vigas de soporte, acero galvanizado para los pisos y paneles laterales, también se presencia el acero inoxidable aplicado en componentes propensos a la corrosión y el acero de alta resistencia Q345 o ASTM A572 en cargas de mayor peso como ejes, travesaños y acoples de remolque.

1.7.2 Aluminio

Otro material empleado industrialmente en gran medida es el aluminio (Al), a diferencia de muchos metales al no ser ferromagnético y muy liviano brinda características como maleabilidad, ligereza y larga vida, sumándose también su alta resistencia a la corrosión

Los más comúnmente utilizados varían dependiendo de la aplicación específica a las que serán sometidos: como por ejemplo para los paneles de la carrocería y sus laterales lo más óptimo es implementar aleaciones de la serie 5000 (5052) por su buena resistencia a la corrosión y soldabilidad, en el caso de estructuras de soporte y marcos se emplea la aleación 6061 que brinda una excelente resistencia mecánica, en los pisos se utiliza la aleación 6061 y para el caso de componentes no estructurales y revestimientos la aleación 3003 es la más adecuada por su formado y resistencia a la corrosión.

1.7.3 Madera

No es muy común el uso, pero en determinados casos se aplica para ciertas partes del remolque como pueden ser los pisos donde la madera contrachapada y el roble son una

excelente opción, en los laterales se emplea la madera de pino por su relación costo-durabilidad, y para detalles de interiores utilizando maderas limpias y estéticas.

1.7.4 Plásticos reforzados

Son materiales compuestos en los que un polímero se mezcla con otros materiales, generalmente fibras de diferentes tipos, para agregar propiedades o mejorar las propiedades del material base. Los plásticos se refuerzan generalmente con fibras de vidrio o carbono, pero también pueden usarse varias resinas, tienen el principal objetivo de combinar materiales para desarrollar propiedades que estén relacionadas con su uso final, fortaleciendo otros materiales y haciéndolos más resistentes a la corrosión ambiental o al contacto con otros materiales.

Su implementación en los remolques puede darse en paneles laterales y techos a través de poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP), en las cubiertas y guardabarros se emplea el Epoxi reforzado con fibra de vidrio, para casos que requieren mayor resistencia mecánica como son los componentes estructurales secundarios se requiere de fibra de vidrio y en ocasiones de mayor exigencia, fibra de carbono, para las partes aerodinámicas que a veces proporcionan detalles de diseño se utiliza la fibra de carbono reforzada con plástico que brinda máxima resistencia y mínima adición de peso.

1.7.5 Cauchos y materiales sintéticos

Pertenecen a los polímeros utilizados ampliamente en la fabricación de remolques debido a sus propiedades elásticas, resistencia al desgaste, capacidad de absorción de impactos y resistencia a diversas condiciones climáticas. Estos materiales juegan un papel crucial en componentes que requieren flexibilidad, durabilidad y resistencia a la abrasión.

Sus aplicaciones se aprecian en los elementos tales como:

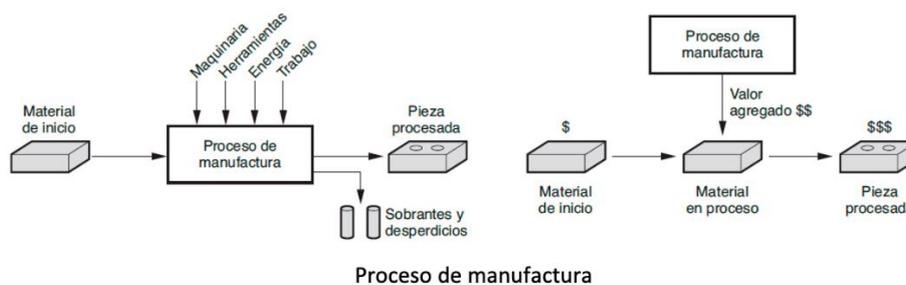
- Neumáticos hechos de caucho natural (NR) y caucho de estireno-butadieno (SBR) por su elasticidad, tracción y resistencia al desgaste necesarias para una conducción segura y duradera.
- Amortiguadores y sistemas de Suspensión, albergando materiales como Poliuretano (PU) y caucho natural (NR), proporcionando la absorción de impactos, durabilidad y resistencia al desgaste, mejorando la comodidad y estabilidad del remolque.

- Sellos y juntas hechos de caucho de nitrilo (NBR) y caucho de etileno-propileno-dieno (EPDM), los cuales ofrecen resistencia a aceites, combustibles y condiciones climáticas extremas, asegurando la estanqueidad y protección de las partes internas.
- Ruedas y rodamientos, donde se encuentra presentes materiales de tipo nylon y poliuretano (PU), debido a su alta resistencia al desgaste y a la abrasión, con baja fricción y buen rendimiento en movimiento.
- Revestimientos de pisos y partes protectoras hechos de polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP), por su alta resistencia química, durabilidad y protección contra impactos, siendo ligeros y fáciles de limpiar.

1.8 Procesos de manufactura

Es un proceso de cambios físicos y químicos que alteran la geometría, propiedades y apariencia de un material para poder fabricar piezas o productos donde también se necesitará de varias combinaciones de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual.

Figura 13.- Los procesos de manufactura como proceso técnico y proceso económico.



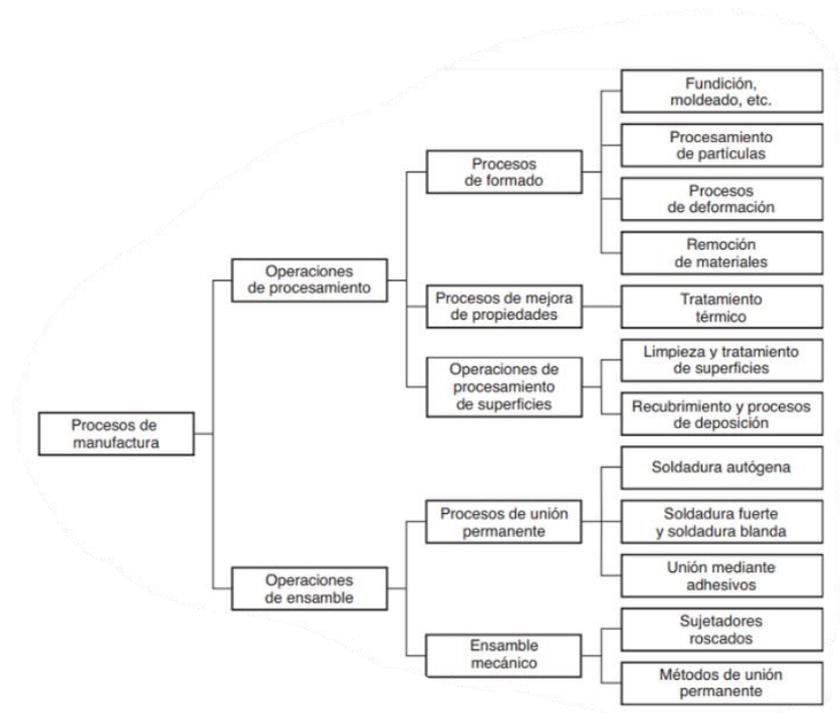
Fuente: (Villena, 2021)

1.8.1 Operación de proceso

Involucra la transformación del material inicial en un producto final para agregar valor al mismo, el material se incorpora al proceso, mientras que las máquinas y herramientas suministran la energía necesaria para transformarlo, resultando en una pieza terminada que emerge del proceso. La mayoría de las operaciones de producción producen desechos o sobrantes, ya sea como una consecuencia natural del proceso o en forma de piezas defectuosas ocasionales, como objetivo crucial en la manufactura se debe minimizar el desperdicio en cualquiera de sus formas.

En la siguiente figura se representará el proceso.

Figura 14.- Clasificación de los procesos de manufactura.



Fuente: (Groover, 2010)

1.8.2 Operaciones de procedimiento

Divididas en:

- Proceso de formado.
- Proceso de mejora de propiedades.
- Operaciones de procesamiento de superficies.

1.8.3 Proceso de formado

Con esto se dará la forma determinada al material, en base a las diversas técnicas específicas estructuradas a través de varios subprocesos:

- Fundición, modelado
- Procedimiento de partículas
- Procesos de deformación

1.8.4 Proceso de mejora de propiedades.

Perfecciona las propiedades de los materiales ya sean mecánicas o físicas, no altera su diseño de la pieza o producto, los materiales más utilizados en esta etapa son los metales, polímeros o cerámicas, para desarrollar esta mejora comúnmente se realiza un tratamiento térmico.

1.8.5 Operaciones de procesamiento de superficies

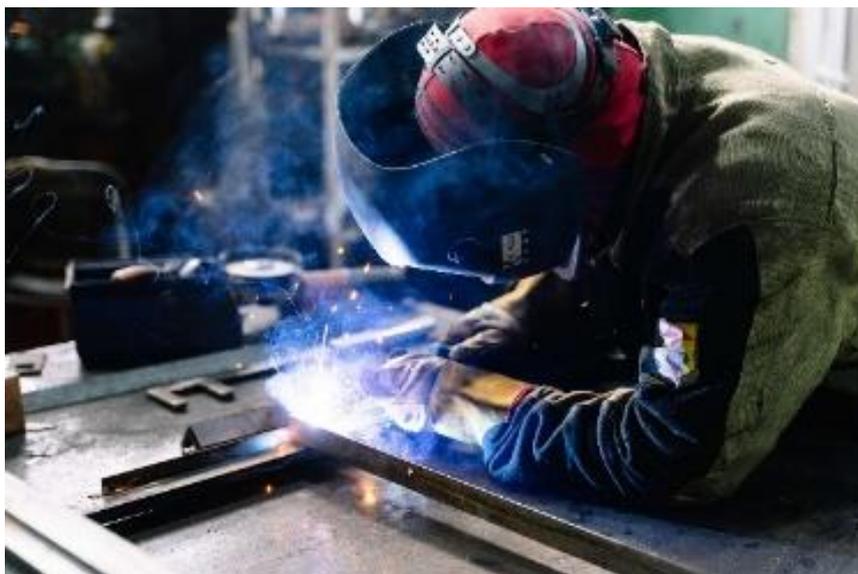
Esta operación es muy fundamental en el producto ya que debe estar en las mejores características para su aplicación, y sus procedimientos son: Limpieza, tratamientos de una superficie y recubrimiento y proceso de deposición

1.8.6 Operaciones de ensamble (soldadura)

Abarca la unión de dos o varias piezas separadas para constituir una sola, suelen ser unidas de forma permanente o semipermanente, estos procesos de unión fija son realizados de diferentes maneras tales como:

Soldadura autógena: También llamada soldadura homogénea es el proceso de unión sin alterar la composición del material base.

Figura 15.- Realización de soldadura autógena



Fuente: (Solyman, 2023)

Soldadura fuerte: El proceso se obtiene fundiendo un metal de relleno sin alterar la base del metal para realizar la unión de piezas.

Figura 16.- Soldadura fuerte

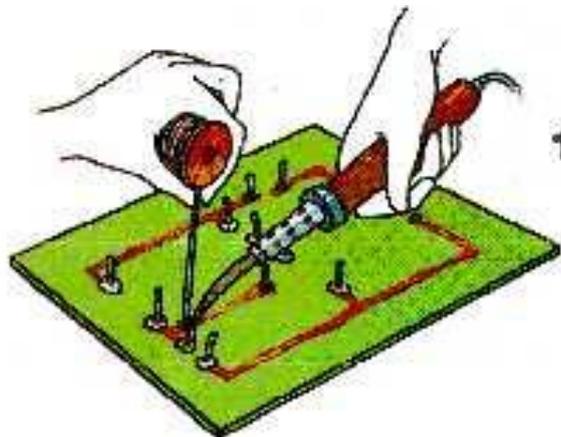


Nota. La imagen representa lo esencial para realizar una soldadura fuerte. Fuente:

(Rodríguez, 2020)

Soldadura blanda: Es la unión de metales que utiliza un aporte de material que puede ser una aleación de estaño y plomo y son fundidas a temperaturas bajas de los 450 grados, es más utilizada en el campo de electrónica, plomería entre otras.

