



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL MECÁNICA

**“DISEÑO PLATAFORMA HIDRAULICA PARA
MANTENCIÓN SEGURA DE MAQUINARIA PESADA”**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL MECÁNICO**

PROF. GUÍA: AMBROSIO OLIVOS PÉREZ

JAN MICHAEL DROGUETT GARRIDO

**CURICÓ - CHILE
2020**

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular stamps and signatures. The left stamp is from the 'DIRECCIÓN SISTEMA DE BIBLIOTECAS UNIVERSIDAD DE TALCA' with a signature over it. The right stamp is from the 'SISTEMA DE BIBLIOTECAS CAMPUS CURICO' with a signature over it.

Curicó, 2022

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por la vida y las personas que forman parte de esta, de las que he aprendido diferentes virtudes. Pero por, sobre todo, agradecer a mi familia por las oportunidades, enseñanzas y valores que me han inculcado, los que han formado como persona y permitido cumplir con las diferentes metas que me he propuesto.

También quiero agradecer a al profesor Ambrosio Olivos Pérez, por su tiempo y dedicación en el desarrollo de este trabajo, donde aporto con diferentes ideas, consejos y conocimientos los que fueron necesarios para cumplir con los diferentes objetivos.

Además, quiero destacar y agradecer al profesor Diego Gormaz Lobos, el que me brindó diferentes conocimiento y consejos para realizar un trabajo adecuado.

Agradezco también a mis amigos y amigas los que siempre han brindado diferentes consejos y apoyo en toda circunstancia.

Finalmente, quiero agradecer a cada docente y funcionario de la Universidad de Talca por su dedicación y enseñanzas en mis años de formación.

Estoy muy agradecido con cada uno por formar parte de mi vida, tanto personal como profesional.

Jan Michael Droguett Garrido

DEDICATORIA

*A mi familia que siempre
han estado para brindarme
su apoyo y compañía.*

RESUMEN

En este documento, se presenta el diseño de una herramienta para ser utilizada en maquinaria pesada, la cual consiste en una plataforma con accionamiento a presión hidráulica, presentando tres diferentes movimientos. Esta herramienta se diseñará con el propósito de ser utilizada en talleres que presenten servicios de carácter agrícola, movimiento de tierra y/o transporte.

Este proyecto busca mejorar la calidad, seguridad, disponibilidad y confiabilidad al momento de realizar los trabajos que requieran la extracción y montajes de elementos de gran masa y tamaño en maquinaria que se ubican especialmente en lugares inferiores de estas.

La propuesta de diseño consiste principalmente en el levante de elementos, como también el desplazamiento y alineación con otros elementos, todo esto con control total por el operador, además, se presentará un anclaje seguro y un sistema de bloqueo.

Para el diseño de la herramienta se considerarán las maquinarias más comunes a utilizar, también, los diferentes terrenos donde podrá ser utilizada. De acuerdo con estas variables se realizará el cálculo de componentes críticos.

Finalmente, se presentará los costos asociados a los diferentes componentes, procesos fabricación de la herramienta y diseño de la herramienta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACION.....	2
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3. SOLUCION PROPUESTA	3
1.4. AREA DE INVESTIGACIÓN	3
1.5. ÁREA DE ESTUDIO	4
1.6. OBJETIVOS	4
1.6.1. Objetivo General.....	4
1.6.2. Objetivos Específicos	4
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES	5
1.8. METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS	5
1.8.1. Objetivo Específico 1	6
1.8.2. Objetivo Específico 2	6
1.8.3. Objetivo Específico 3	7
1.8.4. Objetivo Específico 4	7
1.8.5. Objetivo Específico 5	7
1.9. RESULTADOS ESPERADOS.....	8
1.10. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO.....	10
2.1. ANALISIS DE COMPENTENCIA.....	11
2.1.1. Soportes móviles para separar tractores Mp13.....	11
2.1.2. Gata para transmisión de suelo GTS05	12
2.1.3. Tecle Pluma Móvil 2 toneladas Krafter.....	12
2.1.4. Separador de tractor “Tractor separator 5T”	13

2.2.	IMPACTO DE LA MAQUINARIA PESADA	14
2.2.1.	Maquinaria Agrícola.....	15
2.2.2.	Maquinaria de transporte	17
2.2.3.	Maquinaria de construcción.....	17
2.3.	DIMENSIONES PARA CONSIDERAR	18
2.3.1.	Tractor agrícola.....	18
2.3.2.	Motoniveladora.....	19
2.3.3.	Retroexcavadora	20
2.4.	ELEMENTOS PARA CONSIDERAR	20
2.4.1.	Motores Diesel.....	20
2.4.2.	Cajas de transmisión.....	21
2.4.3.	Ejes diferenciales	21
2.5.	TERRENOS.....	22
2.5.1.	Pavimentos Industriales	22
2.5.2.	Maicillo.....	22
2.6.	ANALISIS DE CARGA Y ESFUERZOS.....	23
2.6.1.	Equilibrio de sistemas.....	23
2.6.2.	Diagramas de cuerpo libre	24
2.6.3.	Esfuerzos	24
2.6.4.	Esfuerzos uniformemente distribuidos	24
2.6.5.	Esfuerzos normales para vigas en flexión	25
2.7.	ELEMENTOS DE RODADURA	27
2.7.1.	Ruedas	27
2.7.2.	Cojinetes	28
2.8.	SISTEMAS HIDRÁULICOS	29

2.8.1.	Principio de Pascal	29
2.8.2.	Bomba hidráulica.....	30
2.8.3.	Cilindro hidráulico (Actuador Hidráulico).....	32
2.8.4.	Fluido hidráulico	32
2.9.	DISEÑO DE MÓDELOS 3D	34
2.10.	ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS	34
2.10.1.	Generación de malla	35
2.10.2.	Aplicación de carga	35
2.10.3.	Condiciones de borde	35
2.11.	NORMAS INVOLUCRADAS.....	36
2.11.1.	Norma ASTM A500.....	36
2.11.2.	Ley N° 20.001 Que regula el peso máximo de carga humana	36
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA		37
3.1.	METODOLOGIA DE DISEÑO	38
3.1.1.	Primer boceto.....	38
3.1.2.	Segundo boceto	39
3.1.3.	Tercer boceto	39
3.1.4.	Comparación de bocetos.....	40
3.2.	SELECCIÓN DE DISEÑO	41
3.2.1.	Primera Propuesta.....	41
3.2.2.	Segunda Propuesta.....	42
3.2.3.	Diseño final	43
3.3.	MODELO 3D	43
3.3.1.	Elementos de la estructura.....	45
3.3.2.	Descripción del funcionamiento.....	47

3.4.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	48
3.4.1.	Factores de diseño	48
3.4.2.	Coeficiente de seguridad	48
3.4.3.	Fuerza ejercida por el cilindro.....	49
3.4.4.	Reacciones en cada pivote.....	51
3.4.5.	Cálculo de pasadores	52
3.4.6.	Carga sobre sistema de seguridad.....	52
3.4.7.	Selección de perfil para barras de tijeras	54
3.4.8.	Base	55
3.4.9.	Ruedas de tijeras.....	56
3.4.10.	Fuerza ejercía por ruedas soporte	57
3.5.	DESCRIPCION DE ELEMENTOS PRINCIPALES.....	58
3.5.1.	Base principal	58
3.5.2.	Tijeras de Levante	59
3.5.3.	Pasador central de tijeras	60
3.5.4.	Pasadores Fijos	61
3.5.5.	Ensamble de rueda con tijera.....	61
3.5.6.	Cilindro Hidráulico.....	62
3.5.7.	Manillas de transporte	63
3.5.8.	Sistema de Seguridad	63
3.5.9.	Anclajes para elementos a manipular	66
3.5.10.	Riel para terrenos blandos	67
CAPÍTULO 4.	COSTOS.....	69
4.1.	COSTEO DE MATERIALES	70
CAPÍTULO 5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	72

5.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS	73
5.1.1.	Búsqueda e interpretación de información	73
5.1.2.	Propuesta de soluciones.....	73
5.1.3.	Selección de materiales	74
5.1.4.	Selección del cilindro hidráulico	74
5.1.5.	Desarrollo de solución propuesta	74
5.2.	ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS	76
5.2.1.	Base	76
5.2.2.	Tijeras de levante.....	80
5.2.3.	Sistema de seguridad	83
5.2.4.	Análisis de resultados de elementos finitos.....	85
	CONCLUSIÓN	87
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	89
	ANEXO 1: CASA DE CALIDAD COMPARACIÓN DE BOCETOS	92
	ANEXO 2: FUERZA EJERCIDA POR EL CILINDRO.....	93
	ANEXO 3: REACCIONES EN LOS DIFERENTES PIVOTES.....	99
	ANEXO 4: CÁLCULO CARGA EN SISTEMA DE SEGURIDAD	99
	ANEXO 5: CÁLCULO MODULO SECCIÓN PERFIL TIJERA.....	101
	ANEXO 6: SELECCIÓN DE ÁNGULO PARA BASE.....	102
	ANEXO 7: SELECCIÓN DE PERFIL TIJERA	102
	ANEXO 8: SELECCIÓN DE RODAMIENTO.....	103
	ANEXO 9: PORTO POWER MARCA TRUPER.....	104
	ANEXO 10: COTIZACIÓN ACENOR	105
	ANEXO 11: COTIZACIÓN MATERIALES COMPLETA.....	105
	ANEXO 12: COTIZACIÓN MANO DE OBRA.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Soportes móviles para separar tractores. Fuente: (Insumos y Máquinas, 2020).....	11
Figura 2.2: Gata para transmisiones de suelo. Fuente: (Bt-Ingenieros, 2019).	12
Figura 2.3: Tecele pluma móvil Krafter. Fuente: (Emaresa, 2018).	13
Figura 2.4: Separador de tractores 5T. Fuente: (Sparex, 2020).....	13
Figura 2.5: Tasa de crecimiento promedio anual del mercado de maquinarias. Fuente: (Mac- Carte, 2017).	15
Figura 2.6: Maquinarias importadas el año 2013. Fuente: (Mac-Carte, 2017).	16
Figura 2.7: Dimensiones de tractor New Holland. Fuente: (Holland, 2009).....	18
Figura 2.8: Dimensiones de Motoniveladora Caterpillar. Fuente: (Caterpillar, 2015).	19
Figura 2.9: Dimensiones de Retroexcavadora Volvo. Fuente: (Volvo, 2019).	20
Figura 2.10: Motor Diesel John Deere 6090HF485. Fuente: (Deere, 2013).....	21
Figura 2.11: Viga recta en flexión positiva. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).....	26
Figura 2.12: Viga recta apoyada simplemente sometida a flexión. Fuente: (Lou, 2020).....	27
Figura 2.13: Tipos de rodamientos. Fuente: (Montt, 2009).....	28
Figura 2.14: Equilibrio Hidráulico. Fuente: (Barraco, 1998).....	30
Figura 2.15: Bomba manual. Fuente: (Barraco, 1998).....	31
Figura 2.16: Fases de Bomba manual. Fuente: (Barraco, 1998).	32
Figura 2.17: Clasificación de fluidos. Fuente: (Turmero, 2019).....	33
Figura 3.1: Primer boceto tipo elevador. Fuente: Elaboración Propia.	38
Figura 3.2: Segundo boceto tipo gata caimán. Fuente: Elaboración propia.	39
Figura 3.3: Tercer boceto tipo gata tijera. Fuente: Elaboración propia.....	40
Figura 3.4: Primera propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 3.5: Segunda propuesta. Fuente: Elaboración Propia.	42
Figura 3.6: Diseño Final. Fuente: Elaboración Propia.	43
Figura 3.7: Vista 3D de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.....	44
Figura 3.8: Vista lateral de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.	44
Figura 3.9: Vista posterior de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.	45
Figura 3.10 Partes de la estructura completa. Fuente: Elaboración Propia.	45

Figura 3.11: Piezas de la base. Fuente: Elaboración Propia.	46
Figura 3.12: Partes del sistema de tijera. Fuente: Elaboración Propia.	46
Figura 3.13: Diagrama de cuerpo libre general. Fuente: Elaboración Propia.	49
Figura 3.14: Reacciones sobre tijeras. Fuente: Elaboración Propia.	49
Figura 3.15: Reacciones con sistema de seguridad aplicado. Fuente: Elaboración Propia.	53
Figura 3.16: Diagrama de plataforma. Fuente: Elaboración Propia.	57
Figura 3.17: Refuerzos para base principal. Fuente: Elaboración Propia.	59
Figura 3.18: Sistema de tijeras. Fuente: Elaboración propia.	60
Figura 3.19: Pasador central de tijera. Fuente: Elaboración Propia.	60
Figura 3.20: Pasador simple. Fuente: Elaboración Propia.	61
Figura 3.21: Ensamble rueda inferior tijeras. Fuente: Elaboración Propia.	62
Figura 3.22: Especificaciones de Porto Power. Fuente: (Truper, 2020).	62
Figura 3.23: Manillas para transporte y refuerzo. Fuente: Elaboración Propia.	63
Figura 3.24: Sistema de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.	64
Figura 3.25: Sistema de seguridad activo. Fuente: Elaboración Propia.	64
Figura 3.26: Sistema de seguridad desactivado. Fuente: Elaboración Propia.	65
Figura 3.27: Sistema de seguridad en posición de activación. Fuente: Elaboración Propia.	65
Figura 3.28: Argolla de anclaje. Fuente: Elaboración Propia.	66
Figura 3.29: Anclajes para asegurar pieza a manipular. Fuente: Elaboración Propia.	66
Figura 3.30: Riel para terrenos blandos. Fuente: Elaboración Propia.	67
Figura 3.31: Plataforma más riel. Fuente: Elaboración Propia.	68
Figura 4.1: Costo de elementos para la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.	70
Figura 5.1: Plataforma en máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.	75
Figura 5.2: Tijeras en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.	75
Figura 5.3: Condiciones de borde para base en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.	77
Figura 5.4: Esfuerzo en base altura mínima. Fuente: Elaboración Propia.	77
Figura 5.5: Esfuerzo máxima en base mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.	78
Figura 5.6: Condiciones de borde para altura máxima. Fuente: Elaboración Propia.	78
Figura 5.7: Esfuerzos en base máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.	79
Figura 5.8: Esfuerzo máximo en base para máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.	79
Figura 5.9: Condiciones de borde para tijeras en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.	80

Figura 5.10: Simulación tijeras en altura mínima. Fuente: Elaboración Propia.....	81
Figura 5.11: Condiciones de borde para sistema de tijera en máxima altura. Fuente: Elaboración propia.....	82
Figura 5.12: Simulación tijeras en altura máxima. Fuente: Elaboración Propia.....	82
Figura 5.13: Posiciones de sistema de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.....	83
Figura 5.14: Carga primera posición en seguro. Fuente: Elaboración Propia.....	83
Figura 5.15: Segunda posición del seguro. Fuente: Elaboración Propia.....	84
Figura 5.16: Tercera Posición de seguro. Fuente: Elaboración Propia.....	84
Figura 5.17: Cuarta Posición del seguro. Fuente: Elaboración Propia.....	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 3-1: Comparación de bocetos. Fuente: Elaboración Propia.	40
Tabla 3-2: Listado de partes de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.....	47
Tabla 3-3: Datos para diferentes cálculos. Fuente: Elaboración propia.	48
Tabla 3-4: Fuerza ejercida por el cilindro hidráulico. Fuente: Elaboración Propia.	50
Tabla 3-5: Cargas en diferentes reacciones. Fuente: Elaboración Propia.	51
Tabla 3-6: Dimensionamiento pasadores. Fuente: Elaboración Propia.....	52
Tabla 3-7: Cálculo de reacciones usando sistema de seguridad. Fuente: Elaboración Propia. .	53
Tabla 3-8: Cálculo módulo de sección. Fuente: Elaboración Propia.	55
Tabla 3-9: Datos de ángulo 50x50x3. Fuente: Elaboración Propia.....	55
Tabla 3-10 Características de rodamiento. Fuente: (SKF, 2015).	57
Tabla 4-1: Costos de mano de obra. Fuente: Elaboración Propia.	71
Tabla 4-2: Costo total de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.	71
Tabla 5-1: Condiciones de Borde en altura mínima. Fuente: Elaboración Propia.	76
Tabla 5-2: Condiciones de borde para base en máxima altura. Fuente: Elaboración Propia. ...	78
Tabla 5-3: Condiciones de borde para tijeras en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia. .	80
Tabla 5-4: Condiciones de borde para tijeras en máxima altura. Fuente: Elaboración Propia..	81

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1: Fuerza que ejerce el cilindro a diferentes alturas. Fuente: Elaboración Propia. ...51

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y MOTIVACION

En la actualidad existen diferentes tipos de herramientas enfocadas al área metalmecánica, estas presentan diferentes funciones, tanto para trabajos pesados como también para otros más livianos, pero de mayor complejidad. Por lo general, las herramientas para trabajos livianos presentan grandes variedades y alternativas, en cambio, para trabajos pesados solo se presentan pocas alternativas donde la gran mayoría son de gran tamaño por lo que su transporte conlleva un gran esfuerzo. Además, estas últimas, deben de presentar gran seguridad y confiabilidad dado que operan con piezas de gran masa y tamaño.

Hoy en día la mayor cantidad de herramientas para levantar y/o desplazar elementos de gran tamaño son aquellas que levantan desde la parte superior la pieza en cuestión, es decir, cuelga de la herramienta, por lo que su extracción es sencilla para aquellas partes que están en la parte superior de alguna maquinaria determinada, por ende, significa que las piezas o partes que se ubiquen en las partes inferiores, su extracción con estas herramientas conlleva mayor tiempo y dificultad, debido a que se deben de retirar otras partes que estén por sobre estas para así ingresar las herramientas.

El diseñar herramientas tiene como finalidad resolver o aportar en la solución de un problema específico. “Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse” (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 4).

Este proceso de diseñar o mejora se hace mediante la incorporación de nuevas funciones o características, como también, la selección adecuada de materiales, componentes y procesos de fabricación.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como ya se mencionó, uno de los problemas con las herramientas actuales es que en su mayoría los elementos cuelgan de estas. Por lo que es necesario otro tipo de herramienta que permita el

Capítulo 1. Introducción

levantamiento y/o desplazamiento de elementos que se encuentren en zonas inferiores de la maquinaria, como por ejemplo separar el motor de la caja de cambios de un tractor agrícola.

Este tipo de herramientas en la actualidad se encuentran, pero estas cumplen una función en específico y, además, la seguridad que presentan es mínima, dado que son de manera artesanal, presentando sujeciones poco seguras y con uno o dos grados de libertad.

Cabe destacar que al momento de manipular elementos de gran masa y tamaño la seguridad es clave para llevar a cabo un proceso adecuado y confiable.

1.3. SOLUCION PROPUESTA

Para suplir esta necesidad se propone el diseño de una plataforma que se accione con presión hidráulica donde, además, presente un anclaje que asegure que la pieza a levantar permanezca en esa posición, también, se permitirá el desplazamiento en línea recta de la herramienta junto con la pieza a manipular con el fin de lograr una separación adecuada para manipular el elemento a extraer.

1.4. AREA DE INVESTIGACIÓN

Dentro de los requisitos para realizar el diseño de la herramienta se debe de tener conocimiento en variadas áreas como son:

- Dimensionamiento de estructuras y selección de materiales mediante estudio de esfuerzos, cargas, velocidades, condiciones de uso y condiciones contextuales (clima, ambiente).
- Diseño de circuito hidráulico y elementos de herramientas.
- Diseño de componentes 3D en software Inventor.
- Análisis, simulación y predicción de fallas mediante cálculos y/o software ANSYS.

1.5. ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto en si abarca parte del mantenimiento de maquinaria, como también, la forma y función de la maquinaria o en específico de algún elemento de esta. También se debe de realizar estudio de terrenos y además condiciones contextuales a las que se exponga la herramienta (clima, ambiente).

