

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO		F-AC-DBL-007	08-07-2021	B
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA		Dependencia	Aprobado	Pág.
		SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(82)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Carlos Andrés Agudelo Jiménez		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Mecánica		
DIRECTOR	MSc. Angie Zuleidy Rincon Ortega		
TÍTULO DE LA TESIS	Diseño de una grúa de taller para levantamiento y traslado de motores de automóviles.		
TITULO EN INGLES	Design of a workshop crane for lifting and moving automobile engines.		
RESUMEN (70 palabras)			
<p>Hoy en día los talleres automotrices buscan la manera de brindar un mejor servicio a sus usuarios, buscando herramientas confiables que puedan ser de gran ayuda a la hora de establecer sus actividades en áreas de trabajo. Es por esto que se busca diseñar una grúa de taller, el cual sea de gran aporte a la hora de brindar un servicio ya se de mantenimiento o reparación a los motores.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>Today, automotive workshops are looking for a way to provide a better service to their users, looking for reliable tools that can be of great help when establishing their activities in work areas. This is why we seek to design a workshop crane, which is of great contribution when it comes to providing a service, whether it is maintenance or repair to the engines.</p>			
PALABRAS CLAVES	Grúas de taller, diseño de grúas, estructuras		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Shop cranes, crane design, structures		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 82	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 32	CD-ROM:



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88
 atencionalciudadano@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Diseño de una grúa de taller para levantamiento y traslado de motores de automóviles.

Carlos Andrés Agudelo Jiménez (180981)

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña

Plan de Estudio de Ingeniería Mecánica

MSc. Angie Zuleidy Rincon Ortega

10 de noviembre de 2022

Contenido

Introducción	10
Capítulo 1. Diseño de una grúa de taller para levantamiento y traslado de motores de automóviles.....	11
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Formulación del problema	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo General.....	12
1.3.2 Objetivos Específicos.....	12
1.4 Justificación	13
1.5 Delimitaciones	13
1.5.1 Delimitación Geográfica.....	13
1.5.2 Delimitación Temporal.....	14
1.5.3 Delimitación Conceptual.....	14
1.5.4 Delimitación Operativa.....	14
Capítulo 2. Marco referencial	15
2.1 Marco Histórico	15
2.1.1 La Grúa en la Antigua Grecia	15
2.1.2 Las Grúas en la Antigua Roma	16
2.1.3 Las Grúa en la Edad Media.....	18

2.1.4 Las Grúas Modernas	19
2.2 Marco Teórico.....	20
2.2.1 Antecedentes	20
2.2.2 Grúas	22
2.2.3 Tipos de grúas	22
2.3 Marco Legal	25
Capítulo 3. Diseño metodológico	26
3.1 Tipo de investigación.....	26
3.2 Población.....	26
3.3 Procedimiento de investigación	26
3.3.1 Etapa 1: Investigar el funcionamiento óptimo que conforma una grúa de taller a través de un rastreo de fuentes de información, para dimensionar un prototipo inicial de los componentes del sistema estructural.	27
3.3.2 Etapa 2: Evaluar el diseño propuesto mediante la comprobación de estados críticos de carga usando la simulación estática en SolidWorks, para validar la seguridad de los componentes.....	27
3.3.3 Etapa 3: Generar los planos constructivos y memorias de cálculo aplicables mediante los datos arrojados por la simulación, para la fabricación de los componentes del diseño validado de la grúa de taller.....	27
Capítulo 4. Resultados	29

4.1 Investigar el funcionamiento óptimo que conforma una grúa de taller a través de un rastreo de fuentes de información, para dimensionar un prototipo inicial de los componentes del sistema estructural.....	29
4.1.1 Rastreo de fuentes de información.....	29
4.1.2 Estudiar los modelos disponibles en el mercado y la literatura.	36
4.1.3 Establecer los parámetros básicos del diseño de un prototipo inicial de una grúa.	38
4.1.4 Modelar la propuesta inicial del prototipo en SolidWorks	40
4.2 Evaluar el diseño propuesto mediante la comprobación de estados críticos de carga usando la simulación estática en SolidWorks y Ansys, para validar la seguridad de los componentes.	46
4.2.1 Simular los componentes del diseño propuesto en SolidWorks.....	46
4.2.2 Simular los componentes del diseño propuesto en ANSY.	50
4.3 Generar los planos constructivos y memorias de cálculo aplicables mediante los datos arrojados por la simulación, para la fabricación de los componentes del diseño validado de la grúa de taller.....	55
4.3.1 Analizar los resultados.....	55
4.3.2 Generar planos con listas de cortes y perforaciones.	56
Conclusión	62
Recomendaciones	63
Referencia	64

Apéndice	66
----------------	----

Listado de Tabla

Tabla 1 Normativa aplicada al proyecto.	25
Tabla 2 Características generales para tipos comunes de grúas de taller.....	36
Tabla 3 Precio estimado de mercado para tipos comunes de grúas de taller.	37
Tabla 4 Propiedades del material.	38
Tabla 5 Ejemplo Comparativa de Fuerzas.	39
Tabla 6 Ensamble de los cuerpos por viga.....	40
Tabla 7 Descripción de la carga y accesorios.	45
Tabla 8 Información de malla	46
Tabla 9 Resumen de resultados.....	55

Listado de figuras

Figura 1 Grúa de la antigua Grecia.....	15
Figura 2 El trispasto.....	16
Figura 3 El pentaspasto.....	17
Figura 4 El Polyspaso.....	17
Figura 5 Grúa flotante de la edad media.....	18
Figura 6 Evolución de las grúas en la edad moderna.....	19
Figura 7 Resumen de la metodología propuesta.....	28
Figura 8 Extracción de motor.....	29
Figura 9 Grúas en la antigüedad.....	30
Figura 10 Variedad de grúas de taller.....	31
Figura 11 Elementos de una grúa de taller.....	32
Figura 12 Pernos de unión.....	33
Figura 13 Esfuerzos permisibles en elementos estructurales con cargas aplicadas sobre su eje de simetría.....	34
Figura 14 Esfuerzo cortante debido a carga transversal.....	34
Figura 15 Esfuerzo a la fluencia.....	35
Figura 16 Esfuerzo cortante máximo a fluencia.....	35
Figura 17 Esfuerzo plano equivalente de Von misses.....	35
Figura 18 Fuerza sobre un cilindro hidráulico.....	35
Figura 19 Área efectiva de empuje.....	35
Figura 20 Modelo base grúa de taller común.....	37
Figura 21 Estudio de Tensión en la grúa.....	47

Figura 22 Deformación en la grúa	48
Figura 23 Coeficiente de seguridad de la grúa.	49
Figura 24 Deformación total de la estructura.	51
Figura 25 Tensión equivalente.....	52
Figura 26 Factor de seguridad	53
Figura 27 Diagrama de fatiga	54
Figura 28 Plano del mástil de la grúa.	57
Figura 29 Plano del pilar de la grúa.....	58
Figura 30 Plano de la union entre el mástil y el pilar de la grúa	59
Figura 31 Plano de la base de la grúa	60
Figura 32 Ensamble de la grúa	61

Listado de Apéndices

Apéndice A Ficha técnica del acero ASTM A35	67
Apéndice B Plano del diseño de las partes de la grúa	68
Apéndice C Resultados de fuerzas	69
Apéndice D Fuerzas de viga	70
Apéndice E Esfuerzos de viga	71
Apéndice F Propiedades físicas de los perfiles por tramo	72
Apéndice G Plano del Tramo 1	73
Apéndice H Plano del tramo 2	74
Apéndice I Plano del tramo 3	75
Apéndice J Plano del tramo 4	76
Apéndice K Plano del tramo 5	77
Apéndice L Plano del tramo 6 y 7	78
Apéndice M Plano del tramo 8	79
Apéndice N Plano del tramo 9	80
Apéndice O Plano del tramo 10 y 11	81

Introducción

Con la revolución industrial grandes innovaciones se han visto al pasar de los tiempos, nuevos elementos que ayudan a dar mayor confiabilidad y mantenibilidad han hecho que la industria busque mejorar cada día las herramientas con las cual se trabaja. Hoy en día los talleres automotrices buscan la manera de brindar un mejor servicio a sus usuarios, buscando herramientas confiables que puedan ser de gran ayuda a la hora de establecer sus actividades en áreas de trabajo, sin afectar al trabajador y al equipo en el que se esté trabajando.

Es por esto que se busca diseñar un grúa de taller, el cual sea de gran aporte a la hora de brindar un servicio ya se de mantenimiento o reparación a los motores, ya que estos elementos, son máquinas de elevación de movimiento discontinuo destinada a elevar y mover cargas en el espacio, suspendidas de un gancho o una cadena.

A demás este proyecto tiene la finalidad de estudiar un diseño que pueda elevar una carga de 1,5 toneladas con un esfuerzo mínimo, lo cual se pretende lograr a partir de la recopilación de la literatura y grúas en el mercado, realizando análisis comparativos que puedan brindar aporte al desarrollo de las condiciones del prototipo; al ya estimar estas condiciones se diseñara en el programa SolidWorks, el cual será usado para realizar los estudio de análisis de tensión, deformación y coeficiente de seguridad, para obtener una mejor perspectiva de lo que se quiere lograr.

Capítulo 1. Diseño de una grúa de taller para levantamiento y traslado de motores de automóviles.

1.1 Planteamiento del problema

En grandes superficies de fabricación industrial se disponen grúas horizontales capaces de transportar y elevar gran cantidad de peso a lo largo de distintas secciones de la planta.(MUÑOZ YUNDA, 2013) Sin embargo, en una pequeña fábrica o taller no se dispone ni el dinero ni el espacio para ese tipo de montajes robustos. En la mayoría municipios o ciudades pequeñas existen pequeños y medianos talleres de reparación automotriz, en todos ellos normalmente se manipulan piezas pesadas que deben ser elevadas o movidas constantemente, estas acciones se llevan a cabo en su mayoría usando la fuerza bruta debido a las limitaciones de equipamiento y recursos.(Alajaro I, 2019) La dificultad se observó al momento de ejecutar una labor de reparación sobre el motor o cualquier actividad que implique el desmontaje del motor. Tradicionalmente se recurre a pequeños arreglos de polipastos o poleas que permiten elevar cargas, sin embargo, no es posible trasladar la carga hacia otros lugares del taller, lo cual limita mucho las actividades dentro del mismo, esto obliga a realizar las actividades al aire libre o en peor de los casos con espacio muy reducidos, expuestos a riesgos de lesiones graves todo el tiempo.(MERA GÓMEZ, 2017) Haremos énfasis en que la principal dificultad a superar es la operación en espacios reducidos, ya que consecuentemente se pueden presentar lesiones por sobreesfuerzo, cortes y tropiezos.

Garantizar características como la portabilidad y dimensionamiento que mantenga una adecuada relación capacidad-tamaño es relativamente compleja de realizar en forma empírica, debido a que tomaría mucho tiempo y dinero en pruebas de ensayo, no obstante, para garantizar el éxito de la herramienta siempre se debe tomar como un parámetro mandatorio esta

relación a la hora de planificar el diseño y la estrategia de comprobación de resultados, por eso un adecuado análisis de ingeniería es requerido. Cabe aclarar que en algunos análisis de ingeniería realizados hasta la fecha no se ha tenido en cuenta la portabilidad como un parámetro fundamental. (Karl, Sweeney, Robert, & Javier, 2015)

1.2 Formulación del problema

Según la situación actual de esta problemática y las investigaciones relacionadas al diseño convencional de grúas de taller plantea la siguiente pregunta:

¿Es posible diseñar una grúa de taller de fácil operación con capacidad de elevar y transportar cargas de hasta 1,5 toneladas de forma segura?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Diseñar una grúa de taller para la elevación y transporte horizontal de motores con capacidad máxima 1.5 Toneladas.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- ✓ Investigar el funcionamiento óptimo que conforma una grúa de taller a través de un rastreo de fuentes de información, para dimensionar un prototipo inicial de los componentes del sistema estructural.
- ✓ Evaluar el diseño propuesto mediante la comprobación de estados críticos de carga usando la simulación estática en SolidWorks y Ansys para validar la seguridad de los componentes.
- ✓ Generar los planos constructivos y memorias de cálculo aplicables mediante los datos arrojados por la simulación, para la fabricación de los componentes del diseño validado de la grúa de taller.

1.4 Justificación

Este proyecto busca proponer un diseño seguro y de fácil construcción que no solo facilite el trabajo de manipulación de los pesados motores, si no también, mejorar la seguridad y la agilidad durante este tipo de reparaciones. Aunque el proyecto se limita al diseño, este se basa en brindar la posibilidad de que los dueños de taller y personas interesadas puedan fabricar su propia grúa de taller a partir de una selección correcta de los elementos, basándose en los resultados de este trabajo, ya que, aunque existen el mercado estas grúas a la venta, la información es limitada respecto el diseño a detalle de estos elementos y su costo representa una inversión significativa, lo cual desmotiva su adquisición. Además, los insumos requeridos son principalmente un equipo de soldadura y perfiles estructurales, tanto el equipo como los materiales son elementos de uso común en los talleres, por tanto, es posible generar valor en sus activos al poder usarlos en la construcción de una herramienta que mejora la productividad al permitirles elevar y manipular cargas pesadas de forma rápida en espacios reducidos. Además, teniendo en cuenta la inversión total se espera que poder ahorrar hasta un 50% del valor total de una herramienta similar en el mercado, esto representa una valiosa oportunidad para acercar el conocimiento adquirido en nuestra formación hacia el personal técnico u operativo de los pequeños talleres en nuestra comunidad, lo cual les supone una mejora tecnológica a sus procesos.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Geográfica.

El análisis realizado se limita a la región de Ocaña, Norte de Santander.

1.5.2 Delimitación Temporal.

Este proyecto se desarrollará en el municipio de Ocaña y tendrá una duración total aproximada de 3 meses.

1.5.3 Delimitación Conceptual.

El proyecto se limita al cálculo, dimensionamiento y simulación de los elementos que conforman el equipamiento de una grúa de taller, esto incluye la selección de perfiles o materiales estructurales para la base, columna soporte, la pluma o viga y el gancho de elevación.

1.5.4 Delimitación Operativa.

Diseñada para operación específica en talleres de reparación de automóviles o en pequeños talleres que requieran el levantamiento de cargas no superiores 1.5 toneladas, donde las frecuencias de trabajos son inferiores a 5000 ciclos/año. El diseño no amplía su uso en obras de construcción civil o cualquier otra que implique usos diferentes a los considerados. Por lo tanto, el diseño no toma en cuenta normativa o restricciones de salud y seguridad asociadas a la operación de equipos que puedan mover y elevar cargas horizontalmente. Se detallará estas y otras consideraciones en la guía de operación.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Marco Histórico

La grúa ha sido, es y será una máquina imprescindible en la carga y transporte de material pesado, es importante conocer el proceso de evolución que ha tenido a lo largo de su vida, desde que nació (UNITEC, 2016).

2.1.1 La Grúa en la Antigua Grecia

Las primeras grúas de las que se tiene constancia que usaron poleas acaneladas, fueron inventadas y por supuesto usadas en la antigua Grecia para la construcción de edificios de altura considerable, eran accionadas por animales y personas. No es una barbaridad decir que desde entonces, la evolución de la raza humana en el ámbito industrial, está muy marcada por la presencia de las grúas (UNITEC, 2016).

Figura 1

Grúa de la antigua Grecia.



Este tipo de grúas, podían levantar entre 15 y 20 toneladas de peso. Posteriormente fueron desarrollándose grúas de mayor capacidad, utilizando más poleas para aumentar su capacidad (UNITEC, 2016).

La primera evidencia literaria de la que avala la existencia de la primera grúa compuesta de poleas, aparece en los ejercicios mecánicos atribuidos a Aristóteles (384- 322), que quizá fueron elaborados en fecha posterior (UNITEC, 2016).

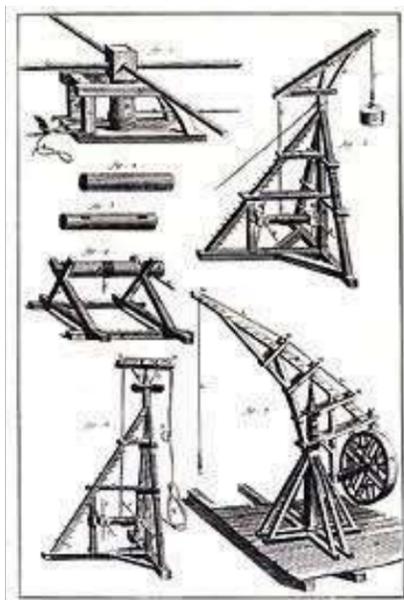
2.1.2 Las Grúas en la Antigua Roma

La grúa, que fue inventada en la antigua Grecia, fue adoptada por los romanos para desarrollarla mejor, ya que el incremento del trabajo de construcción en edificios de dimensiones grandes lo requerían. Es así como la grúa encontró su auge en la antigua Roma. En esta época de desarrollaron varios tipos de grúas (UNITEC, 2016).

2.1.2.1 El trispasto. Es la grúa romana más simple que consiste en una horca de una sola viga, un torno, una cuerda y un bloque que contenía tres poleas, con lo cual se tuvo una ventaja mecánica de 3 a 1, por lo que un hombre que podía realizar un esfuerzo de 50 kilogramos podía levantar 150 kilogramos ($3 \text{ poleas} \times 50 \text{ kg} = 150 \text{ kg}$), si se asume que 50 kilogramos representan el esfuerzo máximo que un hombre puede ejercer sobre un periodo más largo (UNITEC, 2016).

Figura 2

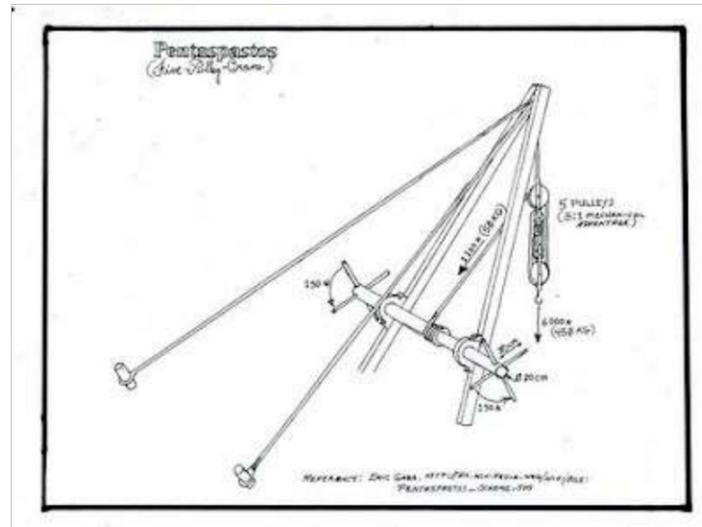
El trispasto.



2.1.2.2 El pentaspasto. Es uno de los tipos de grúa más pesado que funciona con 5 poleas. Esta grúa fue utilizada para el movimiento de bloques pesados para la construcción de grandes edificios (UNITEC, 2016).

Figura 3

El pentaspasto.



2.1.2.3 El Polyspasto. Esta grúa, operado por 4 hombres en ambos lados del torno, es el más grande y pesado, ya que funciona con un sistema de tres por cinco poleas con dos, tres o cuatro mástiles, dependiendo de la carga máxima (UNITEC, 2016).

Figura 4

El Polyspasto.



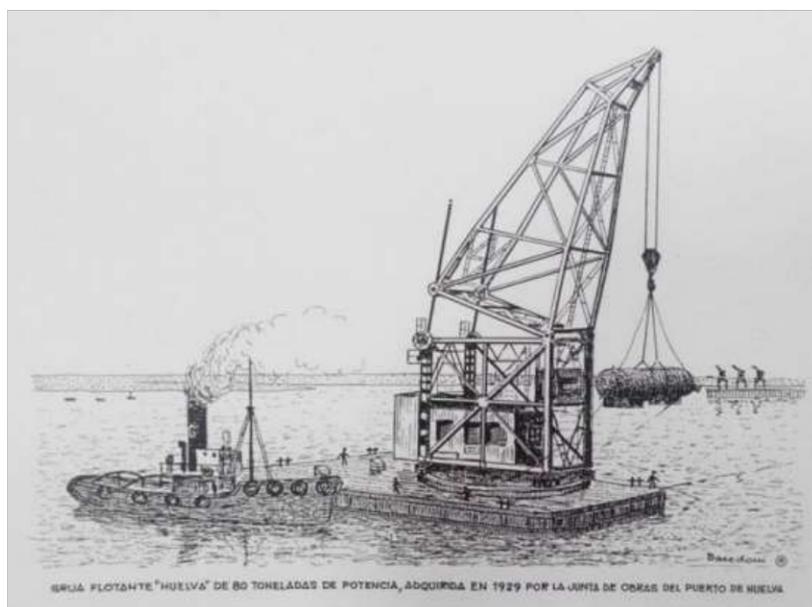
El Polyspasto podía levantar hasta 3.000 kg ($3 \text{ cuerdas} \times 5 \text{ poleas} \times 4 \text{ hombres} \times 50 \text{ kg} = 3.000 \text{ kg}$), el mismo que doblaba su carga máxima a 6000 kg con solo la mitad del equipo. Sin embargo, se asume que los ingenieros romanos lograron la elevación de estos pesos extraordinarios por medio de una torre (UNITEC, 2016).