Figura 17.- Soldadura blanda con plomo y estaño



Nota: Ilustración de la soldadura. Fuente: (Basic Metal Works, 2020)

1.8.7 Ensamble mecánico

Es un método de sujeción que nos permite unir varias piezas, pero con una característica que se pueden desarmar a conveniencia ya que son de sujeción fija.

Los métodos de sujeción mecánica más utilizados son:

- Tornillos
- Remaches
- Ajuste de presión
- Ajuste de expansión

1.9 Ensayos

Son pruebas y análisis realizados sobre los materiales para evaluar sus propiedades mecánicas, físicas, químicas y térmicas, su realización es fundamental en ingeniería y la ciencia de los materiales, ya que permiten determinar la idoneidad de un material para una aplicación específica, así como su comportamiento bajo diferentes condiciones de uso, pueden estar sometidos a diversos métodos tales como:

- **Ensayo estático de materiales:** ayuda a determinar ciertas propiedades de resistencia y deformación de las probetas, que se van a estar sometidos, a cargas de tracción, compresión y flexión.
- **Ensayo dinámico de materiales:** consiste en la aplicación de una carga por impacto a la probeta durante un tiempo establecido en las cuales se realizan ciertas pruebas de fatiga mecánica de rotura.
- **Ensayo cíclico de materiales:** la probeta se somete a varios ciclos de carga repetitivos, los cuales son tracción/compresión.

Se pueden analizar varios métodos de ensayos en todo el campo de la ciencia de materiales, existen de dos tipos:

Métodos de ensayos destructivos (la probeta sufre destrucción): Ensayo de tracción, compresión, flexión, fatiga, mecánica de la fractura, de impacto y de caída.

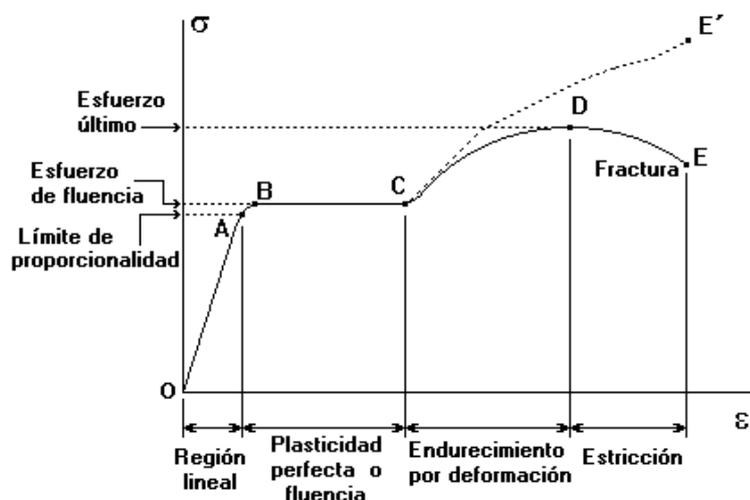
Métodos de ensayo no destructivo: Ensayo de dureza, de adherencia y fricción dinámica, ensayo funcional, ensayo de componentes y ensayo de elasticidad al rebote

1.9.1 Ensayo de tracción

El ensayo de tracción es una prueba mecánica utilizada para determinar las propiedades características de los materiales. Dependiendo del tipo de material, se utiliza como método estándar conforme a la norma correspondiente para medir el límite elástico, la resistencia a la tracción, el alargamiento de rotura, entre otros valores característicos, este ensayo implica

aplicar una fuerza axial a una muestra hasta que se rompa y para evitar distorsionar los resultados, la velocidad de deformación aplicada debe ser baja. Durante el ensayo de tracción, se registran la fuerza y la extensión de la muestra, Figura 18.

Figura 18.- Gráfica del ensayo de tracción



Fuente: (Area Tecnología, 2022)

1.9.2 Ensayo de compresión

Las pruebas de compresión emplean máquinas especializadas para determinar el comportamiento de un material bajo una carga de presión que aumenta de manera constante. Estas pruebas evalúan la seguridad, durabilidad e integridad de materiales y componentes. Sus aplicaciones más comunes incluyen pruebas de compresión en tuberías de plástico, espumas, papel y cartón, resortes metálicos, y en el ámbito médico/farmacéutico, como en implantes médicos, jeringuillas o envases. También se realizan pruebas de compresión y de compresión con entalladura en materiales compuestos.

1.9.3 Ensayo de flexión

El ensayo de flexión es uno de los tipos de prueba más comunes en la práctica, y por ello es muy importante para evaluar una amplia variedad de materiales. Este ensayo se utiliza para determinar las propiedades mecánicas de metales, plásticos, madera, papel, cartón, cerámica y otros materiales. Además, los ensayos de flexión son habituales en el control de calidad y en la investigación y desarrollo de productos médicos, evaluando aspectos como la resistencia a la rotura de agujas hipodérmicas, la resistencia a la flexión de tubos y catéteres

médicos, y la resistencia de placas óseas, entre otros, los parámetros clave del ensayo de flexión se obtienen generalmente mediante pruebas en 2 puntos, 3 puntos o 4 puntos. Para realizar este tipo de ensayo, se utilizan preferentemente probetas de sección cuadrada o rectangular.

1.9.4 Ensayo de torsión

El ensayo de torsión deforma una muestra aplicando un par de torsión, permitiendo alcanzar una deformación plástica mayor que en ensayos de tracción o compresión. La torsión implica un desplazamiento angular de una sección transversal de un elemento cuando se aplica un momento torsor alrededor de su eje. Esta se mide observando la deformación causada por un par determinado, como en un objeto cilíndrico fijo por un extremo mientras se aplica fuerza en el otro, midiendo el número de vueltas. Los materiales usados en ingeniería para componentes de máquinas rotatorias, como cigüeñales y árboles motores, deben resistir las tensiones de torsión.

1.9.5 Ensayo de soldadura no destructivos

Para garantizar la ausencia de defectos o discontinuidades, cualquier unión de soldadura debe someterse a pruebas de calidad con el objetivo de que a la larga no se presenten fallas las cuales puedan resultar en accidentes o deterioro del material, a partir de aquí surge la necesidad de realizar ensayos no destructivos, como su nombre lo indica son ensayos que no alteran las propiedades del o los materiales soldados.

Los ensayos deberán regirse a las principales normas o códigos de fabricación, como: ASME, API, ASTM y el AWS, a continuación, se enlistan los siguientes tipos de ensayos:

- **Ensayo de inspección visual:** El objetivo es detectar discontinuidades por medio del ojo, ayudándose también con equipos adicionales como lupas, este ensayo debe realizarse en el momento adecuado ya que al aplicarlo después de realizar la soldadura en su totalidad las fallas que están sobre la superficie no serán detectadas.
- **Ensayo de líquidos penetrantes:** Detecta defectos superficiales a través de la aplicación de un líquido penetrante en una superficie limpia, permitiendo que el líquido de infiltre en cualquier apertura, luego de un tiempo específico se elimina el exceso de penetrante y se aplica un revelador que extrae el penetrante de los defectos, haciendo visible las fallas para su inspección visual, los

resultados pueden ser visible o fluorescentes y los penetrantes son eliminados con agua, disolventes o emulsionantes.

- **Ensayo de partículas magnéticas:** Utiliza campos y partículas magnéticas para detectar fallas en materiales ferromagnéticos, se debe entender que las líneas de flujo magnético viajan en bucles desde un polo de un imán al otro, siendo más fuertes dentro de materiales ferromagnéticos y debilitándose en el aire, en un imán de herradura, las líneas de flujo crean un campo de fuga en cualquier discontinuidad presente, atrayendo partículas de hierro que se adhieren a la falla, proporcionando una indicación visual de la misma. La prueba requiere generar un campo magnético en la muestra aplicando partículas de hierro sobre la superficie magnetizada, las fallas atraen y retienen las partículas revelando visualmente la discontinuidad.

2 CAPÍTULO II: SELECCIÓN DE MATERIALES, ENSAYOS Y PRUEBAS PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DEL REMOLQUE

La construcción de remolques ya sea para transporte de material, vehículos o industrial, requiere una cuidadosa selección de materiales que aseguren la funcionalidad, durabilidad y eficiencia del producto final, en este capítulo se centrara en las propiedades de los materiales, análisis de los mismos los cuales se utilizarán para la construcción de la estructura del remolque hasta los acabados del mismo, abarcando desde lo metales más comunes y aleaciones tradicionales hasta materiales compuestos y avanzados.

Este capítulo se estructura en varias secciones, en primer lugar, se obtendrán las propiedades de los materiales más empleados en la construcción de remolques, una vez recolectada la información se dará a paso a utilizar el mejor material, para con ello realizar los ensayos para verificar si el material escogido es el óptimo.

En base a estudios relacionados con el ámbito de la construcción de chasis de remolques, se identificaron 6 materiales que se utilizan con mayor frecuencia debido a sus excelentes propiedades mecánicas, físicas y químicas.

A continuación, se presentan estos materiales:

- Tubo rectangular inoxidable AISI 304
- Tubo estructural cuadrado negro galvanizado ASTM A500
- Tubo estructural rectangular negro SAE J 4003 1008
- Tubo mecánico cuadrado JIA 3141
- Tubo mecánico cuadrado JIS 3141
- Tubo mecánico cuadrado galvanizado JIS 3141

2.1 Propiedades de los materiales

Las propiedades se basan en el comportamiento de un material cuando está sometido a fuerzas externas, dependiendo de la composición química y de la estructura cristalina que posee, todo en función de esfuerzos y/o deformaciones.

Por lo cual se busca información sobre las propiedades mecánicas, químicas y físicas de los aceros más utilizados que estar expuestas.

2.1.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas indican el comportamiento del material al ser expuesto a fuerzas externas, estas propiedades son fundamentales para entender y predecir el comportamiento del material bajo cargas, deformaciones y fracturas.

2.1.2 Propiedades físicas

Las propiedades físicas tienen un papel importante, por lo que con ello se puede entender el comportamiento del acero en condiciones ambientales y de uso.

2.1.3 Propiedades químicas

Las propiedades químicas en los aceros son de suma importancia ya que determinan su resistencia mecánica, la capacidad de resistir la corrosión y su comportamiento durante la soldadura y procesabilidad durante la fabricación del producto final.

2.2 Materiales usados en la construcción

2.2.1 Tubo rectangular inoxidable AISI 304

El material de calidad 201 es una opción muy adecuada en términos de precio en comparación con los aceros inoxidables convencionales de cromo-níquel.

El tubo rectangular de acero inoxidable AISI 304, Figura 19, destacado por sus excelentes propiedades de soldadura y capacidad de embutición profunda como se puede observar en la Tabla 1, este material es ampliamente utilizado debido a su fácil manipulación y bajo mantenimiento.