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo General

Diseñar una plataforma hidráulica que permita un anclaje seguro con movimiento vertical transversal y longitudinal.

1.6.2. Objetivos Específicos

- **Objetivo Específico 1:** Realizar estado del arte y analizar competencia, además, maquinaria (dimensiones, pesos, estructura) y terrenos donde se podría llegar a utilizar la herramienta.
- **Objetivo Específico 2:** Realizar dimensionamiento de estructura, circuito hidráulico y sistema de control de la herramienta utilizando memoria de cálculo. También, realizar la selección de los materiales más adecuados para las diferentes piezas de la estructura.
- **Objetivo Específico 3:** Diseñar Modelo 3D de la herramienta en software INVENTOR, además, seleccionar los diferentes materiales a utilizar.
- **Objetivo Específico 4:** Evaluar funcionalidad de la estructura y diseño mediante elementos finitos en software ANSYS. Rediseñar de ser necesario.
- **Objetivo Específico 5:** Evaluación de costos de los componentes más adecuados para el trabajo y los diferentes procesos de diseño y fabricación.

1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

El alcance principal de este documento consta de diseñar una plataforma que posea 3 diferentes tipos de movimientos, que son vertical, transversal (movimiento que permite alinear elementos a manipular) y longitudinal (movimiento que permita desplazar herramienta y pieza).

Esta herramienta se diseñará tomando en cuenta exclusivamente maquinaria pesada, que incluirá agricultura, movimiento de tierra y transporte. Además, se considerará que el transporte de esta sea adecuado para una camioneta pick up, por lo que la masa máxima no debe superar los 50 kg.

Se propondrá un sistema hidráulico que cumpla con los requerimientos establecidos, además, se tomará en cuenta que sea un sistema no invasivo y de un tamaño acorde para su transporte.

En cuanto a la evaluación de costos, se buscarán los precios de los elementos más adecuados para realizar su fabricación.

Esta memoria, al ser enfocada a herramientas a maquinarias, deja la opción en un futuro a la mejora o diseño de nuevas herramientas que cumplan diferentes o similares funciones para el trabajo en maquinaria pesada.

1.8. METODOLOGIA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Dentro de las herramientas necesarias para resolver la situación planteada, se debe contar con una base sobre las diferentes y más comunes maquinarias de la zona, para así desarrollar alternativas acordes a posibles demandas. También, se debe de conocer las soluciones actuales que son utilizadas, es decir, el estado del arte.

Luego, se trabajará en el dimensionamiento de la plataforma, ya sea altura máxima y mínima, como también, se determinarán las cargas máximas a soportar, los terrenos donde operará y las formas de los elementos más comunes a manipular.

Capítulo 1. Introducción

Posteriormente se realizará el diseño en software Inventor, para después, realizar análisis mediante elementos finitos en software ANSYS, para así realizar la elección adecuada del material y de los procesos de fabricación de la plataforma, además, se evaluará el diseño para comprobar la necesidad de realizar mejoras o límites de aplicación.

Como base metódica se tendrá énfasis en el desarrollo de cada objetivo específico, es decir, la manera en que se abordará cada objetivo. De esta manera se plantea cada uno por separado.

1.8.1. Objetivo Específico 1

Realizar estado del arte, además, conocer tipos de maquinarias (dimensiones, pesos, estructura) y terrenos donde se podría llegar a utilizar la herramienta.

Este objetivo tiene como finalidad el contextualizar la problemática. Por lo tanto, se buscarán que trabajos pudiera llegar a prestar la plataforma, las dimensiones y características de los elementos que deberá levantar o sostener, el lugar de desempeño (contexto de la zona de trabajo), además, se estudiará las diferentes soluciones que puedan existir, con el fin de tener referencias de la competencia, ya sea para mejorar o cambiar los diferentes sistemas que estos ofrezcan.

1.8.2. Objetivo Específico 2

Realizar dimensionamiento de estructura, circuito hidráulico y sistema de control de la herramienta utilizando memoria de cálculo. También, realizar la selección de los materiales más adecuados para las diferentes piezas de la estructura.

Luego de completar el objetivo anterior, se tendrá las bases para realizar el dimensionamiento, es decir, se tendrá conocimiento de las diferentes condiciones de borde o condiciones de operación.

Capítulo 1. Introducción

Con este objetivo se obtendrán diferentes propuestas de diseño mediante bocetos, donde cada una será estudiada para así determinar la más factible. Al realizar una selección adecuada, se estudiará para realizar un diseño seguro, útil, confiable y competitivo.

1.8.3. Objetivo Específico 3

Diseñar Modelo 3D de la herramienta en software INVENTOR presentado, además, seleccionar los diferentes materiales a utilizar.

Para el modelo 3D se trabajará principalmente con software Autodesk Inventor Profesional, este objetivo tiene como función el realizar el diseño completo de la plataforma, considerando las diferentes condiciones de borde o bien las condiciones de funcionamiento.

1.8.4. Objetivo Específico 4

Evaluar funcionalidad de la estructura y diseño mediante elementos finitos en software ANSYS. Rediseñar de ser necesario.

Luego de completar el modelo 3D este se analizará mediante elementos finitos, con el fin de realizar mejoras al diseño, también, se pueden realizar simulaciones del comportamiento de los diferentes elementos. También, este objetivo tiene la finalidad de prevenir fallas en la plataforma. Además, de ser necesario se deberá realizar un rediseño de la estructura.

1.8.5. Objetivo Específico 5

Evaluación de costos de los componentes más adecuados para el trabajo, y de los diferentes procesos de diseño y fabricación.

Con el fin de conocer el valor monetario de la herramienta se buscarán diferentes precios de los componentes, además, se considerará el costo de los procesos de fabricación de esta.

1.9. RESULTADOS ESPERADOS

Al finalizar este documento, se tendrá el diseño de la plataforma hidráulica en su totalidad y también se conocerán las masa y dimensiones de los elementos o piezas más comunes a los que brindará servicio. También, se agregará un coste total de los elementos y procesos de fabricación.

Así, del primer objetivo específico se espera como resultado el conocer los diferentes tipos de trabajos que se podrán realizar con la plataforma, también, se conocerán los elementos a manipular de los cuales se obtendrán los diferentes límites que tendrá la plataforma como son carga máxima a levantar y rango de altura. En conclusión, se espera de este objetivo la información necesaria para abarcar la solución propuesta.

Del segundo objetivo se espera obtener el dimensionamiento de la estructura, también, los diferentes elementos que se requieren para su diseño y posterior funcionamiento.

Así, con los resultados anteriores se procede a realizar el diseño o modelo 3D de la herramienta, lo que corresponde al resultado principal del tercer objetivo específico.

Posteriormente, del cuarto objetivo, se obtendrá la simulación del comportamiento de la plataforma, por lo que se comprobarán los diferentes cálculos efectuados.

Del último objetivo se espera el precio total del diseño, donde se contemplan los elementos para su fabricación y los procesos de manufactura a los que será sometida.

1.10. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

En el primer capítulo se contextualiza el problema a resolver, dando a conocer la motivación, soluciones propuestas, objetivos del trabajo a realizar junto con los alcances y limitaciones, además, se presentan las diferentes metodologías para abordar cada objetivo específico, dado que cada uno tomará un rol fundamental para lograr el objetivo principal o general. Finalmente, se presenta el resultado esperado después de realizar el procedimiento propuesto. En conclusión,

Capítulo 1. Introducción

este capítulo tiene el objetivo de conocer el tema que se está abordando y los procedimientos que se realizarán para dar solución a dicho tema o problemática. Conociendo y contextualizando el problema a resolver se pasa al segundo apartado, el cual se enfocará en la búsqueda de la información necesaria para abordar la problemática a tratar, por ejemplo, estado del arte, elementos a manipular, además, diferentes teorías para resolver o bien dimensionar los diferentes requerimientos. Por lo tanto, el primer y segundo capítulo corresponden a investigación, donde, el segundo también es el inicio de la solución a la problemática que continua con los siguientes capítulos que se enfatizan en acción, es decir, desarrollo de la solución propuesta, donde en el tercer apartado, se comienza con bocetos a mano alzada, para luego compararlos y así tener un diseño final con el cual se realizará el modelo 3D y los diferentes cálculos, en este apartado, también, se realizarán simulaciones del comportamiento de los elementos principales de la herramienta. Finalizando este capítulo, se presenta el diseño final, para así pasar al coste de la plataforma, en el cual se considera el precio de los diferentes elementos y manufactura de esta. Finalmente, se presentan las diferentes conclusiones del trabajo, ya sea los procesos que se efectuaron y los diferentes resultados.

CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

2.1. ANALISIS DE COMPETENCIA

En el mundo de la maquinaria pesada los mantenimientos se realizan frecuentemente, donde para cumplir con estas tareas generalmente se requiere de diferentes herramientas, donde para el levante de los objetos de mayor masa existen diferentes alternativas dependiendo del trabajo a realizar.

2.1.1. Soportes móviles para separar tractores Mp13

Este producto pertenece a la empresa Insumos y máquinas (Insumos y Máquinas, 2020) está diseñado para realizar la separación de tractores haciendo posible que un solo operario pueda realizar la tarea completa, como se observa este presenta un riel que facilita el uso en cualquier tipo de suelo, para el accionamiento solo se cuenta con tornillos trapezoidales para el levante de los elementos, sus alturas de trabajo van de 380 a 650 mm. Aunque carece de un soporte seguro o bien una base segura para evitar que los deslizamientos sobre las bases de los elementos a manipular.



Figura 2.1: Soportes móviles para separar tractores. Fuente: (Insumos y Máquinas, 2020).

2.1.2. Gata para transmisión de suelo GTS05

Posee una capacidad de 500 kg, con una altura mínima de 180 mm y máxima de 650 mm, se usa principalmente para el retiro de cajas de cambio, diferenciales, arboles de transmisión, motores, entre otros. Este producto posee la ventaja de poder ser utilizado en bajas alturas, además, posee accionamiento hidráulico y una plataforma que se puede adaptar a diferentes elementos a manipular. Las principales desventajas son que debe ser usado en terrenos o suelos planos como son hormigón y la capacidad máxima de masa a levantar.



Figura 2.2: Gata para transmisiones de suelo. Fuente: (Bt-Ingenieros, 2019).

2.1.3. Tecele Pluma Móvil 2 toneladas Krafter

Este tipo de tecles son ideales para aplicaciones en mantención y construcción, posee un limitador de sobrecarga para prevenir levantes mayores a lo recomendado. Tiene una capacidad de carga de ½ a 2 toneladas. Además, cuenta con nuez de cadena y engranes para un funcionamiento suave. Se utiliza principalmente en trabajos de montajes, donde se requiere levantar grandes pesos y trasladarlos.



Figura 2.3: Tecla pluma móvil Krafter. Fuente: (Emaresa, 2018).

Este tipo de herramienta es usada para realizar levantes desde arriba del elemento, por lo que es adecuado para aquellos objetos que posean o deban ser levantados de su parte superior. Por lo tanto, en aquellas piezas que se deben levantar de la parte inferior, esta herramienta carece de cumplir con este requerimiento.

2.1.4. Separador de tractor “Tractor separator 5T”

Separador de tractor con una capacidad máxima de 5 toneladas por soporte. Posee un rango de altura de 360 a 640 mm, longitud de riel de 3 metros. Este producto tiene la particularidad de poseer pernos de seguridad para cada gato o soporte. También, posee la ventaja de fijar los elementos a manipular, aunque la plataforma es de un tamaño pequeño. Pero al igual que el producto del capítulo 2.1.1 su altura mínima es bastante superior como para aquellos elementos que estén cerca del suelo.



Figura 2.4: Separador de tractores 5T. Fuente: (Sparex, 2020).

2.2. IMPACTO DE LA MAQUINARIA PESADA

La maquinaria juega un papel importante en la innovación y productividad. Los beneficios se traducen en ahorros en mano de obra, eficiencia de costos de operación y reducción de tiempos en los procesos de producción.

Como bien avanza el desarrollo de la humanidad, las obras de ingeniería se hacen cada vez más exigentes y complejas. Para cubrir diferentes necesidades de la sociedad, la ingeniería mecánica se ha aplicado para crear y desarrollar máquinas más eficientes y adecuadas que puedan permitir su evolución

A lo largo de todo Chile y en varios lugares del mundo se utiliza maquinaria pesada para determinadas aplicaciones, desde, transporte, trabajos agrícolas, movimiento de tierras, forestal, construcción, entre otros. Este tipo de maquinaria pueden ser diferentes entre ellas en función, forma, costos, pero tienen como punto en común que conllevan elementos de gran masa y tamaño, por ende, su mantención es mucho más compleja e insegura que elementos de menor tamaño.

El mercado de la maquinaria agrícola ha sido una de las categorías de mayor demanda en comparación con el resto de las maquinarias pesadas (construcción, forestal, etc). El principal requisito por parte de agricultores es tener una mayor eficiencia productiva a bajo costo. Generando así diferentes innovaciones para cumplir con la demanda y mejorar la competitividad de los agricultores. Lo anterior también, conlleva un mantenimiento rápido y seguro, dado que la maquinaria debe estar disponible, ya que la escasez de mano de obra va en incremento con el pasar del tiempo.

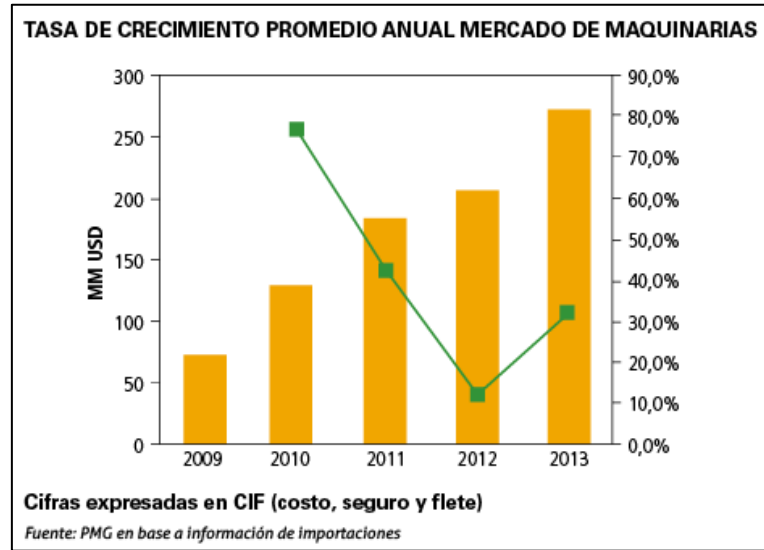


Figura 2.5: Tasa de crecimiento promedio anual del mercado de maquinarias. Fuente: (Mac-Cardé, 2017).

Para realizar el diseño de una plataforma que permita la manipulación de elementos de gran tamaño que se ubiquen en la parte inferior de una maquina es necesario conocer antes los tipos de trabajos que podría llegar a prestar, como también conocer las características de los elementos más comunes a operar.

Con el fin de conocer las características antes mencionadas se tomará referencia en algunas áreas donde la plataforma podría llegar a operar.

2.2.1. Maquinaria Agrícola

La maquinaria agrícola es una categoría de agro insumos. Donde se estima que representa aproximadamente el 12% del total del mercado de agro insumos. Esta industria es abastecida principalmente por marcas importantes como Massey Ferguson y New Holland en tractores (Mac-Cardé, 2017).

Las principales maquinarias importadas en el año 2013 fueron tractores con un 45% del total como se muestra en la Figura 2.6, seguido por cosechadoras con un 16%. Debido a un

incremento en las importaciones es importante tener herramientas para las mantenciones de esta maquinaria, donde ofrezca un servicio seguro, confiable y disponible.

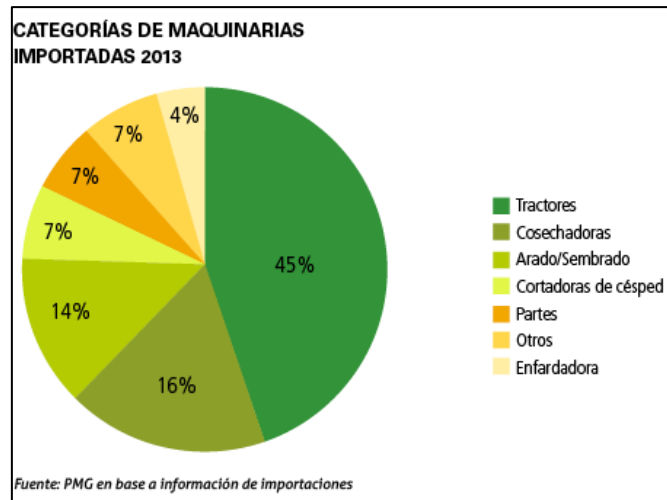


Figura 2.6: Maquinarias importadas el año 2013. Fuente: (Mac-Cardé, 2017).

Este tipo de maquinaria se caracteriza principalmente por prestar servicios a campos agrícolas, donde, la maquinaria más común y conocida son los tractores, máquinas para cosechar frutos y accesorios para diversas aplicaciones. Cabe destacar que como los tractores se utilizan por todo el año y para diversas tareas, se tomará mayor consideración a los diferentes mantenimientos que este requiere. Dichos mantenimientos son:

- **Cambio de kit de embrague:** Para este tipo de trabajo se requiere desplazar la parte frontal del tractor hacia adelante, es decir, el tractor se separa en dos justo donde se unen el motor y caja de cambios, para este tipo de trabajo, la plataforma se debe de ubicar en la parte inferior del motor, para así desplazar el motor y tren delantero hacia adelante, para la unión se debe de alinear de manera perfecta el eje de caja de transmisión con eje del motor, por esta razón se requiere que la plataforma.
- **Mantención bujes soporte tren delantero:** Este tipo de mantenimiento se debe realizar cuando los bujes que soportan el tren delantero presentan un notorio desgaste, se debe de retirar el tren delantero, más específicamente, el eje diferencial delantero para así reemplazar los bujes. Así la herramienta se ubicará bajo el eje completo para realizar su desplazamiento.

- **Cambio de rodamientos y/o retenes ruedas traseras:** para realizar esta acción se debe de retirar en primer lugar la rueda trasera, para luego retirar la denominada “manga” que es donde se aloja el reductor de la rueda trasera que es necesario retirar la pieza completa para reemplazar el rodamiento y retén de aceite, al ser elementos de gran tamaño requiere de ayuda externa para realizar el movimiento, y para realizar el levante desde arriba se dificulta dado que el tapabarro debería ser retirado.

2.2.2. Maquinaria de transporte

Dentro de este rango entra toda máquina que sea utilizada para el transporte ya sea de personas, como también de otro tipo de máquinas, dentro de este tipo se encuentran camiones, autobuses, entre otros. Los mantenimientos para camiones y buses son prácticamente similares, por ende, se puede abarcar los mismos tipos de trabajos a realizar:

- **Cambios Kit de embrague:** En este tipo de maquinaria para realizar el cambio de embrague se debe de retirar la caja de transmisiones que se ubica en la parte inferior del vehículo.
- **Mantenimiento eje trasero diferencial:** Este tipo de mantenimiento se realiza cuando el diferencial trasero necesita alguna reparación, ya sea por falla de fatiga o bien cuando ocurre alguna falla inesperada por las condiciones de uso.

2.2.3. Maquinaria de construcción

La maquinaria de construcción junto con la maquinaria utilizada en movimiento de tierra están en constante uso dado que estas son de gran ayuda al momento de realizar cualquier obra de construcción, ya sea carreteras, edificios, entre otros.

Estas maquinarias son aquellas que permiten realizar diferentes trabajos en el campo de la adaptación de terrenos, para que después se puedan elevar edificios, puentes u otros tipos de

Capítulo 2. Marco Teórico

obras. También, participan en remodelación o desmantelamiento de construcciones que cumplieron con su vida útil.

Las máquinas que entran en este rango son: Motoniveladoras, bulldozer, bomba de hormigón, excavadora, entre otros.