2.1.3 Las Grúa en la Edad Media

En la alta Edad Media las grúas se utilizaban en puertos y astilleros para estibar y construir barcos. Algunas de ellas fueron construidas ancladas a torres de piedra para dar estabilidad adicional, dando paso así a las grúas pórtico. En esta época, desde la llegada de la revolución industrial las grúas de madera pasaron a ser desarrollados a base de hierro fundido y el acero (UNITEC, 2016).

Figura 5

Grúa flotante de la edad media.



La primera energía mecánica fue proporcionada por máquinas de vapor en el siglo XVIII. Así las grúas modernas utilizan, generalmente, motores de combustión interna o los sistemas de motores eléctricos e hidráulicos para proporcionar mayor fuerza, aunque las grúas manuales

todavía se utilizan para pequeños trabajos o donde es poco rentable disponer de energía (UNITEC, 2016).

2.1.4 Las Grúas Modernas

Actualmente, las grúas, se instalan en todo tipo de transportes, se utiliza tanto para izados de pianos a un edificio como montaje de puentes o grandes izados para todo tipo de industria. Los tamaños se extienden desde las más pequeñas (usadas en el interior de los talleres), grúas torres, (usadas para construir edificios altos), hasta las grúas flotantes (usadas para construir parques Eólicos en alta mar, transporte y descarga de grandes equipos) (UNITEC, 2016).

La evolución tanto en el acero con el que se construyen las plumas como la electrónica necesaria para hacer de este, un vehículo seguro según los estándares mundiales de seguridad, ha sido increíblemente rápida en los últimos 20 años (UNITEC, 2016).

Figura 6

Evolución de las grúas en la edad moderna.



Desde los sistemas de plumas telescópicas, donde los tramos salen a unos porcentajes en los que los refuerzos estructurales hacen que la pluma soporte un peso mucho mayor, hasta llegar

a reducir casi al máximo el peso de la pluma con un novedoso sistema de embulonamiento hidráulico. Consiguiendo de este modo una flexión del acero mucho mayor y un peso muy reducido de la pluma (UNITEC, 2016).

Todos estos avances hacen de las grúas unas máquinas capaces de soportar pesos muchos mayores, pero que necesariamente deben estar manejadas y controladas por profesionales con años de experiencia en el sector. Cualquier fallo puede ser fatal en una profesión en la que el apartado de seguridad y capacitación han pasado a ser de suma importancia (UNITEC, 2016).

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Antecedentes

2.2.1.1 Diseño y estudio de grúa de taller con herramientas CAD-CAM y MEF. En proyecto se enfocó en el estudio y el diseño de una grúa de taller que utiliza la fuerza hidráulica para poder mover estas cargas. En el cual se proponen dos diseños distintos de grúas de taller, aplicando herramientas CAD-CAE y MEF para el diseño y la comprobación de prototipos. La diferencia entre los dos diseños es la union entre el mástil y el pilar de la grúa, en el primer diseño, el mástil tiene soldadas dos solapas para los pasadores de union con el mástil, y en el segundo diseño, las solapas están soldadas en el pilar (Longares, 2014).

EL esquema que se utilizó para realizar los cálculos, está formado por un mástil que soportara una carga máxima de 2000Kg. (20000N) con una longitud entre extremos de 1000mm, y otras tres posiciones más, 1180, 1360 y 1540mm en las que debe ser capaz de soportar 1500Kg (15000N), 1000Kg (10000N) y 500Kg (5000N) respectivamente. A 300mm de la union con el pilar está situado el punto donde se ejerce la fuerza que genera el cilindro (Longares, 2014).

El pilar está inclinado unos 75° con respecto al mástil cuando esta esta paralela a la base. La longitud del pilar es de 1553mm aproximadamente. Al estar inclinado las proyecciones del

pilar son 402mm en el eje horizontal y 1500mm en el eje vertical, esta medida será la altura total de la simplificación. A lo largo del pilar también actúa la fuerza del cilindro, a unos 310,6mm, 300mm en la proyección horizontal, de la unión con el pilar, esta fuerza tendrá sentido contrario a la aplicada por el cilindro en el mástil (Longares, 2014).

La base está formada por dos largueros simétricos de aproximadamente 1525mm de longitud, una barra central de 600mm, donde se apoya el pilar de la grúa, y una barra trasera que une los largueros. En los extremos de los largueros y de la barra trasera, irán situadas cuatro ruedas que posicionaremos más adelante (Longares, 2014).

Tras obtener todos los resultados se indaga que la configuración inicial, con la que se han realizado todos los cálculos, es la más desfavorable. Y, que el diseño propuesto, soporta todas las configuraciones de carga y posiciones planteadas. Finalmente del estudio, se concluyó que tanto el diseño 1 como el diseño 2 son válidos para fabricar, y cumplirían perfectamente con los objetivos para los que han sido diseñados. Si bien hay que destacar que, la unión entre el mástil y el pilar del diseño dos parece más segura. Al no moverse los acoples soldados para la ubicación de pasador, es más difícil que algo se pueda quedar atrapado cuando el mástil sube o baja (Longares, 2014).

2.2.1.2 diseño e implementación de un brazo grúa de una tonelada en el taller de PROELEVACION S.A. esta investigación consta en diseñar un brazo grúa con diferentes movimientos como son el semicircular de 180°; movimiento longitudinal a la nave, donde un motor-reductor ejecutará la acción y movimiento del brazo grúa. La elevación y descenso de objetos de aproximadamente una tonelada será realizada mediante un tecla a cadena. Para su implementación se realizará visitas técnicas al Taller, para tener una ubicación estratégica del brazo grúa y controlado por un mando inalámbrico. (Arcos Guaña & Chiguano Quinga, 2016)

2.2.2 Grúas

Es una maquinaria que permite elevar y distribuir cargas en el espacio, suspendidas de un gancho, en este sentido, las grúas facilitan la carga, descarga, elevación y manipulación de objetos pesados y /o de gran volumen (Valencia, 2021).

2.2.2.1 Características. Las grúas se encuentran formadas por estructuras metálicas que poseen además un brazo móvil que se le llama telescópico, de dicho brazo cuelga una guaya (cable) con un gancho, lo que permite levantar objetos pesados y transportarlos de un lugar a otro, normalmente a distancias cortas. Este trabajo es realizado gracias a unas poleas acanaladas que poseen las grúas como contrapeso (Valencia, 2021).

2.2.2.2 Funcionamiento. Las grúas más comunes cuentan con un sistema hidráulico, lo que significa que transmiten la fuerza de un punto a otros utilizando un fluido, normalmente aceite. Cuando un pistón empuja hacia abajo en el aceite, el aceite transmite toda la fuerza original a un pistón, que es accionado hacia arriba. Es decir, cuando un pistón se empuja hacia abajo, otro pistón se empuja hacia arriba (Valencia, 2021).

Una bomba hidráulica crea la presión que mueve los pistones y la presión en el sistema hidráulico es creada por uno de dos tipos de bombas hidráulicas, los cuáles pueden ser una bomba de desplazamiento variable y Bomba de engranajes (Valencia, 2021).

2.2.3 Tipos de grúas

La construcción de hoy es una parte importante de la cultura industrial, una manifestación de su diversidad y complejidad, y una medida de su dominio de las fuerzas naturales, que pueden producir una amplia variedad de entornos construidos para atender las diversas necesidades de la sociedad. Las grúas son algunos de los equipos más importantes en la industria de la construcción (Logan, 2019).

Las máquinas de construcción modernas incluyen grúas de torre fija, grúas de pórtico de astilleros enormes, grúas sobre camión que se pueden conducir, y más. Los diferentes tipos de grúas funcionan de maneras muy diferentes, por lo que cada grúa de construcción se adapta perfectamente al trabajo para el que está diseñada (Logan, 2019).

2.2.3.1 Grúa de torre. Este tipo de grúa normalmente se usa en sitios de construcción urbana. Esta máquina está anclada al piso y provee una mezcla óptima de capacidad de altura y levantamiento el cual se despliega comúnmente en la construcción de edificios (Logan, 2019).

Dos brazos horizontales emergen de una torre central, en la que una se usa para suspender las cargas pesadas que serán levantadas y la otra sirve de contrapeso. Una grúa de torre es controlada por una persona el cual puede estar sentado en la parte más alta de la grúa, o usa un sistema de control remoto para operar la máquina desde el suelo (Logan, 2019).

2.2.3.2 Grúa móvil. Las grúas móviles comúnmente se encuentran sobre vehículos, pero las grúas que se usan para trabajos en ferrocarriles se adaptan para desplazarse en rieles, y varias grúas se pueden acoplar a barcazas cuando se usan para trabajos de construcción en puentes vías fluviales (Logan, 2019).

El brazo de levantamiento normalmente es articulado para permitir su izamiento y reducción según se requiera. Normalmente esto se logra a través de sistema de cables o mecanismos hidráulicos, y toda la estructura móvil puede acoplarse a un soporte para proveer más estabilidad durante su operación (Logan, 2019).

2.2.3.3 Grúas de taller. Este tipo de grúas se usan en actividades diarias y tareas delicadas. Al ser extremadamente costo-efectivas, las grúas de taller tienen un gran rango de uso en el área de manufactura. Son excelentes para trabajos de mantenimiento de vehículos, carga de maquinaria y diversos tipos de cambio de herramientas (Logan, 2019).

2.2.3.4 Grúa telescópica. Impulsado por un mecanismo hidráulico, una grúa telescópica destaca un conjunto brazos tubulares concéntricos que se puede extender y retraer fácilmente para alterar la altura de la grúa. Usualmente es móvil, estas grúas adaptables son unidades compactas que se desempeñan de forma eficiente en espacios reducidos (Logan, 2019).

2.2.3.5 Grúa estática. La palabra “estático” se refiere a la característica de que la grúa se instala en un cierto lugar, en lugar de transportarse. Esta es la diferencia más marcada entre este tipo de grúas y las grúas móviles. En esta categoría se encuentran varios tipos de grúas como la grúa de torre (Logan, 2019).

2.2.3.6 Grúa puente o de pórtico. Esta grúa emplea un fuerte pórtico para maniobrar y levantar cargas industriales extremadamente pesadas. Este tipo de grúa se usa en fábricas y en astilleros donde sus características robustas las convierten en elementos esenciales (Logan, 2019).

2.2.3.7 Grúa sobre cadenas. Es un tipo especial de grúa móvil que va acoplada en vehículos Caterpillar, este tipo de grúa se puede usar en tipos de suelos donde vehículos comunes no se puedan desplazar. Esta grúa normalmente es muy estable por su amplia base que sirve muy bien de contrapeso. Son muy útiles en construcciones durante la fase inicial de edificaciones donde su habilidad para mover cargas pesadas en suelos difíciles son un desafío (Logan, 2019).

2.2.3.8 Grúas aéreas. Este tipo de grúas probablemente ofrecen un mayor rango que cualquier grúa, ya que son parte de una aeronave. Las grúas se acoplan a un helicóptero con el mecanismo de levantamiento que normalmente se usa para levantar contenedores, edificaciones pre-fabricadas o temporales, y tablonos de madera. Estos helicópteros pueden operar en un gran rango de escenarios, incluyendo áreas donde no se puede usar ningún otro tipo de grúa “in-situ” y en áreas que carecen de vías (Logan, 2019).

2.2.3.9 Grúa hidráulica. Las grúas hidráulicas pueden ser simples por su diseño pero pueden realizar tareas difíciles que de otra manera parecería imposible. En cuestión de minutos, estas máquinas son capaces de armar vigas en las carreteras, levantar equipo pesado en fábricas e incluso levantar casas (Logan, 2019).

2.3 Marco Legal

Relación de las normas que establecen el cumplimiento y parámetros con el cual se debe llevar a cabo el desarrollo de este proyecto.

Tabla 1

Normativa aplicada al proyecto.

Normativa	Aspectos
Resolución 2400 de 1979	Por la cual en sus artículos 398 y 410 establece que los equipos para movimiento de materiales pesados, deben ser construidas por materiales resistentes que ofrezcan seguridad en el manejo y transporte; además estas deben ser diseñadas para la carga máxima a la que será sometida, y esta no debe exceder (Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social, 1979).
Norma ASME B 30.22	Por la cual se regula la inspección y ensayos de cargas en grúas, para verificar el cumplimiento de los requerimientos operacionales del mecanismo.
Norma ASTM A36	Por la cual, se regula la aplicación del material a una variedad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas de la misma calidad que aun esté disponible en el mercado.

Nota. Normativa aplicable a tener en cuenta con los procedimientos desarrollados dentro del proyecto.

Capítulo 3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo de este proyecto se ha propuesto tres etapas, las cuales se desarrollan teniendo en cuenta un enfoque de investigación de aplicación tecnológica, siguiendo una filosofía de diseño de selección y complementada con el diseño paramétrico, con el fin de acotar el problema de diseño a una serie de pasos de cálculo y comprobación que nos permitan seleccionar el material y las dimensiones de los componentes al contrastarlos con los requerimientos dimensionales y de seguridad establecidos en los parámetros iniciales.

3.2 Población

El contexto de poblacional de aplicación de este proyecto se encuentra enfocado en los pequeños talleres de reparación automotriz, donde se evidencia una oportunidad de mejora. Con el resultado de la estructura propuesta se busca obtener la información necesaria para que un pequeño taller de reparación, logre fabricar de manera autónoma y con materiales de fácil adquisición una grúa de taller con capacidad de 1.5 toneladas.

3.3 Procedimiento de investigación

Para el desarrollo del cumplimiento de cada uno de los objetivos planteado en el proyecto, se propone tres fases, las cuales se desarrollan por actividades, con el fin de dar respuesta a la formulación del problema.

En la *Figura 7* se ilustra de manera resumida la propuesta metodológica planteada por el autor en las tres etapas, las cuales se describen a continuación:

3.3.1 Etapa 1: Investigar el funcionamiento óptimo que conforma una grúa de taller a través de un rastreo de fuentes de información, para dimensionar un prototipo inicial de los componentes del sistema estructural.

- ✓ Rastreo de información.
- ✓ Estudiar los modelos disponibles en el mercado y la literatura.
- ✓ Establecer los parámetros básicos del diseño de un prototipo inicial de una grúa.
- ✓ Modelar la propuesta inicial del prototipo en SolidWorks.

3.3.2 Etapa 2: Evaluar el diseño propuesto mediante la comprobación de estados críticos de carga usando la simulación estática en SolidWorks, para validar la seguridad de los componentes.

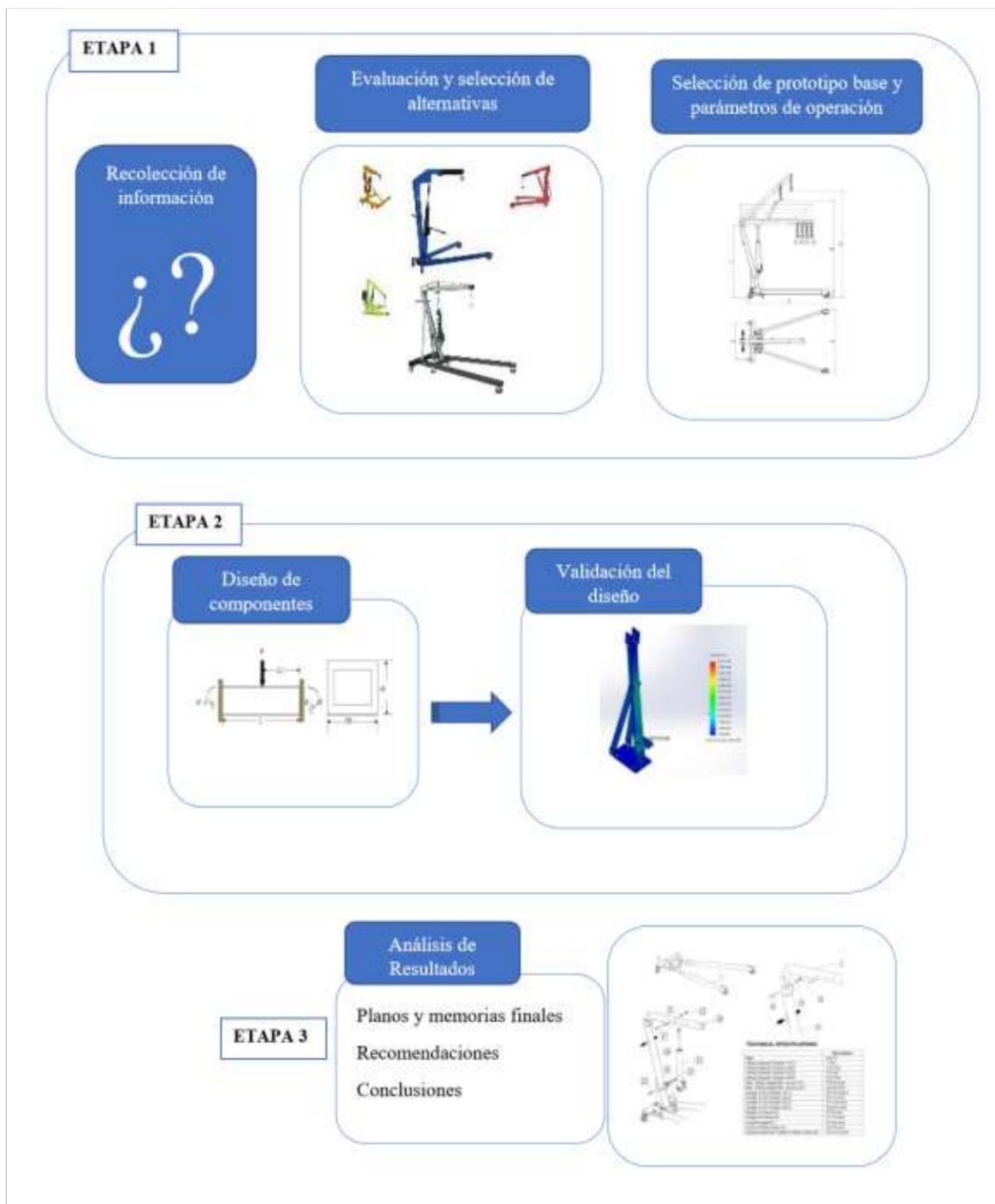
- ✓ Calcular y dimensionar los elementos de la grúa.
- ✓ Determinar los esfuerzos críticos.
- ✓ Modelar el ensamble de la grúa en SolidWorks.
- ✓ Simular los componentes del diseño propuesto en SolidWorks.

3.3.3 Etapa 3: Generar los planos constructivos y memorias de cálculo aplicables mediante los datos arrojados por la simulación, para la fabricación de los componentes del diseño validado de la grúa de taller.

- ✓ Analizar los resultados.
- ✓ Generar planos con listas de cortes, perforaciones y materiales.

Figura 7

Resumen de la metodología propuesta.



Nota. Diseño de las etapas de cumplimiento de los objetivos propuesto.

Capítulo 4. Resultados

4.1 Investigar el funcionamiento óptimo que conforma una grúa de taller a través de un rastreo de fuentes de información, para dimensionar un prototipo inicial de los componentes del sistema estructural.

4.1.1 Rastreo de fuentes de información.

Las grúas de taller son elementos compuestos por una base o chasis, una columna o soporte, una viga o pluma horizontal que sostiene la carga en diferentes elevaciones gracias a la acción mecánica de un gato hidráulico ubicado sobre la estructura, estas estructuras son relativamente fáciles de construir en forma artesanal y es común verlas en los talleres o también mediante arreglos de cadenas y poleas (Alvarado Bernabel, 2015).

Figura 8

Extracción de motor.



Nota. Mecanismo como se extrae el motor de los automóviles (Member, 2013).

El inicio de este tipo de invención se remota a Roma, en la donde se usaba la fuerza bruta para mover mecanismos triviales de tipo polea y así conseguir un efecto palanca que permitiera mover los bloques pesados de construcción, alimentos y provisiones; ya desde esa época las grúas rudimentarias gozaban de gran capacidad (Villavis Bermeo & Torres Gonzales, 2017).

Figura 9

Grúas en la antigüedad.



Nota. Diseño de las grúas en la antigüedad (Pardo, 2013).

Su uso se extendió a todo tipo de actividades, hasta finales de la edad media donde se introdujo el uso de energía hidráulica y motores a vapor para su accionamiento. En la edad moderna se han adaptado a todo tipo de situaciones, encontrando diversidad en sus diseños, como ejemplo tenemos algunas de las principales grúas pórtico, semipórtico, grúas torre, multipropósito y de canasta (usada en la reparación de cableado eléctrico suspendido).