Figura 19.- *Tubo de acero inoxidable*



Fuente: (DIPAC, Productos de acero, 2019)

Tabla 1.- Propiedades del tubo rectangular de acero inoxidable

Propiedad	Descripción
Resistencia a la Corrosión	Alta resistencia a la corrosión en diversos ambientes, incluidos entornos corrosivos y marítimos.
Durabilidad	Alta durabilidad debido a su composición de acero inoxidable.
Resistencia Mecánica	Excelente resistencia mecánica y estructural, adecuado para aplicaciones que requieren alta resistencia.
Facilidad de Mantenimiento	Superficie lisa y no porosa que facilita la limpieza y mantenimiento, requiriendo poco cuidado.
Propiedades de Soldadura	Buenas propiedades de soldadura, permitiendo la fabricación y ensamblaje eficiente en estructuras complejas.
Aplicaciones	Industriales y comerciales, incluyendo equipos de procesamiento de alimentos, aplicaciones arquitectónicas, farmacéuticas, y en la industria química

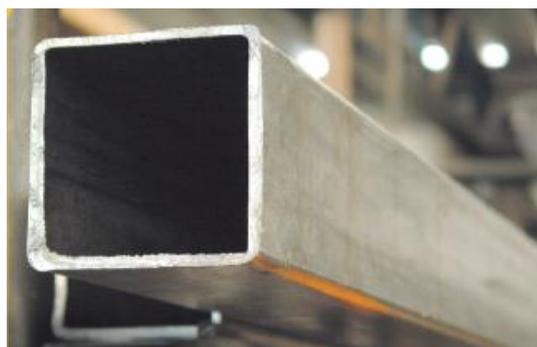
Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

2.2.3 Tubo estructural cuadrado negro galvanizado ASTM A500 Grado B

El tubo de acero ASTM A500, Figura 20, es parte de los materiales más usados para la construcción de remolques ya que posee buenas propiedades mecánicas, sus espesores van desde 1,20mm hasta 5mm.

El material posee una gran resistencia a la tracción, y ofrece algunas ventajas como se describen en la Tabla 2, las más notorias son:

- Soldabilidad.
- Maquinabilidad
- Flexibilidad

Figura 20.- *Tubo estructural cuadrado negro o galvanizado ASTM 500 Grado B*

Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

Tabla 2.- *Propiedades del tubo estructural ASTM500*

Propiedades	Descripción
Calidad	Alto contenido de acero al carbono, proporcionando excelente resistencia y durabilidad.
Resistencia a la Corrosión	Excepcional capacidad para resistir la oxidación y el deterioro en entornos corrosivos.
Durabilidad	Alta durabilidad, por su gran resistencia y robustez esto asegura una larga vida útil incluso en condiciones adversas.
Resistencia Mecánica	Alta resistencia mecánica, permitiendo soportar cargas pesadas y tensiones sin deformarse.
Facilidad de Mantenimiento	Muy buena, ya que requiere mínimos cuidados para mantener su integridad estructural.
Propiedades de Soldadura	Buena, facilitando su unión con otros materiales de construcción sin comprometer la resistencia del conjunto.
Aplicaciones	Ideal para construcciones expuesta a intemperie y en entornos corrosivos, como puentes, edificios industriales y estructuras exteriores.

Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

2.2.4 Tubo estructural rectangular negro SAE J 4003 1008

El material es fabricado con la norma NTE INEN 2415 y está disponible en calidad SAE 403 1008 con sus propiedades respectivas expuestas en la tabla 3. Se encuentra en dos presentaciones como acero negro y acero galvanizado, con espesores de 1,2 mm a 3 mm con una longitud es de 6 metros, Figura 21.

Figura 21.- *Tubo estructural rectangular negro*



Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

Tabla 3.- *Propiedades Tubo Estructural rectangular negro*

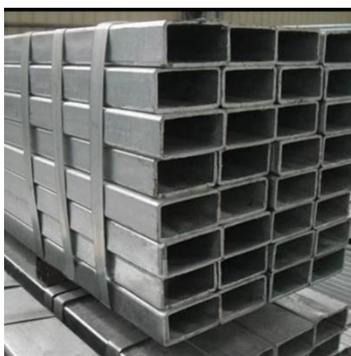
Propiedades	Descripción
Resistencia a la Corrosión	Moderada a baja resistencia a la corrosión, típicamente requiere protección adicional en ambientes corrosivos
Durabilidad	Buena durabilidad en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento.
Resistencia Mecánica	Adecuada resistencia mecánica para aplicaciones estructurales ligeras y medianas
Facilidad de Mantenimiento	Superficie generalmente lisa que facilita la limpieza y el mantenimiento.
Propiedades de Soldadura	Buenas propiedades de soldadura, permitiendo la fabricación y ensamblaje eficiente en estructuras simples y medianas.
Aplicaciones	Principalmente utilizado en construcción ligera, fabricación de estructuras de soporte, muebles metálicos, y aplicaciones industriales donde la corrosión no es un factor crítico

Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

2.2.5 Tubo estructural rectangular galvanizado SAE J 403 1008

El tubo estructural rectangular galvanizado, Figura 22, según la norma NTE INEN 2415 están fabricados con acero de calidad SAE J 403 108, este material cuenta con diversos espesores que van desde 1,2 mm hasta 3 mm y su longitud va desde los 6 metros, las propiedades se indican en la Tabla 4.

Figura 22.- *Tubo cuadrado galvanizado*



Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

Tabla 4.- *Propiedades del Tubo SAE J 403 1008*

Propiedades	Descripción
Calidad	Acero al carbono SAE
Resistencia a la Corrosión	Alta resistencia a la corrosión gracias al recubrimiento galvanizado, adecuado para entornos húmedos y corrosivos.
Durabilidad	Excelente durabilidad debido a la protección adicional contra la corrosión, prolongando la vida útil del material.
Resistencia Mecánica	Buena resistencia mecánica, adecuada para aplicaciones estructurales ligeras y medianas.
Facilidad de Mantenimiento	El recubrimiento galvanizado facilita el mantenimiento.
Propiedades de Soldadura	Buenas propiedades de soldadura
Aplicaciones	Utilizado en construcción expuesta a intemperie, estructuras de soporte, y en aplicaciones industriales donde la resistencia a la corrosión es esencial.

Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

2.2.6 Tubo mecánico cuadrado JIA 3141

El tubo mecánico cuadrado es fabricado bajo la normativa NTE INEN 2415 y calidad JIS 3141 SPCC SD, Figura 23, sus propiedades se reflejan en la Tabla 5.

El material viene en diferentes espesores que están en un rango de 0,8 mm a 1,5 mm con una longitud de 6 metros.

Figura 23.- *Tubo mecánico cuadrado*



Fuente: (DIPAC, Productos de Acero)

Tabla 5.- *Propiedades tubo mecánico cuadrado JIA 3141*

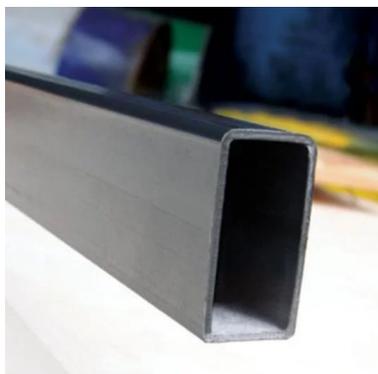
Propiedades	Descripción
Calidad	Acero al carbono de alta calidad
Resistencia a la Corrosión	Moderada a baja; puede requerir protección adicional en ambientes corrosivos.
Durabilidad	Buena durabilidad en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento.
Resistencia Mecánica	Alta resistencia mecánica y estructural, adecuado para aplicaciones que requieren robustez.
Facilidad de Mantenimiento	Superficie generalmente lisa que facilita la limpieza y el mantenimiento.
Propiedades de Soldadura	Excelentes propiedades de soldadura, facilitando la fabricación y ensamblaje eficiente de estructuras.
Aplicaciones	Utilizado en construcción ligera y media, estructuras de soporte, componentes industriales.

Fuente: (DIPAC, 2019)

2.2.7 Tubo mecánico rectangular JIS 3141

El tubo mecánico rectangular, es fabricado bajo la norma NTE INEN 2415 con calidad JIS 3141 SPCC SD con acabado de acero negro, Figura 24, cuenta con espesores de 0,8 mm a 1,5 mm con una longitud de 6 metros, las propiedades se visualizan en la Tabla 6.

Figura 24.- *Tubo mecánico rectangular*



Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

Tabla 6.- *Propiedades Tubo mecánico rectangular JIS 3141*

Propiedades	Descripción
Calidad	Acero al carbono de alta calidad
Resistencia a la Corrosión	Moderada a baja temperatura puede requerir protección adicional en ambientes corrosivos.
Durabilidad	Buena durabilidad en condiciones adecuadas de uso y mantenimiento.
Resistencia Mecánica	Alta resistencia mecánica y estructural, adecuado para aplicaciones que requieren robustez.
Aplicaciones	Estructuras de soporte, mobiliario metálico, componentes industriales, y en cualquier aplicación que requiera un tubo de sección rectangular con buenas propiedades mecánicas.

Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

2.2.8 Tubo mecánico cuadrado galvanizado JIS 3141

El tubo mecánico rectangular, es fabricado bajo la norma NTE INEN 2415 con calidad JIS 3141 SPCC SD con acabados de acero galvanizado, Figura 25, cuenta con espesores de 0,8 mm a 1,5 mm con una longitud de 6 metros, las propiedades se pueden encontrar en la Tabla 7.

Figura 25.- *Tubo cuadrado mecanico*



Fuente: (DIPAC, Productos de Acero, 2019)

Tabla 7.- *Propiedades Tubo mecánico cuadrado galvanizado JIS 3141*

Propiedades	Descripción
Calidad	JIS 3141 SPCC SD
Resistencia a la Corrosión	Moderada a baja temperatura, se recomienda protección adicional en ambientes corrosivos.
Durabilidad	Buena durabilidad en condiciones normales de uso y mantenimiento adecuado.
Resistencia Mecánica	Alta resistencia mecánica, adecuada para aplicaciones que requieren robustez estructural.
Facilidad de Mantenimiento	Superficie lisa que facilita la limpieza y mantenimiento regular.
Propiedades de Soldadura	Buenas propiedades de soldadura, permitiendo fabricación y ensamblaje eficientes.
Aplicaciones	Utilizado en construcción ligera y media, estructuras de soporte, mobiliario metálico, y aplicaciones industriales donde se requiera resistencia mecánica y facilidad de fabricación.

Fuente: (DIPAC, 2019)

2.3 Análisis comparativo

Tabla 8.- *Tabla comparativa de las propiedades de los materiales*

Propiedades	Tubo rectangular inoxidable AISI 304	Tubo estructural cuadrado negro galvanizado ASTM 500 Grado B	Tubo estructural rectangular negro SAE J 4003 1008	Tubo mecánico cuadrado JIA 3141 SPCC	Tubo mecánico cuadrado JIS G 3141 SPCC	Tubo mecánico cuadrado galvanizado JIS G 3141 SPCC
Composición química	18 % Cr 8 % Ni Fe: Balanceado	0,26 C 0,040% P 0,20 %S 0,20% Cu	0,08 % C 0,30 % Mn	0,15 % C 0,60 % Mn	0,15 % C 0,60 % Mn	0,15 % C 0,60 % Mn
Densidad g/cm*3	8	7,85	7,85	7,85	7,85	7,85
Resistencia a la tracción (MPa)	515	550	315	260	270	285
Limite elástico (MPa)	205	290	200	210	220	240
Módulo de elasticidad	193	200	200	200	200	200
Dureza (HB)	92 (HRB)	87(HRB)	55	60	70	70
Alargamiento a la rotura	40	23	30	30	30	30

Fuente: (DIPAC, Propiedades de acero, 2019)

2.4 Conclusiones del análisis

2.4.1 Esfuerzo a la fluencia

Analizando la tabla se concluye que el ASTM 500 grado B es más alto en comparación a los demás materiales, esto indica que posee una mayor resistencia a la deformación plástica inicial bajo una carga.

2.4.2 Esfuerzo a la tensión

El análisis de esfuerzo a la tensión del acero ASTM A500 Grado B brinda una buena resistencia a la tracción, lo que es muy efectiva para aplicaciones donde requiere soportar cargas altas sin fracturarse el material.

2.4.3 Elongación mínima

El acero ASTM A500 grado B (23%) proporciona una buena capacidad de deformación antes de llegar a la ruptura.

2.4.4 Módulo de elasticidad

A través del análisis del módulo de elasticidad el acero ASTM 500 grado B (315GPa) resulta beneficioso, esto debido a sus características de mayor rigidez y menor deformación en comparación con los otros materiales mencionados.