2.3. DIMENSIONES PARA CONSIDERAR

2.3.1. Tractor agrícola

Considerando que hay diferentes tipos de tractores en uso a lo largo de toda la industria agrícola, donde, sus dimensiones varían considerablemente, en este caso se contempla un tractor de gran tamaño, que el brindara las dimensiones máximas a considerar. Para estas se basarán en las dimensiones principales de un tractor marca New Holland modelo T7000.



Figura 2.7: Dimensiones de tractor New Holland. Fuente: (Holland, 2009).

Como se observa en la Figura 2.7 la distancia D (despeje del suelo) es la que se debe de considerar para la altura máxima de trabajo de la plataforma la que correspondería a 523 mm aproximadamente.

2.3.2. Motoniveladora

Este tipo de maquinaria es utilizado en el movimiento de tierra, principalmente en construcción de caminos o reparaciones de estos, al igual que el caso anterior se consideran las longitudes de despeje del suelo, dado que la plataforma está destinada a ser usada bajo la maquinaria. En este caso se hace referencia a una motoniveladora marca Caterpillar modelo 12K.

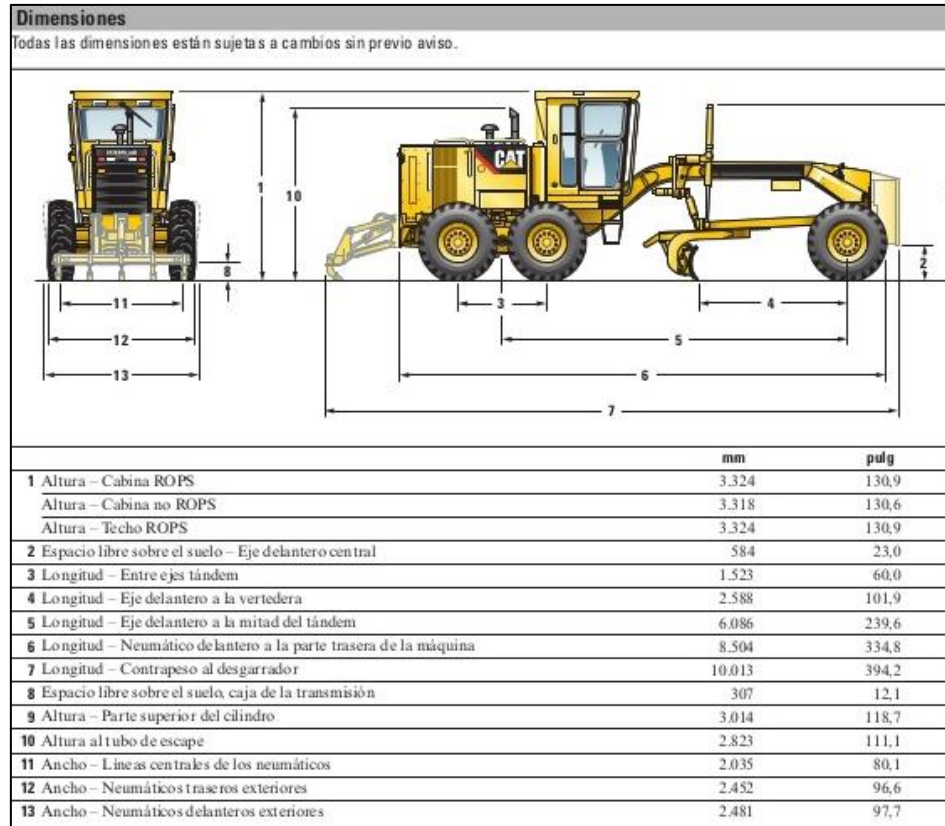


Figura 2.8: Dimensiones de Motoniveladora Caterpillar. Fuente: (Caterpillar, 2015).

En esta oportunidad la dimensión que destaca es la longitud 8 (Espacio libre sobre el suelo caja de la transmisión) que indica una altura de 307 mm.

2.3.3. Retroexcavadora

Una retroexcavadora se utiliza principalmente en el movimiento de tierra, donde por sus varios accesorios es una maquina muy solicitada en diferentes rubros o industrias. Las dimensiones principales hacen referencia a la marca Volvo BL60B/BL70B.

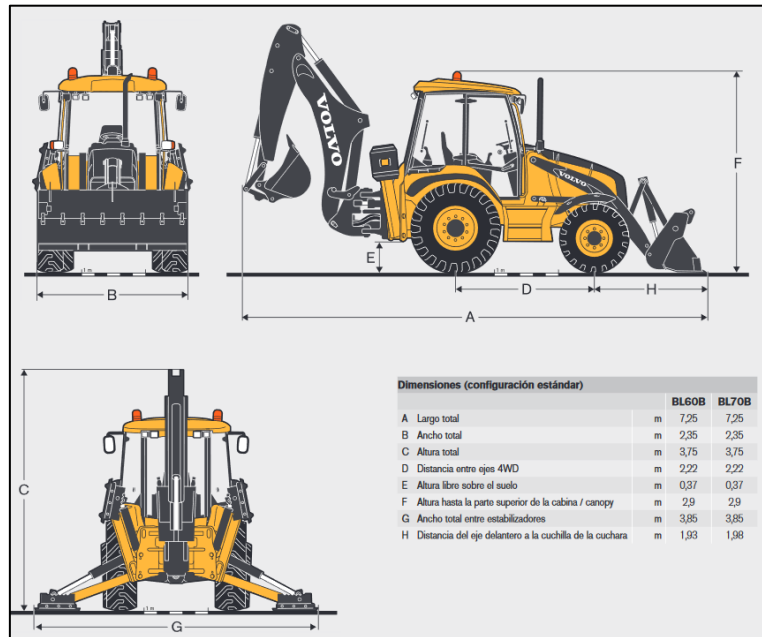


Figura 2.9: Dimensiones de Retroexcavadora Volvo. Fuente: (Volvo, 2019).

Como se observa en la Figura 2.9 la altura libre del suelo es de 0,37 m o 370 mm.

2.4. ELEMENTOS PARA CONSIDERAR

2.4.1. Motores Diesel

Gran parte de maquinaria utiliza motores Diesel para accionar sus diferentes accesorios, estos son de preferencia por su gran potencia, por lo general se utilizan motores de 4 o 6 cilindros en línea con cilindrada de hasta 6000 cm³, aunque en casos especiales se utilizan de 8 cilindros en V.

Capítulo 2. Marco Teórico

Por ejemplo, el motor John Deere 6090HF485 de 250 Hp de potencia tiene una masa aproximada de 900 Kg (Deere, 2013), este tipo de motor se utiliza por lo general en tractores agrícolas de gran potencia y también en motoniveladoras en movimiento de tierra.



Figura 2.10: Motor Diesel John Deere 6090HF485. Fuente: (Deere, 2013).

2.4.2. Cajas de transmisión

Como se mencionó un uso común de la herramienta sería el cambio de embragues de un camión, por lo que se tomará como referencia una caja de transmisión de camiones de alto tonelaje. Como por ejemplo las transmisiones Eaton Fuller, donde ofrece transmisiones versátiles y fiables con cargas y velocidades variables en aplicaciones de hasta 3051 Nm. Este producto tiene un peso de 325 kg y una longitud de 0,84 m. (Eaton, 2020).

2.4.3. Ejes diferenciales

Este tipo de elementos son aquellos donde se aloja el diferencial de transmisión de cualquier tipo de maquinaria ya sea de tracción delantera o propulsión trasera.

Por lo general, estos deben ser movidos para realizar mantenencias en bujes o rodamientos que soportan el diferencial, o bien para el reemplazo de este. El conjunto del eje diferencial se ubica en la parte inferior de la maquinaria, específicamente bajo el chasis, por lo que requieren alguna

herramienta que permita dar soporte desde abajo, es decir, que el eje de apoyo esté sobre la herramienta.

2.5. TERRENOS

Como la plataforma está destinada a dar soluciones a diferentes maquinarias, se debe tomar en cuenta que estas pueden ser requeridas en diferentes lugares, es decir, servicios a terreno, donde por lo general se debe trabajar en diferentes tipos de suelos, desde hormigón armado (base dura) hasta gravilla (suelo blando), por esta razón se debe de considerar los tipos de suelos donde se debe operar.

2.5.1. Pavimentos Industriales

Las industrias requieren suelos resistentes, impermeables, antideslizantes y que puedan soportar el tráfico diario. En las empresas donde usan maquinaria pesada, químicos y sustancias corrosivos, deben tener un piso que soporte este tipo de condiciones, garantizando un buen funcionamiento y favoreciendo a una mejor impresión estética. Además, entre las ventajas que más resaltan es que son sencillos de limpiar, requieren poco mantenimiento y destacan su durabilidad (Umacon, 2018).

En este tipo de piso al ser lisos la plataforma puede rodar libremente gracias a las ruedas que esta presentara para su desplazamiento.

2.5.2. Maicillo

El maicillo es el producto de la meteorización de rocas graníticas del batolito costero y es uno de los suelos residuales más comunes y abundantes en Chile. El maicillo presenta una composición tan compleja que es imposible establecer si su respuesta mecánica corresponde a la de una roca meteorizada o de un suelo o bien la mezcla de ambos (Rodríguez, 2015).

Por lo general este tipo de suelos son blandos y dispares, por lo tanto, para el uso de la plataforma se debe requerir de un riel para permitir la rodadura de sus ruedas.

2.6. ANALISIS DE CARGA Y ESFUERZOS

Con el fin de que la plataforma funcione de manera segura y sin fallas estructurales se debe de realizar los análisis necesarios para así especificar y diseñar los diferentes elementos que compongan la estructura. Los componentes de máquina transmiten fuerza y movimiento de un punto a otro. La distribución de fuerza es entonces como un flujo o distribución de fuerzas que se visualizan mediante el aislamiento o separación de superficies internas del componente.

2.6.1. Equilibrio de sistemas

Asumiendo que la estructura en general de la plataforma al ser utilizada no tendrá movimiento o bien tendrá una velocidad de subida o bajada constante, se considera que el sistema tiene una aceleración cero. Con esta condición se aplica que el sistema está en equilibrio, donde en este caso, la suma de todas las fuerzas y todos los momentos que actúan sobre el sistema son cero. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 68)

$$\sum F_x = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0 \quad (2)$$

$$\sum M = 0 \quad (3)$$

Donde:

F_x : Fuerzas en dirección X.

F_y : Fuerzas en dirección Y.

M : Momentos aplicados a un punto determinado.

2.6.2. Diagramas de cuerpo libre

El análisis de diferentes estructuras se puede realizar por la separación o aislamiento de cada elemento, para luego estudiarlo y analizarlo mediante el uso de diagramas de cuerpo libre. Este tipo de análisis tiene diferentes propósitos (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 69).

- El diagrama establece direcciones de los ejes de referencia, proporcionando un lugar para el registro de las dimensiones del subsistema, direcciones y magnitudes de las fuerzas conocidas.
- Clarifica e identifica puntos que no son obvios en enunciados o en la geometría del problema total.

2.6.3. Esfuerzos

Cuando se aísla una superficie interna, la fuerza y el momento totales que actúan sobre la superficie se manifiestan como distribuciones de fuerzas. Esta distribución actúa en un punto sobre la superficie es única y tendrá componentes en las direcciones normal y tangencial llamados esfuerzos normal y tangencial, respectivamente” (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 75)

2.6.4. Esfuerzos uniformemente distribuidos

Frecuentemente, al realizar diseños se adopta el supuesto de una distribución uniforme de los esfuerzos. Al tomar esta acción el resultado se conoce como *tensión pura*, *compresión pura* o *cortante puro*. (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 84). Por lo que para estos análisis se usa la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Capítulo 2. Marco Teórico

Donde:

σ : Esfuerzo

F : Carga aplicada

A : Superficie donde se aplica la carga

Este supuesto se cumple siempre que:

- El elemento tenga geometría uniforme y de un material homogéneo.
- La línea de acción de fuerza pase por el centroide de la sección.
- La sección que se tome a estudiar este lo suficientemente alejada de los extremos y de cualquier discontinuidad.

En el caso de cuerpos sometidos a cortante, como, por ejemplo, tornillos, pasadores y ejes, también se supone una distribución de esfuerzos uniformes, los que hace referencia al cizalle de estos, usando así la ecuación:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante

F : Carga aplicada

A : Área transversal

2.6.5. Esfuerzos normales para vigas en flexión

Una viga o barra sometida a flexión, se refiere cuando esta no está sometida a fuera cortante y no se presentan cargas de torsión o axiales. Además, se considera que las proporciones de la viga son tales que presentaría falla por flexión, antes de fallar por aplastamiento, corrugación o pandeo lateral. La viga debe de ser recta, con sección transversal constante, a lo largo de toda su longitud.

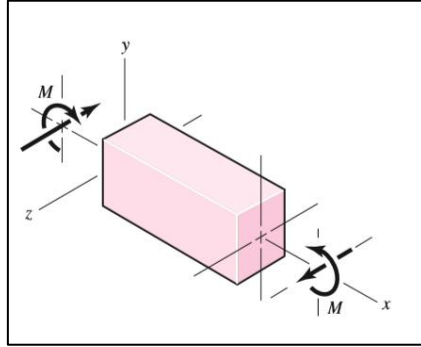


Figura 2.11: Viga recta en flexión positiva. Fuente: (Budynas & Nisbett, 2008).

El esfuerzo máximo esta dado por:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M * c}{I} \quad (6)$$

Donde:

- $\sigma_{m\acute{a}x}$: Magnitud máxima de esfuerzo en flexión.
- M : Momento máximo producido en la viga.
- C : Centroide de la viga en cuestión.
- I : Segundo momento de área alrededor del eje z.

La ecuación (6) se puede simplificar por:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{M}{W} \quad (7)$$

Donde:

- W : I/c conocido como *módulo de sección*.

Para el caso de vigas apoyadas simplemente en sus extremos como son el caso de la Figura 2.12, donde la viga está sometida a flexión y corte.

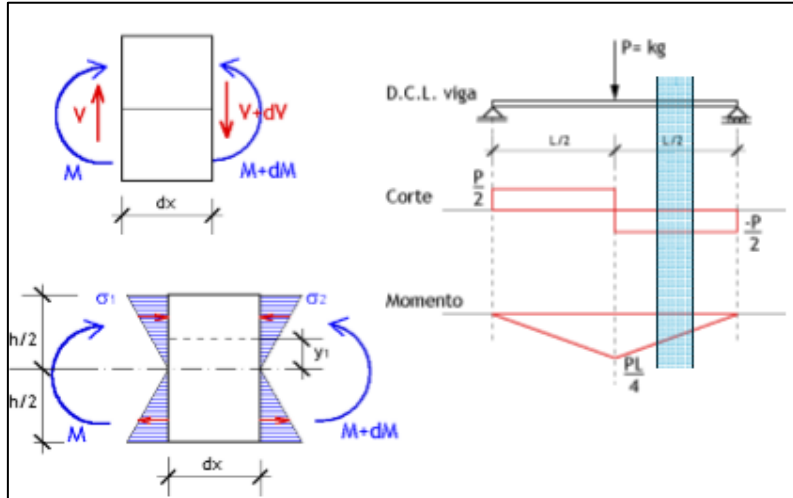


Figura 2.12: Viga recta apoyada simplemente sometida a flexión. Fuente: (Lou, 2020).

Donde así se obtiene el momento máximo

$$M = \frac{PL}{4} \quad (8)$$

Donde:

M : Momento máximo sobre la viga

L : Largo de viga

2.7. ELEMENTOS DE RODADURA

2.7.1. Ruedas

Las ruedas son utilizadas para el desplazamiento o transporte de objetos, en este caso se usarán ruedas metálicas que permitan manejar la dirección de la plataforma o bien para ser guiada en línea recta sobre un riel en caso de ser necesario, por esta razón las ruedas deben tener tal forma que permita la rodadura por un riel metálico.

Capítulo 2. Marco Teórico

Para la selección de una rueda industrial para un dispositivo de transporte se deben considerar: Diámetro de la rueda, Banda de rodadura (rígidas, blandas, relación de las durezas de las superficies en contacto)

2.7.2. Cojinetes

Los cojinetes se fabrican para soportar cargas radiales y/o cargas de empuje puras. En general el propósito de un cojinete es soportar una carga y al mismo tiempo permitir el movimiento relativo entre dos elementos.

Los principales componentes de un cojinete con contacto de rodadura son la pista interior, la pista exterior y los elementos rodantes. La pista interior se introduce a presión sobre un eje que gira en conjunto a la pista. Las bolas entre las pistas permiten una rotación uniforme, con poca fricción por parte del eje, el coeficiente de fricción típico está entre 0,001 a 0,005 (Montt, 2009, pág. 598).

Tipo de rodamiento	Capacidad de carga radial	Capacidad de carga de empuje	Capacidad de desalineamiento
Una hilera de bolas con ranura profunda	Buena	Regular	Regular
Doble hilera de bolas, ranura profunda	Excelente	Buena	Regular
Contacto angular	Buena	Excelente	Mala
Rodillos cilíndricos	Excelente	Mala	Regular
Agujas	Excelente	Mala	Mala
Rodillos esféricos	Excelente	Regular a buena	Excelente
Rodillos cónicos	Excelente	Excelente	Mala

Figura 2.13: Tipos de rodamientos. Fuente: (Montt, 2009).

Los cojinetes o rodamientos se utilizarán en las ruedas que permitirán el desplazamiento de la plataforma.

2.8. SISTEMAS HIDRÁULICOS

Para realizar el accionamiento de la plataforma se utilizarán presiones hidráulicas, con la finalidad de dar un accionamiento más cómodo, fácil de manipular, y con gran confiabilidad y seguridad. Los sistemas hidráulicos cuentan con una bomba que impulsa el fluido hasta el actuador (cilindro, motor) que cumple con un determinado fin.

El principio precursor de la Oleo-hidráulica es la Ley de Pascal, que dice “La presión en cualquier punto de un fluido sin movimiento tiene un solo valor, independiente de la dirección” o “La presión aplicada a un líquido confinado se transmite en todas direcciones, y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales” (Barraco, 1998, pág. 15).

2.8.1. Principio de Pascal

Este principio dice que los líquidos son prácticamente incompresibles, a diferencia de los gases que pueden comprimirse, los líquidos, como los sólidos, no experimentan una reducción de su volumen al verse sometidos a presión.

Al aplicar el principio de Pascal en se puede comprobar como una pequeña fuerza F_1 es ejercida sobre un émbolo pequeño, de área A_1 , se produce entonces sobre el émbolo una presión de:

$$P = \frac{F}{A} \quad (9)$$

Donde:

P : Presión

F : Fuerza ejercida

A : Área transversal donde aplica la carga

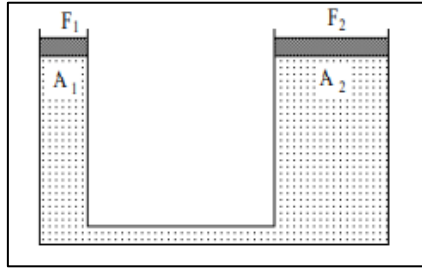


Figura 2.14: Equilibrio Hidráulico. Fuente: (Barraco, 1998).

Esta presión se transmite a lo largo del ducto y por medio de un fluido hasta un émbolo de sección mayor, cuya área es A_2 . Puesto que el sistema se encuentra en equilibrio, las presiones en ambos émbolos son iguales (Barraco, 1998, pág. 16), por lo tanto, se propone:

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \quad (10)$$

Así, se puede concluir que con una fuerza pequeña se puede obtener una fuerza mayor.

2.8.2. Bomba hidráulica

Las bombas son elementos que tienen la función de elevar un fluido desde un nivel determinado a otro más alto, o bien transformar la energía con la que funciona (generalmente mecánica o eléctrica) en hidráulica.