Hoy en día estas herramientas han evolucionado en capacidad y operabilidad, encontrándose desde algunas grúas simples adaptables a vehículos hasta complejos mecanismos automatizados usados en tareas de gran precisión (Mulugeta & Tesfahun, 2017). Se han añadido algunas mejoras con el tiempo, destacándose la capacidad de ser accionadas por motores eléctricos y otros con mecanismos automatizados de moto reducción, pero en general se mantiene la misma estructura de construcción que consta de una base o chasis con o sin aditamentos como ruedas, una columna que funciona como receptor de esfuerzos, un brazo o viga como mecanismo de manipulación de carga y un gato hidráulico o motor para lograr la elevación (Awal, 2016). En todos los casos se observa que la característica distintiva es su gran

portabilidad y relativa gran capacidad de carga respecto a su tamaño, lo que las hace versátiles para multitud de tareas comunes en los talleres, esta característica es tomada como parámetro mandatorio a la hora de planificar el diseño y la estrategia de comprobación de resultado en algunos análisis de ingeniería realizados hasta la fecha (Karl et al., 2015).

Figura 10

Variedad de grúas de taller.



Nota. Diseños de grúas de taller (SGS, 2019).

Para cambiar la configuración se saca el tornillo de ajuste y se mueve la viga interior hasta la posición deseada.

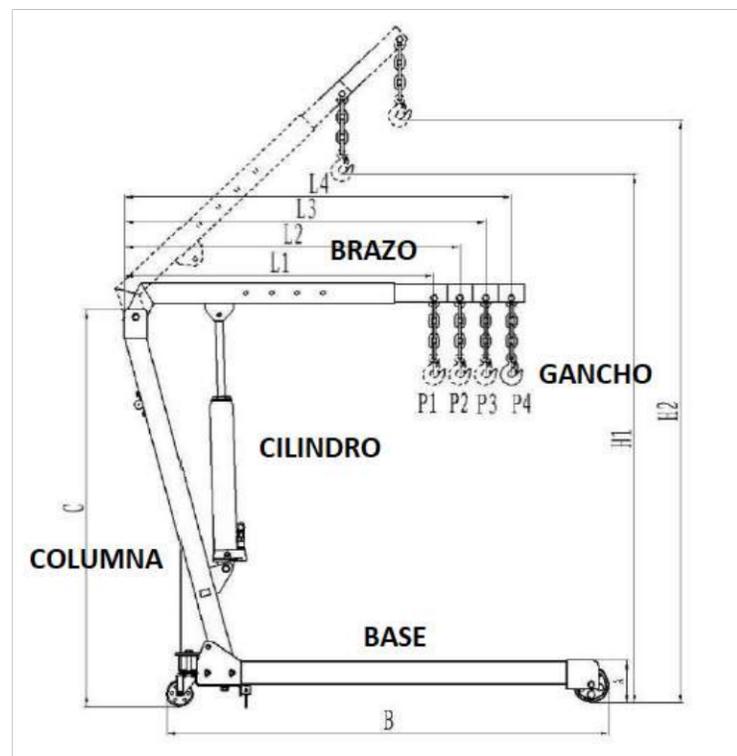
A continuación, se aportan descripciones generales sobre las partes y funcionamiento de una grúa taller, con el objetivo de analizar el comportamiento básico para el cual deben diseñarse estos mecanismos.

4.1.1.1 Descripción Operativa para una grúa de taller convencional. Una grúa de taller trabaja mediante la acción de cinco elementos fundamentales, base, cilindro o elemento accionador, brazo o pluma, columna y gancho. Estos deben permitir levantar, trasladar y bajar las cargas.

4.1.1.1 Brazo o Pluma. Este elemento proporciona la funcionalidad de la herramienta, su configuración debe permitir apoyarse en puntos de rotación, adicionalmente trabaja con un elemento interno deslizante para variar su longitud efectiva, el cual puede posicionarse en varios puntos de anclaje mediante pernos. De esta manera se logra flexibilidad para elevar cargas a distintas alturas y que se encuentran a distinto nivel de piso.

Figura 11

Elementos de una grúa de taller.



Nota. Se describen las partes que conforman una grúa (adendorff, 2018).

4.1.1.1.2 Base. Funciona como elemento distribuidor de carga sobre el piso, además se contener aditamentos como ruedas que permitan la movilidad, es importante contar con elementos extensibles o piernas suficientemente largas para permitir el acceso a la zona del motor.

4.1.11.3 El elemento accionador. Comúnmente un cilindro hidráulico manual se encarga de elevar y sostener el brazo o pluma que a su vez se encuentra unido al gancho donde se monta la carga, la capacidad del cilindro necesario se determina en base al análisis de fuerzas en el sistema.

4.1.1.1.4 Columna. Funciona soportando la mayor variedad de cargas combinadas y será la encargada de la rigidez estructural, debe estar firmemente apoyada en la base de manera que sus movimientos laterales estén restringidos.

4.1.1.2 Cambios de configuración. Cualquier arreglo en la geometría de los elementos debe estar pensado para el ensamblaje o desmontaje mediante conexiones de perno y el uso de secciones retirables. Es muy importante que la herramienta sea portable y pueda almacenarse en lugar donde ocupe poco espacio por las limitaciones del taller, por esta razón dichas conexiones son la principal restricción para modificar alguno de los componentes principales (Alvarado Bernabel, 2015).

Figura 12

Pernos de unión.



Nota. Diferentes tipos de pernos para unión de la grúa (Alvarado Bernabel, 2015).

4.1.1.3 Relaciones para el cálculo estático de los elementos principales.

Figura 13

Esfuerzos permisibles en elementos estructurales con cargas aplicadas sobre su eje de simetría.

$$\sigma_{max} = \frac{P}{A} + \frac{M_{max}}{Z}$$

σ_{max} : Esfuerzo normal máximo de la sección

P : Fuerza normal

A : Área de la sección

M_{max} : Momento máximo

$$Z = I/c$$

I : Momento de inercia

c : Distancia al eje neutro de la sección

Figura 14

Esfuerzo cortante debido a carga transversal.

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

V : Carga

Q : Primer momento de inercia

I : Momento de inercia de la sección

t : Espesor en el punto de interés

Figura 15*Esfuerzo a la fluencia.*

$$\sigma_y = \frac{S_y}{n}$$

 S_y : Resistencia a la fluencia n : Factor de seguridad**Figura 16***Esfuerzo cortante máximo a fluencia.*

$$\tau_y = \frac{S_y}{2n}$$

Figura 17*Esfuerzo plano equivalente de Von misses.*

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2}$$

Figura 18*Fuerza sobre un cilindro hidráulico.*

$$F_c = P_n \cdot A_e \cdot n$$

 P_n : Presión nominal del cilindro A_e : Área efectiva de empuje n : Factor de seguridad**Figura 19***Área efectiva de empuje.*

$$A_e = A_c - A_v$$

 A_c : Área del cilindro A_v : Área del vástago

4.1.2 Estudiar los modelos disponibles en el mercado y la literatura.

4.1.2.1 Recolección de datos. En esta etapa inicial se centra en la obtención de la información relacionadas con el diseño y fabricación de grúas de taller en general. Como estrategia se tiene en cuenta múltiples plataformas de venta directa a través de internet, así como proveedores internacionales, para analizar los distintos modelos, tecnologías y precios con los que actualmente se dispone en el mercado, el objetivo es obtener claridad sobre las características esenciales para un diseño adecuado de la herramienta.

4.1.2.2 Evaluación y selección de alternativas. En general existen cuatro grandes grupos de grúas de taller, las hidráulicas sencillas, las cuales solo cuentan con un gato hidráulico soldado sobre un arreglo de perfilera rectangular sencilla, están las más robustas que usan materiales y elementos de refuerzo para soportar mayor carga, ambas operadas manualmente; por otro lado, están las que se operan con ayuda de un motor y algún mecanismo automatizado, que pueden ser eléctricas, a diésel o gasolina. Sus características generales se describen en la *Tabla 2* y en la *Tabla 3* se proporciona los precios estimados para cada uno.

Tabla 2

Características generales para tipos comunes de grúas de taller.

Tipo	Operación	Movilidad con carga	Portabilidad (Desarmable)	Peso (Kg)
Hidráulica sencilla	Manual	Total	Total	45
Hidráulica Robusta	Manual	Total	Total	75
Diesel o gasolina	Semiautomática	Fija	Parcial	150
Eléctrica	Automática	Fija	Parcial	120

Nota. estudio de los datos recolectados en portales de ventas en internet.

Tabla 3

Precio estimado de mercado para tipos comunes de grúas de taller.

Tipo	Valor Estimado (COP)	Máxima elevación sobre nivel de (m)	Capacidad a máxima extensión (Toneladas)
Hidráulica sencilla	800.000 - 900.000	2.3	0.5
Hidráulica Robusta	1.600.000 – 3.800.000	2.2	1
Diesel	3.800.000 - 500.000.000	2.15	1.5
Eléctrica	5.000.000 – 7.000.000	2.4	0.3

Nota. Precios según datos de vendedores en internet.

4.1.2.3 Selección de prototipo base y parámetros de operación. El modelo es el más popular encontrado en el mercado es la grúa pluma hidráulica sencilla, además de ser la opción más barata, tiene gran potencial para cumplir nuestro objetivo de fácil fabricación y portabilidad. En la **Figura 20** se aprecia un modelo preliminar con el cual se evaluó la movilidad y ensamblaje de los componentes, con lo cual fue evidente que el sistema estructural se puede obtener de una fabricación sencilla, además de beneficiar aspectos como la maniobrabilidad y portabilidad. Esta geometría será el punto de partida para el diseño propuesto.

Figura 20

Modelo base grúa de taller común.



Respecto a los parámetros de operación iniciales, se tendrá en cuenta el peso promedio de motores de vehículos urbanos, ya que estos son los que usualmente se reparan en los pequeños talleres.

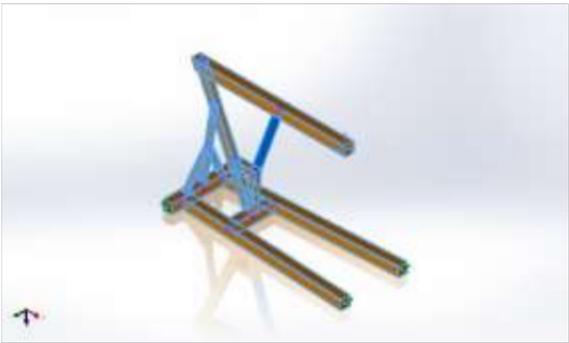
4.1.3 Establecer los parámetros básicos del diseño de un prototipo inicial de una grúa.

4.1.3.1 consideraciones de diseño. Una de las más importantes es el coeficiente de seguridad que se ha tomado en cada una de las partes, en los cálculos hay dos tipos de coeficientes de seguridad, el destinado al dimensionamiento de las partes principales (mástil, pilar, base), que tiene un valor de 1,2, y el destinado a las partes móviles (pasadores), cuyo valor es de 2.

Otro aspecto importante es el material y sus características. Para el diseño de todas las partes se ha utilizado un acero ASTM A36, las cuales sus principales características se describen a continuación.

Tabla 4

Propiedades del material.

Modelo de referencia	Propiedades	
	Material	Acero ASTM A36
	Tipo de modelo	Isotrópico elástico lineal
	Criterio de falla por defecto	Max von Mises Stress
	Limite elástico	2.5e+08 N/m ²
	Resistencia a la tracción	4e+08 N/m ²
	Modulo elástico	2e+11 N/m ²
	Coficiente de Poisson	0.26
	Densidad de masa	7,850 kg/m ³
	Módulo de corte	7.93e+10 N/m ²

Nota. Las condiciones aquí descritas son proporcionadas por el programa SolidWorks. En el *Apéndice A* se ilustra más detallado las características del material a emplear.

4.1.3.2 Diseño de componentes. Se considera en este paso el análisis mediante esfuerzos permisibles como metodología para el dimensionamiento adecuado en cada sección de la grúa, Algunos elementos críticos como los pernos en puntos de unión y la pluma o viga principal se analizarán bajo condiciones de fatiga. Los materiales se toman a partir de un proveedor de perfiles estructural común que cumplan con los factores de seguridad obtenidos del análisis preliminar.

4.1.3.3 Determinación de estados de esfuerzo. Se evalúan las condiciones de operación en distintas posiciones a plena carga para establecer cuales componentes serán especialmente exigidos en cada condición. Este análisis nos permitirá seleccionar los componentes críticos que serán simulados. Los resultados se relacionan bajo un modelo similar a la **Tabla 5**.

Tabla 5

Ejemplo Comparativa de Fuerzas.

Distancia (x) [mm]	F_{cil} [KN]	F_A [KN]	Carga [KN]	M_{cil} [KN.mm]
1000	66,67	46,67	20	$14 \cdot 10^3$
1180	59	44	15	$13,2 \cdot 10^3$
1360	45,33	35,33	10	$10,6 \cdot 10^3$
1540	25,67	20,67	5	$6,2 \cdot 10^3$

Nota. Ejemplos de la determinación de las fuerzas y momento cortante a partir de la carga y la distancia de un elemento.

Luego de obtener un diseño valido, se tomara una de las siguientes opciones, para generar las mejoras pertinentes en el prototipo, esto con el fin de obtener mejores resultados, y se pueda cumplir con las especificaciones dadas.

- a) Aumentar el calibre de la pieza o sección.
- b) Seleccionar un material de mayor resistencia.
- c) Cambiar la geometría de la sección.

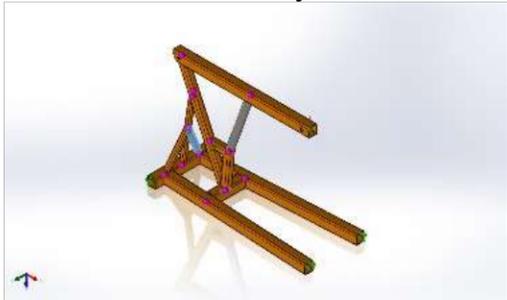
4.1.4 Modelar la propuesta inicial del prototipo en SolidWorks

4.1.4.1 Validación del diseño. Una vez dimensionados los elementos y dimensionado el material se realizan las simulaciones de los componentes bajo las condiciones de carga posibles establecidas por la configuración geométrica, se utilizará el paquete de simulación de SolidWorks, contrastando algunos resultados de interés con Ansys para determinar los esfuerzos los puntos críticos donde los esfuerzos pueden resultar en una condición de falla.

4.1.4.2 Proceso de modelación. Inicialmente se realizaron las piezas, con los comandos de croquis para establecer un boceto, y con ayuda de los comandos de operaciones, le damos volumen a las piezas; en este caso la herramienta más empleada es extruir. Posteriormente con el módulo de ensamble, se unieron todas las piezas, en la *Tabla 6* se ilustra las secciones de cada uno de los perfiles con los cuales esta estructurado el prototipo.

Tabla 6

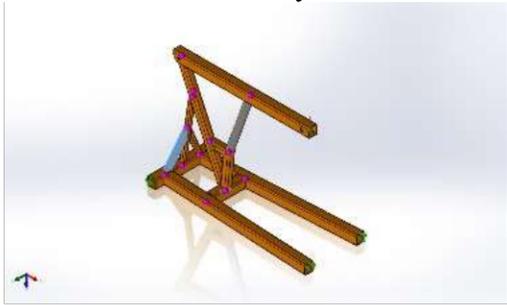
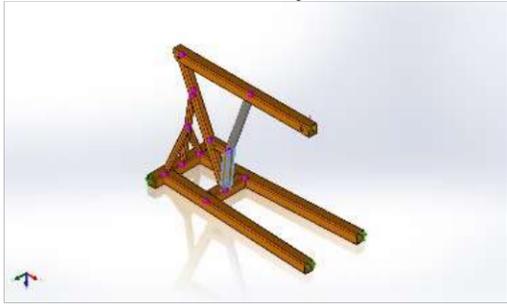
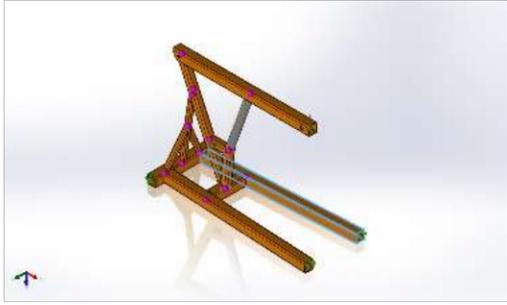
Ensamble de los cuerpos por viga.

Ensamble de los cuerpos por viga	
Cuerpos solidos	Sección perfiles de soldadura estándar
SolidBody 1	
	<p>Área de la sección: 0.00102519m² Longitud:333.802mm Volumen:0.00034666m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:2.72128kg Peso:26.6685N</p>

Nota. En esta sección se describe los componentes o propiedades de cada uno de los elementos que conforman el prototipo propuesto.

Tabla 6

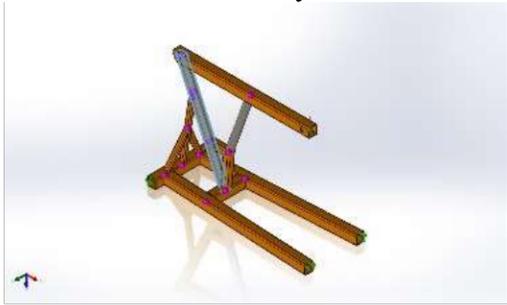
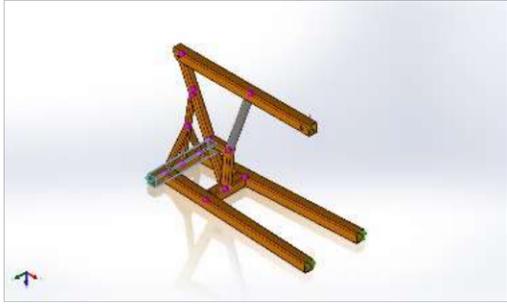
Continuación

Ensamble de los cuerpos por viga	
Cuerpos solidos	Sección perfiles de soldadura estándar
<p>SolidBody 2</p> 	<p>Área de la sección: 0.00102519m² Longitud:338.728mm Volumen:0.000347273m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:2.72609kg Peso:26.7157N</p>
<p>SolidBody 3</p> 	<p>Área de la sección: 0.00200509m² Longitud:347.09mm Volumen:0.000695959m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:5.46328kg Peso:53.5401N</p>
<p>SolidBody 4</p> 	<p>Área de la sección: 0.00231551m² Longitud:1,701.62mm Volumen:0.00394002m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:30.9292kg Peso:303.106N</p>

Nota. En esta sección se describe los componentes o propiedades de cada uno de los elementos que conforman el prototipo propuesto.

Tabla 6

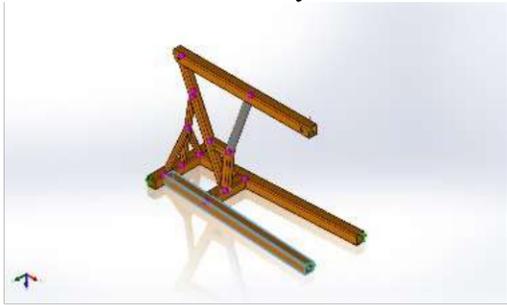
Continuación

Ensamble de los cuerpos por viga	
Cuerpos solidos	Sección perfiles de soldadura estándar
<p>SolidBody 5</p> 	<p>Área de la sección: 0.00200509m² Longitud:1,158.46mm Volumen:0.00227023m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:17.8213kg Peso:174.649N</p>
<p>olidBody 6</p> 	<p>Área de la sección: 0.00231551m² Longitud:1,486.55mm Volumen:0.00347428m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:27.2731kg Peso:267.276N</p>
<p>SolidBody 7</p> 	<p>Área de la sección: 0.00231551m² Longitud:700mm Volumen:0.00162086m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:12.7237kg Peso:124.693N</p>

Nota. En esta sección se describe los componentes o propiedades de cada uno de los elementos que conforman el prototipo propuesto.

Tabla 6

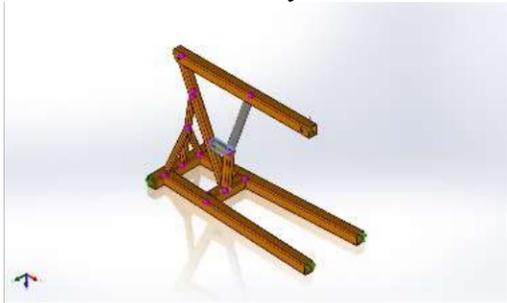
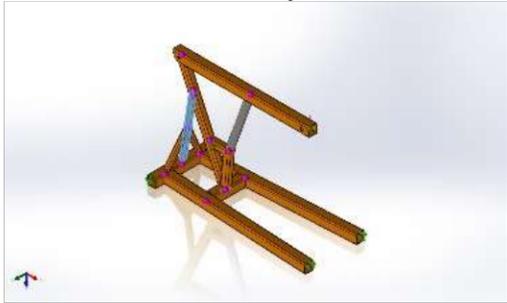
Continuación

Ensamble de los cuerpos por viga	
Cuerpos solidos	Sección perfiles de soldadura estándar
<p>SolidBody 8</p> 	<p>Área de la sección: 0.00231551m² Longitud:1,701.62mm Volumen:0.00394002m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:30.9292kg Peso:303.106N</p>
<p>SolidBody 9</p> 	<p>Área de la sección: 0.00102519m² Longitud:68.3523mm Volumen:7.00743e-05m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:0.550083kg Peso:5.39082N</p>
<p>SolidBody 10</p> 	<p>Área de la sección: 0.00231551m² Longitud:351.671mm Volumen:0.000814277m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:6.39208kg Peso:62.6423N</p>

Nota. En esta sección se describe los componentes o propiedades de cada uno de los elementos que conforman el prototipo propuesto.