2.4.5 Propiedades físicas

Basándose en el análisis de las propiedades físicas se concluye que los materiales poseen una densidad muy semejante por lo que cualquier material a utilizar para la construcción proporciona excelentes prestaciones, como:

- Reducción de peso en las estructuras como en aplicaciones de construcción y transporte.
- Brinda valores significativos de resistencia a la fluencia.
- Relevante en aplicaciones que requieren mayor rigidez y resistencia estructural

2.4.6 Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los materiales son factores determinantes al establecer comparaciones, pues cada una de ellas aporta para su mejora, el material con mayores beneficios es el acero ASTM 500 por su gran cantidad de cobre que lo compone, brindando

una excelente resistencia a la corrosión, haciéndolo más adecuado para aplicaciones expuestas en ambientes corrosivos.

Las bajas cantidades de Fosforo(P) y Azufre(S) que son parte del acero ASTM A500 Grado B evitan daños que podrían afectar a la soldabilidad, sucede lo contrario si estos compuestos se presentan en cantidades elevadas, ocasionando vulnerabilidad en el material haciéndolo más frágil.

En consecuencia de todos los análisis realizados para la selección del material apropiado para la construcción del prototipo, el material sobresaliente y que resulta óptimo en todos los aspectos es el acero ASTM A500 Grado B gracias a sus propiedades mecánicas, físicas y químicas, lo que lo convierte en el material idóneo para aplicaciones industriales, de construcción y fabricación de chasis de remolques cumpliendo todos los requisitos de rendimiento en una variedad de entornos y condiciones operativas.

2.5 Herramientas y Método de ensayo

El objetivo del ensayo es determinar las propiedades mecánicas del material aplicando una fuerza externa, para lograr esto, se aplica una carga controlada sobre el material y se observan las reacciones del mismo.

En el ensayo se utilizan diversos equipos e instrumentos de medición para asegurar que los resultados sean precisos. Los datos obtenidos se analizan posteriormente para verificar el comportamiento del material bajo diferentes condiciones de carga.

Los ensayos son fundamentales en la ciencia e ingeniería de los materiales, determinando el comportamiento del material en situaciones reales. Gracias a la información que se obtiene, se da el uso adecuado del material en diversas industrias, asegurando la eficiencia, seguridad en su aplicación.

2.6 Materiales y equipos

- Probetas de acero ASTM A500 Grado B:

Corresponden al material base empleado para los distintos tipos de ensayos (tensión, tracción y compresión).

- Calibre Vernier (Pie de rey):

Instrumento de medición para obtener dimensiones precisas de las probetas.

- Máquina de ensayo universal:

Equipo utilizado para aplicar la carga y medir las propiedades mecánicas del material.

- Extensómetro:

Forma parte de los distintos instrumentos de medición existentes y en este caso mide la deformación de la probeta durante el ensayo.

- Sujeciones para el material:

Hacen referencia a las mordazas y otros dispositivos de sujeción para asegurar la probeta en la máquina de ensayo.

- Software de registro y análisis de datos:

Es una herramienta fundamental para registrar y analizar los datos que se obtendrán durante el transcurso del ensayo (TrapeziumX-V).

- Gafas de seguridad:

Equipo de protección personal para proteger los ojos de pequeñas partículas que puedan afectar la vista durante el ensayo.

- Mandil:

Protección adicional para el cuerpo y la ropa durante la manipulación de las probetas y el equipo.

- Franela:

Es un material generalmente de tela que sirve para limpiar las impurezas y preparar las probetas antes del ensayo.

- Guantes:

Son parte de los equipos de protección individual para las manos, usados durante la manipulación de las probetas y el equipo.

2.7 Ensayo de compresión

2.7.1 Procedimiento del ensayo de compresión

- Medir la longitud inicial de la probeta con datos de la normativa NTE INEN 866:2012 (la longitud de la probeta de ensayo va de 0 a 300 mm), Figura 26.

- Se deberá hacer uso de un micrómetro o calibre vernier, con la finalidad de medir y registrar la longitud inicial de la probeta, la longitud inicial de la probeta es de 150 mm, con un área transversal de 231 mm.

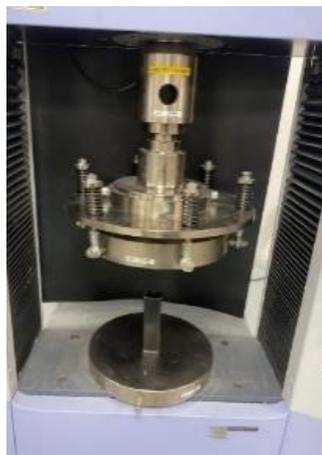
Figura 26.- *Medición de la probeta*



Fuente: Autores

- Asegurar la probeta con las mordazas de la máquina de ensayos.
- Colocar la probeta en las mordazas de la máquina de ensayo universal, asegurándose de que esté firmemente sujeta y centrada para asegurar la precisión en el ensayo, Figura 27.

Figura 27.- *Acoplamiento de la probeta*



Fuente: Autores

- Aplicar la carga de manera continua y uniforme a una velocidad constante hasta la fractura del material.
- Iniciar la máquina de ensayo y aplicar la carga de forma controlada y continua a una velocidad constante, hasta que la probeta se fracture, Figura 28.

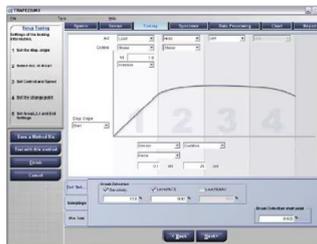
Figura 28.- Aplicación de la fuerza a la probeta



Fuente: Autores

- Registrar los datos del software.
- En TrapeziumX-V, Figura 29. se registra los datos más relevantes de la probeta y las cargas a aplicarse durante el ensayo.

Figura 29.- Programa TrapeziumX-V



Fuente: Autores

- Realizar mediciones de las probetas una vez aplicadas las fuerzas externas.
- Después de realizar el ensayo se debe retirar la probeta de las mordazas para medir las dimensiones finales para evaluar la deformación total y otros cambios en la probeta, Figura 30.

Figura 30.- Probeta deformada.



Fuente: Autores

2.7.2 Resultados obtenidos del ensayo de compresión

La tabla 9 proporciona los datos del ensayo.

Tabla 9.- Datos del ensayo de compresión

Palabra clave		Nombre de producto	ASTM 500 Grado B
Nombre del archivo del ensayo	COMPRESIÓN.xtas	Nombre de método de ensayo	Compresión.xmas
Fecha de informe	05/07/2024	Fecha de ensayo	05/07/2024
Modo de ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Compresión
Velocidad	$6 \frac{N}{mm^2} / sec$	Forma	Área
Numero de partidas	1	Numero de muestras	1

Fuente: Autores

La tabla 10 expone los resultados obtenidos en el ensayo:

Tabla 10.- Resultados del ensayo

Nombre	Max. Fuerza	Max. Tensión	Max. Desplazamiento	Max. Deformación
Parámetros	Calc. at Entire Áreas	Calc. at Entire Áreas	Calc. at Entire Áreas	Calc. at Entire Áreas
Unidad	N	N/mm^2	mm	%
TUBO	66632.7	288.453	2.27453	1.51635
compresión				

Fuente: Autores

De la misma se reflejan los siguientes valores:

- La fuerza máxima aplicada durante la prueba de compresión (66632.7 N).
- Una tensión máxima de $288.453 N/mm^2$ experimentada por el material durante la prueba.
- El máximo desplazamiento durante el ensayo (2.27453mm).
- El porcentaje de deformación durante la experimentación (1.51635 %).

En la tabla 11 se representa los valores de rupturas que sufre el material, el ensayo se realizó con una sensibilidad de 10 para obtener valores adecuados.

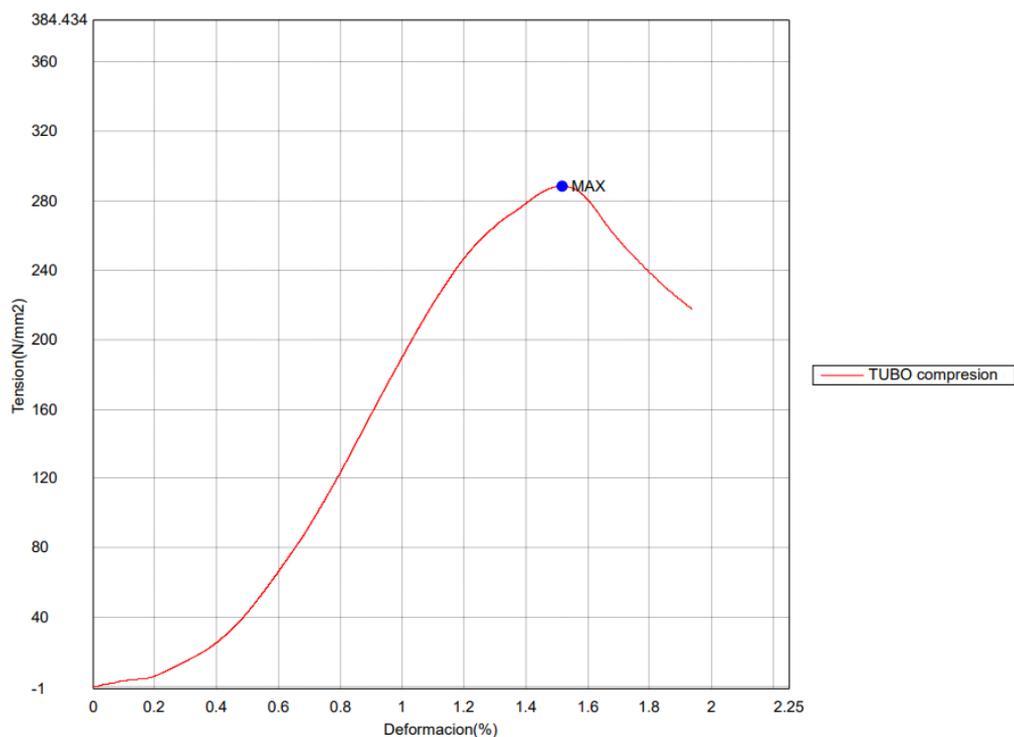
Tabla 11.- Datos de rupturas

Nombre	Rotura Fuerza	Rotura Tensión	Rotura Desplazamiento	Rotura Deformación
Parámetros	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	N	N/mm^2	Mm	%
TUBO compresión	--	--	--	--

Fuente: Autores

Al realizar el ensayo, no se obtuvieron datos de ruptura lo que indica que el material no sufrió daño de manera significativa, pero si se pudo apreciar la deformación determinada en cierto punto de la probeta.

Figura 31.- Gráfico tensión – deformación



Fuente: Autores

En la gráfica tensión-deformación, figura 31, se representa:

- El porcentaje de deformación en el eje X, dada por el cambio de longitud del material al ser expuesta a una fuerza de compresión.
- La tensión que experimenta el material en el eje Y, medida en Newtons por milímetro cuadrado.
- La curva de color rojo que indica la relación entre tensión y deformación durante el ensayo, donde se observa la tensión máxima de la curva, resultando en un valor de 1.5% correspondiente a la deformación y una tensión de 290 N/mm^2 .

2.8 Ensayo de Flexión

2.8.1 Procedimiento del ensayo de flexión

- Medir la longitud inicial de la probeta.
- Utilizar un micrómetro o calibre vernier para medir y registrar la longitud inicial de la probeta, la longitud inicial de la probeta es de 290 mm, con un área transversal de 231 mm, Figura 32.

Figura 32.- *Medición de la probeta*

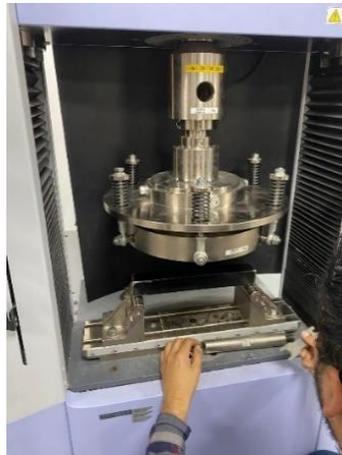


Fuente: Autores

- Asegurar la probeta con las mordazas de la máquina de ensayos.