Se debe destacar que una bomba produce movimiento del líquido (caudal), las bombas no generan presión. Se genera el caudal necesario para el desarrollo de la presión en el sistema, la cual es el resultado de la resistencia al flujo.

Las bombas se clasifican por ser de desplazamiento positivo y negativo o roto-dinámicas, estas últimas producen flujo continuo, pero no cuentan con un sistema de sellado positivo interno que evite el deslizamiento, su caudal de salida varía considerablemente con cambios en la presión en el sistema. Si la salida de este tipo de bomba es bloqueada, la presión aumenta, pero el caudal baja a cero. Ejemplos de bombas de desplazamiento negativo son las bombas centrífugas y de hélice.

Bombas hidrostáticas: Una bomba de desplazamiento positivo o hidrostática es “aquella que suministra la misma cantidad de líquido en cada ciclo o revolución del elemento de bombeo, independientemente de la presión que se encuentre el líquido a su salida” (Barraco, 1998, pág. 27).

Estas bombas se pueden clasificar en función del tipo de fuerza que se les ha de aplicar. Así, las que trabajan absorbiendo una fuerza lineal se denominan bombas oscilantes, mientras que las que necesitan un esfuerzo rotativo aplicado a su eje se conocen como bombas rotativas, en esta ocasión se describirá el funcionamiento de la primera, dado que se utilizará una bomba de este tipo.

Bombas oscilantes: Este tipo de bombas consta de un vástago conectado a un pistón, con sus elementos de estanqueidad, que se desplaza en el interior de un cilindro, cerrado por el orificio externo donde se ubican los orificios de aspiración y salida.

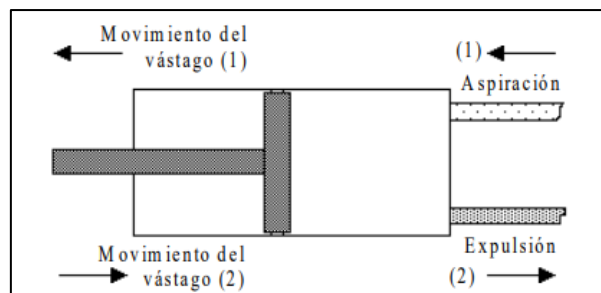


Figura 2.15: Bomba manual. Fuente: (Barraco, 1998).

Al salir el pistón se genera vacío en la cámara de bombeo, como se observa en la Figura 2.16. Este vacío succiona fluido del depósito a través de una válvula antirretorno. Al cambiar el sentido del pistón, el fluido que entro en el cilindro se ve forzado a salir por la línea de impulsión, gracias a la válvula antirretorno el fluido no se devuelve al estanque.

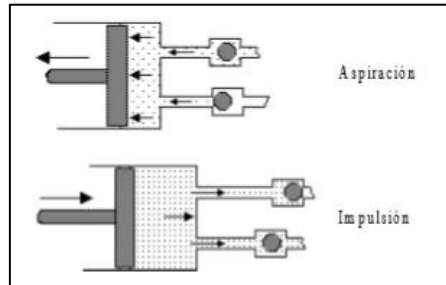


Figura 2.16: Fases de Bomba manual. Fuente: (Barraco, 1998).

2.8.3. Cilindro hidráulico (Actuador Hidráulico)

Mecanismo que consta de un cilindro, dentro del cual desplaza un embolo o pistón, que transforma la presión de un líquido en energía mecánica.

El líquido hidráulico producido a presión por la bomba hidráulica llega a través de una manguera y penetra en la cámara del cilindro. La presión hace que se desplace el émbolo empujando el vástago el cual aplica fuerza al elemento que se desea mover. Para el retroceso del embolo se corta la presión de entrada y el líquido retrocede por la manguera. Por su forma de accionamiento pueden ser cilindros de simple o doble efecto.

- **Cilindro de simple efecto:** El líquido a presión entra solo por la parte trasera de la cámara del cilindro. El retroceso se genera por la acción de una fuerza contraria cuando se libera la presión del líquido.
- **Cilindro de doble efecto:** El líquido a presión entra por la parte trasera de la cámara del cilindro. El retroceso del émbolo se produce por la entrada de líquido a presión por la parte delantera de la cámara del cilindro.

2.8.4. Fluido hidráulico

Es el líquido necesario para la transmisión de energía en los sistemas hidráulicos.

En general, tienen cuatro funciones primarias:

- **Transmitir potencia:** Para cumplir esta función deberá fluir fácilmente a través de los conductos internos de los componentes. Una resistencia excesiva a su circulación produciría considerables pérdidas de carga y, por lo tanto, un incremento en la potencia necesaria para el funcionamiento del equipo.
- **Lubricar partes en movimiento:** Una de las razones principales del fluido es formar una película sobre las superficies, y esta facilita el desplazamiento de una superficie sobre la otra.
- **Disipar calor o refrigerar:** El fluido es capaz de absorber calor generado en determinados puntos del sistema, para luego liberarlo al ambiente.

Clasificación de los fluidos Hidráulicos.

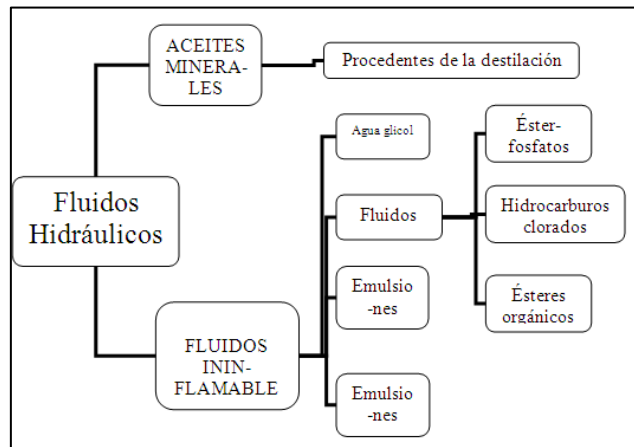


Figura 2.17: Clasificación de fluidos. Fuente: (Turmero, 2019).

- **Agua:** Se utilizó hasta la segunda década del siglo XVII, debido a inconvenientes de corrosividad, alto punto de congelamiento, bajo punto de ebullición, ausencia de poder lubricar, entre otros.
- **Aceite mineral:** Los fluidos con estas bases son los más en aplicaciones hidráulicas. Los aceites minerales poseen una buena relación viscosidad temperatura (índice de viscosidad), baja presión de vapor, compresibilidad baja, inmiscibilidad con agua, cualidades de protección.

2.9. DISEÑO DE MÓDELOS 3D

El diseño se presentará en formato CAD, gracias al software INVENTOR Autodesk.

Este software presenta diferentes características de modelado, donde permite el diseño de piezas por separado, para luego realizar la unión de diferentes elementos, considerando y aplicando diferentes restricciones de diseño. Además, posee la opción de aplicar uniones soldadas o empernadas dependiendo el requerimiento de diseño.

En este tipo de software, además, se pueden realizar animaciones ya sea del funcionamiento como también del despiece y posterior armado de la estructura en general.

2.10. ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS

Para realizar un análisis completo de la estructura de la plataforma se utilizará el software ANSYS, donde se podrá comprobar el comportamiento de la estructura al ser sometida a diferentes tipos de cargas, donde se variará en magnitud y posición.

Al ser el método de elementos finitos una técnica numérica convierte el dominio de una estructura continua en valores discretos, por lo tanto, los errores siempre estarán presentes, los que son:

- a) **Errores computacionales:** son principalmente errores de redondeo provenientes de cálculos de punto flotante de la computadora y de las formulaciones de los esquemas de integración numérica que se utilizan.
- b) **Errores de conversión discreta:** La geometría y la distribución del desplazamiento de una estructura real varía continuamente. Durante el proceso de un elemento finito de elementos para modelar la geometría de la estructura se introducen errores al igualar la geometría y distribución del desplazamiento (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 936).

2.10.1. Generación de malla

La red de elementos y nodos que representan una región de la estructura. La densidad de malla se incrementa a medida que aumenta el número de elementos dentro de una región determinada. El *refinamiento* de malla ocurre cuando la malla se modifica para mejorar el análisis del modelo. Por lo general, los resultados se ven favorecidos cuando la densidad de malla incrementa en áreas críticas, es decir, aquellas zonas donde se produzcan concentraciones de esfuerzo elevadas. Budynas y Nisbett (2008) proponen que “Para valorar la mejora, en las regiones donde el esfuerzo es alto, la estructura puede volver a mallarse con una densidad mayor, si existe un mínimo cambio en el valor de esfuerzo, se presume que la solución a convergido” (pág. 942).

2.10.2. Aplicación de carga

Existen dos formas de aplicar cargas a la estructura, las que son Nodal y por carga de elementos. La fuerza neta puede aplicarse a un solo nodo, siempre que el elemento soporte los grados de libertad asociados a esta. Los momentos concentrados pueden aplicarse a los nodos de vigas y mayoría de elementos de placas. Aunque, estos, no pueden aplicarse a elementos puntuales, planos elásticos bidimensionales, axiales simétricos o de ladrillos, dado que no soportan los grados de libertad rotacionales.

Las cargas de elementos incluyen cargas estáticas, efectos térmicos, cargas superficiales (presión), y cargas dinámicas.

2.10.3. Condiciones de borde

La simulación de condiciones de borde y otras limitantes deben de ser precisas en el modelado de una estructura. “Con limitaciones específicas, es relativamente sencillo cometer errores de omisión o distorsión” (Budynas & Nisbett, 2008, pág. 945). Estas limitantes por lo general uniones fijas, pernos idealizados, soldadura, etc.

Capítulo 2. Marco Teórico

Las condiciones de borde o elementos de frontera se usan principalmente para forzar los desplazamientos de la estructura, ya sean iguales o diferentes a cero. En otras palabras, son los soportes de la estructura y además los grados de libertad que esta posea.

2.11. NORMAS INVOLUCRADAS

2.11.1. Norma ASTM A500

Este tipo de norma se usa en los diferentes perfiles de uso comercial, por lo que el tipo de acero está disponible en tubos de sección circular hueca HSS formados en frío en tres grados, también en los mismos grados de tubos HSS formados en frío, se sección cuadrada y rectangular.

Las propiedades para tubos cuadrados y rectangulares HSS difieren de los circulares HSS. El grado más común tiene un esfuerzo de fluencia y una resistencia de ruptura a la tensión de 320 y 405 MPa respectivamente. (Zamudio & Elizondo, 2013).

2.11.2. Ley N° 20.001 Que regula el peso máximo de carga humana

Esta Ley o Norma establece el peso máximo que se le permite manipular a una persona, contenido en el Decreto Supremo N°63, de 2005, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social.

Establece que, en virtud del artículo 2, si la manipulación manual es inevitable y las ayudas mecánicas no pueden usarse, no se permitirá que se operen cargas superiores a 25 kilos. (Bermúdez, 2017).

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA

3.1. METODOLOGIA DE DISEÑO

Para dar solución a la problemática, considerando la solución propuesta, se realizaron diferentes bocetos, teniendo en cuenta el estado del arte, diferentes desventajas o ventajas que posean las soluciones actuales, características de los elementos a utilizar (dimensiones, pesos, etc.). Por lo que se realizan tres diferentes bocetos, los cuales se comparan mediante una tabla comparativa y un análisis cuantitativo (casa de la calidad QFD, ANEXO 1), en el que se consideran los requerimientos y características que debe presentar el diseño. Además, cabe destacar que la masa máxima a manipular es de una tonelada, como se mencionó en el Capítulo 2.4.

3.1.1. Primer boceto

En este caso se propone un mini elevador hidráulico con una altura de columna de 1000 mm y levante de 200 a 700 mm de altura. En sí, dispone de un cilindro hidráulico vertical, donde es su extremo superior conecta con dos piñones o engranes que mueven una cadena que permita el movimiento vertical de los soportes horizontales que mueven a su vez el elemento a manipular, además, estos se podrán regular en distancia. También la base será desmontable lo que permitirá un transporte más cómodo y factible.

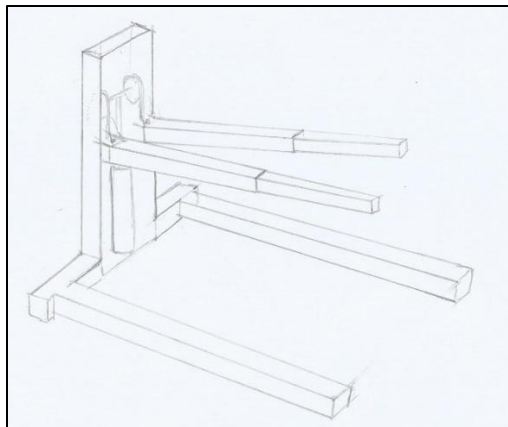


Figura 3.1: Primer boceto tipo elevador. Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2. Segundo boceto

Para la segunda propuesta se dispone de un diseño donde un cilindro horizontal empuja una barra que conecta con la viga principal de la herramienta, es decir, la barra al ser movida por el cilindro permitirá el levante de la viga principal desde 200 a 700 mm, que a su vez levantará la pieza a manipular. Al igual que el caso anterior se montará en su totalidad sobre ruedas. La diferencia con el caso anterior es que este diseño es de menos tamaño por lo que su transporte o manipulación es de mejor acceso.

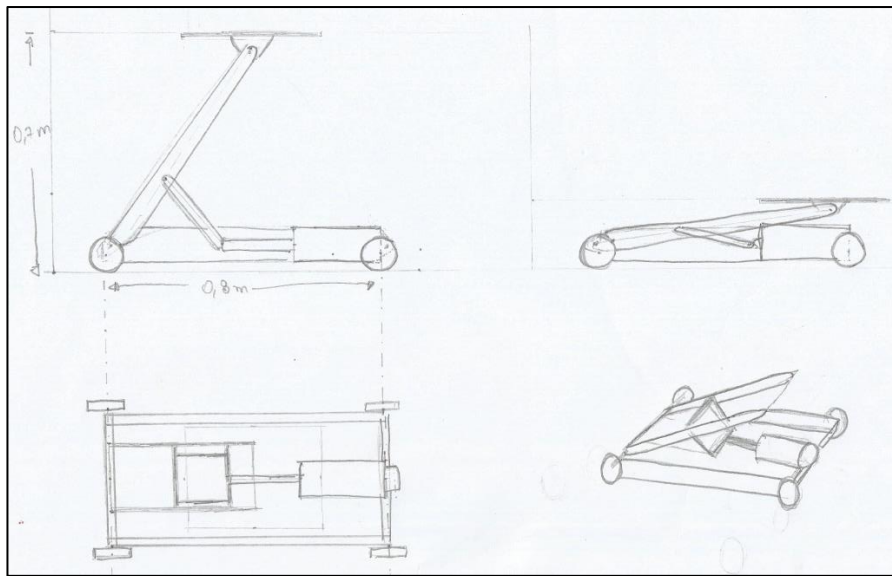


Figura 3.2: Segundo boceto tipo gata caimán. Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. Tercer boceto

En este caso se propone una estructura tipo tijera donde con la ayuda de un cilindro hidráulico la estructura permite el levante completo. Al igual que los casos anteriores la altura varía de 200 a 700 mm, donde la particularidad de esta es que es mucho más compacta que las anteriores.

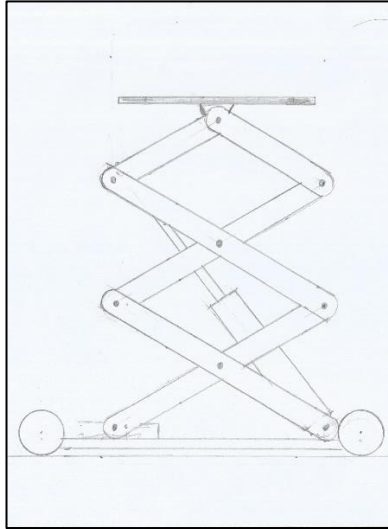


Figura 3.3: Tercer boceto tipo gata tijera. Fuente: Elaboración propia.

3.1.4. Comparación de bocetos

Realizando una tabla comparativa se clasifican diferentes características de los bocetos anteriores, donde como se observa el que presenta mayor cantidad de ventajas o bien el que cumple con la mayor cantidad de requerimiento es el diseño tipo tijera.

Tabla 3-1: Comparación de bocetos. Fuente: Elaboración Propia.

	Elevador	Gata horizontal	Tijera
Transporte	Al ser de mayor tamaño, el mover este diseño conllevará un mayor esfuerzo por parte del operario.	De buen acceso al ser un diseño de tamaño menor	Transporte relativamente cómodo
Estabilidad	Muy buena estabilidad para elementos de gran volumen, gracias a sus soportes de gran extensión	Buen comportamiento con piezas de volumen reducido.	Comportamiento mediano en elementos de volumen mayor
Ventajas	Soporte de gran tamaño Apto para volúmenes mayores Mayor estabilidad Desarmable Mayor cantidad de usos	Facilidad de transporte Compacto	Facilidad de transporte Compacto Sin elementos en voladizo

Desventajas	Viga principal en voladizo Transporte con mayor dificultad debido a gran tamaño.	Brazo principal en voladizo (concentración de esfuerzos debido a momento flector).	Mayor cantidad de elementos.
--------------------	---	--	---------------------------------

De acuerdo con los diferentes requerimientos del proyecto, que fueron mencionados, el diseño o modelo tipo tijera es el que cumple con la mayor cantidad de estos, donde uno de los requisitos más importantes es el transporte en camioneta y por ende la masa máxima de hasta 50 kg, el primer boceto o diseño se descarta, dado que a su tamaño se puede asumir que sobrepasará el límite de masa. En cuanto a la comparación de las otras dos alternativas, y considerando la estabilidad de la estructura se puede asumir que el tipo tijera presenta con mayor rigor esta ventaja, debido al uso de dos tijeras por lo que la base será de mayor tamaño.

3.2. SELECCIÓN DE DISEÑO

3.2.1. Primera Propuesta

En este caso se compone de una plataforma de 400x500 mm. Utilizando un cilindro horizontal que actuará sobre las ruedas dando así movimiento horizontal a esta para que el mecanismo de las tijeras lo transforme en vertical. Este diseño tiene la desventaja que al presentar una mayor cantidad de tijeras en forma vertical la estructura presenta mayor inestabilidad a mayor altura de trabajo.

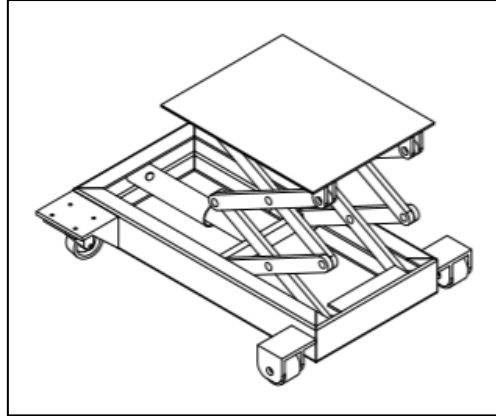


Figura 3.4: Primera propuesta. Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Segunda Propuesta

Esta propuesta presenta una tijera por cada lado, es decir, un solo pivote central, donde tiene la ventaja de ser más estable que el caso anterior, además, los perfiles de las tijeras son de 700 mm de largo, dando así la opción de utilizar una plataforma de mayor tamaño. También, otra diferencia es la posición del cilindro que en este caso va entre o bajo las tijeras, dando así movimiento con inclinación, donde a mayor altura mayor inclinación del cilindro.

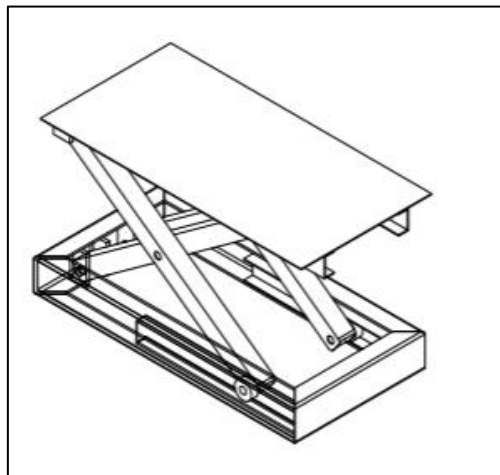


Figura 3.5: Segunda propuesta. Fuente: Elaboración Propia.