Tabla 6

Continuación

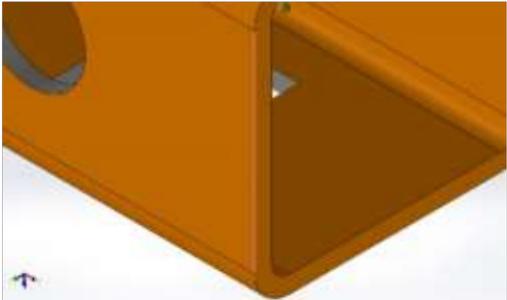
Ensamble de los cuerpos por viga	
Cuerpos solidos	Sección perfiles de soldadura estándar
<p>SolidBody 11</p> 	<p>Área de la sección: 0.00200509m² Longitud:177.954mm Volumen:0.000356807m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:2.80093kg Peso:27.4491N</p>
<p>SolidBody 12</p> 	<p>Área de la sección: 0.00102519m² Longitud:694.602mm Volumen:0.000712083m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:5.58985kg Peso:54.7805N</p>
<p>SolidBody 13</p> 	<p>Área de la sección: 0.00109938m² Longitud:637.558mm Volumen:0.000701161m³ Densidad de masa:7,850kg/m³ Masa:5.50412kg Peso:53.9403N</p>

Nota. En esta sección se describe los componentes o propiedades de cada uno de los elementos que conforman el prototipo propuesto.

Luego de realizar el ensamble, hay que definir varios parámetros para que se pueda realizar los cálculos pertinentes sin problemas; en la **Tabla 7** se establece las cargas y accesorios para realizar la simulación del prototipo.

Tabla 7

Descripción de la carga y accesorios.

Carga y Accesorios		
Nombre	Imagen	Detalle
Accesorios		Entidades 6 articulaciones Tipo Geometría Fija
Carga		Entidades 1 articulación Referencias Borde <1> Tipo Fuerza aplicada Valores 15.000 N

Nota. Los datos proporcionados aquí son los asignados en el programa para el estudio propuesto.

4.1.4.2.1 Tipo de sujeciones y mallado. En las simulaciones en los software respectivos, se utilizaron sujeciones de tipo fijas en los 3 ejes, en este caso están ubicadas en la parte inferior donde estarían situadas las rueda, dónde en este caso serían en los extremos. Además en este caso se daría una solución matemática al modelo dado que ya hay restricciones iniciales en los cuales la solución matemática se hace más rápido.

Finalmente se define el mallado, para que el programa tenga definido todos los nodos en los que debe realizar los cálculos, estas especificaciones la podemos observar en la **Tabla 8**. Además, dentro de los parámetros el tipo de malla es triangular.

Tabla 8*Información de malla*

Detalles de malla	
Tipo de malla	Malla de haz
Nodos totales	210
Elementos totales	213
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss)	00:00:02

Nota. Se describen los nodos y elementos totales a analizar para el estudio.

4.2 Evaluar el diseño propuesto mediante la comprobación de estados críticos de carga usando la simulación estática en SolidWorks y Ansys, para validar la seguridad de los componentes.

Luego de terminar el modelado en el CAD, se ejecutó el programa mediante un estudio estático estructural para determinar deformaciones, esfuerzos y el factor de seguridad, al momento de aplicar las cargas. Además se hizo un análisis lineal, para establecer como el material se comporta dentro de su límite elástico.

El análisis de los componentes estructurales mostrados, se da tras la respectiva simulación realizada con un software de diseño (SolidWorks y Ansys). Por tanto, la especificación de dichos resultados arrojados por los softwares, se evaluarán para el establecimiento de si es viable o no el diseño de la grúa, el cual debe soportar una carga máxima de 15 Ton. Para el diseño se selecciona el acero estructural ASTM A-36, el cual es el más recomendado para elaboración de todo tipo de estructura metálica.

4.2.1 Simular los componentes del diseño propuesto en SolidWorks.

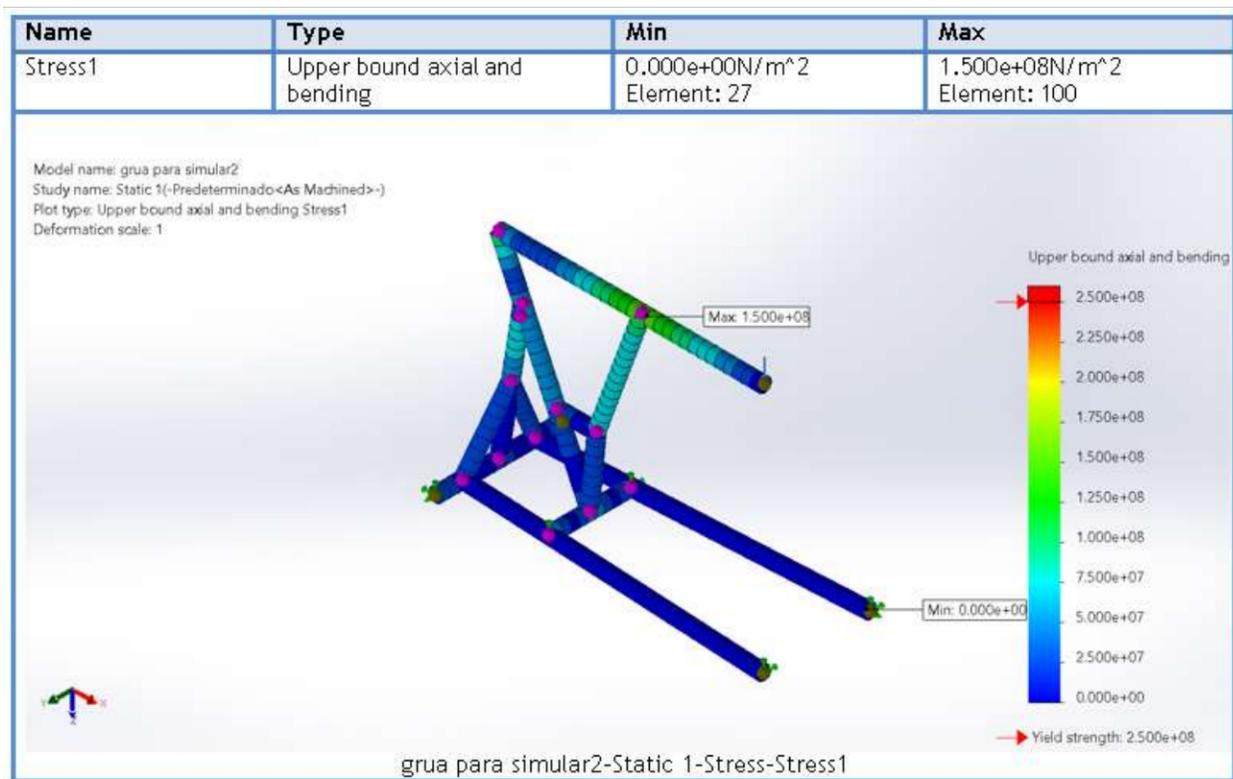
Luego de realizar el ensamble en el programa, se procede a evaluar el diseño; para esto se ponen las condiciones de contorno (condiciones de apoyo, restricciones, apoyos en pieza...), y así

el programa realiza los cálculos necesarios para obtener los valores de tensión, deformación y coeficiente de seguridad de todos los nodos de la malla con la que se definió el conjunto.

En la **Figura 21** se muestra los esfuerzos obtenidos de la simulación en el software SolidWorks de toda la estructura con su máxima carga (15 Ton), el cual arrojó un máximo de $1.5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ y un mínimo de 0 N/m^2 , además se puede observar que el mayor esfuerzo normal es de 150 MPa, cuyo valor es bastante bueno para el peso aplicado, esto nos quiere decir que es satisfactorio el resultado ya que solo pocos puntos presentan este valor de esfuerzo. La ejecución se realizó mediante un estudio del límite superior axial y de flexión.

Figura 21

Estudio de Tensión en la grúa.



Nota. Tensión en la grúa en un estudio del límite superior axial y de flexión.

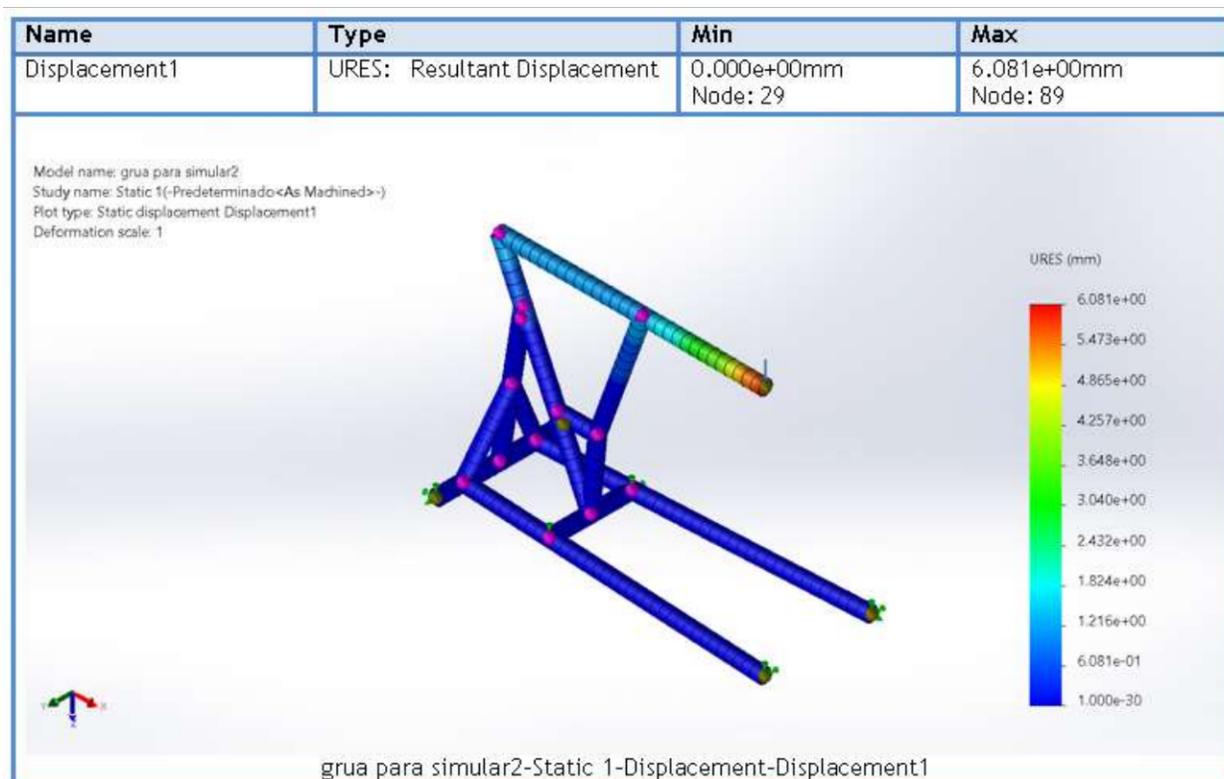
A partir de estos resultados se puede concluir que los elementos de alta criticidad los podemos encontrar en el nodo que conforma la intercepción entre el brazo de la grúa y eje de

sujeción del sistema hidráulico; la intercepción entre el brazo y el pilar, y la intercepción entre el pilar y el travesaño.

Además se puede enfatizar que esta tensión máxima ejercida principalmente entre el brazo y la intención del sistema hidráulico es menor que el límite elástico del material seleccionado, razón por la cual, esto indica que el material soporta las tensiones generadas.

Figura 22

Deformación en la grúa



Nota. Deformación en la grúa en un estudio de desplazamiento resultante.

Como se puede ver que en la **Figura 22** se refleja el punto máximo de deformación de 6,081 mm en el voladizo mostrado para el elemento superior (viga). Del estudio se puede deducir que al aplicar la fuerza principal, sobre el extremo del brazo que soporta la carga, en donde la

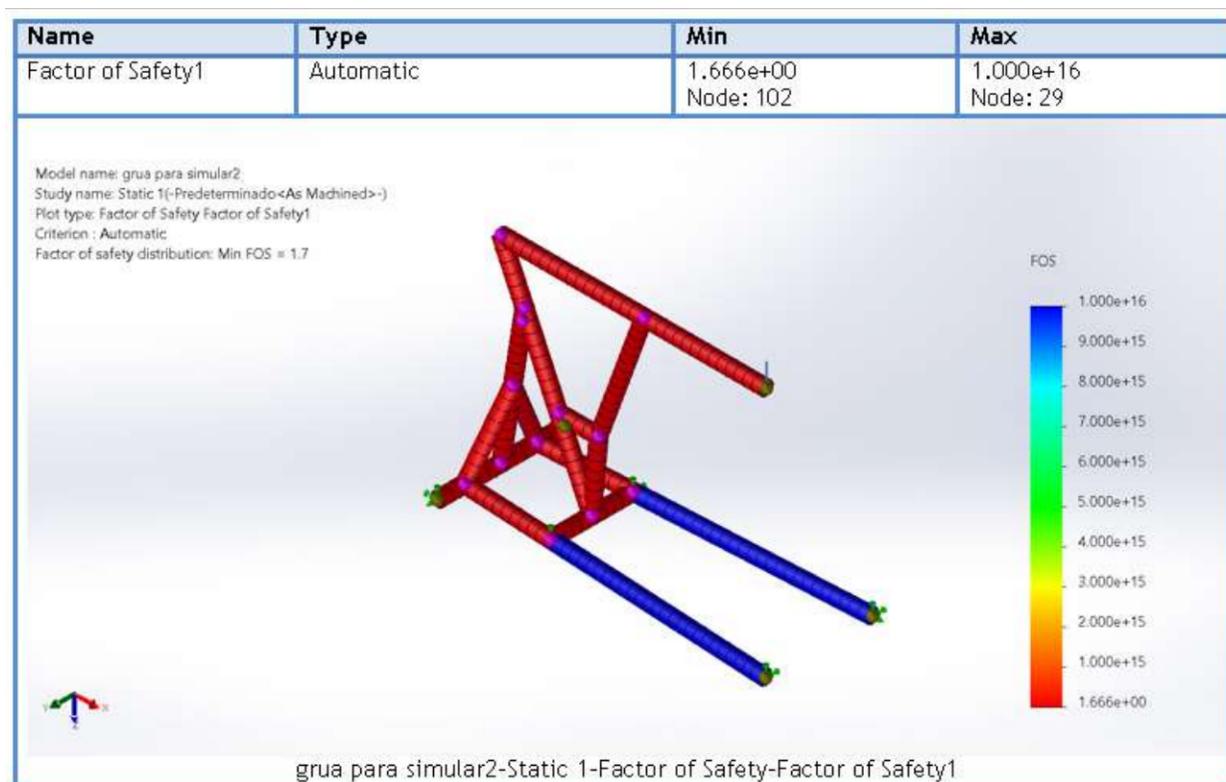
pieza empezara a desplazarse aproximadamente unos 5.473 mm de su posición inicial, esto podría indicar que si se supera la fuerza a la cual se está ejerciendo este podría deformarse.

Es importante analizar de las imágenes anteriores, que los lugares de mayor deformación y mayor tensión difiere uno del otro, esto es un buen resultado ya que no hay un punto de deformación y esfuerzo concentrado.

Luego, en la **Figura 23** se puede observar que el coeficiente de seguridad en su punto más favorable oscila con un mínimo de 1.66 en el nodo 102 y un máximo de 1 en el nodo 29. Se puede observar que prácticamente media estructura arroja un valor mínimo, lo cual se debe tener presente al momento de ejecutar el diseño elaborado.

Figura 23

Coeficiente de seguridad de la grúa.



Nota. Coeficiente de seguridad en la grúa en un estudio automático.

Cabe resaltar que estos valores se dan en la zona donde la barra central de la base se une con el pilar. El programa también da la posibilidad de calcular si el pasador es capaz de soportar las tensiones, incluso antes de realizar las modificaciones necesarias, los diámetros del pasador y las paredes de las tensiones donde están situados soportan perfectamente las fuerzas.

Se puede observar que a diferencia de la base, el resto de los elementos que conforman el mecanismo, aluden un comportamiento crítico con respecto a las condiciones especificadas con el factor de seguridad deseado, esto se debe al tipo de estudio realizado, ya que se aplicó un caso de estudio automático, el cual no es el idóneo para lo requerido.

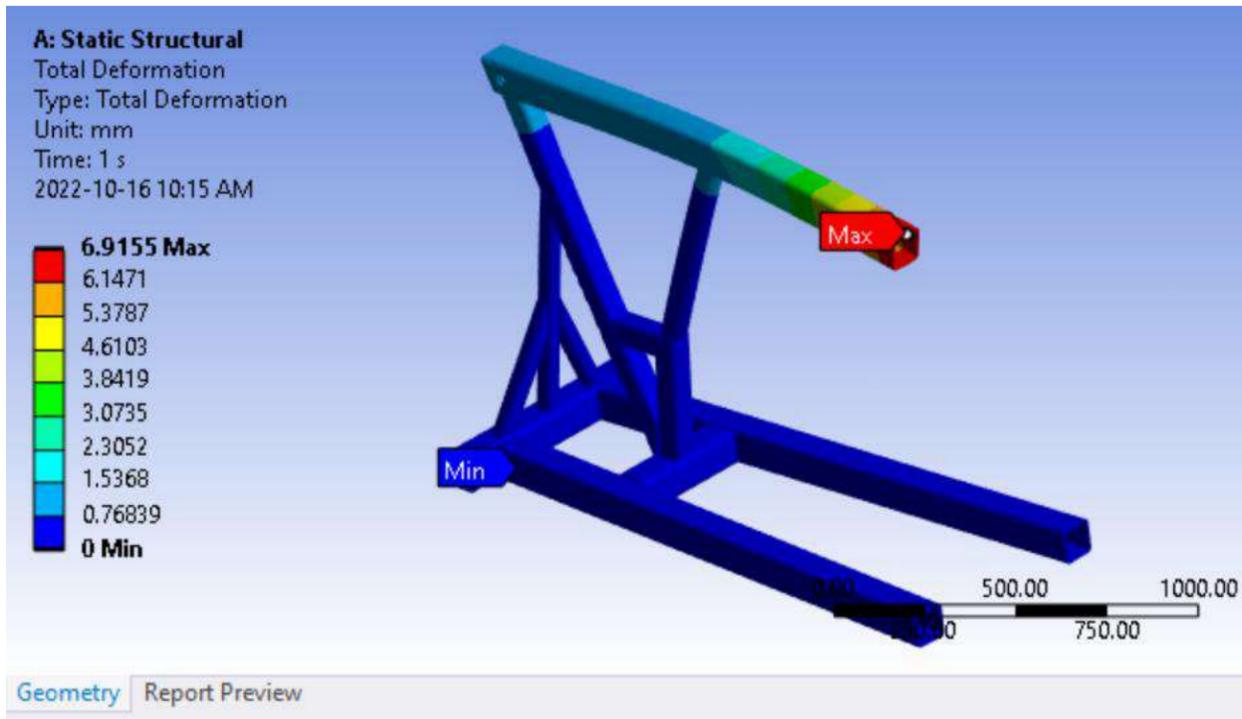
4.2.2 Simular los componentes del diseño propuesto en ANSY.

Luego de realizar la simulación en SolidWorks, se realizó el estudio en ANSY con el fin de establecer unas condiciones más fiables de lo que se quiere lograr con el mecanismo, de este modo proporcionar condiciones apropiadas para una buena conformación de los elementos para su construcción.

En la ***Figura 24*** se ilustra los resultados obtenidos en la simulación para la deformación máxima en el voladizo del elemento estructural superior (viga), se evidencia un valor máximo de 6.9155 mm y 0 mm en su respectiva base.