- Colocar la probeta en las mordazas de la máquina de ensayo de flexión, asegurando una posición adecuada y que se encuentre bien sujeta con el fin de obtener mayor precisión, Figura 33.

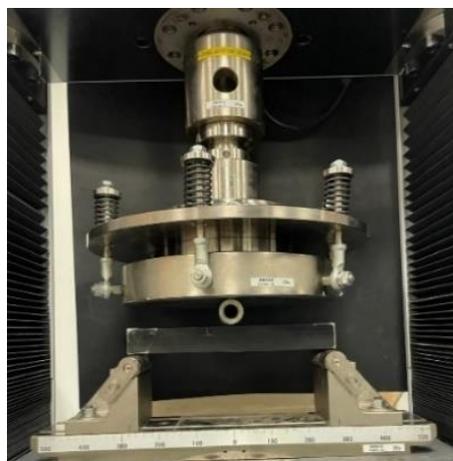
Figura 33.- *Acoplamiento de la probeta*



Fuente: Autores

- Aplicar la carga de manera continua y uniforme a una velocidad constante hasta la fractura del material.
- Iniciar la máquina de ensayo y aplicar la carga de forma controlada y continua a una velocidad constante, hasta que la probeta se fracture, Figura34.

Figura 34.- *Aplicación de fuerza a la probeta*

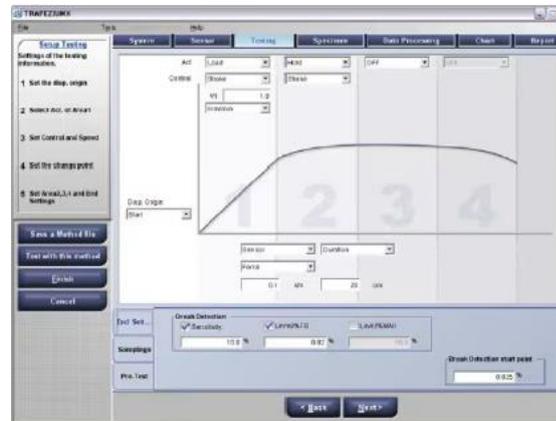


Fuente: Autores

- Registrar los datos del software.

- En el programa TrapeziumX-V, Figura 35, se registran los datos más relevantes de la probeta y las cargas a aplicarse durante el ensayo.
- Realizar mediciones de las probetas una vez aplicadas las fuerzas externas.

Figura 35.- Programa TrapeziumX-V



Fuente: Autores

Realizar el ensayo y retira la probeta de los puntos fijos de las mordazas para medir las dimensiones finales y evaluar la deformación total y otros cambios en la probeta, Figura 36.

Figura 36.- Resultado de la probeta ensayada



Fuente: Autores

2.8.2 Resultados obtenidos del ensayo de Flexión

En la tabla 12 se presentan los datos del ensayo de flexión.

Tabla 12.- Datos del ensayo de Flexión

Palabra clave		Nombre de producto	ASTM 500 Grado B
Nombre del archivo del ensayo	FLEXIÓN.xtas	Nombre de método de ensayo	Flexión.xmas
Fecha de informe	05/07/2024	Fecha de ensayo	05/07/2024
Modo de ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	Flexión
Velocidad	$5 \frac{mm}{min}$	Forma	Plana
Numero de partidas	1	Numero de muestras	1

Fuente: Autores

En la tabla 13 se exponen los datos obtenidos en el ensayo:

Tabla 13.- Resultados del ensayo de flexión

Nombre	Máx. Fuerza	Máx. Tensión	Máx. Desplazamiento	Máx. Deformación
Parámetros	Calc. at Entire Áreas			
Unidad	N	N/mm^2	mm	%
1 _ 1	111934.7	1790199	2.56160	0.15370

Fuente: Autores

Luego de realizar el ensayo se obtuvieron los siguientes resultados:

- Fuerza máxima aplicada durante la prueba de flexión (111934.7 N).
- La tensión máxima experimentada por el material durante la prueba de 1790199 N/mm^2 .
- El máximo desplazamiento durante el ensayo (2.56160 mm).
- El porcentaje de deformación durante la experimentación (0,15370 %).

La tabla 14 muestra los valores de las rupturas que sufre el material durante el ensayo:

Tabla 14.- Resultados de rupturas

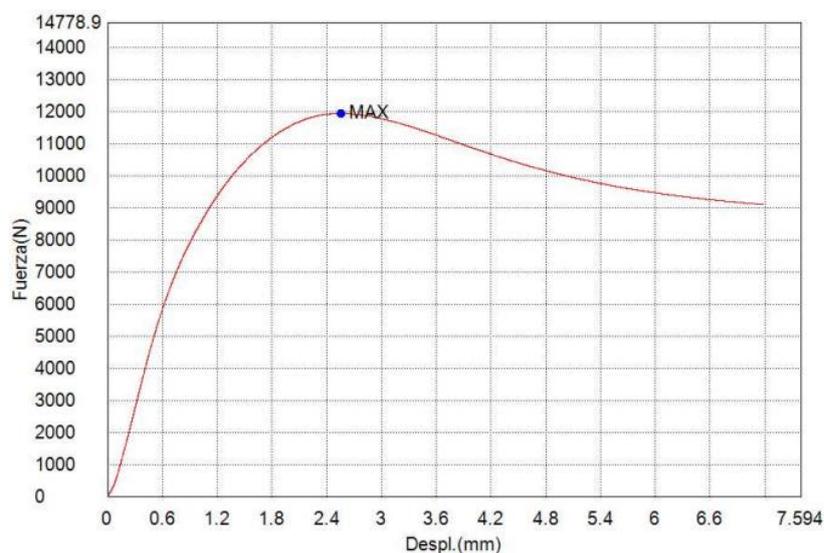
Nombre	Rotura Fuerza	Rotura Tensión	Rotura Desplazamiento	Rotura Deformación
Parámetros	Sensibilidad ad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	N	N/mm^2	Mm	%
TUBO compresión	--	--	--	--

Fuente: Autores

El ensayo se realizó con una sensibilidad de 10, lo cual permitió obtener valores precisos y adecuados para el análisis, la alta sensibilidad en la medición garantiza la exactitud de los datos, permitiendo entender cómo se comporta el material bajo condiciones de estrés.

Se verifica la ausencia de datos de ruptura lo que significa que el material no falló de forma grave, pero si llegó a su deformación.

Figura 37.- Curva fuerza – desplazamiento



Fuente: Autores

La figura 37 que relaciona la curva fuerza-desplazamiento, se refleja lo siguiente:

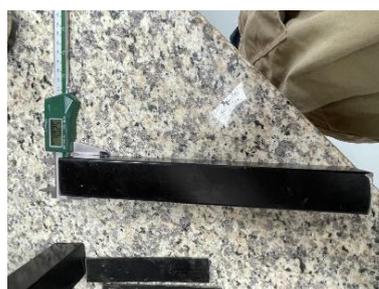
- El desplazamiento de la probeta en milímetros en el eje X, en donde se observa que el desplazamiento alcanzó los 2.5 mm, el mismo es un indicador clave del comportamiento del material bajo una carga, proporcionando información valiosa sobre su capacidad de deformación antes de alcanzar el punto de ruptura.
- La fuerza aplicada en Newtons a través del eje Y.
- El proceso de variación de la fuerza en relación con el desplazamiento a través de la curva.
- La ascendencia rápida de la curva en la fase elástica antes de llegar a los 12000 N, indicando que el material se deforma de manera elástica lo que significa que el mismo puede regresar a su forma inicial al dejarse de aplicar la carga externa.
- El punto máximo que es la fuerza máxima aplicada en este ensayo, correspondiente a un valor de 12000 N siendo el valor máximo de la resistencia del material antes de descender, la curva descendente indica la deformación plástica por lo que ha superado su límite elástico, estableciendo que el material ya no regresará a su forma inicial cuando se deje de aplicar la fuerza.

2.9 Ensayo de tracción

2.9.1 Procedimiento del ensayo de tracción

- Medir la longitud inicial de la probeta.
- Utilizar un micrómetro o calibre vernier para medir y registrar la longitud inicial de la probeta, la longitud inicial de la probeta es de 290 mm, con un área transversal de 231 mm parámetros que se encuentran dentro de la normativa NTE INEN 109:2009, la cual establece que las medidas deben ir de 0 a 300 mm de longitud, Figura 38.

Figura 38.- *Medición de las probetas.*



Fuente: Autores

- Asegurar la probeta con las mordazas de la máquina de ensayos.
- Colocar la probeta en las mordazas de la máquina de ensayo de flexión, Figura 39, asegurando la correcta posición y que esté debidamente sujeta.

Figura 39.- *Acoplamiento de la probeta*



Fuente: Autores

- Aplicar la carga de manera continua y uniforme a una velocidad constante hasta la fractura del material.
- Iniciar la máquina de ensayo y aplicar la carga de forma controlada y continua a una velocidad constante, hasta que la probeta se fracture, Figura 40.

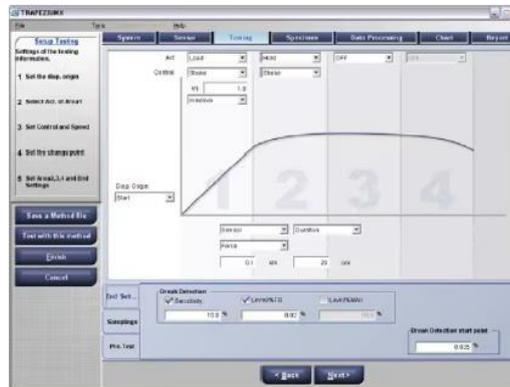
Figura 40.- *Aplicación de fuerza a la probeta*



Fuente: Autores

- Registrar los datos del software.
- En TrapeziumX-V, Figura 41, se registran los datos más relevantes de la probeta y las cargas que se aplicarán.

Figura 41.- Programa Trapezium X-V



Fuente: Autores

- Realizar mediciones de las probetas una vez aplicadas las fuerzas externas.
- Después de realizar el ensayo se procede a retirar la probeta de las mordazas para medir las dimensiones finales con el fin de evaluar la deformación total y otros cambios en la probeta, Figura 42.

Figura 42.- Resultados de la probeta



Fuente: Autores

2.9.2 Resultados obtenidos del ensayo de tracción

Se realizaron dos ensayos con distintas probetas, a continuación, en la tabla 15 se indican los parámetros iniciales para el mismo:

Tabla 15.- Datos del ensayo de tracción

Palabra clave		Nombre de producto	ASTM 500 Grado B
Nombre del archivo del ensayo	TRACCIÓN.xtas	Nombre de método de ensayo	Tracción.xmas
Fecha de informe	05/07/2024	Fecha de ensayo	05/07/2024
Modo de ensayo	Sencillo	Tipo de ensayo	tracción
Velocidad	$6 \frac{N}{mm^2}/sec$	Forma	Plana
Numero de partidas	1	Numero de muestras	2

Fuente: Autores

En la tabla 16 se presentan los datos obtenidos en el ensayo:

Tabla 16.- Resultados del ensayo de tracción

Nombre	Máx. Fuerza	Máx. Tensión	Máx. Desplazamiento	Máx. Deformación
Parámetros	Calc. at Entire Áreas	Calc. at Entire Áreas	Calc. at Entire Áreas	Calc. at Entire Áreas
Unidad	N	N/mm^2	Mm	%
Tracción 1	16066.6	357.036	6.46309	21.5436
Tracción 2	16511.4	366.919	7.04110	23.4703

Fuente: Autores

Después de realizar los ensayos, se obtuvo:

- Los valores correspondientes de fuerza máxima, siendo 16066.6N y 16511.4 respectivamente.