3.2.3. Diseño final

Una vez realizada las propuestas anteriores, comparando las diferentes características, ventajas y desventajas. Por lo que se opta por continuar con el diseño de tijeras de la segunda propuesta, es decir, un pivote central por tijera, sin embargo, se presenta una base de tamaño reducido con el fin de disminuir la masa total.

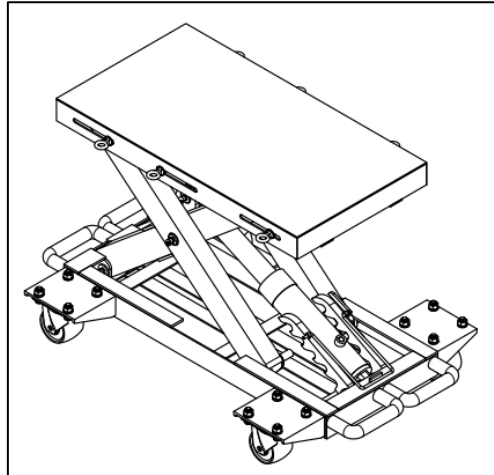


Figura 3.6: Diseño Final. Fuente: Elaboración Propia.

3.3. MODELO 3D

Desarrollando el diseño final en el software Inventor Autodesk, se obtiene un modelo con una masa de 47 kg aproximadamente y una altura de trabajo de 240 a 526 mm. El modelo final se presenta en esta sección con el fin de comprender y esclarecer los diferentes cálculos y descripciones de elementos que se detallan a continuación del diseño.

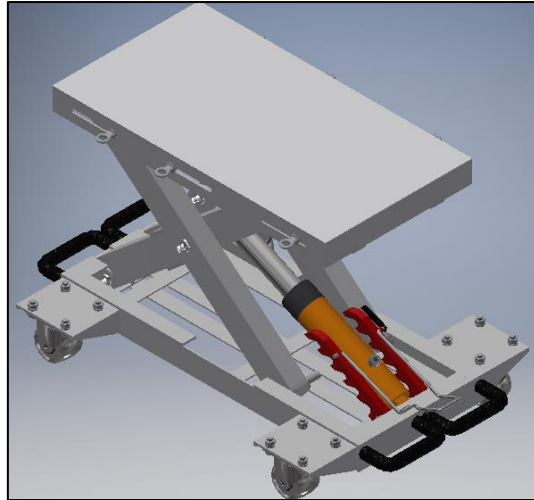


Figura 3.7: Vista 3D de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

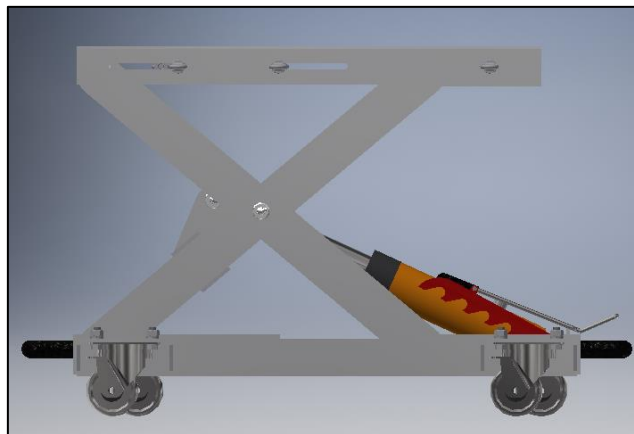


Figura 3.8: Vista lateral de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

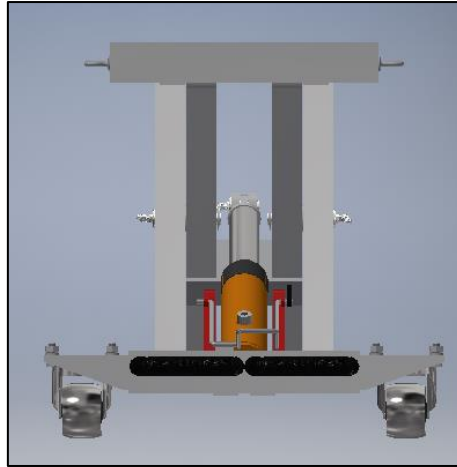


Figura 3.9: Vista posterior de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1. Elementos de la estructura

En las siguientes figuras se detallarán los diferentes elementos que en conjunto dan forma a la plataforma, en esta oportunidad se detallará el ensamble completo de la herramienta (Ver Figura 3.10). Luego, se separará por partes para así hacer notar los elementos que no se aprecian a simple vista como se muestra en las Figuras 3.11 y 3.12.

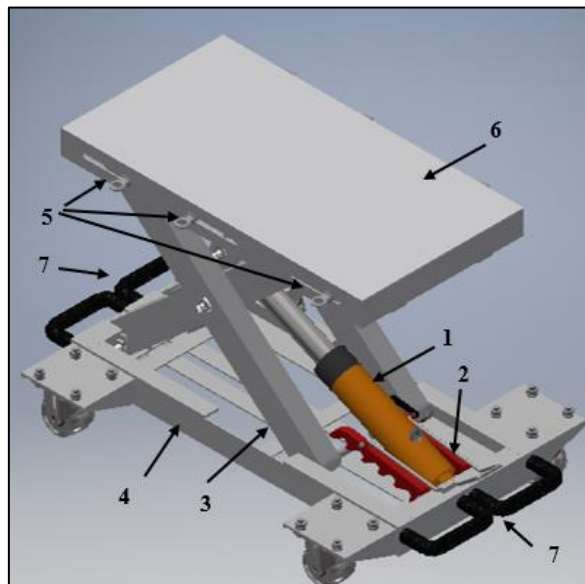


Figura 3.10 Partes de la estructura completa. Fuente: Elaboración Propia.

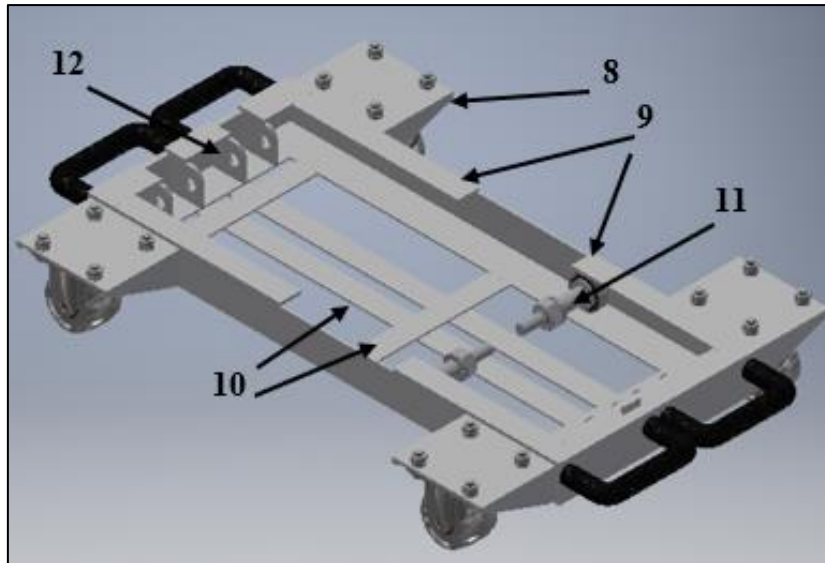


Figura 3.11: Piezas de la base. Fuente: Elaboración Propia.

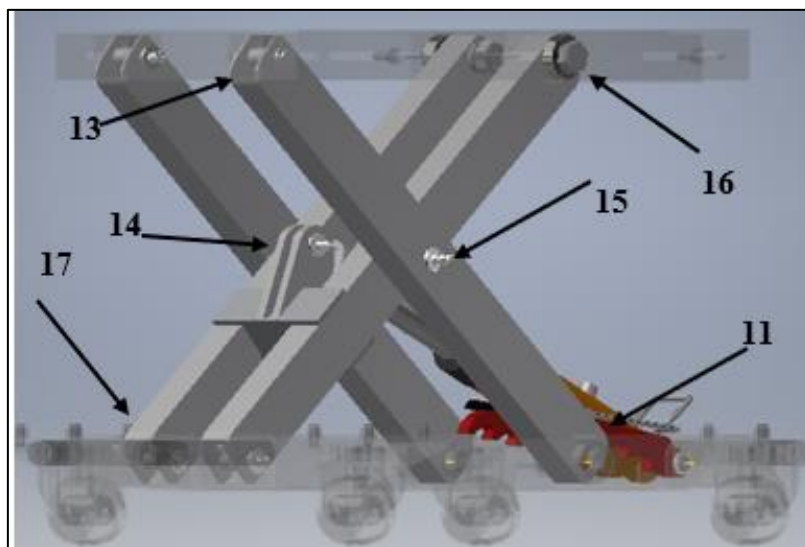


Figura 3.12: Partes del sistema de tijera. Fuente: Elaboración Propia.

Los diferentes elementos quedan detallados en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Listado de partes de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

Número	Elemento
1	Cilindro Hidráulico
2	Sistema de Seguridad
3	Tijeras de Levante
4	Base Principal
5	Anclajes en Plataforma
6	Plataforma
7	Manillas de transporte y refuerzo
8	Bases Rueda
9	Refuerzos de 35x5 mm
10	Refuerzos de 32x3 mm
11	Rueda móvil inferior
12	Soportes para pivotes fijos
13	Pivote fijo superior de tijeras
14	Acople superior para cilindro
15	Pasador central para tijera
16	Extremo móvil superior de tijera
17	Extremo Fijo de tijera

3.3.2. Descripción del funcionamiento

Para el accionamiento el modelo presentado, se utilizará un cilindro hidráulico del estilo “Porto Power” con capacidad de 10 toneladas, el que viene con bomba manual incorporada, que realiza el movimiento de ambas tijeras donde, este se ubica en un lugar específico de las tijeras para así al momento de actuar sobre estas un perfil comience a elevar uno de sus extremos, mientras que gracias al mecanismo de tijera el otro perfil es arrastrado y levantado, donde un extremo estará apoyado sobre ruedas que rodarán sobre la base de la estructura.

En la parte superior se fijará la plataforma de 400x700 mm que un extremo tendrá pivotes fijos y el otro será similar a la base inferior donde rodarán las ruedas al momento de varía la altura.

También, la estructura completa podrá desplazarse mediante ruedas que permitirán a la vez dar direccionamiento a esta.

Además, contará con un sistema de seguridad que en caso de falla del cilindro el mecanismo quede en la posición deseada o bien funcionará como sistema de descanso al momento de operar con la plataforma, es decir, permite el descanso de todo el peso sobre este sistema.

3.4. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Para el cálculo y diseño de la plataforma, estos se deben de trabajar en paralelo, debido a que algunos cálculos están ligados a características de diseño y a su vez estas características están definidas por diferentes cálculos, es decir, con los diferentes cálculos se comprobarán la forma y dimensiones de diseño. Se detallarán a continuación los diferentes cálculos que permiten el diseño adecuado de la plataforma.

3.4.1. Factores de diseño

Para realizar los diferentes cálculos, ya sea para la selección de perfiles, ruedas, o bien diferentes dimensiones, se requieren de algunos datos descritos a continuación

Tabla 3-3: Datos para diferentes cálculos. Fuente: Elaboración propia.

Parámetro	Valor
Carga máxima	9810 N
Altura	250 a 520 mm
Ancho	400 mm
Largo	700 mm

3.4.2. Coeficiente de seguridad

Los coeficientes de seguridad permiten dar un margen o tolerancia a las dimensiones o factores dados. Donde, se seleccionó un coeficiente de seguridad de 1,5. Por lo que la carga máxima para realizar los cálculos es de $1,5 \cdot 9810$ N. Lo que resulta una carga de 14715 N.

3.4.3. Fuerza ejercida por el cilindro

El cálculo de la fuerza ejercida por el cilindro se realizará para diferentes alturas, donde, no se considerará el efecto del sistema de seguridad. Dichos cálculos están expresados en el ANEXO 2.

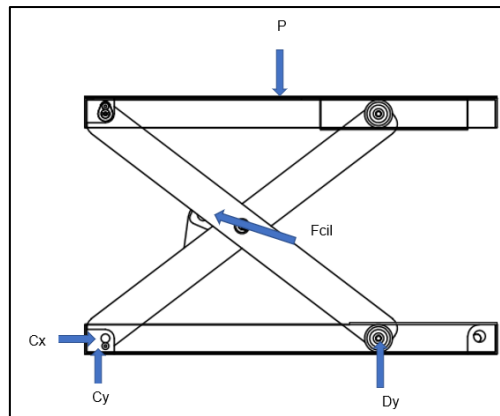


Figura 3.13: Diagrama de cuerpo libre general. Fuente: Elaboración Propia.

Los diferentes cálculos se realizan enfocándose en la Figura 3.13, la que se puede separar en diferentes reacciones o apoyos, por lo tanto, los diferentes cálculos harán referencia a las reacciones que se ejercen sobre las tijeras como se observa en la Figura 3.14.

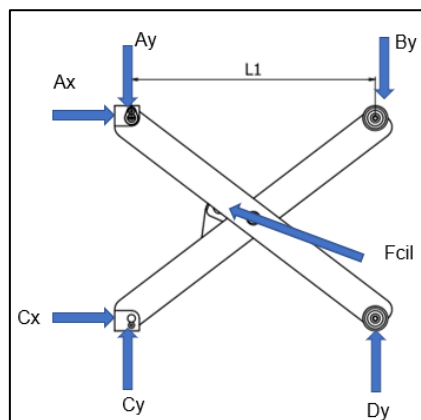


Figura 3.14: Reacciones sobre tijeras. Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, se deduce la Ecuación (11) que representa la fuerza que ejerce el cilindro para una tijera en función de los ángulos de inclinación de las tijeras y el cilindro.

$$F_{cil} = \frac{B_y * \cos(\theta) * 0,6 + A_y * \cos(\theta) * 0,6}{0,27 * [(\cos(\gamma) * \text{sen}(\theta + \beta) + \text{sen}(\gamma) * \cos(\theta + \beta))]} \quad (11)$$

Donde:

- F_{cil} : Fuerza necesaria para una tijera.
- B_y : Carga sobre extremo móvil superior de tijera.
- A_y : Carga sobre extremo fijo superior tijera.
- θ : Ángulo entre tijera y horizontal.
- γ : Ángulo entre cilindro y horizontal
- β : Ángulo entre acople cilindro y perfil tijera

Donde para estimar la fuerza que se requiere del cilindro se debe utilizar la Ecuación (12).

$$F_{ciltotal} = F_{cil} * 2 \quad (12)$$

Así, resolviendo las Ecuaciones (11) y (12), se obtienen los siguientes resultados para las alturas mínimas y máximas:

Tabla 3-4: Fuerza ejercida por el cilindro hidráulico. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Unidad	Símbolo	Mínima altura	Máxima altura
Altura	mm	H	250	520
Ángulo	Grados	θ	11	40
Ángulo	Grados	γ	16	24
Fuerza Cilindro	kN	F _{ciltotal}	47,46	25,50

Expresando la fuerza ejercida por el cilindro gráficamente se observa que mediante la altura aumenta la fuerza que este debe ejercer disminuye esto gracias al sistema de tijeras.

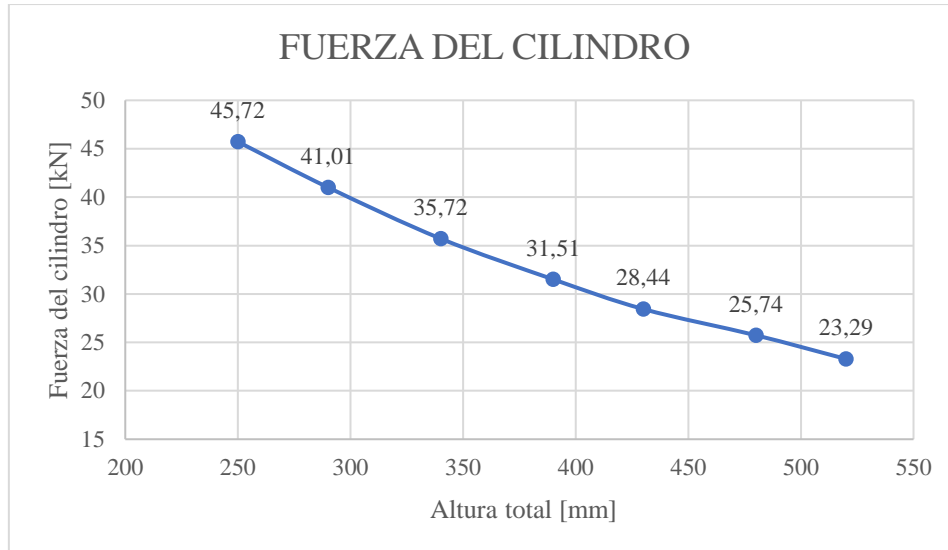


Gráfico 3-1: Fuerza que ejerce el cilindro a diferentes alturas. Fuente: Elaboración Propia.

3.4.4. Reacciones en cada pivote

Para el cálculo de las reacciones en cada pivote se tomará como referencia los diferentes resultados del capítulo anterior, por lo tanto, también se utilizarán las ecuaciones del ANEXO 2.

Tabla 3-5: Cargas en diferentes reacciones. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Unidad	Altura mínima	Altura máxima
Altura total	mm	250	520
θ	grados	11,00	40
L1	mm	590	460
Ay	kN	2,99	1,75
Ax	kN	0,00	0,00
By	kN	4,37	5,60
C	kN	23,17	12,29
Cx	kN	22,86	11,65
Cy	kN	3,79	3,93
Dy	kN	-2,99	-1,75
O	kN	5,97	3,51
Oy	kN	5,97	3,51
Ox	kN	0,00	0,00

Capítulo 3: Desarrollo de la Solución a la Problemática

En los resultados de la Tabla 3-5 son aquellos que representan la Figura 3.14, donde, la reacción O hace referencia al pasador central que une los perfiles de las tijeras. Además, se observa que la reacción Dy es negativa, por lo que se asume que su sentido es contrario al indicado en la figura mencionada.

3.4.5. Cálculo de pasadores

Para el dimensionamiento de los diferentes pasadores se tomará como carga a soportar aquella que es máxima a lo largo de las diferentes reacciones. Donde, la mayor magnitud es la que se produce en el Pivote inferior C con un valor de 23,17 kN. Además, se debe considerar que los pasadores tendrán un límite de fluencia de 250 MPa, que corresponden al acero ASTM A36. Así, utilizando la Ecuación (5), y considerando un Factor de seguridad de 2,5, se obtiene un diámetro mínimo de 14,025 mm. Por lo tanto, se propone el uso de pasadores de 15 mm de diámetro.

Tabla 3-6: Dimensionamiento pasadores. Fuente: Elaboración Propia.

Dimensionamientos pasadores		Unidad
Carga máxima	23,17	kN
Esfuerzo admisible	250	MPa
F. S.	2,5	
Diámetro mínimo	0,014	m
Diámetro mínimo	14,025	mm

3.4.6. Carga sobre sistema de seguridad

Para estimar la carga sobre el sistema de seguridad no se considerará la fuerza ejercida por el cilindro como se observa en la Figura 3.15, esto debido a que la carga descansa sobre los diferentes pivotes y, además, el sistema de seguridad, quitando así carga al cilindro cuando el sistema de tijeras este estático. Dichos cálculos quedan evidenciados en el ANEXO 4.