Figura 24

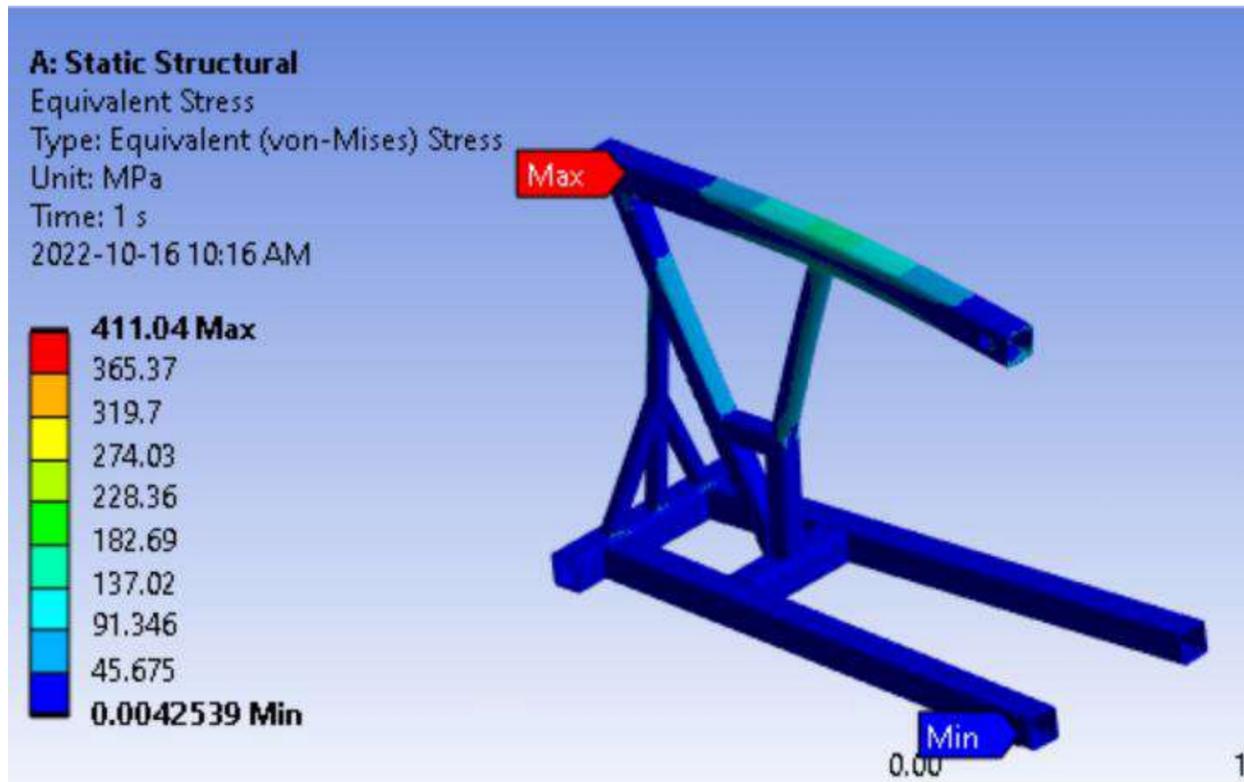
Deformación total de la estructura.



Nota. Deformación total en un estudio realizado en ANSY.

En la **Figura 25** los datos arrojados por el programa ilustran el análisis de tensión o estrés equivalente que soporta el conjunto, en la cual se observa valores mínimos de 0.0042539 MPa y un máximo de 411.04 MPa, además se puede identificar que el máximo también se encuentra en el elemento superior (viga), específicamente en la parte trasera. El análisis se realizó mediante un estudio de von mises.

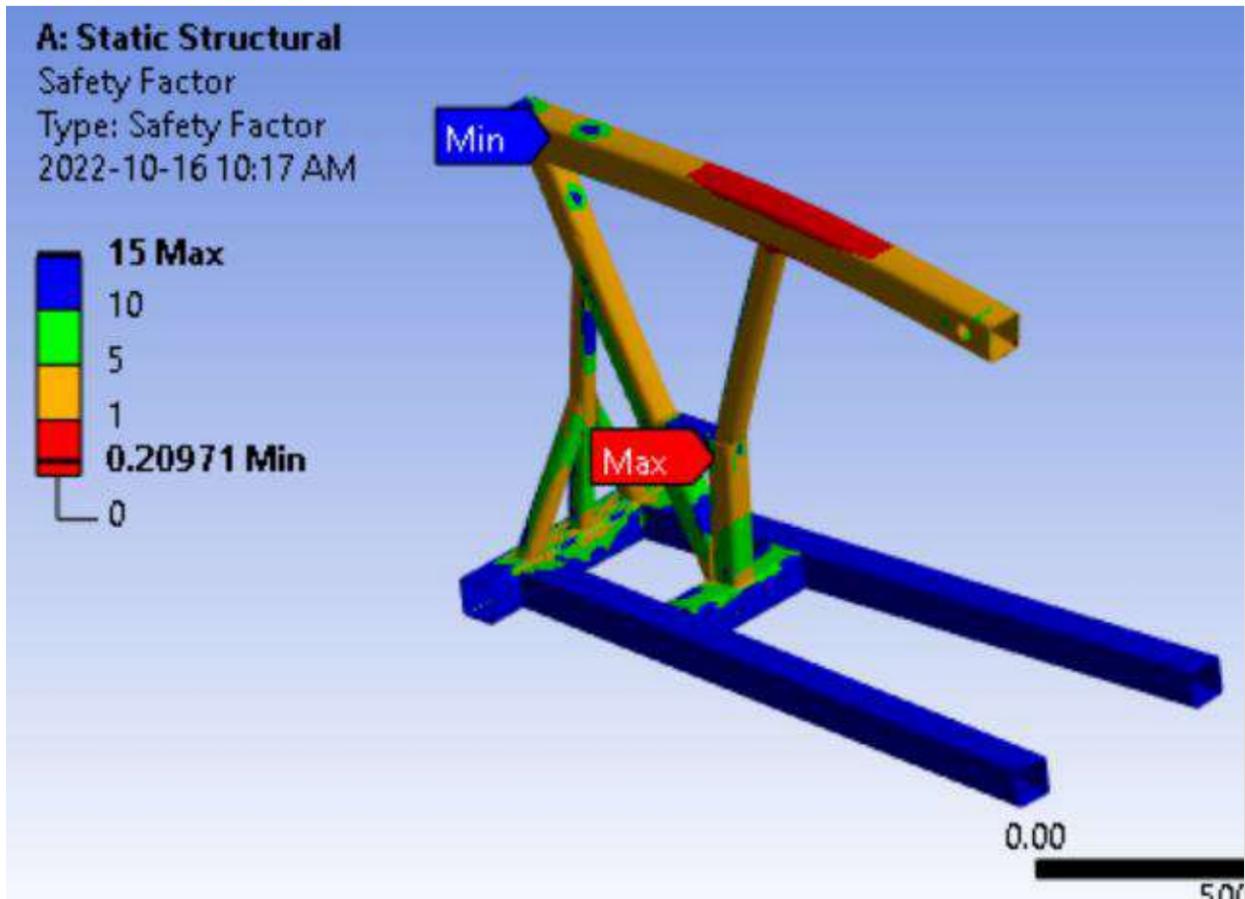
A partir de estos resultados se puede concluir que los elementos de alta criticidad los podemos encontrar en el nodo que conforma la intercepción entre el brazo y el pilar, y el resto de la estructura presenta un valor promedio de 22.796 N/m².

Figura 25*Tensión equivalente*

Nota. Tensión equivalente en un estudio realizado en ANSY.

Además se puede enfatizar que esta tensión máxima ejercida principalmente entre el brazo y el pilar, es menor que el límite elástico del material seleccionado, razón por la cual, esto indica que el material soporta las tensiones generadas.

Posteriormente, en la **Figura 26** se puede observar que el factor de seguridad, el cual tiene un valor máximo de 15 y un valor mínimo de 0.20971; se puede notar que el máximo se encuentra en el elemento medio que da estabilidad a la estructura, lo cual es algo confiable al momento de ver el diseño, en cambio se observa un valor mínimo en el elemento estructural superior, el cual soportara la mayor carga establecida.

Figura 26*Factor de seguridad*

Nota. Factor de seguridad en un estudio realizado en ANSY.

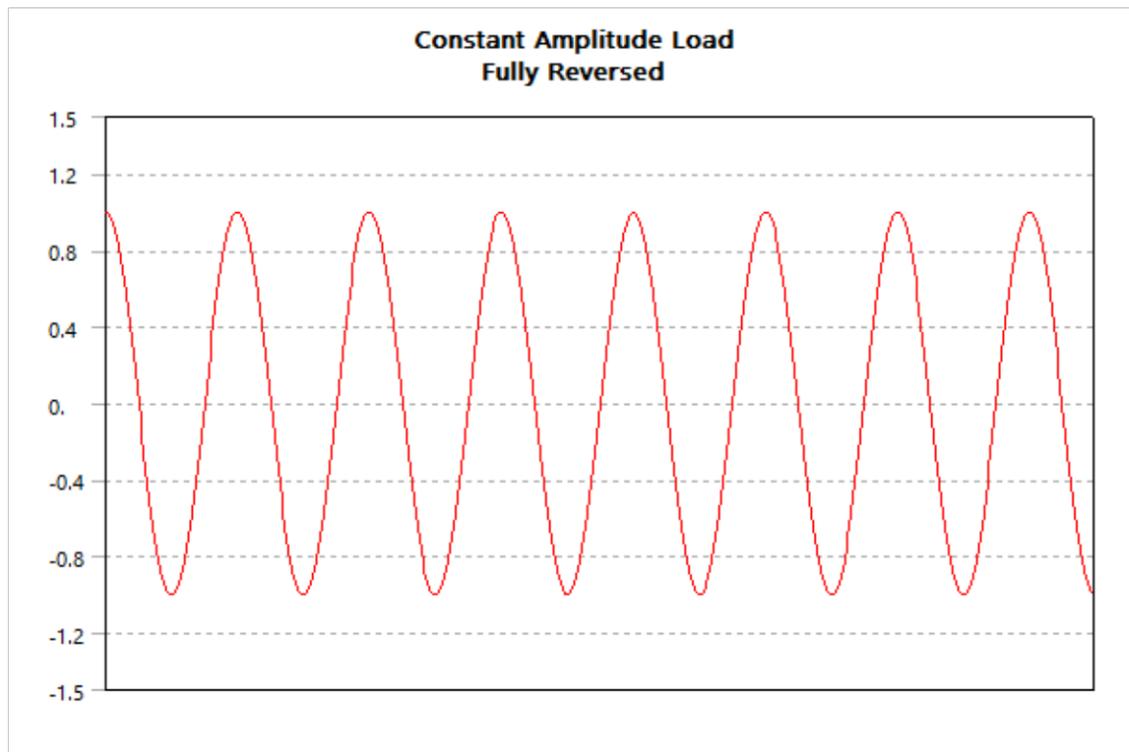
Cabe resaltar que el valor máximo se presenta en la intersección de los nodos del elemento hidráulico y el pilar con un valor de 15, lo cual nos indica que en este punto es importante tener en cuenta los elementos de diseño que se van a emplear para su construcción, con el fin de brindar mayor seguridad a estos elementos.

Sin embargo, este diseño cumple con los elementos pertinente, ya que al compararlos con los resultados obtenidos con SolidWorks, los datos abordados son totalmente diferentes, debido al tipo de estudio que se aplicó, lo cual es importante tener en cuenta a la hora de realizar y proponer un diseño mecánico.

Dentro el desarrollo de la simulación en el CAD ANSY, este abordo unos diagramas que permiten mirar el comportamiento de la fatiga en la estructura. Durante el ensayo se somete a la pieza a tensiones alternas hasta el fallo de la misma, definiéndose la tensión alterna como la mitad de la diferencia entre la tensión máxima y mínima aplicadas durante un ciclo

Figura 27

Diagrama de fatiga



Nota. Diagrama de fatiga en un estudio realizado en ANSY.

En la **Figura 27** se observa una carga de amplitud constante, en un rango de -1 y 1 durante un ciclo equivalente completamente invertido. Lo cual quiere decir que las tensiones de compresión son negativas y las de tracción positiva por convención.

A partir de los datos obtenidos se puede concluir que los elementos que conforman el mecanismo cumplen con las estimaciones de vida por fatiga, lo cual es importante ya que esto está enfatizado en el material seleccionado para la construcción del prototipo. El ensayando se

aplica mediante cargas dinámicas hasta que la estructura se parta o aparezcan las primeras grietas.

4.3 Generar los planos constructivos y memorias de cálculo aplicables mediante los datos arrojados por la simulación, para la fabricación de los componentes del diseño validado de la grúa de taller

4.3.1 Analizar los resultados

En la *Figura 32* se observa el diseño final de la grúa, el cual mediante la determinación de cálculos asistidos por computador, este nos permitió ver las tensión, deformaciones y condiciones de seguridad, con los que se comporta el elemento de estudio, permitiendo evaluar que tan favorable es este diseño para las condiciones de trabajo a la cual el sólido será sometido.

Tabla 9

Resumen de resultados

	SolidWorks	Ansys	Objetivo
Tensión	1,5 x10 ⁸ N/m ²	411,04 N/m ²	< 199,948 N/m ²
Deformación	6,081 mm	6,9155 mm	-
Coefficiente de seguridad	1	15	>1,7

4.3.1.1 Carga ultima de tensión (Sut). La carga ultima es lo máximo esfuerzo que pueden soportar los elementos, en este caso se tiene que la estructura fue diseñada para un máximo de 15 Ton, según el análisis de Ansys y de SolidWorks en la *Figura 21* y la *Figura 25* la estructura puede fallar en su elemento superior.

4.3.1.2 Deformación. La deformación en el voladizo arroja datos de 6.081 mm con SolidWorks y 6.9155 en Ansys, lo cual es un valor demasiado alto al momento de evaluarlo con la carga máxima a soportar de 15 Ton.

4.3.1.3 Factor de seguridad. El factor de seguridad en el análisis de Ansys y de SolidWorks se debe considerar, pues este arroja un valor bastante crítico y no es fiable un diseño con esos valores.

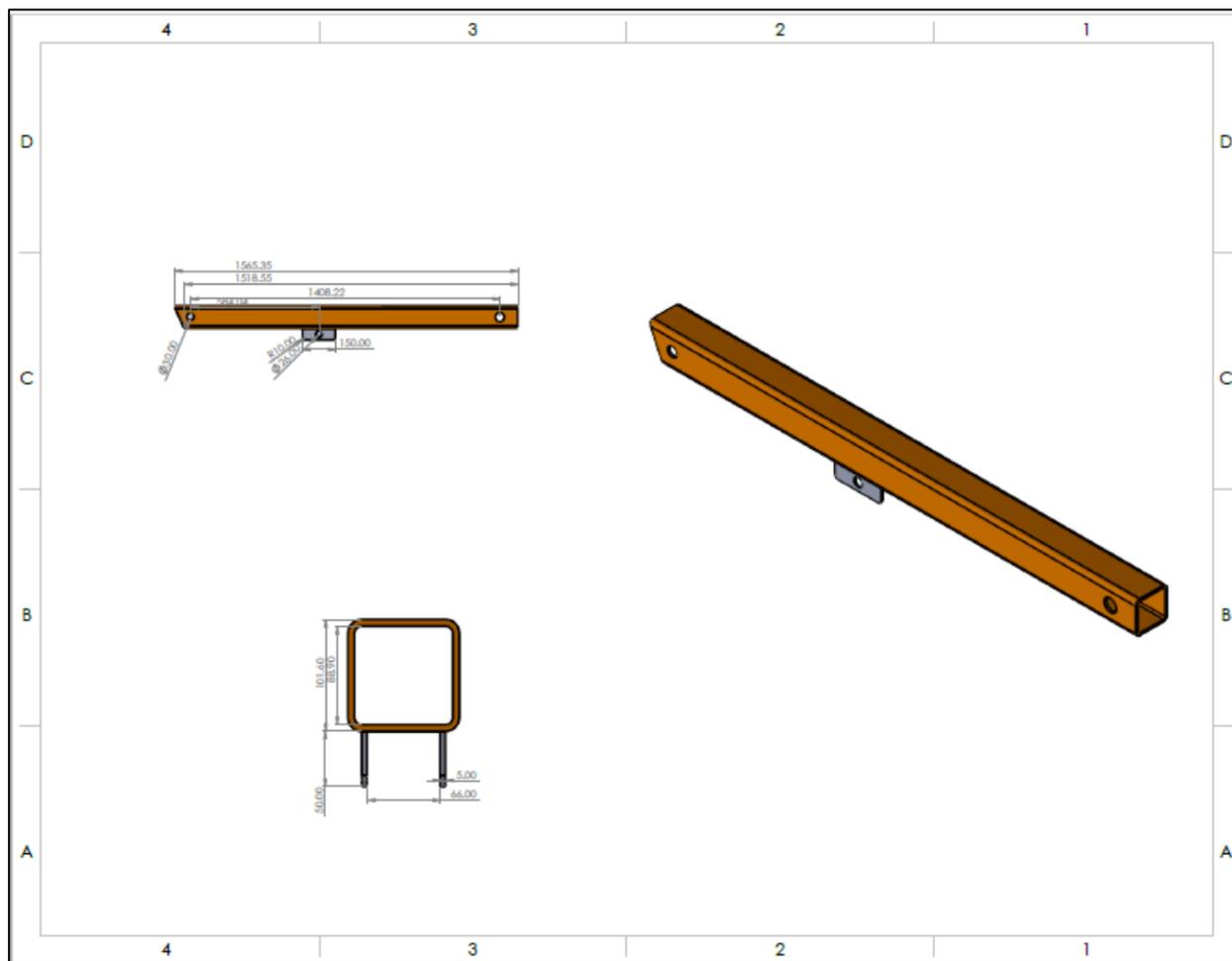
De acuerdo a los datos obtenidos, se puede aludir que el diseño propuesto no cuenta con las condiciones necesarias para los parámetros a los cuales se requieren, ya que este se propone para una carga total 1,5 toneladas, razón por la cual, a la hora de construir el prototipo se debe reevaluar el material con el cual se quiere trabajar o en su caso disminuir la carga de trabajo a la cual será sometido, de este modo brindar seguridad al personal de trabajo y a los elementos que se le vaya a brindar un servicio.

4.3.2 Generar planos con listas de cortes y perforaciones.

A partir de las *Figura 28, Figura 29, Figura 30 y Figura 31* se puede observar los planos de cada uno de los elementos principales que conforma el mecanismo, aquí se puede observar las dimensiones de cada uno, y diferentes ángulos de cada pieza.

Figura 28

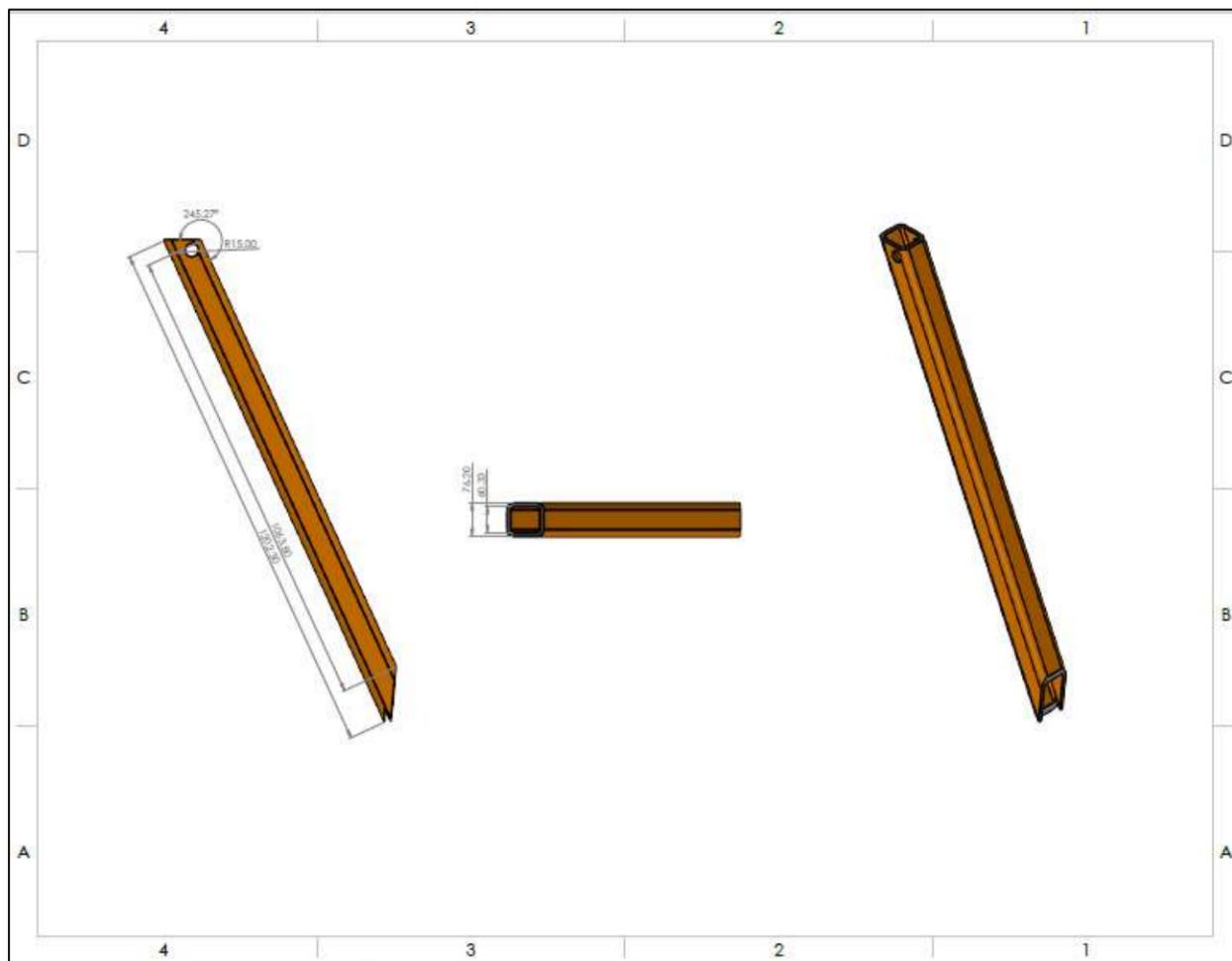
Plano del mástil de la grúa.