- Valores de tensión máxima, 357.036 N/mm² y 366.919 N/mm².
- Los desplazamientos máximos, 6.46309mm en la prueba de tracción 1 y 7.04110mm en la prueba de tracción 2.
- Porcentaje de deformación en cada prueba de tracción, 21.5436% y 23.4703%.

Se aprecia que los resultados obtenidos son similares debido a que el material ensayado en las dos pruebas es el mismo (ASTM A500).

En la tabla 17, se exponen los valores de ruptura que sufre el material en los ensayos, mismo que se realizaron con una sensibilidad de 10 para obtener valores más precisos.

Tabla 17.- Resultados de ruptura

Nombre	Rotura Fuerza	Rotura Tensión	Rotura Desplazamiento	Rotura Deformación
Parámetros	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10	Sensibilidad 10
Unidad	N	N/mm ²	Mm	%
Tracción 1	6631.66	147.370	10.2633	34.2110
Tracción 2	6745.3	168.895	10.6582	35.5274

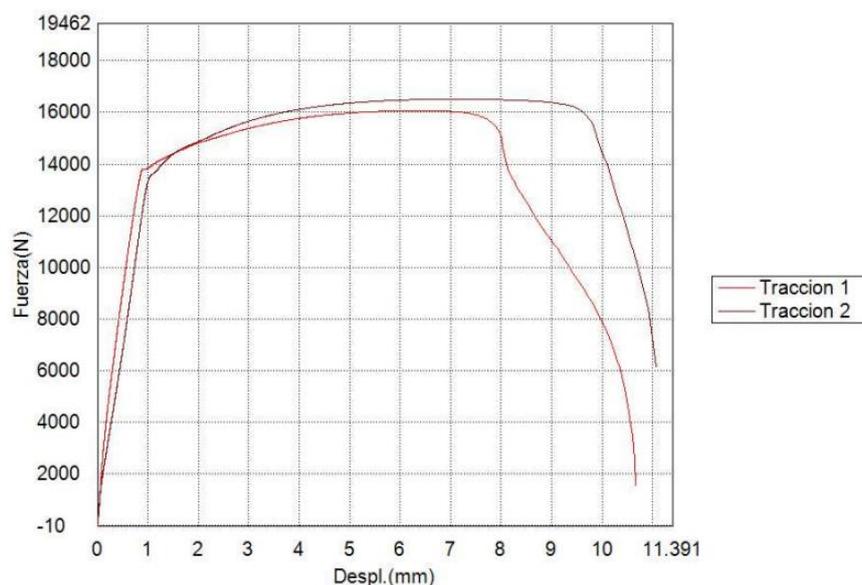
Fuente: Autores

Después de la primera prueba se determinan los valores correspondientes en el punto de rotura, como: fuerza (6631.66 N), tensión (147.370 N/mm²), desplazamiento (10.2633 mm) y deformación (34.2110 %).

En la segunda prueba se obtienen los valores correspondientes en el punto de rotura, como: fuerza (6745.3 N), tensión (168.895 N/mm²), desplazamiento (10.6582 mm) y deformación (35.5274 %).

Los resultados en ambas pruebas arrojaron valores similares en cada uno de los parámetros mencionados anteriormente, debido a que se usaron distintas probetas del mismo tipo de material (ASTM A500).

Figura 43.- Curva fuerza – desplazamiento



Fuente: Autores

La, Figura 43, representan los ensayos de tracción realizados con el mismo material y en las mismas condiciones en donde:

El eje X representa el desplazamiento de la probeta en milímetros, en donde el ensayo 1 va de 0 a 11.200 mm y en el ensayo 2 va de 0 a 11.391.

El eje Y es la representación de la fuerza aplicada en Newtons, los valores de la curva van de 0 a 17000 N correspondiente a la primera tracción y en segunda tracción los valores van de 0 a 16900N, la variación no es significativa porque están realizadas bajo las mismas condiciones.

Las curvas representan el comportamiento típico del material dúctil sometido a un ensayo de tracción, como primer punto se observa que las curvas dan forma a una pendiente pronunciada, que indica la zona elástica del material donde se deforma progresivamente por la fuerza aplicada.

En el desplazamiento de 2-3 mm se observa que las curvas adquieren una forma plana, alcanzando un valor máximo de la fuerza, el punto es identificado como el límite de fluencia o resistencia máxima del material.

Después de este punto se puede observar que la fuerza disminuye, pero aumenta el desplazamiento indicando que el material está fallando o se está fracturando.

3 CAPÍTULO III: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL REMOLQUE

El proceso de construcción de un remolque es una tarea compleja que requiere una planificación meticulosa, una ejecución precisa y un control de calidad riguroso, el objetivo de este capítulo es detallar cada fase del proceso de construcción, desde la preparación inicial hasta las pruebas finales, proporcionando una guía comprensible y técnica que asegure la calidad y funcionalidad del remolque construido.

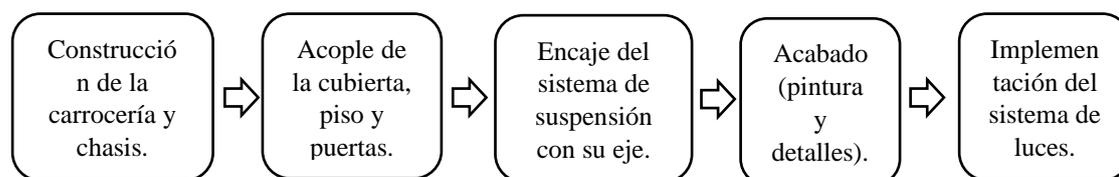
La construcción de un remolque para vehículos de competencia involucra varios pasos críticos, que incluyen la planificación y preparación del sitio de trabajo, la selección y adquisición de materiales, la fabricación y ensamblaje de componentes, y la instalación de sistemas adicionales como son las luces, cada una de estas etapas debe ser ejecutada con precisión para garantizar que el remolque cumpla con los estándares de seguridad y rendimiento requeridos, aquí también se ofrecerá una visión detallada del proceso de construcción, indicando los recursos necesarios, seguido de una descripción paso a paso de los procedimientos de construcción.

3.1 Cronograma del proceso de construcción del remolque

Como fue establecido anteriormente un trabajo de construcción de cualquier tipo debe seguir un orden y considerar varios aspectos clave que influyen directamente en la eficiencia al momento de ejecutar la labor, tiempo, optimización de recursos, mano de obra, etc., es por ello que se presenta un breve resumen donde se indica cada parte del proceso y el orden que se tuvo que tener en cuenta a lo largo del tiempo, Figura 44.

En primer lugar, se eligió un espacio adecuado para la realización de la obra que en este caso fue un taller, al contar con todas las herramientas y equipos necesarios, posterior a ello se comenzó con la construcción del chasis y la carrocería del remolque, como tercer punto se acoplaron las respectivas cubiertas y puertas del mismo, seguido de ello se implementó el sistema de suspensión y finalmente se pintó e instaló el sistema de luces.

Figura 44.- Cronograma de construcción



Fuente: Autores

3.2 Consideraciones a tener en cuenta para realizar el trabajo

La fabricación de remolques presenta numerosos peligros debido a la manipulación de equipos pesados, trabajos forzados y la exposición a condiciones climáticas adversas. Por esta razón, es vital que la seguridad en el lugar de trabajo se considere una prioridad máxima, a continuación, se detallan algunas prácticas esenciales para asegurar un entorno laboral seguro durante la construcción de remolques.

3.2.1 Capacitación y entrenamiento

Para garantizar la seguridad en la fabricación de remolques, es esencial que todo el personal reciba una formación adecuada. Cada miembro del equipo debe pasar por un programa exhaustivo de capacitación en seguridad antes de comenzar a trabajar. Este entrenamiento debe incluir el uso seguro de herramientas y maquinaria, procedimientos de emergencia, y una comprensión profunda de las mejores prácticas de seguridad.

3.2.2 Uso de Equipos de Protección Individual (EPIs)

Cascos, guantes, gafas de protección, ropa de trabajo, calzado industrial, son parte de los EPIs, Figura 45, los cuales son importantes en la construcción del remolque, pues eviten que quienes realicen el trabajo sufran posibles lesiones en caso de accidentes graves.

Figura 45.- Equipos de protección individual



Fuente: (Acosta, 2018)

3.2.3 Supervisión constante y comunicación

La supervisión constante del proyecto es esencial para garantizar que se sigan todos los procedimientos de seguridad, se deben identificar situaciones de riesgo y tomar medidas correctivas de inmediato, también es importante resaltar la comunicación efectiva que es fundamental para cada parte de la fabricación, garantizando que se cumplan los estándares de seguridad y se aborden las preocupaciones diarias.

3.2.4 Mantenimiento preventivo

Las herramientas y equipos de trabajo son los principales causantes de muchos accidentes, usar los equipos en mal estado puede ser extremadamente peligroso y aumentar significativamente el riesgo de accidentes, por lo tanto, se deben realizar inspecciones y mantenimiento preventivo de manera constante para minimizar estos riesgos.

3.3 Equipos y herramientas

Basados en los equipos y herramientas disponibles en el taller se usaron los siguientes:

- Equipos de Protección Individual mencionados previamente.
- Cortadora angular para tubos de acero.
- Soldadora eléctrica 220V.
- Compresor de aire.
- Instrumentos de medición (flexómetro, calibrador pie de rey).
- Pistola de pintura.
- Pulidora.
- Remachadora.
- Amoladora.
- Taladro.
- Electrodo 6011 para la soldadura.

3.4 Construcción del remolque

Considerando los planos proporcionados se empezó con el proceso de fabricación del remolque a través de distintas etapas y siguiendo un determinado orden los cuales se mencionarán en este apartado.

3.4.1 Construcción de la carrocería y chasis

Basándose en la simulación y ensayos donde se determinan los materiales ideales, se adquirieron tubos cuadrados de acero galvanizado de 40x40x1.5 milímetros para el chasis, seguido de ello se ubicó la respectiva plancha para el piso, Figura 46.

Figura 46.- *Piso de la estructura del remolque*



Fuente: Autores

La estructura interna correspondiente, Figura 47, fue acoplada al piso detallado anteriormente y fue realizada con tubo cuadrado de acero galvanizado de 40x40x1.5 milímetros, Figura 48.

Figura 47.- *Estructura interna del remolque*



Fuente: Autores

Figura 48.- Estructura montada sobre el piso del remolque



Fuente: Autores

3.4.2 Acoplamiento de la cubierta, piso y puertas

Antes de colocar las cubiertas se pintó la estructura interior del remolque, Figura 49.

Figura 49.- Estructura interna terminada del remolque



Fuente: Autores

Después se colocaron las cubiertas respectivas de la carrocería siendo planchas de acero antideslizante para el piso y planchas de acero galvanizado en los laterales y techo, Figura 50.

Figura 50.- *Inicio de recubrimiento lateral*



Fuente: Autores

Como último paso para completar la parte de la carrocería y chasis del remolque, se acoplaron el resto de cubiertas y las puertas previstas en el diseño, Figura 51.

Figura 51.- *Terminado de recubrimientos y elementos auxiliares*



Fuente: Autores

3.4.3 Implementación del sistema de suspensión

Se determinó que el sistema de amortiguación ideal sería el que se compone de hojas de ballestas y en el remolque todo el conjunto correspondiente al eje (suspensión, puntas de eje, neumáticos, etc.) fue adaptado de un modelo de camioneta ya existente, Chevrolet LUV 3200, Figura 52, aplicado por su alta capacidad de carga hasta de 1870kg y justificado en el proyecto de titulación “Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo Kart KF4 para el Grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana”. (García & Morocho, Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo Kart KF4 para el grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana, 2024)

Figura 52.- Eje de Chevrolet LUV 3200



Fuente: Autores

3.4.4 Pintado y ajuste del acople para la bola de enganche

Se adquirió un acoplador para remolque para bola de 2 pulgadas de la marca Truper, Figura 53, cumple con la norma SAE J684, está construido de acero galvanizado resistente a la corrosión, proporcionando un enganche rápido y seguro, pesa 2.2kg y tiene una capacidad hasta de 3500lb.