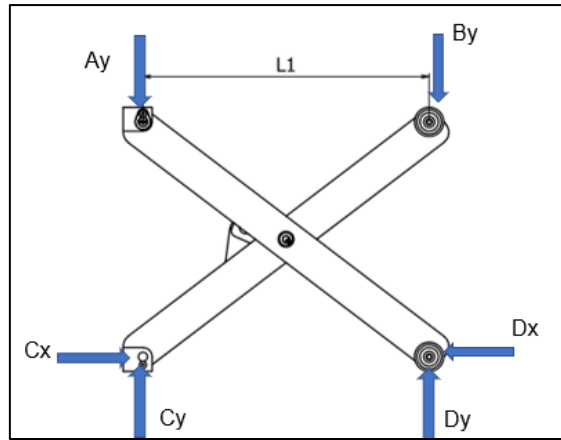


Figura 3.15: Reacciones con sistema de seguridad aplicado. Fuente: Elaboración Propia.

Luego de efectuar las diferentes consideraciones se deduce a la siguiente Ecuación que representa la carga que ejerce una tijera sobre el sistema.

$$Dx = \frac{2 * Ay * \cos(\theta) + (Dy - Ay) * \cos(\theta)}{\text{sen}(\theta)} \quad (13)$$

Donde:

Dx : Carga que ejerce una tijera sobre el seguro.

Dy : Reacción vertical en rodamiento Dy .

θ : Ángulo entre tijera y horizontal.

Considerando las diferentes posiciones en donde actuará el sistema de seguridad, donde, de acuerdo con la Ecuación (13) la carga sobre este depende de la masa a manipular y el ángulo entre el perfil de la tijera y la horizontal, el que a su vez depende de la altura de trabajo.

Tabla 3-7: Cálculo de reacciones usando sistema de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetros	Unidad	Posiciones			
Altura plataforma	mm	340	410	460	510
Ángulo tijera sobre horizontal	grados	20	27	33	39
L1 distancia AB	mm	560	530	500	470
Pivote A	kN	2,79	2,54	2,24	1,83
Pivote B	kN	4,57	4,82	5,12	5,52

Pivote central O	kN	20,29	14,62	11,69	9,81
Pivote central Ox	kN	20,21	14,44	11,33	9,09
Pivote central Oy	kN	1,78	2,28	2,88	3,69
Pivote C	kN	20,41	14,66	11,55	9,27
Cx	kN	20,21	14,44	11,33	9,09
Cy	kN	2,79	2,54	2,24	1,83
Pivote D	kN	20,72	15,22	12,43	10,63
Dy	kN	4,57	4,82	5,12	5,52
Dx Carga sobre seguro	kN	20,21	14,44	11,33	9,09

3.4.7. Selección de perfil para barras de tijeras

Para la selección del perfil adecuado para las tijeras se utilizó la Ecuación (7), que representa el esfuerzo máximo al que está sometido cada perfil o barra. Además, se debe considerar que los diferentes perfiles comerciales están bajo la calidad de la norma ASTM A500.

Antes de utilizar la Ecuación mencionada es necesario calcular el Momento máximo al que estará sometido el perfil:

$$M = F \times L \times \cos(\theta) \quad (14)$$

Donde:

M : Momento máximo

F : Carga aplicada sobre el perfil.

L : Distancia entre carga y punto pivote

θ : Ángulo inicial de movimiento

De acuerdo con diferentes alturas, y considerando que la carga máxima se genera en el pivote By como se observa en la Tabla 3-5. Además, se debe considerar que el momento máximo se generará en el punto o pivote central O. Así, despejando el módulo de sección W de la Ecuación (7) y considerando el momento calculado con la Ecuación (14) y el esfuerzo máximo de 320 MPa establecido por la norma ASTM A500 se obtienen los siguientes valores:

Tabla 3-8: Cálculo módulo de sección. Fuente: Elaboración Propia.

Parámetro	Unidad	Altura mínima	Altura máxima
Altura total	mm	250	520
θ	grados	11	40
L1	mm	59	460
By	kN	4,37	5,60
Momento máx.	Nm	1287,56	1287,56
Módulo de sección	mm ³	4020	4020

Considerando el módulo de 4020 mm³ o bien 4,02 cm³ y bajo el catálogo de perfiles se seleccionó un perfil de 60x40x3 mm que posee un módulo de sección de 6,72 cm³ (Ver ANEXO 7). Donde, mediante la Ecuación (7) el esfuerzo que se genera sobre el perfil de estas dimensiones es de aproximadamente 192 MPa.

3.4.8. Base

La base se dimensionó de igual manera que las tijeras guiándose por la norma ASTM A500 que es utilizada para perfiles comerciales que establece un esfuerzo de fluencia mínimo de 320 MPa, en este caso se consideró como carga máxima aquella carga que ejercerá el cilindro sobre las tijeras, dado que este en su parte inferior estará apoyado sobre la base. En este caso se consideran las dimensiones establecidas por el diseño, debido a que estas están consideradas para cumplir con el peso máximo establecido para la estructura. Por lo tanto, para los diferentes cálculos se referenciará del perfil tipo ángulo de 50x50x3 mm, (Ver ANEXO 6) que tiene los siguientes datos:

Tabla 3-9: Datos de ángulo 50x50x3. Fuente: Elaboración Propia.

Ángulo 50x50x3		
Parámetro	Unidad	Valor
Altura	mm	50
Base	mm	50
Espesor	mm	3
Inercia	mm ⁴	54765
Módulo de sección	mm ³	4023

Capítulo 3: Desarrollo de la Solución a la Problemática

Como se mencionó se considera la carga del cilindro, por ende, la mayor carga de este se genera en la mínima altura, de acuerdo con la Tabla 3-4, este valor es de 47,46 kN. Así, se calculará el momento máximo al que será sometido un extremo de la base, para este cálculo se utilizará la Ecuación (8).

$$M = \frac{47,46 \text{ kN} * 0,3 \text{ m}}{4}$$

Donde da como resultado un momento máximo de 3560 Nm. Con este dato se podrá estimar el esfuerzo al que será sometida la base con la Ecuación (7), por lo que:

$$\sigma = \frac{3560 \text{ Nm}}{4,02 * 10^{-6}}$$

Así, el esfuerzo al que estaría sometida la base es de 885 MPa, el que supera el esfuerzo admisible entregado por la norma ASTM A500. Por esta razón es necesario reforzar la base, precisamente en aquellos lugares donde las cargas son altas. Dichos refuerzos consisten en pletinas y también las manillas de transporte, los que serán detallados en el capítulo 3.5.1.

3.4.9. Ruedas de tijeras

Para el uso de ruedas se usarán dos rodamientos por tijera en la parte inferior y dos en la parte superior, los que permitirán que al momento de realizar el levante el extremo ruede, generando así el levante de la plataforma. En este caso la selección del rodamiento se realizó guiándose con la carga máxima a la que este será sometido, considerando, además, las diferentes dimensiones, como son la base donde rodará, los soporte pivote donde se fijará el otro extremo de las tijeras. Por lo tanto, considerando de la Figura 3.14 en la que los rodamientos se ubican en las reacciones B_y y D_y , por lo que tomado en cuenta los valores de la Tabla 3-5 la que entrega que la carga máxima entre las dos reacciones mencionadas se genera en B_y cuando la plataforma está en su mayor altura, donde el valor de la carga de 5,6 kN, por lo que la selección del rodamiento adecuado se consideró esta carga y las dimensiones que este debe de cumplir de acuerdo al diseño. La selección se realizó mediante un catálogo de la marca SKF (ANEXO 8),

Capítulo 3: Desarrollo de la Solución a la Problemática

donde el más adecuado es un rodamiento del tipo “Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados” por lo que el rodamiento seleccionado tiene las siguientes características:

Tabla 3-10 Características de rodamiento. Fuente: (SKF, 2015).

Características	Especificación
Código SKF	6204
Diámetro interior	20 mm
Diámetro exterior	47 mm
Altura o ancho	14 mm
Carga máxima dinámica	13,5 kN
Carga máxima estática	6,55 kN

3.4.10. Fuerza ejercida por ruedas soporte

Considerando que la masa máxima a levantar es de 1000 kg, pero al ser dos tijeras, se asume que cada una soportará un total de 500 kg.

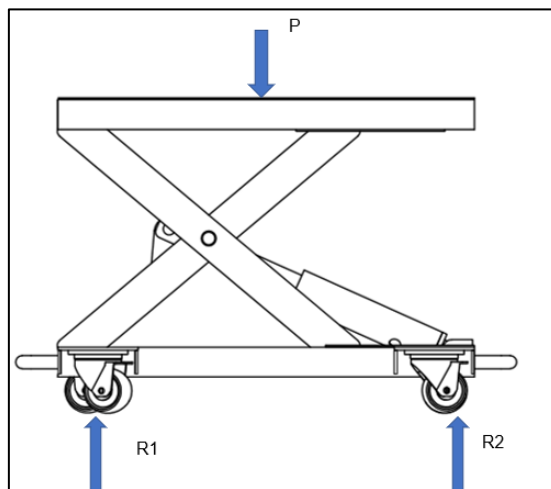


Figura 3.16: Diagrama de plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

De la Figura 3.16, se realiza sumatoria de fuerza en el eje Y según la Ecuación (1):

$$P \times Cs = R1 + R2 \quad (15)$$

Capítulo 3: Desarrollo de la Solución a la Problemática

Donde:

P : Carga a soportar por cada tijera (500 kg)

Cs : Coeficiente de seguridad (1,5)

R1 : Reacción de rueda 1

R2 : Reacción de rueda 2

Por lo tanto, se obtiene que

$$500 \times 1,5 = R1 + R2$$

Se asume que R1 y R2 son iguales por lo que cada una tiene un valor de 375 Kg. Concluyendo así, que cada rueda deberá soportar un total de 375 kg.

Las ruedas exteriores, tendrán la función de permitir el rodado de la plataforma y el elemento a manipular, éstas ruedas poseen un pivote central que permite el direccionamiento de la herramienta.

3.5. DESCRIPCION DE ELEMENTOS PRINCIPALES

A continuación, se detallarán y describirán los elementos principales para el funcionamiento correcto de la plataforma.

3.5.1. Base principal

Como se mencionó en el capítulo 3.4.8 la base debe presentar diferentes refuerzos, los que consisten en agregar diferentes elementos en aquellos lugares donde se generan las reacciones debido a las cargas de las tijeras y el cilindro hidráulico.

Por lo tanto, en el caso de los extremos, que uno es donde apoya el cilindro y el otro donde está el pivote fijo de las tijeras, se agregará una pletina de 5 mm de espesor de modo tal que aumente el espesor vertical del ángulo, además, en esta misma sección se dispondrá de las manillas de

Capítulo 3: Desarrollo de la Solución a la Problemática

transporte que serán de fierro redondo macizo de 25 mm de diámetro con el fin de aplicar como refuerzo para la base. En la parte superior se agregarán diferentes pletinas de 5 mm de espesor, estas se agregan con el fin de generar refuerzos que se sustenten desde los ángulos largos que forman la base principal de la plataforma y también, en un extremo serán la guía o confinamiento de las ruedas de tijera. Finalmente, en la parte inferior serán de 3 mm de espesor los que se sustentarán o unirán desde la parte central e inferior los extremos de la base.

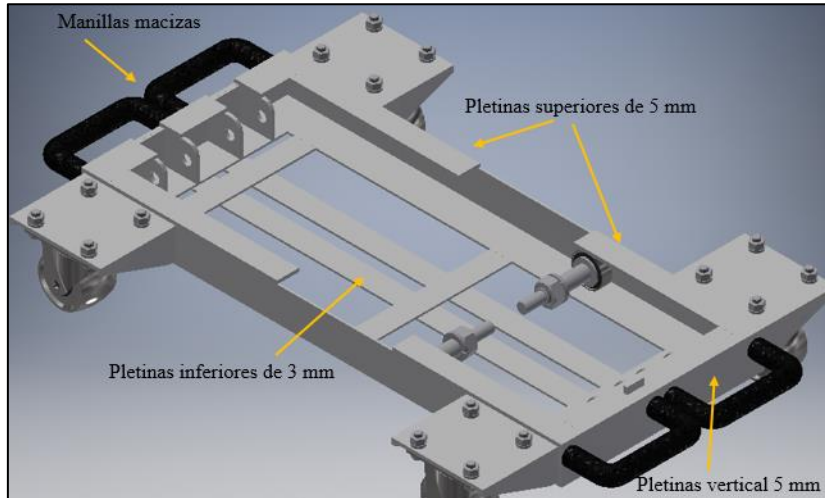


Figura 3.17: Refuerzos para base principal. Fuente: Elaboración Propia.

3.5.2. Tijeras de Levante

Las tijeras estarán ubicadas de tal manera que los perfiles de estas estén paralelos el uno con el otro, y a su vez ambas estarán unidas por un apoyo central que será también donde ejercerá la fuerza el cilindro hidráulico. Estas tienen la particularidad que un extremo está fijo mientras el otro desliza mediante se varía la altura.

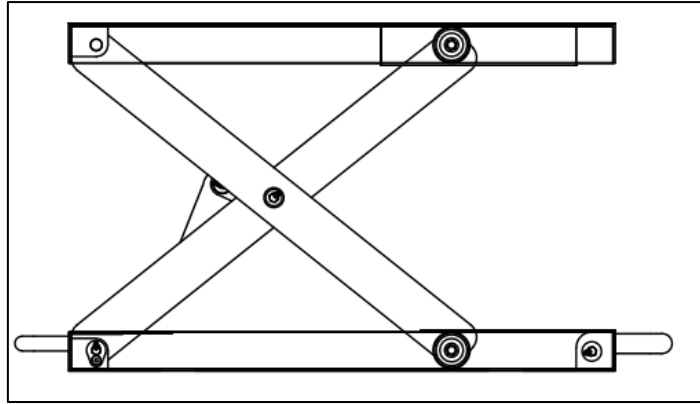


Figura 3.18: Sistema de tijeras. Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Pasador central de tijeras

Cada tijera está compuesta por dos perfiles, que a su vez están unidos por un pivote central, que será cilíndrico, permitiendo el giro o rotación libre de cada perfil, en este caso dicho pasador dispondrá de un sistema de lubricación mediante graseras, evitando el roce excesivo entre el pasador y las tijeras.

El pasador se fijará mediante un seguro segers y una arandela en un extremo.

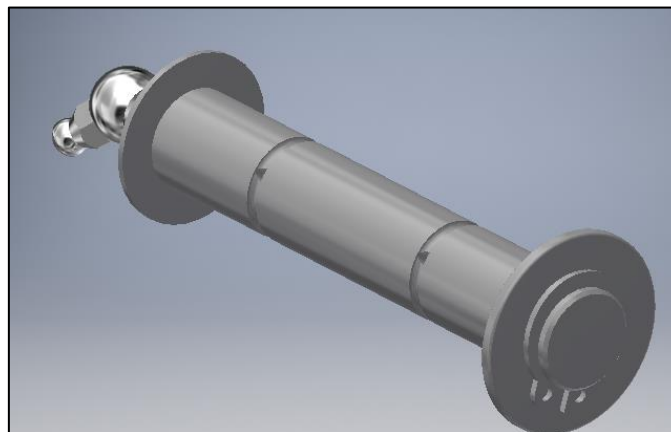


Figura 3.19: Pasador central de tijera. Fuente: Elaboración Propia.

3.5.4. Pasadores Fijos

Cada perfil estará fijo en un extremo, uno a la base inferior y el otro a la base superior de la plataforma, donde en el otro extremo de ambos perfiles estarán soportados por una rueda que rodará al momento de variar la altura de trabajo.

En el extremo fijo estará soportada por un pasador simple, el que debido a la rotación de las barras y la carga sobre estos deberá estar lubricado, por lo que contará con sistema de engrase al igual que el pasador central de las tijeras, donde, en el otro extremo se fijará igualmente con un seguro tipo seger.

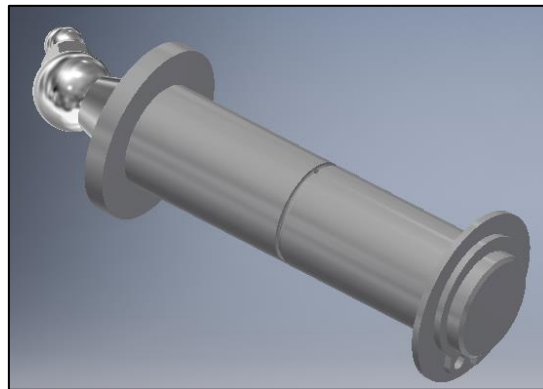


Figura 3.20: Pasador simple. Fuente: Elaboración Propia.

3.5.5. Ensamble de rueda con tijera

Como se mencionó, al variar la altura de la plataforma, un extremo de cada perfil de las tijeras deberá deslizar mientras que el otro permanece fijo, para suplir este requerimiento del proyecto, se emplearán rodamientos rígidos (Ver Tabla 3-10), los que actuarán como ruedas, donde a su vez se fijarán a la tijera mediante un perno M20 del tipo ISO 4014. Además, sobre este perno ejercerá su función el sistema de seguridad, por lo que para evitar dañar la rosca se debe de mecanizar su sección en un largo determinado.

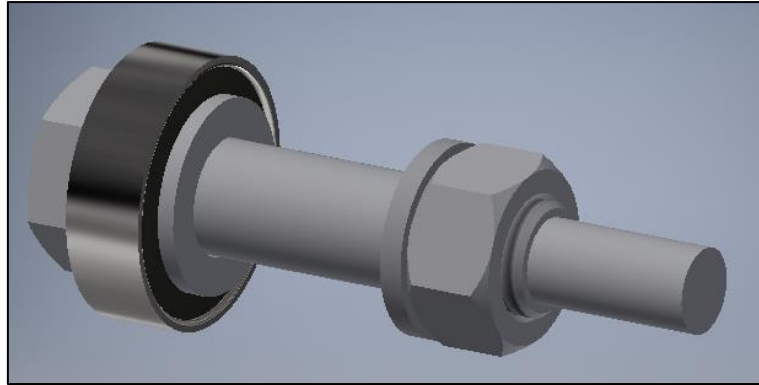


Figura 3.21: Ensamble rueda inferior tijeras. Fuente: Elaboración Propia.

Para el caso de las ruedas superiores, se emplea el mismo sistema, con la diferencia que no se reduce la sección del perno.

3.5.6. Cilindro Hidráulico

El cilindro hidráulico que se seleccionó es del tipo “porto power”, donde este tipo de elementos presentan una gran capacidad de carga, además, permite que el operador realice el bombeo manual a una distancia de aproximadamente un metro del elemento móvil, es decir, del cilindro que actuará sobre la plataforma. Cabe destacar que este posee diferentes elementos que permiten variar la altura o extensión del cilindro (ANEXO 9). También, incluye una bomba manual para el accionamiento del cilindro.

ESPECIFICACIONES	
Capacidad	10 Ton (10,000Kg)
Altura mínima de pistón	327 mm
Altura máxima de pistón	453 mm
Carrera de pistón	126 mm
Longitud de manguera	150 mm
Peso	39 kg
Empaque individual	Estuche plástico
Inner	1

Figura 3.22: Especificaciones de Porto Power. Fuente: (Truper, 2020).

3.5.7. Manillas de transporte

Las manillas tienen como objetivo dos funciones, donde la primera es para su adecuado y cómodo transporte, es decir, poder ser levantada por dos personas empelando estos elementos. La segunda función es proveer un refuerzo a la base de la plataforma, con el fin de sustentar los apoyos fijos de las tijeras por un extremo y el apoyo del cilindro por el otro extremo. De esta manera estas manillas serán de perfiles redondos de 25 mm y macizos con el fin de proveer un refuerzo apto para las condiciones de uso.