Nota. En el plano se muestran las dimensiones del elemento y las diferentes vistas de este.

Figura 29

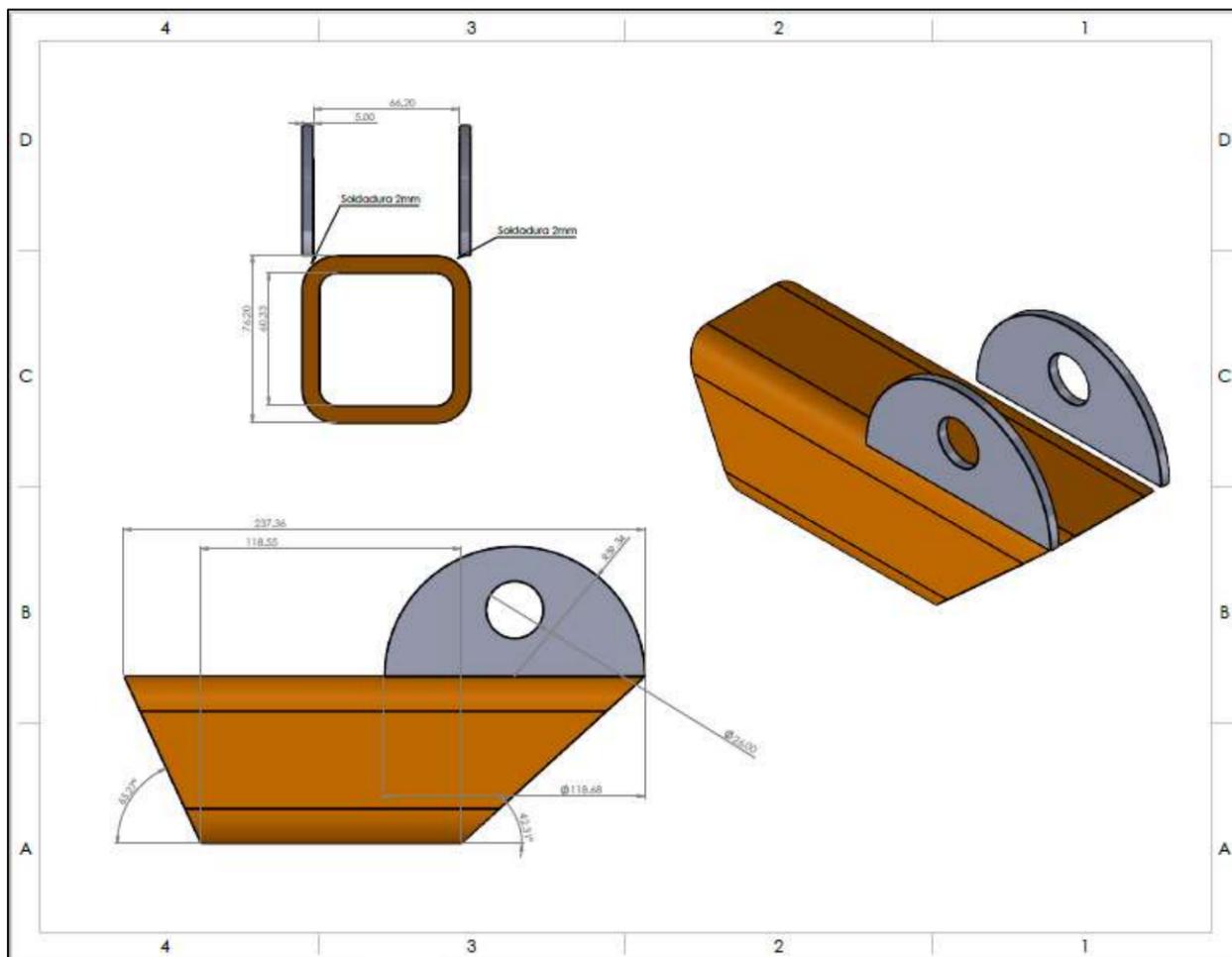
Plano del pilar de la grúa



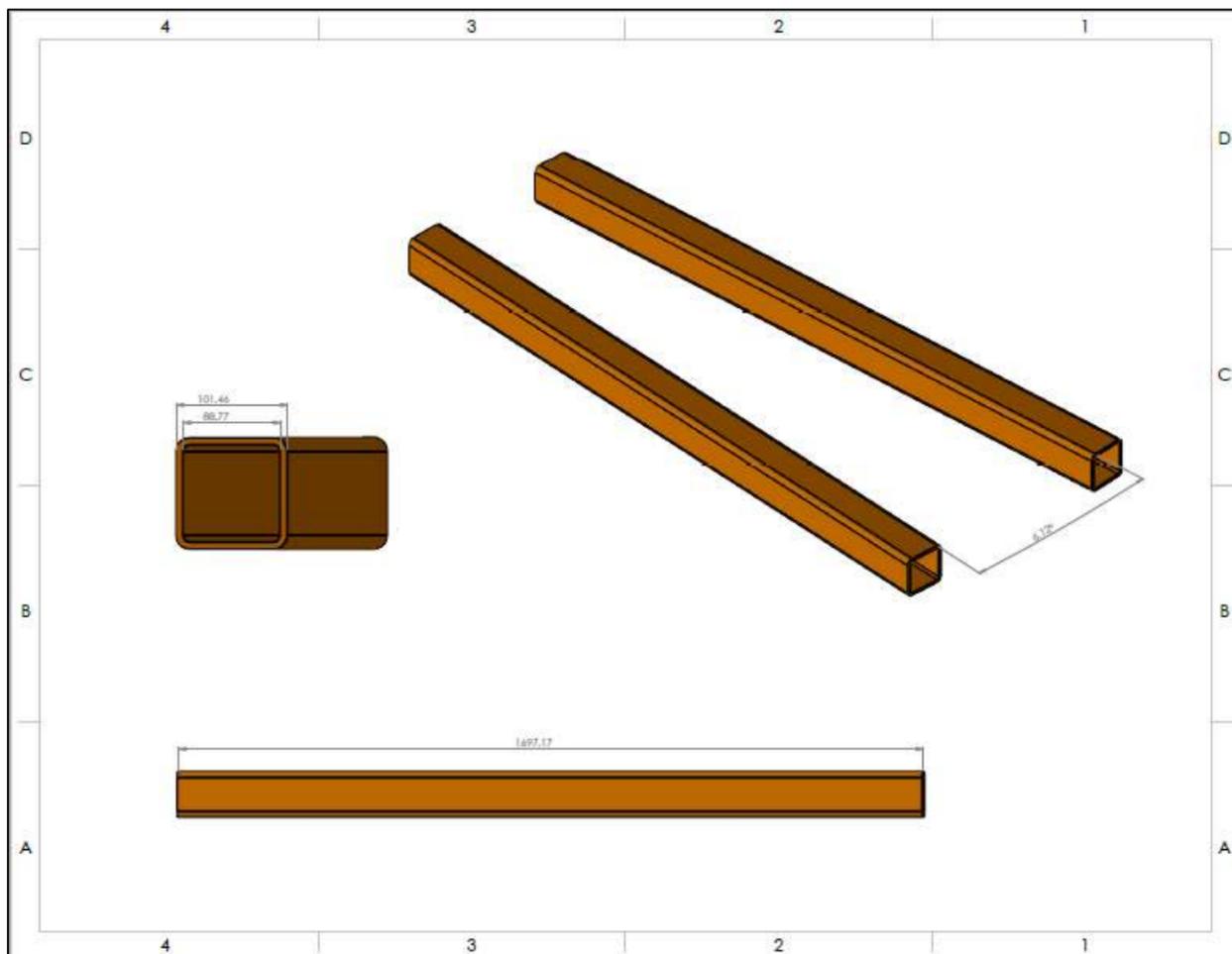
Nota. En el plano se muestran las dimensiones del elemento y las diferentes vistas de este.

Figura 30

Plano de la union entre el mástil y el pilar de la grúa



Nota. En el plano se muestran las dimensiones del elemento y las diferentes vistas de este.

Figura 31*Plano de la base de la grúa*

Nota. En el plano se muestran las dimensiones del elemento y las diferentes vistas de este.

Finalmente en la **Figura 32** se ilustra el diseño final de como quedara estructurada la grúa, teniendo en cuenta las condiciones de diseño y las especificaciones con las cuales se quiere abordar, para el área de trabajo en el cual será utilizada.

Figura 32

Ensamble de la grúa



Nota. Diseño del prototipo, ensamblado en el programa SolidWorks a partir de las condiciones deseadas.

Conclusión

Durante el desarrollo del diseño, la investigación de diferentes prototipos ya existente en el mercado y diseños propuestos en la literatura de grúas de taller, ha permitido enriquecer conocimientos notorios acerca de cómo se efectúa su funcionamiento, del cual se estableció que estas trabajan mediante la acción de cinco elementos fundamentales, base, cilindro o elementos accionar, brazo o pluma, columna y gancho, los cuales deben permitir levantar, trasladar y bajar las cargas. Además a partir del estudio se pudo instaurar las características generales para tipos de grúas, ya que estas pueden ser de tipo hidráulico, Diesel o gasolina y eléctrica, y de acuerdo a estas su mecanismo de operación.

Es de vital importancia reconocer que este diseño partió de unas especificaciones planteadas, donde se eligió el material y las dimensiones generales del diseño, con la finalidad de obtener condiciones favorables para el diseño; Estos resultados se pueden observar en la **Tabla 9** donde se hace un resumen de los resultados, aquí se pudo evidenciar que los valores obtenidos por ambas simulaciones no coinciden, ya que se presenta un desfase entre ambos, del cual se puede evidenciar que el diseño estructural fallara bajo la carga máxima en su elemento estructural superior. Debido a que su esfuerzo máximo de 411 MPa, sobrepasa el esfuerzo ultimo a tensión de 400 MPa, del acero estructural ASTM A36.

Finalmente tras realizar el análisis se pudo llegar a la conclusión que en las condiciones de diseño los valores arrojados en cuanto al factor de seguridad y la elongación de dicho elemento superior (viga) son elevados y no se puede ejecutar un diseño con estas dimensiones, pues conlleva a sufrir fallas y posibles daños en todos los elementos de la estructura de forma general. Del cual se alude que no es viable el diseño planteado de la estructura de la Grúa para la carga soportada de 15 Ton.

Recomendaciones

Se establecen recomendaciones a tener presentes con el diseño establecido mediante los dos softwares ejecutados, estas se mencionan de la siguiente forma.

- ✓ Se debe hacer un rediseño, en el cual se cambie el material o las dimensiones, es de mencionar que se puede establecer el reforzamiento de forma íntegra en el elemento superior, el cual es el que va a tender a fallar por sobrecarga.
- ✓ Disminuir la carga máxima a soportar la estructura en forma general, esto lograra disminuir tensiones en el elemento superior que tiende a fallar.
- ✓ Diseñar soportes adicionales en el voladizo, esto con el fin de dar fortaleza al elemento que tiende a sufrir mayor carga.
- ✓ Cambiar la sección transversal solo del elemento superior (viga) el cual está soportando la mayor carga.
- ✓ Se hace necesario consultar valores de factor de seguridad sugeridos por autores para elementos estructurales, esto según el material que se establezca y las dimensiones que se utilicen.
- ✓ Establecer criterios de fuerzas para las cuales se efectuara la función principal del elemento a diseñar.

Referencia

- adendorff. (2018). MAC AFRIC 1.75 Ton Pneumatic Hydraulic Engine Crane | Adendorff Machinery Mart. Recuperado 14 de agosto de 2021, de <https://www.adendorff.co.za/product/1-75-ton-air-hydraulic-foldable-engine-crane/>
- Alajaro I, M. (2019). Fortalecimiento de los talleres automotrices para el siglo XXI. *Red de Repositorios Latinoamericanos*. Recuperado de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2306080>
- Alvarado Bernabel, R. E. (2015). Cálculo, fabricación y montaje de un puente grúa de 16 Tn. y nave parabólica de 1875 m² para una planta de almacenamiento. *UNI-Tesis*. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_58e4be3f0d4f8c43a24f1612c8b6bd96/Description#tabnav
- Arcos Guaña, A. W., & Chiguano Quinga, K. D. (2016). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BRAZO GRÚA DE UNA TONELADA EN EL TALLER DE PROELEVACIÓN S.A.* Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1042>
- Awal, G. (2016). *Planning a Hydraulic Hoist on a Car Trailer*.
- Karl, A., Sweeney, R., Robert, E., & Javier. (2015). Strength Analysis on an Engine Hoist – Executive Summary. *Department of Mechanical Engineering and Technology*, 123. Recuperado de <https://sweeneyr.neocities.org/Major Project - Report.pdf>
- Logan, X. (2019, febrero 17). Cómo Funciona una GRÚA ¿Que es una grúa? Mecanismos. Recuperado 14 de octubre de 2022, de gruasyaparejos.com website: <https://gruasyaparejos.com/gruas-de-construccion/como-funciona-una-grua/>
- Longares, S. (2014). Diseño y estudio de grúa de taller con herramientas cad-cam y mef. *Escuela de Ingenieria y Arquitectura*, 82.
- Member, F. (2013, junio 2). Ford Transit 120S 1998 Reconstrucción motor. Recuperado 14 de agosto de 2021, de <https://www.furgovw.org/foro/index.php?topic=269214.0>
- MERA GÓMEZ, C. J. (2017). *EVALUACIÓN DE RIESGOS MECÁNICOS POR MÉTODO FINE EN REPARACIÓN DE TRANSMISIÓN DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES*. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24250>
- Ministerio De Trabajo Y Seguridad Social. (1979). Resolución 2400. *Ministerio de Trabajo Y Seguridad Social, 1979*(mayo 22), 126. Recuperado de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/2400 - 1979.pdf>
- Mulugeta, T., & Tesfahun, M. (2017). *Design and Development of Portable Crane in Production Workshop*. 5(2), 41-50. <https://doi.org/10.12691/ajme-5-2-2>
- MUÑOZ YUNDA, D. (2013). DISEÑO DE UN PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO Y SELECCIÓN DE LA VIGA PRINCIPAL DE UN PUENTE GRUA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689-1699. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24250>
- Pardo, J. (2013, julio 12). Principales tipos de Grúas | Tecnología del embalaje. Recuperado 14

de agosto de 2021, de Las grúas son elementos imprescindibles para cualquier transporte de mercancías, ya que se encargan de la carga y descarga de contenedores y otras cargas pesadas. website: <https://blog.cajaeco.com/principales-tipos-de-gruas/>

SGS. (2019). 2 Ton Professional Folding Hydraulic Engine Crane/Hoist/Lift. Recuperado 14 de agosto de 2021, de <https://www.sgs-engineering.com/ec2000-2-ton-folding-engine-crane>

UNITEC. (2016). Historia Evolutiva de las Grúas. *UNITEC LIFTING SOLUTIONS*, 1-4. Recuperado de <https://www.unitecls.com/wp-content/uploads/2016/05/HISTORIA-EVOLUTIVA-DE-LAS-GRÚAS-1.pdf>

Valencia, T. (2021, mayo 21). MÁQUINA GRÚA: ¿Qué es? Recuperado 14 de octubre de 2022, de [lubricantesenvenezuela.com](https://www.lubricantesenvenezuela.com) website: <https://www.lubricantesenvenezuela.com/maquina-grua/>

Villavis Bermeo, J. E., & Torres Gonzales, A. (2017). Diseño de un grua fija rotatoria de brazos rígidos usando las especificaciones AISC. *Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)*.

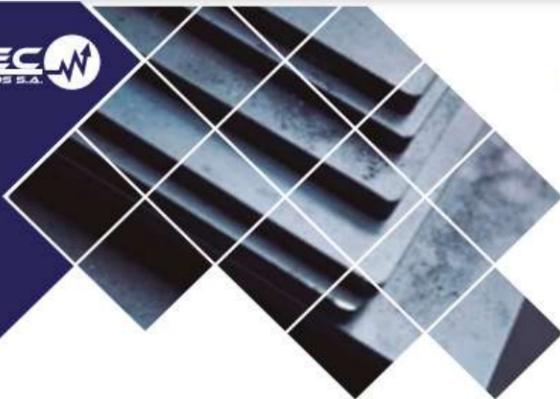
Apéndice

Apéndice A

Ficha técnica del acero ASTM A35







1. **Descripción:** Acero al carbono estructural conocido como hierro negro, de calidad estructural para el uso en puentes y edificaciones remachadas, atomilladas o soldadas.
2. **Normas involucradas:** ASTM A 36/A 36M - 04
3. **Propiedades mecánicas:**
 - Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI)
 - Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI)
 - Elongación mínima en 50 mm (2"): 23%
 - Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
4. **Propiedades físicas:** Densidad 7.85 g/cm³ (0.284 lb/in³)
5. **Propiedades químicas:**
 - 0.25 – 0.29 % C
 - 0.60 – 1.20 % Mn
 - 0.15 – 0.40 % Si
 - 0.04 % P máx
 - 0.05 % S máx
6. **Usos:** Para componentes estructurales en general.
7. **Tratamientos térmicos:** Usualmente a este material no se le da tratamiento térmico debido a que son parte estructural. Puede ser cementado para aumentar la dureza superficial mientras mantiene su núcleo tenaz.

NOTA:
Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumpla el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.