Figura 53.- Acople de remolque



Fuente: (Truper, 2024)

El acoplador fue colocado en la parte delantera del remolque a través de un proceso de soldadura con el fin de proporcionar fiabilidad, Figura 54.

Figura 54.-Colocación del acople



Fuente: Autores

Figura 55.-Construcción finalizada



Fuente: Autores

3.4.5 Implementación del sistema de luces

Para la instalación del sistema de iluminación se adquirió dos juegos de luces, los cuales cuentan con luz de retro, de posición y luz de freno, Figura 56.

Figura 56.-*Juegos de luces*



Fuente: Autores

Los juegos de luces se colocaron en la estructura del remolque en la parte trasera, Figura 57.

Figura 57.-*Instalación juegos de luces*



Fuente: Autores

3.5 Costos

3.5.1 Análisis de los costos y gastos

Con el fin de obtener el costo real del remolque, se consideran criterios como: costos de materiales, costos de montaje y pruebas, costos de acabados, costos de mano de obra y costos de diseño.

3.5.2 Costos de materiales

Hacen referencia a todos los gastos relacionados con la adquisición de los materiales necesarios para construir el remolque tales como: perfiles, elementos normalizados, partes del sistema de suspensión, pintura, etc.

Tabla 18.-Listado de materiales y sus costos

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
6	Tubo de acero cuadrado 40x40 mm ASTM A500	\$25,35	\$152,10
3	Tubo de perfil rectangular 40x30mm ASTM A500	\$22,40	\$67,20
2	Plancha de acero antideslizante ASTM A36	\$120	\$240
5	Planchas de acero galvanizado ASTM A653	\$64,60	\$323
1	Eje de suspensión Chevrolet LUV 3200	\$150	\$150
2	Neumáticos	\$20	\$40
2	Aros R15	\$30	\$60
	Pernos	\$30	\$30
	Cables eléctricos	\$5	\$5
	Conectores	\$6	\$6
2	Faros	\$12	\$12
1	Acoplador para remolque Truper SAE J684	\$25,57	\$25,57
		TOTAL	\$1110,87

Fuente: Autores

3.5.3 Costos de montaje y pruebas respectivas

En este apartado se indican partes de las herramientas usadas para la construcción del remolque.

Tabla 19.-Implementos de herramientas y sus costos

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
4	Discos de corte	\$2,50	\$10,00
2	Discos de pulir	\$3,00	\$6,00
6	Electrodos 6011	\$4	\$24,00
1	Cepillo de alambre	\$2,00	\$2,00
TOTAL			\$42,00

Nota. Costos de los implementos de las herramientas usadas. Fuente: Autores

3.5.4 Costos de acabados

Para que el remolque adquiriera una mejor apariencia, debe tener buenos acabados y ser bien realizados con el fin de proteger a la estructura evitando la corrosión.

Tabla 20.-Costos de equipos usados para el acabado

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Pintura de acabado	\$18,00	\$18,00
2	Pintura	\$11,00	\$22,00
1	Diluyente de pintura	\$5,00	\$5,00
5	Lija de agua 200	\$0,80	\$4,00
2	Cinta de seguridad	\$10,00	\$20,00
TOTAL			\$69

Nota. Se indican los costos de los equipos utilizados para darle un acabado al remolque.

Fuente: Autores

3.5.5 Costos de mano de obra

Indican el valor monetario que se paga a las personas involucradas en el proceso de producción, son muy importantes en cualquier proyecto de fabricación ya que reflejan el gasto asociado con el trabajo humano necesario para llevar a cabo las tareas de producción.

Tabla 21.-Costos de los trabajos realizados.

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
	Soldadura en el piso de la carrocería	\$75,00	\$75,00
	Soldadura de la estructura interna	\$150,00	\$150,00
	Acoplado de las planchas laterales	\$75,00	\$85,00
	Modificación y acoplado del eje con su respectivo sistema de suspensión	\$30,00	\$30,00
	Implementación de accesorios	\$10,00	\$10,00
	Instalación de las luces	\$10,00	\$10,00
	Proceso de pintado	\$40,00	\$40,00
		TOTAL	\$400

Nota: Descripción de los trabajos en la construcción del remolque. Fuente: Autores

3.5.6 Costos extras

Antes de empezar con la construcción del remolque se requiere del diseño, a partir del cual surgen costos relacionados con la movilización, planos, etc.

Tabla 22.-Costos extras asumidos en la construcción

Cant.	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
	Transporte de materia prima	\$25,00	\$75,00
	Movilización del remolque	\$150,00	\$150,00
	Impresión de planos	\$20,00	\$20,00
		TOTAL	\$245

Nota. Costos extras asumidos en la construcción del remolque. Fuente: Autores

3.5.7 Costos Totales

Para obtener el precio correspondiente al costo total en la fabricación del remolque, se suma el valor de cada costo los cuales fueron calculados en los puntos anteriores.

Tabla 23.- Descripción y valor total de los costos

Descripción	Valor Total
Costos de materiales	\$1110,87
Costos de montaje y pruebas respectivas	\$42,00
Costos de acabados	\$69,00
Costos de mano de obra	\$400
Costos extras	\$245
TOTAL	\$1866,87

Nota. Apreciación de la sumatoria de cada uno de los costos con el que se obtiene el valor total.

Fuente: Autores.

3.6 Ficha técnica del remolque

Tabla 24.- Datos del remolque

Peso	510 kg
Largo	2700 mm
Alto	2339.50 mm
Ancho	1690 mm
Rin	15
Suspensión	Ballestas



Fuente: Autores

3.7 Guía de uso del remolque

Con la finalidad de alargar la vida útil del remolque construido se establecen varios parámetros subdivididos en mantenimiento, uso adecuado, inspecciones regulares y limpieza.

3.7.1 Mantenimiento

Es recomendable realizar las siguientes actividades:

- Lubricar regularmente las partes móviles del remolque, como las bisagras, los ejes y las articulaciones, utilizando lubricantes adecuados para prevenir el desgaste y la oxidación.
- Verificar la presión de los neumáticos e inspeccionar posibles irregularidades, se recomienda rotarlos para un desgaste uniforme.
- Revisar el sistema de iluminación e inspeccionar el cableado del mismo.

3.7.2 Modo de uso

El uso adecuado aumentará la vida útil del remolque, para ello se debe considerar:

- No exceder la capacidad de carga del remolque de 566.5kg de acuerdo a lo estipulado en el proyecto de titulación “Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo Kart KF4 para el Grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana”. (García & Morocho, Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo Kart KF4 para el grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana, 2024).
- Distribuir la carga de manera uniforme para evitar pesos excesivos en un solo punto.
- La conducción deberá ser a una velocidad moderada evitando maniobras bruscas como giros cerrados y frenadas repentinas.
- Adaptar la velocidad a las condiciones de carretera y del clima.
- Al estacionar el remolque lo ideal será hacerlo en un lugar seco y protegido de la intemperie.
- Utilizar soportes para mantener el remolque elevado y evitar el contacto prolongado con el suelo, lo que puede causar corrosión.

3.7.3 Inspecciones regulares

Ejecutar inspecciones generales pueden evitar paradas no previstas, y para ello es crucial:

- Realizar una inspección visual antes de cada uso para detectar posibles problemas, como desgaste, corrosión o daños estructurales.
- Revisar el estado de las soldaduras, tornillos y pernos, asegurándose de que no existan partes sueltas o dañadas.
- Inspeccionar componentes críticos como los ejes y la suspensión.
- Asegurarse que el acoplamiento y el enganche del remolque se encuentren en buen estado.
- Prestar mayor atención en los puntos de alta tensión.

3.7.4 Limpieza y protección

En muchas ocasiones el simple hecho de mantener limpio el remolque aseguran una mayor durabilidad, a continuación, se mencionan puntos importantes a tener en cuenta.

Limpiar el remolque regularmente para eliminar suciedad, sal y otros contaminantes que puedan causar corrosión.

Utilizar productos de limpieza adecuados para los diferentes materiales del remolque, como el acero, aluminio y la madera.

Aplicar recubrimientos protectores, como pintura anticorrosiva o galvanizado, especialmente en áreas propensas a oxidarse.

Inspeccionar y reparar cualquier área dañada del recubrimiento protector para prevenir la corrosión.

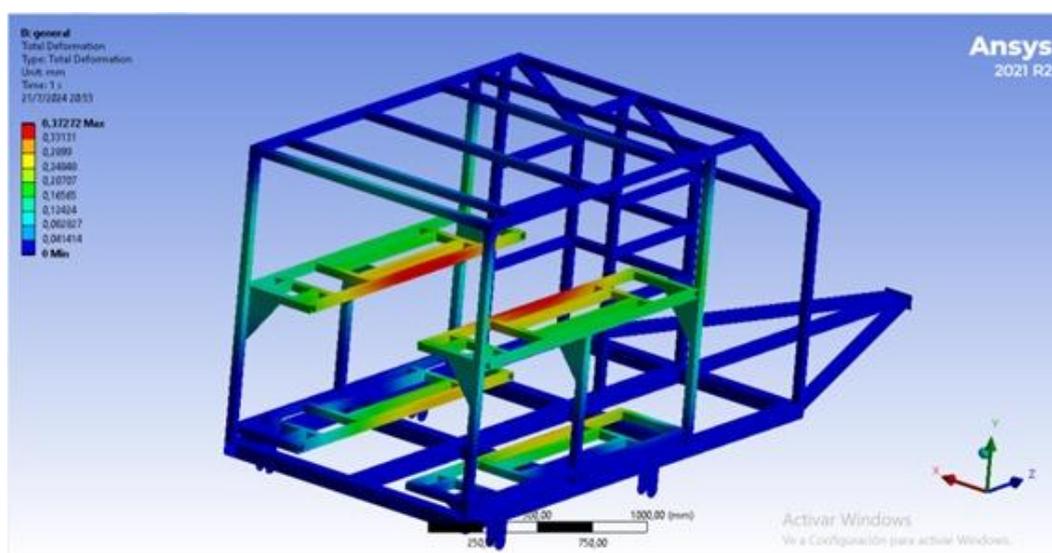
3.8 Validación con el diseño

Validar con el diseño tiene como objetivo principal garantizar el cumplimiento de las normativas y estándares ya proporcionados en el mismo, para ello es importante mencionar el Trabajo Previo a la Obtención de Título de Ingeniero Automotriz de los autores Christian Gabriel García Iñiguez y Johnny Stalyn Morocho Buestan de la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador; cuyo tema es “Diseño de un remolque para el transporte de

vehículos tipo Kart KF4 para el Grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana”, proyecto del cual se justifican los materiales y métodos de construcción.

El diseño fue realizado en el software Ansys para los respectivos análisis, se encuentra construido con el perfil estructural ASTM A500 grado B, Figura 58, el mismo material empleado en la construcción del remolque, en base a la información proporcionada por el autor el prototipo llevará dos Go-Karts con su determinado peso, y a través de la respectiva simulación se estableció que los valores correspondientes a los esfuerzos máximos de tensión están por debajo de los límites de tensión, concluyendo que el diseño es factible para la construcción.

Figura 58.- Simulación del remolque en Ansys



Fuente: (García & Morocho, 2024)

3.9 Verificación y comportamiento del remolque

Para asegurar que el diseño cumpla con los estándares requeridos de seguridad, funcionalidad y rendimiento, el remolque debe ser sometido a pruebas de verificación y análisis de su comportamiento.