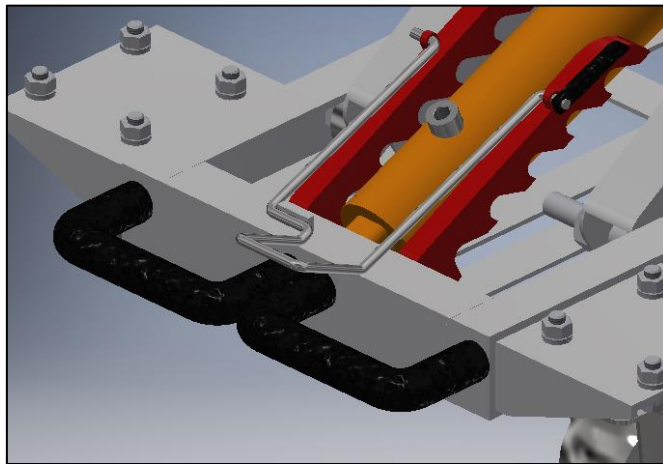


Figura 3.23: Manillas para transporte y refuerzo. Fuente: Elaboración Propia.

3.5.8. Sistema de Seguridad

Se dispondrá de un sistema de seguridad, del tipo trinquete lineal, que tendrá dos funciones, la primera que al momento de ejercer el levante de la plataforma este sistema permita el anclaje en diferentes posiciones, este permitirá el libre movimiento de la plataforma al momento de realizar el levante, pero al momento de retraer el movimiento este sistema lo impedirá en determinadas posiciones, así en caso de fallo del cilindro al momento de realizar el movimiento vertical este sistema evitará una caída catastrófica del peso a manipular.

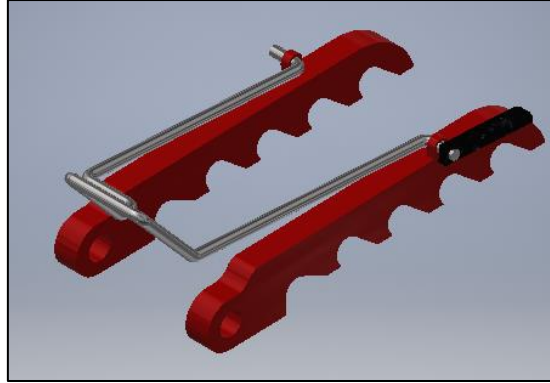


Figura 3.24: Sistema de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.

La otra función, es al momento de realizar el trabajo donde al presentar diferentes posiciones el peso a manipular puede descansar sobre este sistema evitando así el uso prolongado del cilindro.

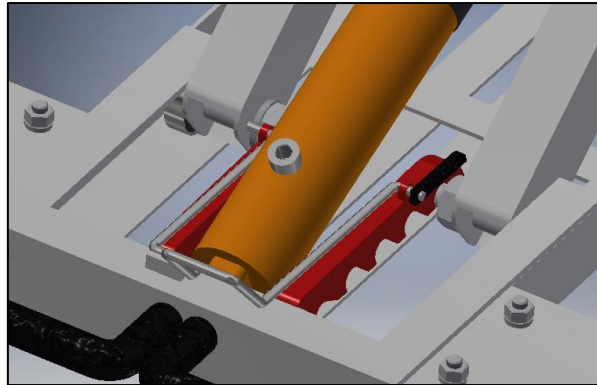


Figura 3.25: Sistema de seguridad activo. Fuente: Elaboración Propia.

El sistema está diseñado de tal manera que, al ejercer el levante de la plataforma, este sistema permita el libre movimiento pasando de posición en posición gracias a las pequeñas pendientes y cayendo nuevamente por su propio peso. Para desactivar el sistema la barilla redonda de 6,35 mm con forma de U se ancla en la base, dejando así el sistema levando dejando que la plataforma baje libremente.

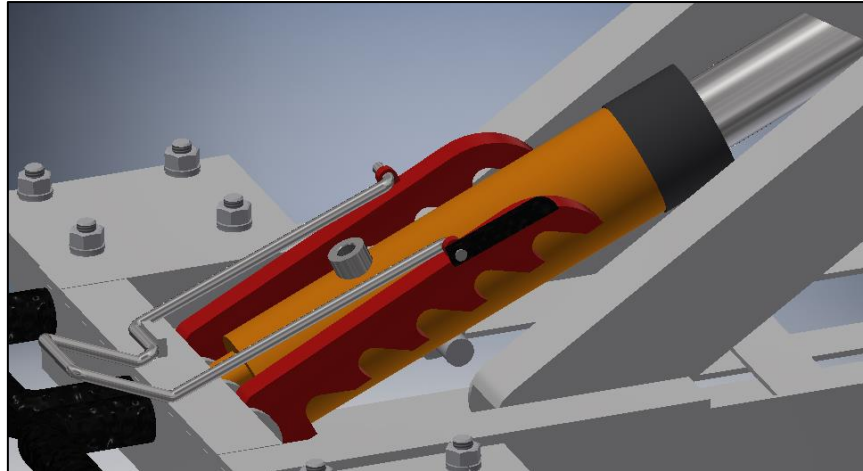


Figura 3.26: Sistema de seguridad desactivado. Fuente: Elaboración Propia.

Cuando la tijera baje a una determinada altura, un perfil de esta al hacer contacto con una pequeña barra unida a un pivote común con la barilla redonda, donde el perfil empujará provocando que el anclaje se suelte dejando caer el seguro sobre el eje nuevamente, así, al momento de realizar el levante el sistema estará listo para ser usado.

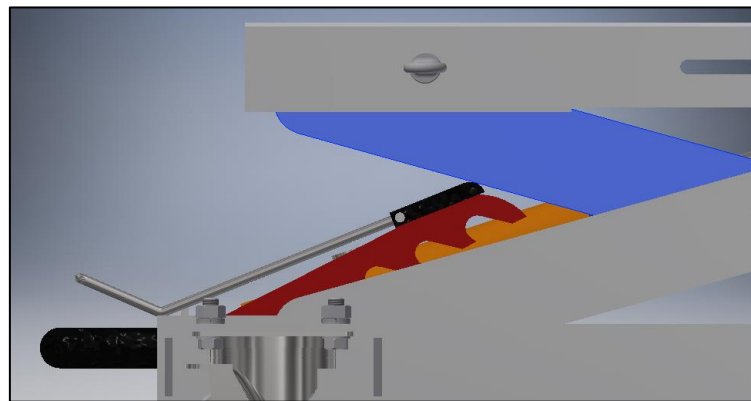


Figura 3.27: Sistema de seguridad en posición de activación. Fuente: Elaboración Propia.

Este sistema está compuesto por la unión de siete pletinas calidad ASTM A500 de 3 mm de espesor cada una, las que tienen la forma que se observa en la Figura 3.24, por lo tanto, cada seguro tendrá un espesor de 21 mm.

3.5.9. Anclajes para elementos a manipular

Como se mencionó el elemento a manipular debe presentar un anclaje seguro a la plataforma, por lo tanto, se dispondrá de seis argollas de 14 mm de diámetro interior que estarán a lo largo de la base superior, lo que permitirá el amarre de la pieza a manipular, estas argollas son aptas para cadenas o amarres de tela (lingas).

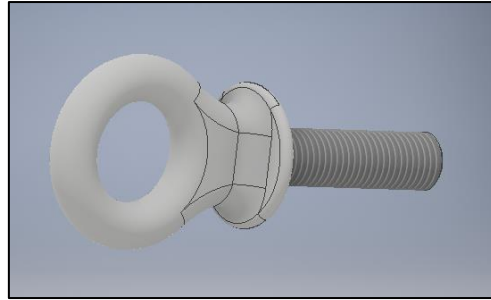


Figura 3.28: Argolla de anclaje. Fuente: Elaboración Propia.

Estas argollas disponen de un perno M8 el que permite el ensamble a la plataforma, donde dicho perno podrá desplazarse con respecto a la plataforma, dado que cada argolla se ensambla en una ranura de 100 mm de largo como se observa en la Figura 3.29, por lo tanto, estas se adaptan al tamaño de la pieza.

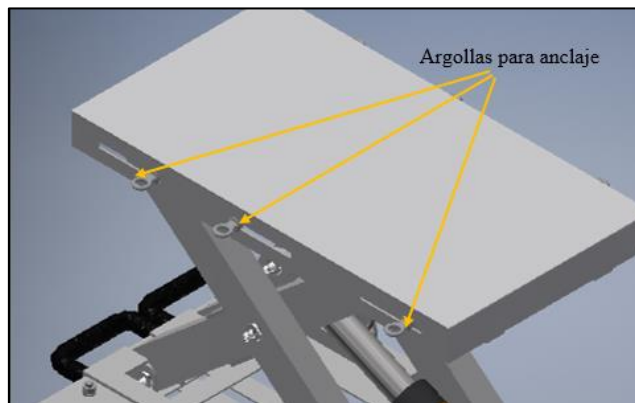


Figura 3.29: Anclajes para asegurar pieza a manipular. Fuente: Elaboración Propia.

3.5.10. Riel para terrenos blandos

Como se mencionó, muchas veces los tipos de trabajos en donde empleará la plataforma será en terrenos blandos, debido a que las áreas en las que está enfocada (transporte, agrícola, movimiento de tierra) por lo general la maquinaria opera en diferentes lugares donde en ocasiones es en terrenos blandos, por lo que las diferentes mantenciones a realizar se ven obligadas a generarse en esos lugares. Por esta razón se presenta como accesorio extra un riel simple de 2000 mm de largo por 500 mm de ancho en donde la plataforma rodará libremente, aunque limitará el movimiento transversal de la plataforma. El riel está diseñado en perfiles tipo C de 80x40x2 mm de calidad ASTM A500, además, diferentes refuerzos centrales de platinas de 32x3 mm. Para su transporte se usarán dos manillas de tubos redondos de 19,4 x 2 mm. Cabe destacar que el riel tiene una masa de 14 kg aproximadamente, el que no influye en la masa de la plataforma ya que este se presenta como un accesorio extra por lo que se separa de la estructura principal.

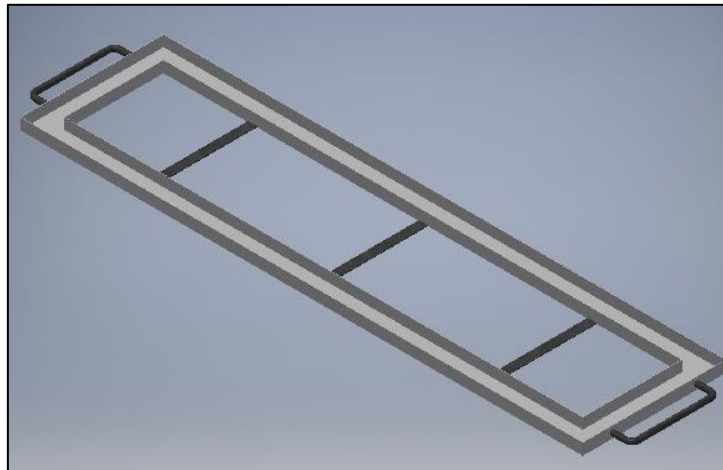


Figura 3.30: Riel para terrenos blandos. Fuente: Elaboración Propia.

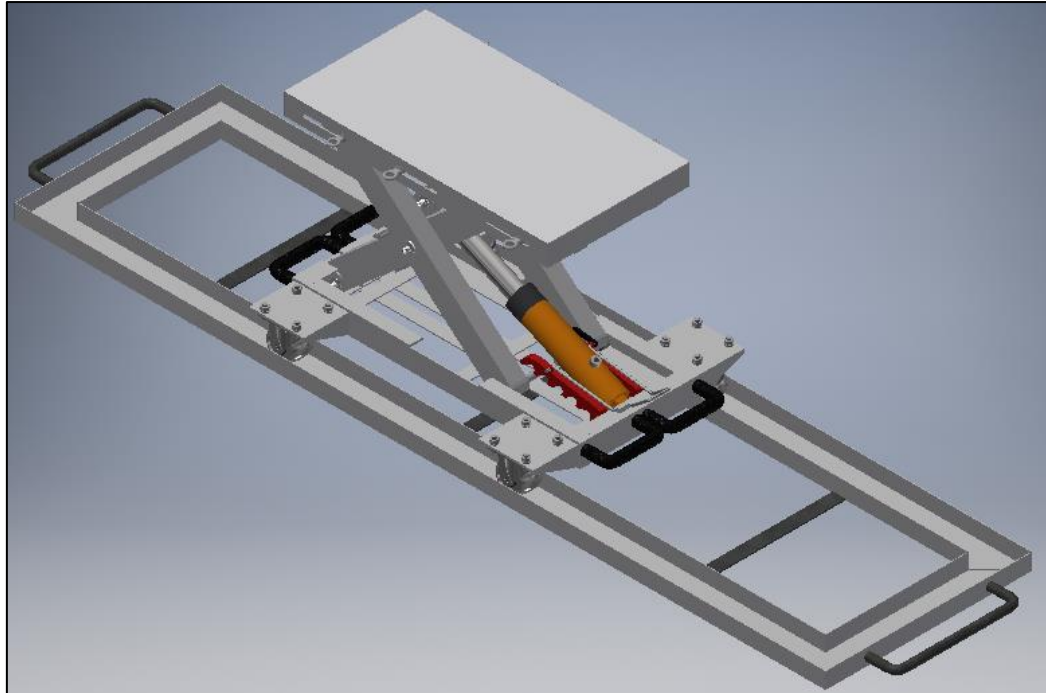


Figura 3.31: Plataforma más riel. Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO 4. COSTOS

4.1. COSTEO DE MATERIALES

Finalizado el diseño completo de la estructura, se procede a realizar el análisis de costos de los diferentes elementos que se proponen y seleccionan para su construcción. En estos elementos se consideran diferentes opciones comerciales considerando también, la distancia de despacho y/o disponibilidad de cada pieza.

Se considerará el costo total para una plataforma, en el que se considerará Diseño Ingenieril, Materiales y Mano de obra. En la Figura 4.1 se detallan los diferentes materiales a utilizar.

MATERIAL	CARACTERÍSTICA (mm)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	IVA	P. TOTAL + IVA
ÁNGULOS	50x50x3 (Largo 6000)	1	\$ 9.541	\$ 9.541	\$ 1.813	\$ 11.354
PLETINA	75x5 (Largo 6000)	1	\$ 12.840	\$ 12.840	\$ 2.440	\$ 15.280
PLETINA	32x3 (Largo 6000)	1	\$ 3.295	\$ 3.295	\$ 626	\$ 3.921
PERFILES	60x40x3 (Largo 6000)	1	\$ 20.940	\$ 20.940	\$ 3.979	\$ 24.919
RODAMIENTO	6204	4	\$ 5.000	\$ 20.000	\$ 3.800	\$ 23.800
PERNO	M20x2,5	4	\$ 1.195	\$ 4.780	\$ 908	\$ 5.688
TUERCA	M20x2,5	4	\$ 230	\$ 920	\$ 175	\$ 1.095
GOLILLA PRESIÓN	20	4	\$ 91	\$ 364	\$ 69	\$ 433
GOLILLA PLANA	20	4	\$ 100	\$ 400	\$ 76	\$ 476
PERNO	M10x1,5	16	\$ 337	\$ 5.392	\$ 1.024	\$ 6.416
TUERCA	M10x1,5	16	\$ 163	\$ 2.608	\$ 496	\$ 3.104
GOLILLA PLANA	10	32	\$ 12	\$ 384	\$ 73	\$ 457
GOLILLA PRESIÓN	10	16	\$ 20	\$ 320	\$ 61	\$ 381
TUBO REDONDO LISO	25 x 6000	1	\$ 20.553	\$ 20.553	\$ 3.905	\$ 24.458
TUBO TUBULAR	19,4x2 (Largo 6000)	1	\$ 4.142	\$ 4.142	\$ 787	\$ 4.929
SEGURO SEGERS	15	9	\$ 50	\$ 450	\$ 86	\$ 536
GOLILLA	15	11	\$ 82	\$ 902	\$ 171	\$ 1.073
GRASERA	6,35	15	\$ 238	\$ 3.570	\$ 678	\$ 4.248
ANCLAJES	6	6	\$ 2.000	\$ 12.000	\$ 2.280	\$ 14.280
RUEDAS BASE	75	4	\$ 9.350	\$ 37.400	\$ 7.106	\$ 44.506
BARRA REDONDA	6,35 x 6000	1	\$ 2.091	\$ 2.091	\$ 397	\$ 2.488
PLANCHA ALUMINIO	1000x3000x2,5	1	\$ 81.800	\$ 81.800	\$ 15.542	\$ 97.342
PORTO POWER	327 a 453	1	\$ 196.401	\$ 196.401	\$ 37.316	\$ 233.717
CANAL C	80x40x2 (Largo 6000)	1	\$ 12.173	\$ 12.173	\$ 2.313	\$ 14.486
			TOTAL	\$ 453.266	\$ 86.121	\$ 539.387

Figura 4.1: Costo de elementos para la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto al valor neto de mano de obra total es de aproximadamente \$210.000 el cual esta detallado en la Tabla 4-1, donde se incluye mecanizado de pasadores y seguros, ensamble, acabado y pintura, insumos los que incluyen elementos de corte, soldadura, entre otros (ANEXO 12).

Tabla 4-1: Costos de mano de obra. Fuente: Elaboración Propia.

MANO DE OBRA	VALOR NETO	IVA	TOTAL
MECANIZADO DE PASADORES Y SEGURO	\$ 50.000	\$ 9.500	\$ 59.500
ENSAMBLE DE ESTRUCTURA	\$ 100.000	\$ 19.000	\$ 119.000
ACABADO Y PINTURA	\$ 40.000	\$ 7.600	\$ 47.600
INSUMOS	\$ 20.000	\$ 3.800	\$ 23.800
TOTAL	\$ 210.000	\$ 39.900	\$ 249.900

A estos valores se les debe incluir el costo de diseño ingenieril que es de \$1.200.000, que es el valor asociado al proceso de diseño, el que incluye investigación y desarrollo de la solución, que fue por un periodo aproximado de 8 meses. Sin embargo, como se estima a desarrollar un total de ocho plataformas, el diseño por plataforma es de \$150.000. Por lo tanto, sumando los diferentes valores, se obtiene un valor neto de \$813.266, que al sumar impuestos da un total de \$967.787.

Tabla 4-2: Costo total de la plataforma. Fuente: Elaboración Propia.

TIPO DE TRABAJO	VALOR NETO	IVA	TOTAL
DISEÑO INGENIERIL	\$ 150.000	\$ 28.500	\$ 178.500
MATERIALES	\$ 453.266	\$ 86.121	\$ 539.387
MANO DE OBRA	\$ 210.000	\$ 39.900	\$ 249.900
TOTAL	\$ 813.266	\$ 154.521	\$ 967.787

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS

En esta sección se analizarán los diferentes resultados que se obtuvieron a lo largo de todo el proceso tanto de investigación como también acción o desarrollo. Por lo tanto, se tomarán como referencia los diferentes objetivos planteados y los resultados que abarcan cada uno de estos.

5.1.1. Búsqueda e interpretación de información

Para el inicio de cualquier proyecto es necesario llevar a cabo diferentes procesos de investigación, así se logra contextualizar y definir el problema a estudiar y posteriormente solucionar. De esta manera se establecen diferentes datos, referencias y formas dar solución. Para este proyecto, el primer objetivo específico tiene como resultado el dar y detallar la información necesaria para abordar el problema a resolver, por lo que, de acuerdo con lo investigado e interpretado, se puede afirmar que los puntos más relevantes de estos resultados son los tipos de trabajos que se realizarán y las diferentes áreas donde operara ya sea transporte agrícola, entre otras, lo que así di paso a establecer los elementos más comunes a manipular como los motores diésel el que entrego el límite de carga a soportar que fue de 1000 Kg. Además, otro tipo de trabajo común es el cambio de embragues o separación de cajas de transmisión, lo que estableció el rango de altura, 250 a 523 mm que es el despeje del suelo que posee el tractor agrícola marca New Holland. Además, este objetivo entrega diferentes soluciones actuales, de las cuales se consideran sus ventajas y desventajas, como también, se pueden establecer mejoras a estos diseños.