(506) 2591-7514 

(506) 2551- 4169 

info.clientes@sumiteccr.com 



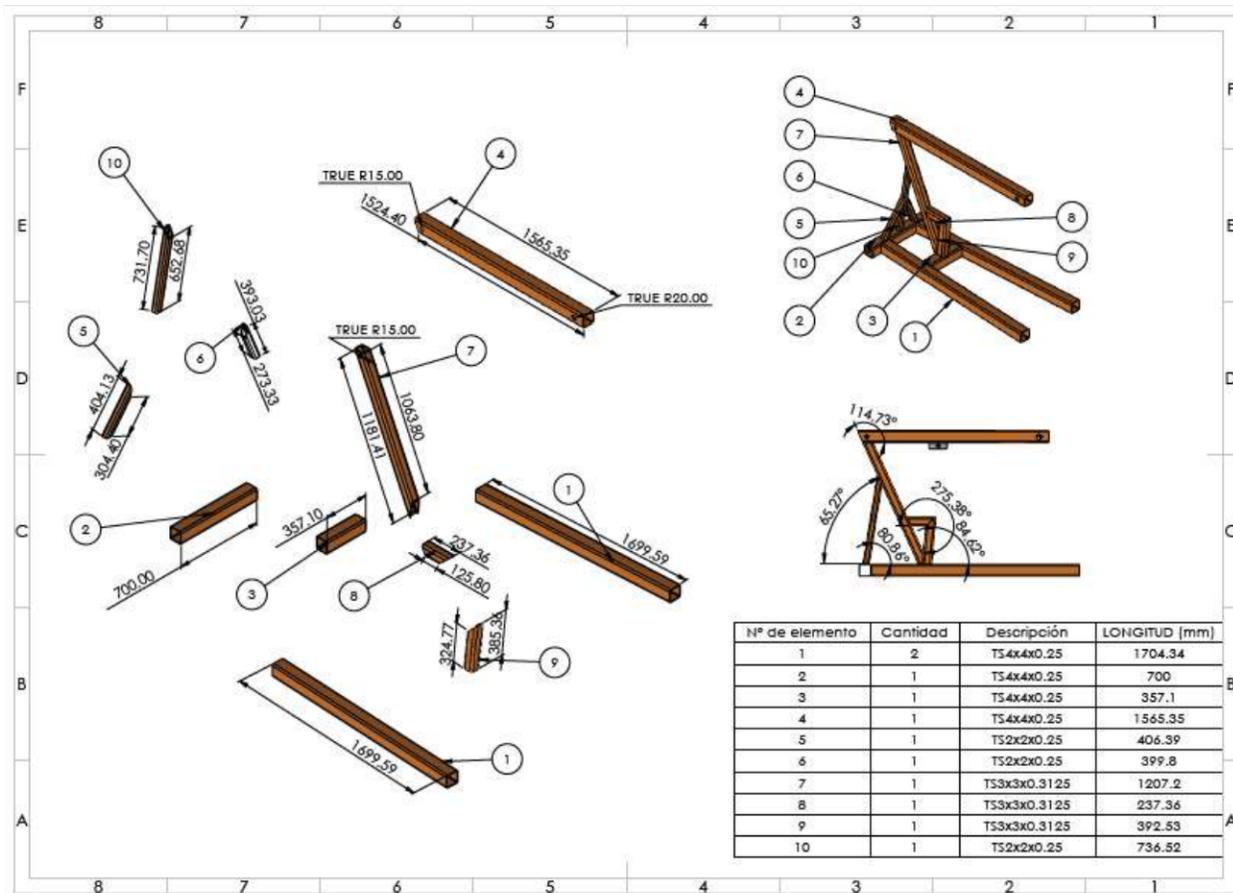
www.sumiteccr.com



Nota: fuente SUMITECCR (2022)

Apéndice B

Plano del diseño de las partes de la grúa



Apéndice C

Resultados de fuerzas

Fuerzas de reacción

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.000183105	-1.52588e-05	-15,000	15,000

Momentos de reacción

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	Nm	1.10303	324.644	-0.0870056	324.646

Fuerzas de cuerpo libre

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0	0	0	0

Momentos de cuerpo libre

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	Nm	0	0	0	0

Apéndice D

Fuerzas de viga

Beam Name	Joints	Axial(N)	Shear1(N)	Shear2(N)	Moment1(Nm)	Moment2(Nm)	Torque(Nm)
Beam-1	1	-14,211.1	358.182	110.328	-45.4097	87.8861	-4.34405
	2	14,211.1	-358.182	-110.327	-4.6425	74.61	4.34405
Beam-2	1	14,210.9	-358.175	110.433	4.65076	74.6084	-4.3453
	2	-14,210.9	358.175	-110.434	45.4495	87.8843	4.3453
Beam-3	1	36,105.6	-1,529.59	0.0016114	-0.00117818	-263.054	8.13138e-05
	2	-36,105.6	1,529.64	-0.0016114	0.000536687	-345.877	-8.13128e-05
Beam-4	1	-1,340.99	21.2351	1,346.32	261.529	-0.875309	130.523
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
Beam-5	1	-9,579.96	0.000909018	-3,234.55	-507.309	-0.00108034	0.000212564
	2	-9,724.64	29.253	-17,736.1	3,697.53	6.09847	0.000412032
	3	9,724.64	-29.2532	17,736.1	1,788.51	2.94993	-0.000412032
	4	-16,707.8	-2.23587	1,359.23	1,724.24	2.83679	0.000320646
Beam-6	1	-4.50245e-10	-2.76877e-13	-15,000	1.0357e-10	-2.40608e-15	-2.16668e-17
	2	12,040.4	-	-16,253.2	-3,697.54	0.000365621	0.000191089
	3	-1.74898e-08	4.58703e-12	15,000	10,113.1	-1.88643e-12	6.44151e-16
Beam-7	1	-3,671.98	567.526	-14,081.7	1,731.35	57.3849	-142.391
	2	3,672.15	567.506	-14,085	-1,731.18	-57.3875	-142.388
	3	-2,754.04	238.766	-2,835.39	364.349	-0.819807	46.4989
	4	3,671.98	-567.526	14,081.7	-323.183	-0.632301	142.391
	5	-2,754.06	-238.797	2,832.54	789.656	34.9949	-46.5014
Beam-8	1	-1,340.97	-21.3979	1,346.62	261.601	0.867219	-129.242
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
Beam-9	1	-4,905.22	-0.00208501	941.774	59.0129	8.65834e-05	3.68482e-05
	2	4,905.22	0.00208501	-941.774	-123.385	-0.000229099	-3.68482e-05
Beam-10	1	0.000736355	1,907.73	-22,929.8	-1,559.51	-129.749	-385.182
	2	-	-1,907.72	22,929.8	2,599.19	216.248	385.182
	3	0.000736355	-1,907.73	22,929.8	-2,599.19	-216.248	385.182
Beam-11	1	7,150.53	-4,552.42	0.00150083	-0.000337138	-181.337	-0.000274693
	2	-7,150.53	4,552.42	-0.00150083	7.10311e-06	-819.749	0.000274693
Beam-12	1	31,073.9	0.00172169	1,136.84	-266.497	-0.00143675	-0.000233459
	2	-26,168.6	0.00237073	-2,078.61	499.929	0.00126904	0.00019661
	3	5,671.8	0.0209086	429.178	93.0003	-0.00187671	4.37356e-05
	4	26,168.6	-0.00237073	2,078.61	-473.301	-0.00123867	-0.00019661
Beam-13	1	-33,485.3	686.889	0.000110579	0.000355494	527.214	0.000197015
	2	33,485.3	-686.945	-	-0.000274512	-1,030.29	-0.000197016

Apéndice E

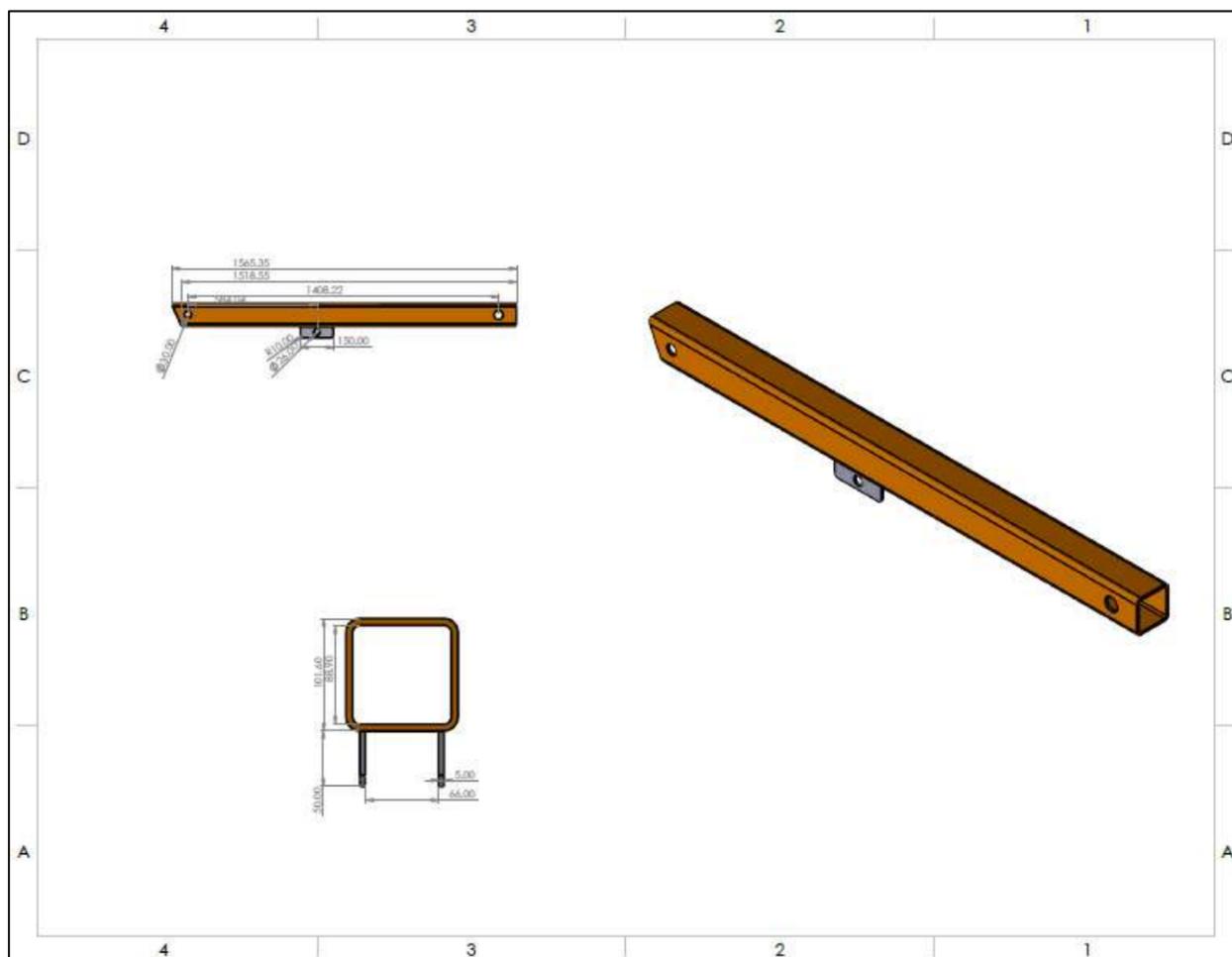
Esfuerzos de viga

Beam Name	Joints	Axial(N/m²)	Bending Dir1(N/m²)	Bending Dir2(N/m²)	Torsional (N/m²)	Upper bound axial and bending(N/m²)
Beam-1	1	1.38619e+07	3.61665e+06	6.99967e+06	231,290	2.44782e+07
	2	1.38619e+07	-369,751	-5.9423e+06	231,290	2.0174e+07
Beam-2	1	1.38617e+07	370,409	-5.94217e+06	-231,360	2.01743e+07
	2	1.38617e+07	-3.61982e+06	6.99953e+06	-231,360	2.44811e+07
Beam-3	1	-1.8007e+07	30.1374	-6.72882e+06	-1.46755	2.47359e+07
	2	-1.8007e+07	13.7283	8.8474e+06	-1.46754	2.68544e+07
Beam-4	1	-579,134	3.88539e+06	13,004	1.53178e+06	4.47753e+06
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
Beam-5	1	-4.77783e+06	-1.29768e+07	27.6348	3.83641	1.77546e+07
	2	4.84999e+06	-9.45815e+07	155,997	-7.43644	9.95875e+07
	3	4.84999e+06	4.57493e+07	-75,458.2	-7.43644	5.06748e+07
	4	-8.33272e+06	4.41053e+07	-72,564	5.78709	5.25106e+07
Beam-6	1	1.94447e-07	-1.53649e-06	-3.71113e-11	2.544e-13	1.73098e-06
	2	5.1999e+06	-5.48544e+07	-57.7709	2.24366	6.00543e+07
	3	-7.55331e-06	1.50032e+08	143.194	7.56326e-12	1.50032e+08
Beam-7	1	1.58582e+06	-2.57217e+07	852,535	1.67107e+06	2.81601e+07
	2	1.58589e+06	-2.57192e+07	852,573	1.67103e+06	2.81576e+07
	3	-1.18939e+06	5.41292e+06	12,179.4	545,698	6.61449e+06
	4	1.58582e+06	-4.80135e+06	9,393.74	1.67107e+06	6.39656e+06
	5	-1.1894e+06	1.17315e+07	-519,899	-545,727	1.34408e+07
Beam-8	1	-579,126	3.86463e+06	-12,740.8	1.52743e+06	4.4565e+06
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
Beam-9	1	4.7847e+06	-4.70008e+06	6.89592	-1.96191	9.48478e+06
	2	4.7847e+06	-9.82701e+06	18.2465	-1.96191	1.46117e+07
Beam-10	1	0.31801	-2.31688e+07	1.92761e+06	-	2.50964e+07
	2	-0.31801	3.86147e+07	-3.21268e+06	4.52038e+06	4.18274e+07
	3	0.31801	3.86147e+07	-3.21268e+06	4.52038e+06	4.18274e+07
Beam-11	1	-3.5662e+06	8.62387	-4.63854e+06	4.95767	8.20475e+06
	2	-3.5662e+06	0.181695	2.09689e+07	4.95767	2.45351e+07
Beam-12	1	3.03103e+07	-2.12251e+07	114.43	-12.4302	5.15356e+07
	2	2.55256e+07	-3.98167e+07	101.073	-10.4683	6.53425e+07
	3	5.53244e+06	7.40699e+06	149.47	2.32865	1.29396e+07
	4	2.55256e+07	-3.7696e+07	98.6538	-10.4683	6.32217e+07
Beam-13	1	-3.04582e+07	20.388	-3.02363e+07	5.64952	6.06945e+07
	2	-3.04582e+07	15.7436	-5.90882e+07	5.64953	8.95464e+07

Apéndice F

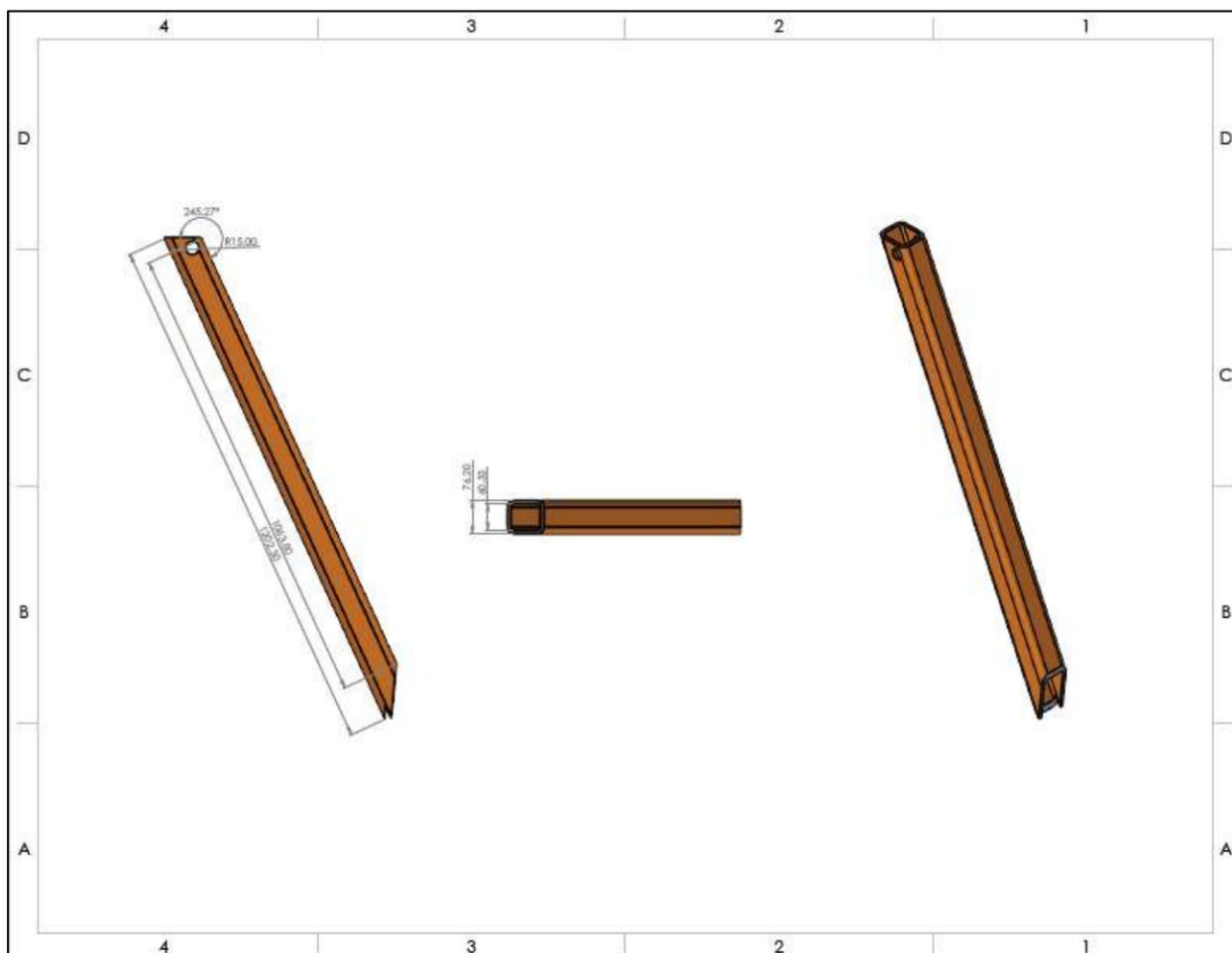
Propiedades físicas de los perfiles por tramo

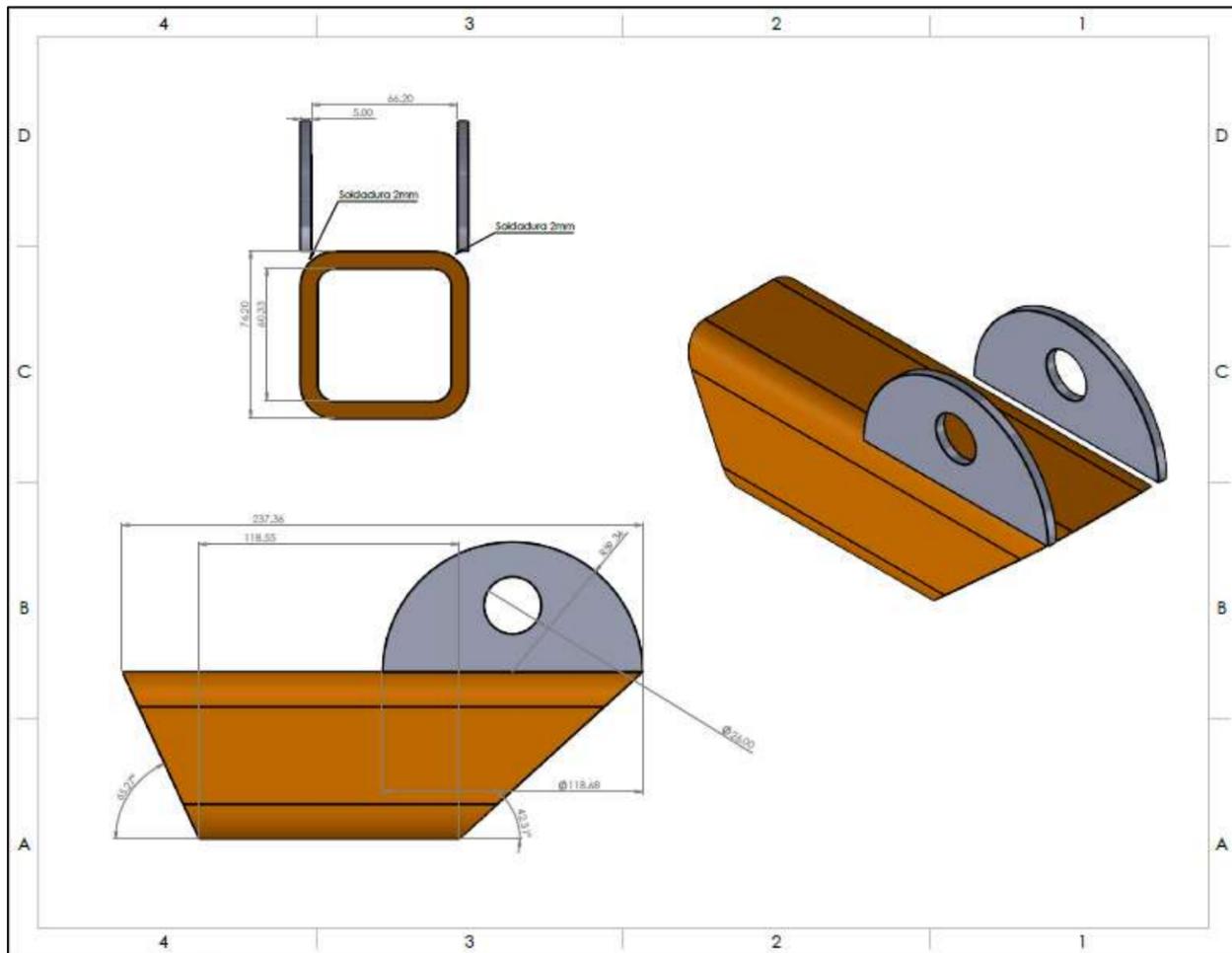
Geometría											
Tramo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Delimitaciones											
Longitud X	1565.4 mm	1701.9 mm	172.04 mm	525.62 mm	101.6 mm	536.9 mm	103.83 mm	106.69 mm	105.17 mm	101.6 mm	
Longitud Y	101.6 mm	192.37 mm	50.802 mm	228.6 mm	357.1 mm	76.202 mm		178.17 mm	178.44 mm	700. mm	
Longitud Z	101.6 mm		757.3 mm	599.74 mm	101.6 mm	1015.4 mm	427.83 mm	358.15 mm	352.58 mm	101.6 mm	
Especificaciones											
Volumen	3.5661e+006 mm ³	3.9354e+006 mm ³	7.8004e+005 mm ³	1.4727e+006 mm ³	8.1343e+005 mm ³	2.1793e+006 mm ³	6.4414e+005 mm ³	3.4616e+005 mm ³	3.4571e+005 mm ³	1.6178e+006 mm ³	
masa	27.994 kg	30.893 kg	6.1233 kg	11.56 kg	6.3855 kg	17.107 kg	5.0565 kg	2.7174 kg	2.7138 kg	12.7 kg	
Centroide X	728.82 mm	900.29 mm	68.712 mm	660.22 mm	500.45 mm	251.04 mm	528.31 mm	32.573 mm	32.525 mm	-6.0325e-015 mm	
Centroide Y	-6.4705e-014 mm	248.04 mm	248.04 mm	-1.5819e-008 mm	9.9319e-006 mm	3.3584e-013 mm	-5.906e-004 mm	1.2954e-006 mm	101.4 mm	-101.52 mm	7.3685e-014 mm
Centroide Z	-1085.4 mm	4.6109e-010 mm	3.7456e-010 mm	-427.32 mm	-734.33 mm	2.6163e-014 mm	-539.56 mm	-233.35 mm	-203.42 mm	-203.1 mm	1.9459e-015 mm
Momento de Inercia Ip1	82603 kg·mm ²	91180 kg·mm ²	2.9889e+005 kg·mm ²	5.1681e+005 kg·mm ²	75260 kg·mm ²	1.706e+006 kg·mm ²	55333 kg·mm ²	28660 kg·mm ²	28451 kg·mm ²	5.3732e+005 kg·mm ²	
Momento de Inercia Ip2	5.5917e+006 kg·mm ²	7.4991e+006 kg·mm ²	2.9889e+005 kg·mm ²	5.1656e+005 kg·mm ²	18847 kg·mm ²	1.7061e+006 kg·mm ²	55101 kg·mm ²	28688 kg·mm ²	28481 kg·mm ²	37471 kg·mm ²	
Momento de Inercia Ip3	5.5917e+006 kg·mm ²	7.4991e+006 kg·mm ²	3803. kg·mm ²	33544 kg·mm ²	75259 kg·mm ²	25378 kg·mm ²	7260.9 kg·mm ²	1657.1 kg·mm ²	1656.4 kg·mm ²	5.3732e+005 kg·mm ²	
Estadísticas											
Nodos	2976	3144	1424	1640	2085	3916	1590	2118	1758	2485	
Elementos	408	432	192	220	328	1899	224	1007	829	385	
Métrica de malla	Ninguna										