3.9.1 Inspecciones visuales

Con el objetivo de asegurar el correcto ensamblaje de los elementos del remolque y que las dimensiones sean las adecuadas se realizó lo siguiente:

- Inspección visual que determinó la ausencia de anomalías como defectos en soldaduras, ensamblajes y acabados, Figura 59.

- Mediciones de longitud, ancho, altura, distancia entre ejes, etc., comparándolas con los planos de diseño.
- Verificación de la correcta instalación de los componentes.
- Verificación de que los componentes eléctricos como luces de posición estén funcionando de la manera correcta

Figura 59.-*Inspección de soldadura*



Fuente: Autores

3.9.2 Ensayo de líquidos penetrantes

El ensayo será realizado bajo la norma internacional ASTM E 1417 y los pasos a seguir son los siguientes:

- **Preparación y limpieza:** La superficie se limpia y se procura que esté seca, libre de contaminantes, Figura 60.

Figura 60.-*Limpieza de zona a inspección*



Fuente: Autores

- **Aplicación de líquido penetrante:** Se aplica en forma de aerosol, Figura 6, se cubre en la zona de inspección de manera uniforme y se debe esperar un determinado tiempo para que el líquido se penetre, el tiempo será entre 10 a 30 minutos.

Figura 61.- *Aplicación de líquido penetrante*



Fuente: Autores

- **Removimiento del exceso de penetrante:** Se remueve el exceso de la superficie
- **Aplicación del revelador:** El revelador absorbe hacia la superficie el resto del penetrante que se encuentra en la fisura después de remover el exceso, el tiempo estimado es de 7 minutos como mínimo, Figura 62.

Figura 62.- *Aplicación de líquido removedor*



Fuente: Autores

- **Inspección final:** Se realiza bajo luz blanca la misma que tiene una intensidad luminosa no menos de 1000 lux, Figura 63.

Figura 63.- Inspección visual



Fuente: Autores

3.9.3 Pruebas de integridad estructural

Para asegurar el soporte de las cargas previstas por el remolque se hicieron:

- Pruebas de carga estática aplicando cargas similares a las que soportará (150kg) Figura 64.

Figura 64.-Cargas aplicadas en la estructura



Fuente: Autores

- Evaluaciones de deflexión y deformación bajo una carga de 150 kg, figura 65.

Figura 65.-Evaluación de deformación



Fuente: Autores

Luego de haber realizado las pruebas correspondientes aplicando cargas similares a las que el remolque deberá soportar se verificó la ausencia de anomalías, la estructura soporta perfectamente y es apta para realizar el trabajo destinado, evidenciando que no existe deformación.

3.9.4 Pruebas de comportamiento dinámico

Tener una idea clara de cómo el remolque actuará en condiciones reales y de uso es fundamental para garantizar su rendimiento, para ello se deben realizar:

- Pruebas de manejo en diferentes condiciones de carretera, Figura 61.
- Evaluación de estabilidad al momento de realizar maniobras bruscas.
- Evaluar la estabilidad en condiciones de viento lateral.

Figura 66.-Prueba de funcionamiento dinámico



Fuente: Autores

3.9.5 Pruebas de fatiga y durabilidad

Para determinar que el remolque soporte tiempos prolongados sin que llegue a tener fallas prematuras, se realizó lo que se describe a continuación:

- Pruebas de fatiga por medio de la aplicación de cargas cíclicas en intervalos de tiempo determinados.
- Inspección periódica a lo largo de la prueba con el objetivo de detectar posibles signos de fatiga.
- Evaluación del desgaste de componentes críticos como suspensión, frenos y neumáticos.

Conclusiones

La investigación proporciona los conocimientos necesarios para la construcción del remolque, detallando su funcionamiento y componentes como el: sistema de suspensión, sistema de eje y sistema de enganche, se identifican los materiales adecuados, destacando el acero ASTM A500, y se analizan las diferentes técnicas de fabricación, donde se determina que el corte y soldadura son los métodos mas convenientes.

Por medio de la síntesis de las propiedades mecánicas de los materiales comúnmente usados en la fabricación de remolques, el tubo de acero cuadrado ASTM A500 resulta ser el ideal para la estructura, proporcionando valores elevados en propiedades como: límite elástico (290MPa), resistencia a la tracción (550MPa) y módulo de elasticidad (200N/m^2), con respecto a las otras variaciones de tubos de acero.

De acuerdo a las normativas NTE INEN 109:2009, NTE INEN 866:2012 y NTE 1770, se determinan los procedimientos a seguir para realizar los ensayos de compresión (tabla 9), flexión (tabla 12) y tracción (tabla 15), los cuales proporcionan información sobre los parámetros necesarios como el ajuste de la máquina de ensayo universal en conjunto con el software de registro y análisis de datos, dimensiones de las probetas, fuerzas que se aplican y velocidad, de esta manera se asegura la precisión de los datos obtenidos.

Seguir un orden específico y segmentar cada etapa de trabajo reduce considerablemente los tiempos de producción, optimiza recursos en la construcción del remolque y en todos los aspectos en general.

Al aplicar líquidos penetrantes en las uniones de soldadura se verifica la ausencia de fisuras que puedan comprometer la resistencia mecánica de la estructura.

Las inspecciones realizadas en la parte final de la construcción tales como el análisis de comportamiento estático, dinámico y bajo carga similar a la que se va a transportar de 510kg, comprueban la fiabilidad del prototipo terminado.

El radio de giro en un vehículo con remolque influye directamente en la estabilidad, por lo que no se debe acceder la velocidad de 60 km/h.

Recomendaciones

Realizar inspecciones periódicas de la estructura del remolque, buscando signos de desgaste, corrosión o daño estructural, prestando mayor atención en las uniones soldadas y en los puntos de alta tensión, revisar constantemente el estado de los neumáticos y asegurar la lubricación de los componentes móviles como ejes, ruedas, etc.

La forma de garantizar una larga vida útil será únicamente si se hace un uso eficiente del remolque; tomar en cuenta la capacidad de carga máxima del mismo y no excederse para evitar el desequilibrio y riesgos de vuelcos.

Asegurarse de que el enganche esté realizado correctamente con el vehículo que lo desplazará, al momento de conducir se debe mantener una velocidad adecuada y segura considerando el peso extra, evitando maniobras bruscas y frenazos no previstos.

En caso de necesitar reparaciones complejas o que el usuario requiera de alguna modificación, deberá ser consultado con profesionales cualificados para asegurar que se mantengan los estándares de seguridad y calidad del remolque sin comprometer su integridad estructural o funcionalidad.

El almacenaje de este tipo de vehículo deberá ser en una superficie plana para evitar deformaciones estructurales.

Se recomienda respetar la capacidad máxima de carga establecida de 566.5kg a pesar de soportar más peso de lo establecido, esto con el fin de alargar su vida útil.

Es aconsejable conducir sin exceder las velocidades establecidas con el fin de evitar pérdidas de estabilidad en el remolque.

Bibliografía

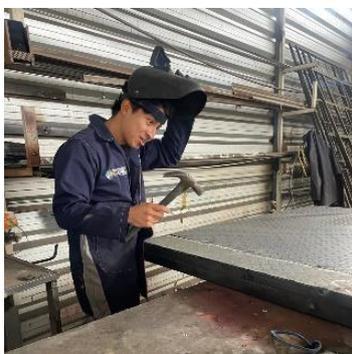
- Acosta. (05 de 06 de 2018). Obtenido de https://www.s-union.es/tipo_de_epis
- Amazon. (2024). Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Eje-remolque-TK-3-5k-tensor/dp/B0CB51QX1V?th=1>
- Amazon. (18 de 06 de 2024). *Amazon*. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/60722-Enganche-abatible-pulgadas-seleccionados/dp/B00P1EMAYY>
- Area Tecnología. (23 de 07 de 2022). *Areatecnologia.com*. Obtenido de <https://www.areatecnologia.com/materiales/ensayo-de-traccion.html>
- Basic Metal Works. (12 de 05 de 2020). *Mecanizado Básico*. Obtenido de <http://mecanizadobasico.blogspot.com/2013/05/soldadura-blanda-y-soldadura-en-general.html>
- DIPAC. (2019). Obtenido de <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-rectangular-galvanizado/>
- DIPAC. (2019). Obtenido de <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-rectangular-galvanizado/>
- DIPAC. (2019). Productos de acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-rectangular-galvanizado/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>

- DIPAC. (2019). Productos de Acero. Obtenido de <https://dipacmanta.com/producto/tubos/tubo-estructural/tubo-estructural-rectangular-galvanizado/>
- DIPAC. (2019). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (2019). Propiedades de acero. *Materiales*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- DIPAC. (s.f.). Productos de Acero. *Perfiles*. Obtenido de <https://dipacmanta.com/categoria-producto/tubos/>
- ESVA. (04 de 06 de 2023). *Remolques ESVA S.L.* Obtenido de <https://www.remolquesesva.com/remolques/plataformas-ligeras/kart-cross-buggy-utv/ptl-25-15-plataforma-porta-karts>
- FIA. (06 de 04 de 2024). *Federación Internacional del Automóvil*. Obtenido de <https://www.fia.com/es/node/39625>
- García, C., & Morocho, J. (2024). *Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo Kart KF4 para el grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana*. Cuenca.
- García, C., & Morocho, J. (2024). *Diseño de un remolque para el transporte de vehículos tipo Kart KF4 para el grupo UPS Racing Team de la Universidad Politécnica Salesiana*. Cuenca.
- Google Maps . (04 de 06 de 2024). *Ubicación de las limitaciones*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Granadina Industrial Agrícola S. L. (18 de 02 de 2024). *Eje para remolque de 1000kg*. Obtenido de <https://ejespararemolques.com/producto/eje-con-freno-1000kg/>
- Groover, M. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing*. Sons, Inc.
- Guerra, D. (22 de 08 de 2016). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/diegoxavier11/sistema-de-suspension11>
- INEC. (13 de 09 de 2023). *Instituto Nacional de Estadística y Censos*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/institucional/ecuador-crecio-en-2-5-millones-de-personas-entre-2010-y-2022/>
- ManoMano. (2024). Obtenido de <https://www.manomano.es/consejos/como-elegir-el-enganche-de-un-remolque-9340>
- Mecanica Online. (23 de 06 de 2022). *Sistema de Suspensión*. Obtenido de <https://mecanicaonline.es.tl/Sistema-de-Suspensi%F3n.htm>

- Oferton. (23 de 4 de 2023). *Remolques Cano Muñoz*. Obtenido de <https://www.tienda.remolquescanomunoz.com/REMOLQUE-1-EJE-SUSPENSION-DE-BALLESTAS>
- Oris Bosal. (17 de 11 de 2019). *Distribuidor de enganches Oris Bosal*. Obtenido de <http://www.distribuidororis.com/>
- Rodríguez, H. (13 de 08 de 2020). *Ingemecanica*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn49.html>
- Solyman. (27 de 09 de 2023). *Solyman*. Obtenido de <https://www.solyman.com/tipos-de-soldadura-autogena/>
- Truper. (02 de 07 de 2024). *Truper*. Obtenido de https://www.truper.com/ficha_tecnica/Acoplador-para-BOLA-35-5710.html
- Villena, O. (01 de 2021). TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO . *ANÁLISIS DE DUREZA, RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DESGASTE DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA RESINA TOUGH DE PROTOTIPADO ROBUSTO PARA IMPRESIÓN 3D POR ESTEREOLITOGRAFÍA (SLA)*. Ambato, Ecuador.

Anexos**Figura 67.-Preparación del chasis**

Fuente: Autores

Figura 68.-Preparación de base del chasis

Fuente: Autores

Figura 69.-Corte de tubos de acero

Fuente: Autores

Figura 70.-*Pulido del cordón de la soldadura*



Fuente: Autores

Figura 71.-*Fijación de estructura*



Fuente: Autores

Figura 72.-*Acabados estéticos de la suspensión*



Fuente: Autores