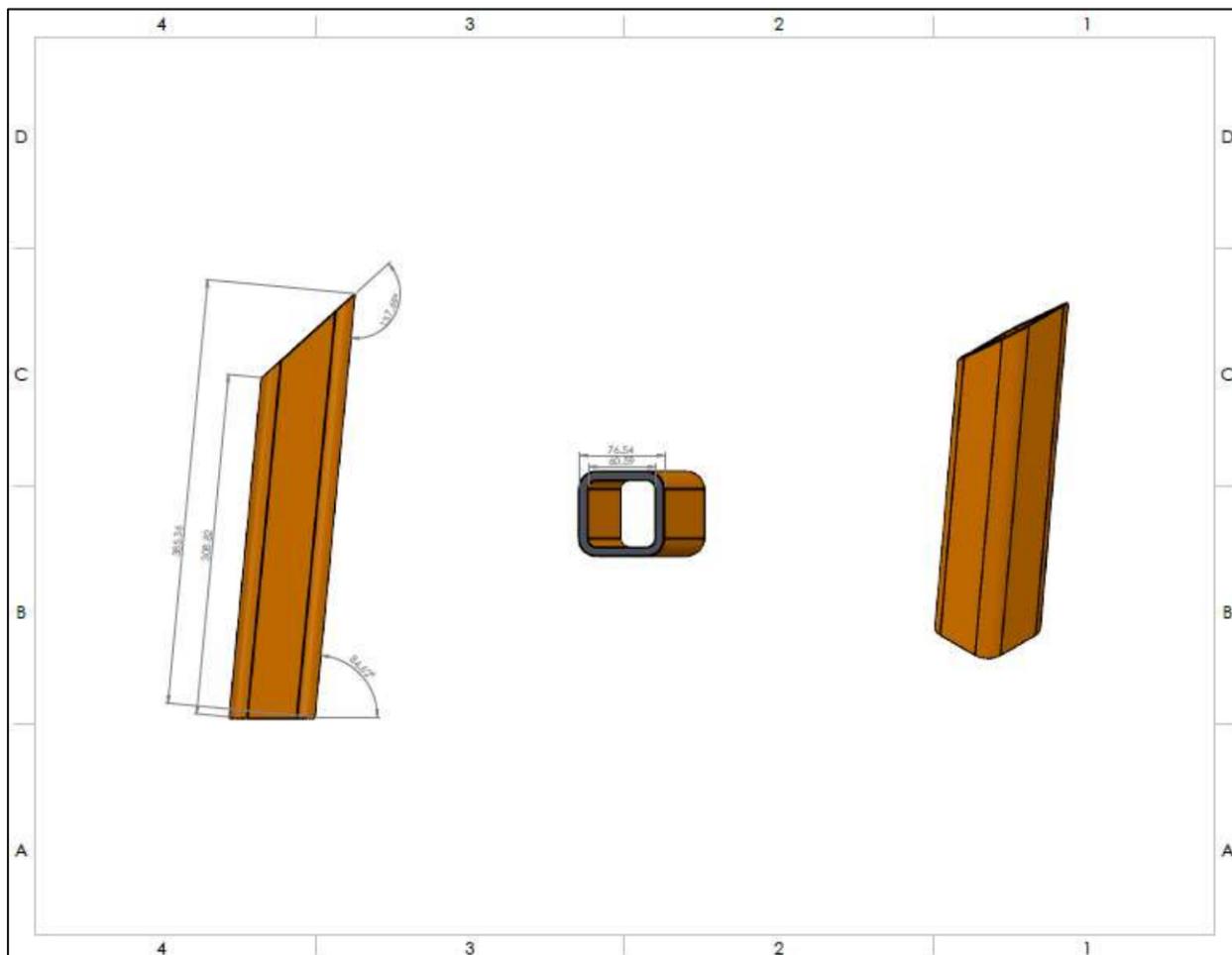
Apéndice G*Plano del Tramo 1*

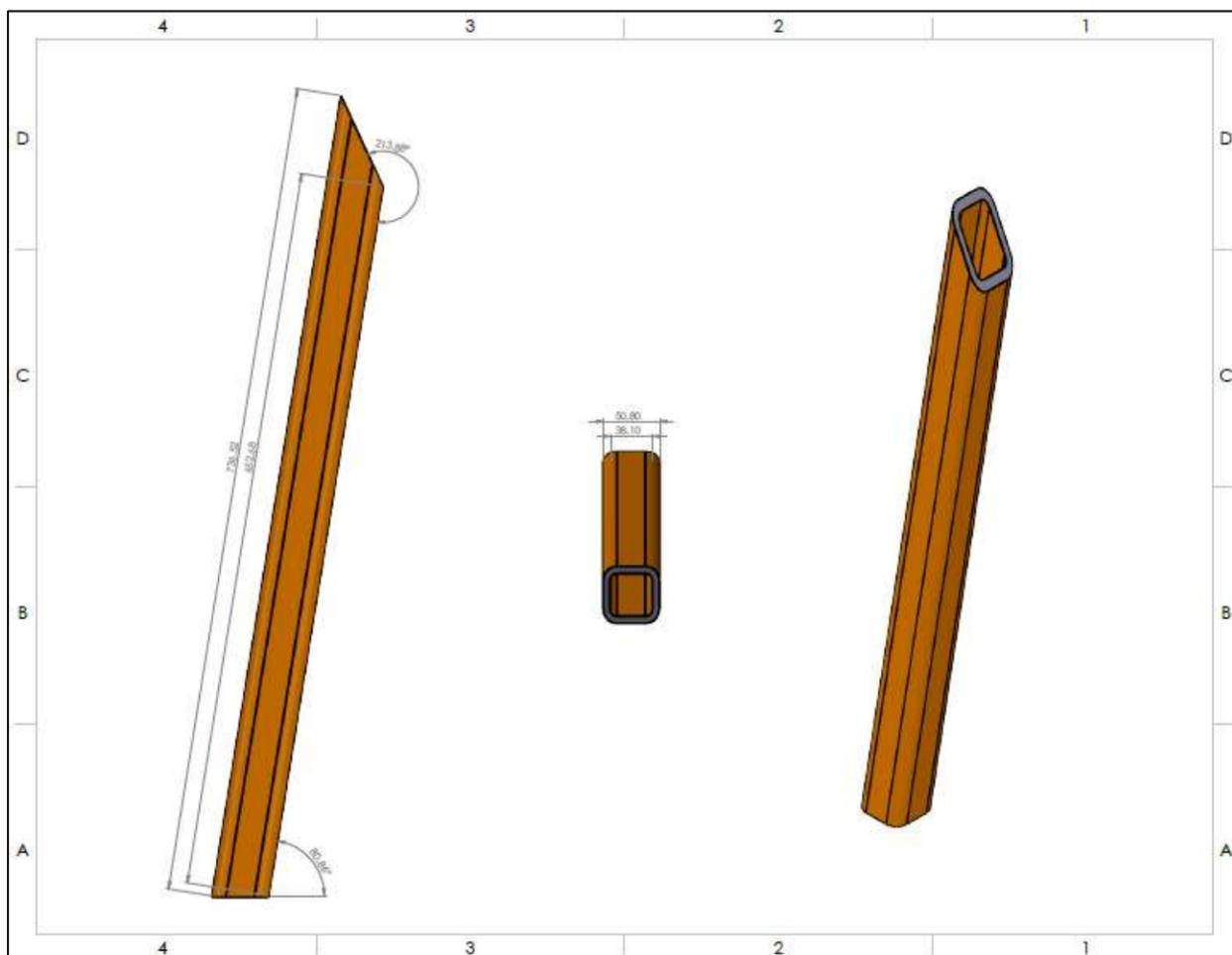
Apéndice H

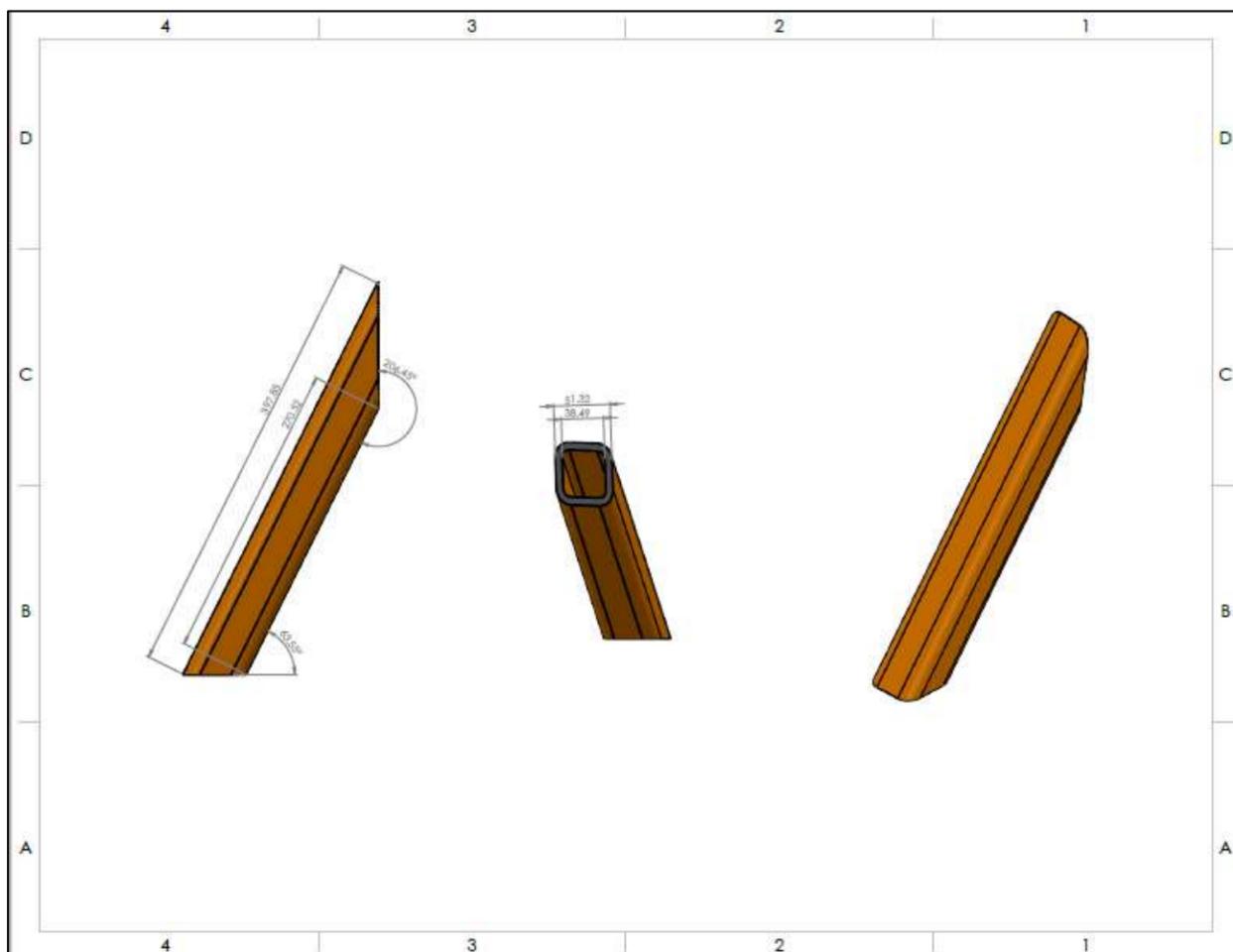
Plano del tramo 2

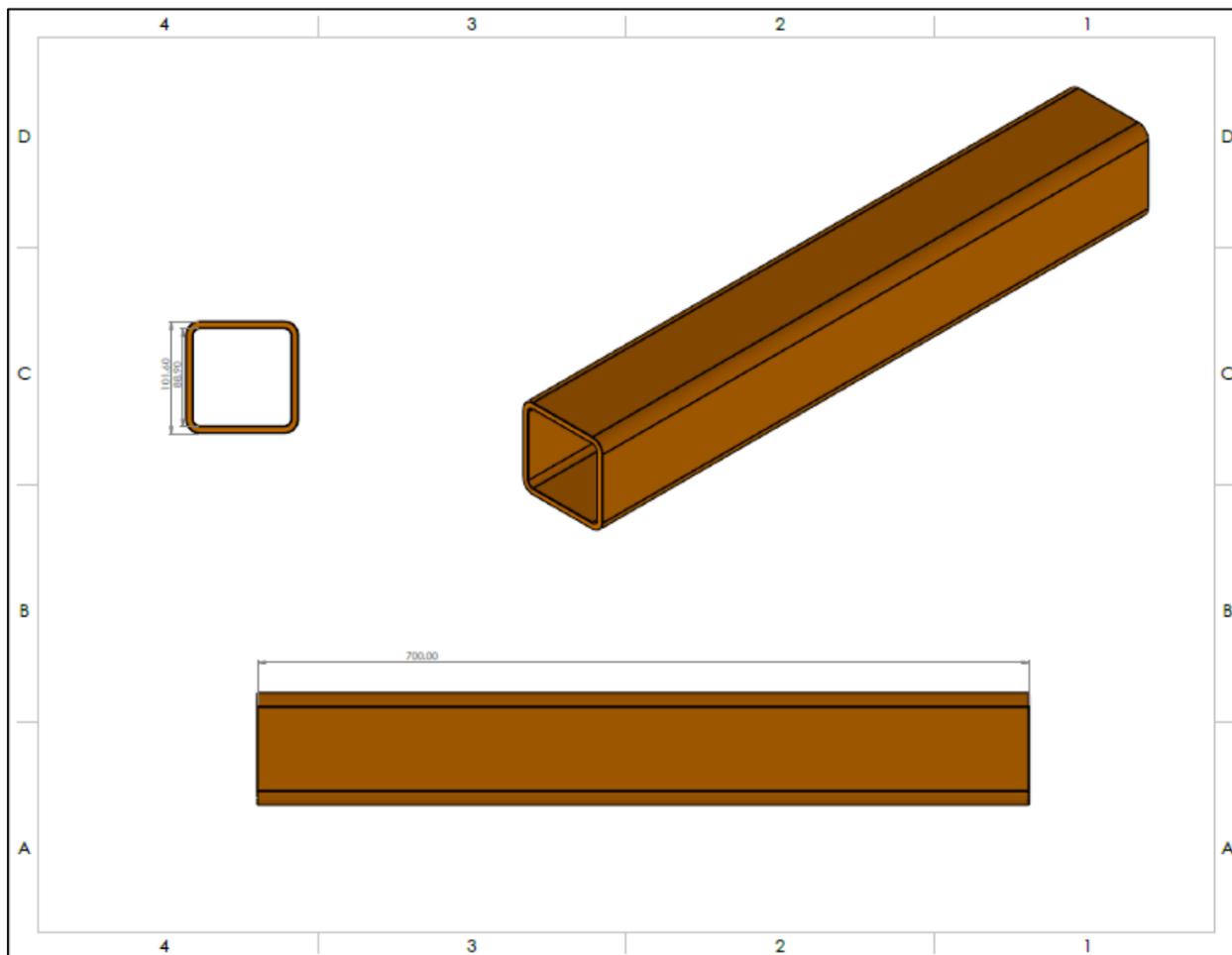


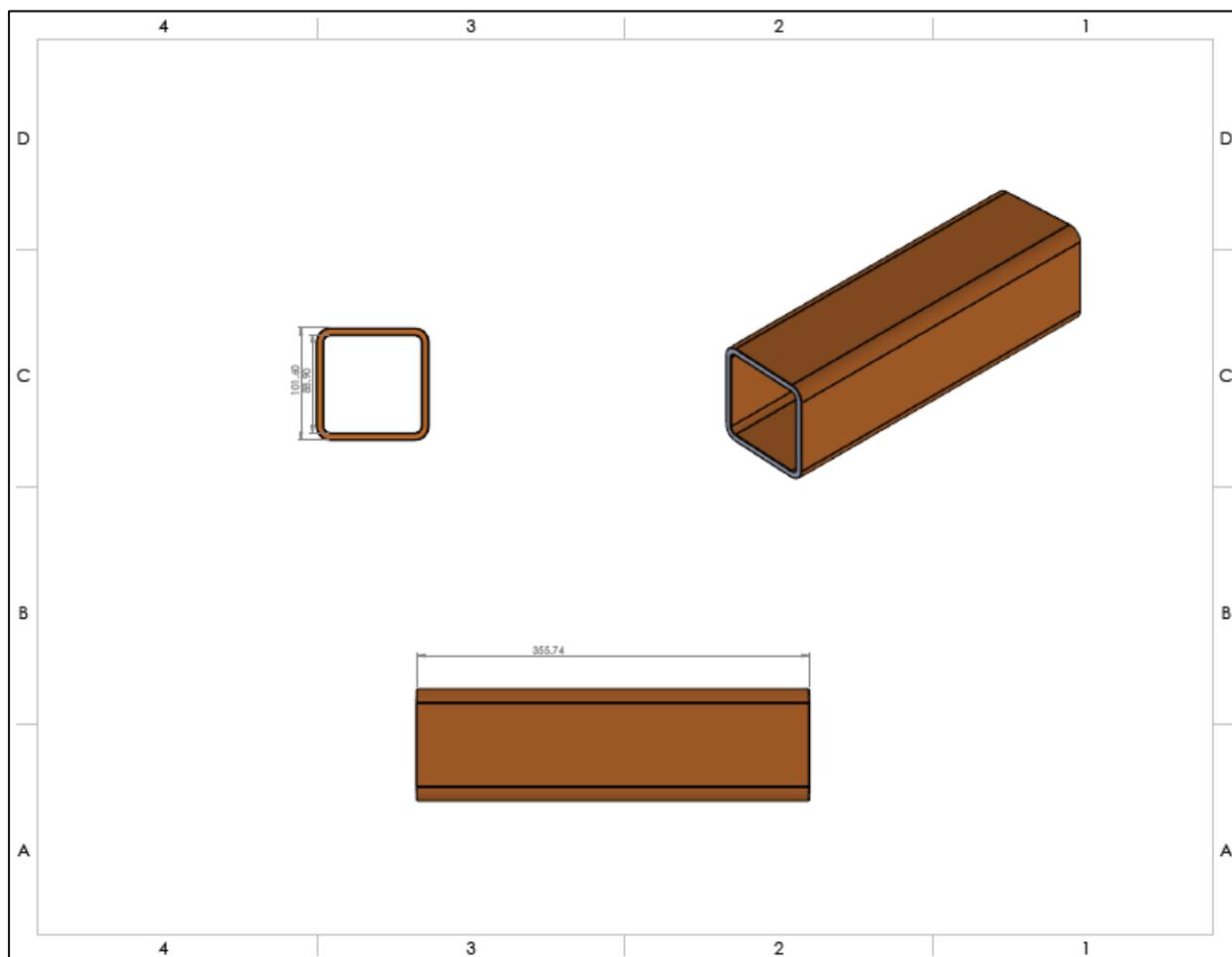
Apéndice I*Plano del tramo 3*

Apéndice J*Plano del tramo 4*

Apéndice K*Plano del tramo 5*

Apéndice L*Plano del tramo 6 y 7*

Apéndice M*Plano del tramo 8*

Apéndice N*Plano del tramo 9*

Apéndice O*Plano del tramo 10 y 11*