5.1.2. Propuesta de soluciones

Como se mencionó anteriormente el segundo objetivo corresponde a dos partes que son investigación y luego acción, donde se entregaron tres bocetos diferentes, los cuales fueron comparados mediante la Tabla 3-1, donde, se estableció finalmente el tipo tijera, ya que representa mayores ventajas y cumple de manera más eficaz y certera los diferentes

Capítulo 5: Análisis de Resultados

requerimientos del proyecto, como es la masa máxima que este debe poseer. De este objetivo se da la propuesta final a desarrollar junto con las diferentes restricciones y limitantes que posee.

5.1.3. Selección de materiales

Para la selección de materiales y elementos, se deben considerar la disponibilidad del mercado local, lo que establece diferentes limitantes de diseño, como fue el dimensionamiento que se comenzó de las características de los materiales y elementos locales. Como se mencionó la calidad de los perfiles ASTM A500 que establece un límite elástico de 320 MPa. Este tipo de material se utilizó para los perfiles de tijeras y ángulos de la estructura de la base, donde para el caso del dimensionamiento del perfil se calculó el momento al que estará sometido. Cabe destacar, que los materiales seleccionados cumplen con los diferentes requerimientos de diseño y, además, estos materiales están disponibles en el mercado local.

5.1.4. Selección del cilindro hidráulico

En este caso se debe tener la fuerza máxima que se requiere del cilindro que se muestra en la Tabla 3-4, donde el valor máximo es de 47,46 kN lo que significan alrededor de 4.900 Kg, y como se propone el uso de porto power, debido que este tipo de herramientas es el circuito hidráulico completo, es decir, bomba y cilindro. Donde al requerir 4.900 Kg. y dependiendo de la disponibilidad de mercado se establece que el porto power adecuado es el que ejerce 10000 kg. La diferencia en este caso se debe principalmente a la disponibilidad en el mercado.

5.1.5. Desarrollo de solución propuesta

Este resultado hace mención del tercer objetivo que corresponde al diseño del modelo 3D, en el cual se desarrollan diseña y modifican los diferentes componentes establecidos en el dimensionamiento. Este resultado, depende de las diferentes simulaciones, debido que estas comprueban el diseño al momento de aplicar carga. Al ejecutar el diseño se deben realizar

Capítulo 5: Análisis de Resultados

diferentes modificaciones debido que esta el límite de peso máximo de 50 kg. En fin, al obtener las dimensiones de diseño se puede comprobar que este cumple con los diferentes requerimientos presentando una masa máxima de 47 kg aproximadamente, cabe destacar que en esta no se consideran los diferentes accesorios como la bomba hidráulica, riel para terrenos no regulares, que se incluyen como accesorios. También, se cumplió con los requerimientos de altura, siendo estos el rango de 250 a 523 mm. En cuanto a los anclajes se dispone de seis argollas en la parte superior, las cuales permitirán realizar asegurar la pieza a manipular mediante diferentes tipos de amarres. Además, se incorporó el sistema de seguridad que permite fijar una altura de trabajo determinada. Finalmente, como accesorio se presenta un riel que permite el desplazamiento de la estructura en terrenos blandos.

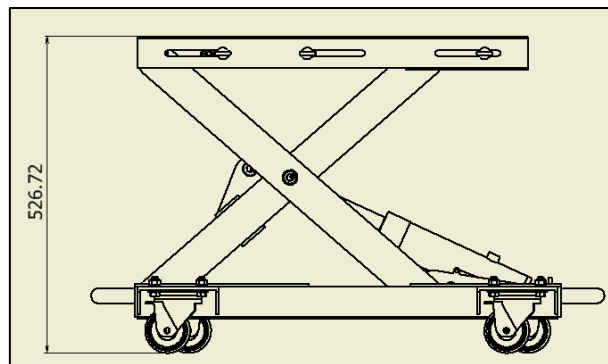


Figura 5.1: Plataforma en máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.

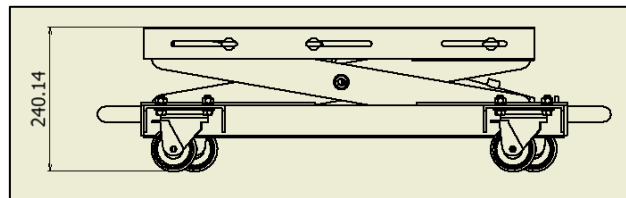


Figura 5.2: Tijeras en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en las Figuras 5.1 y 5.2, las alturas mínimas y máximas son de 240 526 mm respectivamente, las que cumplen con los requerimientos establecidos.

5.2. ANÁLISIS MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS

Mediante elementos finitos en software ANSYS, se procede a realizar un análisis estructural de diferentes elementos por separado, esto con el fin de simular el comportamiento del o los elementos al momento de ser sometidos a carga. En este apartado se tomará en consideración los dos extremos de operación de la plataforma, es decir, alturas mínima y máxima. Cabe destacar que las simulaciones se deben realizar por separado, es decir, se simularan las partes esenciales de la herramienta, como son base, tijeras y sistema de seguridad. Esta situación se debe a las limitaciones que presenta el software mencionado.

5.2.1. Base

Altura Mínima: La base de la plataforma será sometida a diferentes esfuerzos mediante se varía la altura, por ende, su análisis se realizó considerando las diferentes reacciones sobre esta, presentadas en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1: Condiciones de Borde en altura mínima. Fuente: Elaboración Propia.

Posición	Reacción en Figura 5.3	Carga (N)
Carga en pivote fijo (C)	C, D	23.174
Carga en extremo móvil (Dy)	E, F	2.965
Apoyo Cilindro	B	47.562
Soporte base (ruedas)	A	Fijo

Capítulo 5: Análisis de Resultados

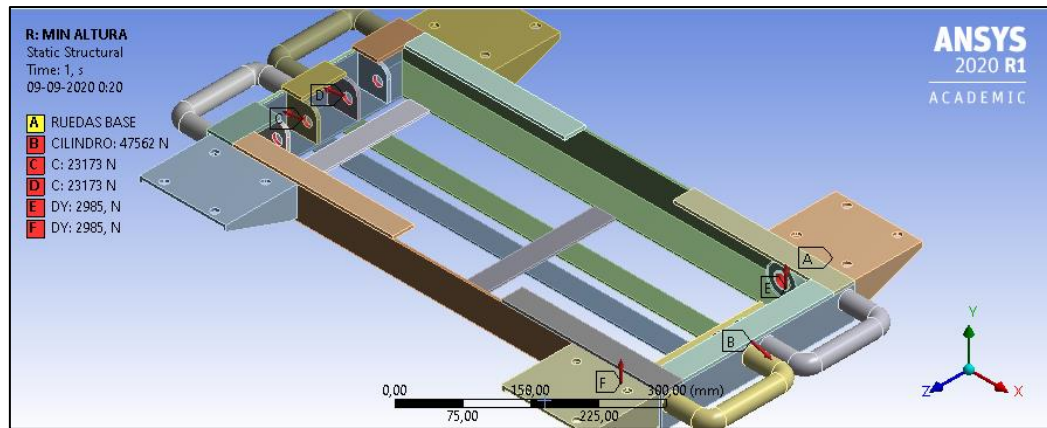


Figura 5.3: Condiciones de borde para base en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.

En este caso se considera una limitante de desplazamiento en las ruedas que soportan toda la carga, el límite se debe a que estas al momento de operar la plataforma permanece estática. Dando así los siguientes resultados.

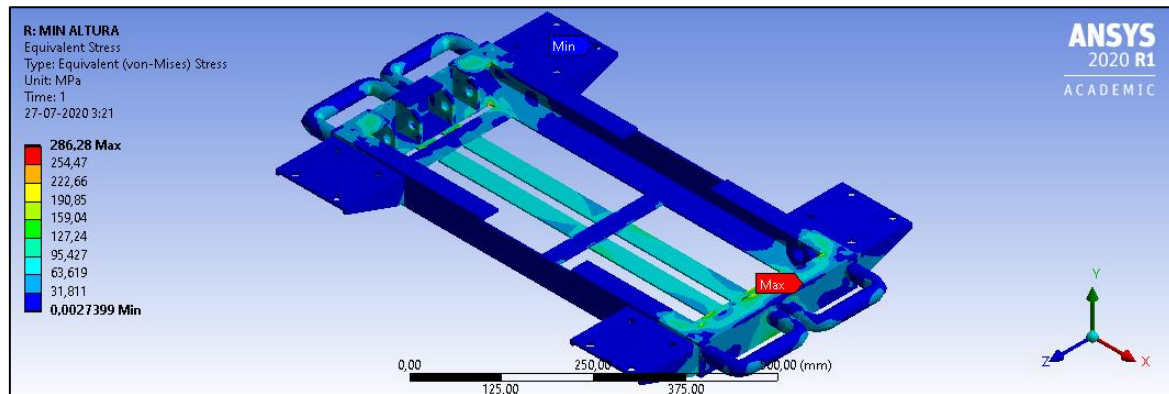


Figura 5.4: Esfuerzo en base altura mínima. Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo 5: Análisis de Resultados

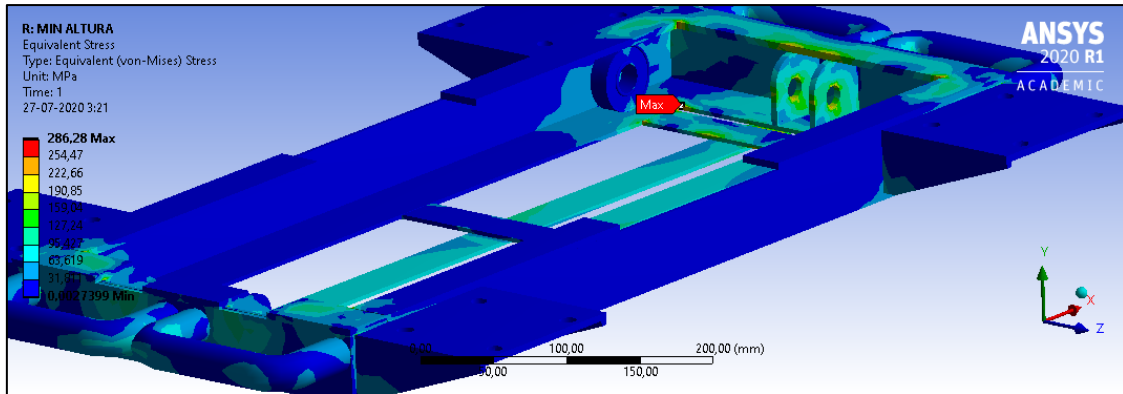


Figura 5.5: Esfuerzo máxima en base mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.

Así se observa que el esfuerzo máximo es de 286 MPa, el que, al producirse en el perfil tipo ángulo, es decir, en aquellos perfiles con calidad ASTM A500 que especifica que el límite de fluencia mínimo es de 320 MPa, este esfuerzo está dentro del rango aceptable por el material.

Altura máxima: al igual que en el caso anterior se realizó la simulación con los valores de las reacciones considerando la altura mayor.

Tabla 5-2: Condiciones de borde para base en máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.

Posición	Reacciones en Figura 5.6	Carga (N)
Carga en pivote fijo (C)	B, E	15.209
Carga en extremo móvil	C, D	1.755
Apoyo Cilindro	F	25.494
Soporte base (ruedas)	A	Fijo

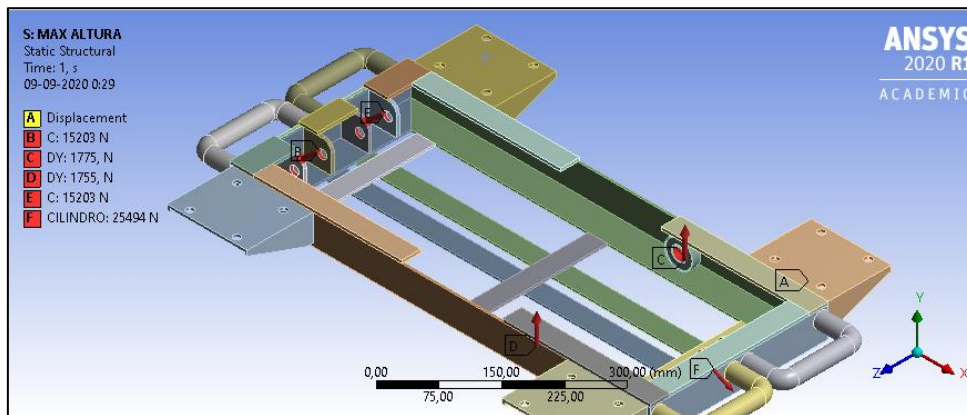


Figura 5.6: Condiciones de borde para altura máxima. Fuente Elaboración Propia.

Capítulo 5: Análisis de Resultados

El soporte que limita el desplazamiento hace referencia a que la estructura esta estática. Donde, la base tiene un comportamiento como el que se observa a continuación.

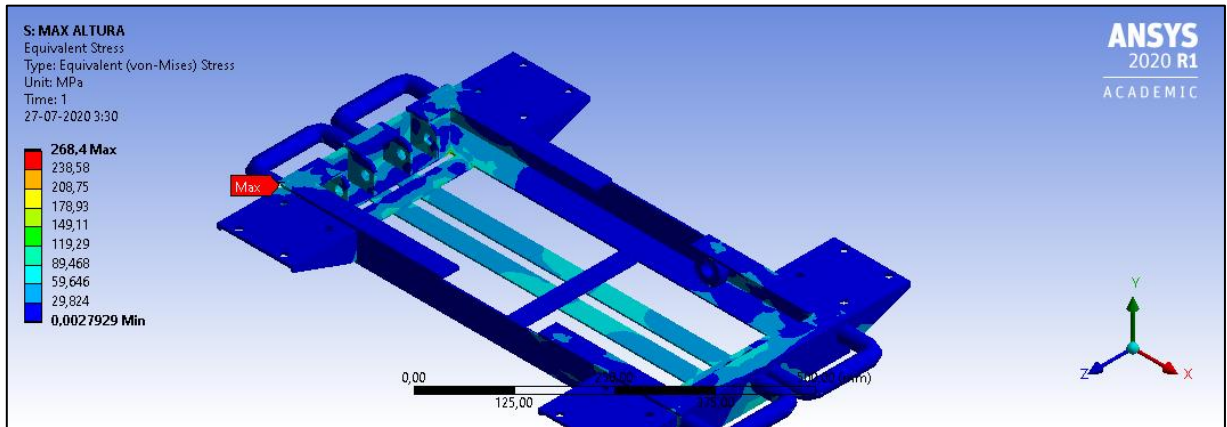


Figura 5.7: Esfuerzos en base máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.

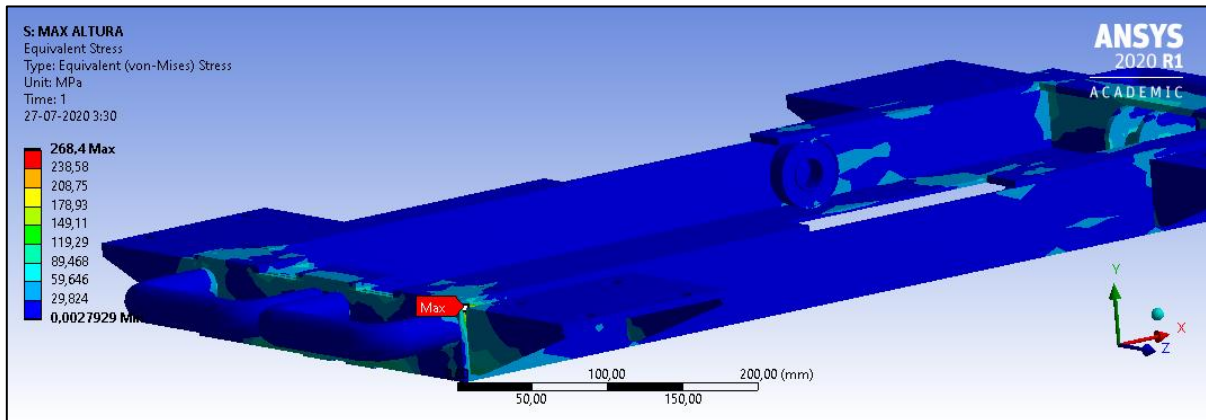


Figura 5.8: Esfuerzo máximo en base para máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se aprecia en las Figuras 5.7 y 5.8 el esfuerzo máximo es de 268 MPa, que se generan en los perfiles tipo ángulo, es decir, en aquellos elementos que poseen calidad ASTM A500 por lo que el esfuerzo producido está dentro del rango elástico del material que es de 320 MPa.

5.2.2. Tijeras de levante

En esta oportunidad se demostrará mediante simulaciones el comportamiento de ambas tijeras al ser sometidas a carga. Al igual que en las simulaciones anteriores se emplearán las alturas mínimas y máximas. Tomando así los valores representados en la Tabla 3-4. Por lo tanto, se aplicarán las cargas superiores, es estos casos las reacciones Ay By, y las respectivas condiciones en los apoyos inferiores, además, la carga o fuerza que ejerce el cilindro hidráulico.

Altura mínima: En el caso de la simulación de tijeras en la altura inferior, es decir, cuando el cilindro comienza a ejercer fuerza para realizar la operación, por lo que se utilizan las siguientes condiciones de borde.

Tabla 5-3: Condiciones de borde para tijeras en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.

Posición	Reacciones en Figura 5.9	Carga (N)
Carga en BY	E, F	4.370
Carga en AY	C, G	2.990
Fuerza Cilindro	B	47.562
Apoyo Fijo	C	Fijo
Apoyo móvil	A	Libre en dirección X

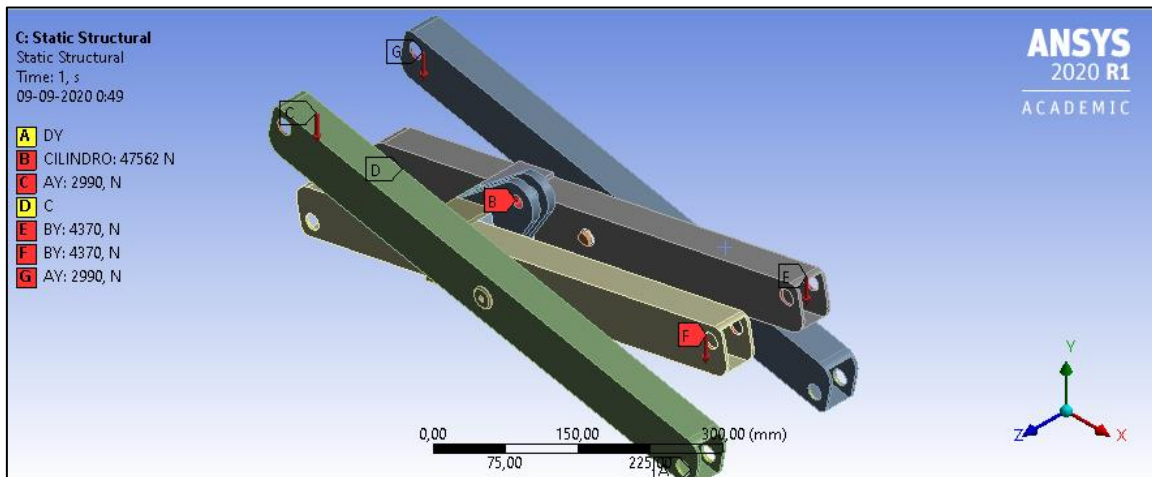


Figura 5.9: Condiciones de borde para tijeras en mínima altura. Fuente: Elaboración Propia.

En este caso, se aplican las cargas que se aplican sobre la plataforma, por lo que se deben considerar las cargas en los extremos superiores de las tijeras, además, se debe aplicar la carga

Capítulo 5: Análisis de Resultados

que aplica el cilindro al momento de comenzar el levante, cabe destacar que las reacciones inferiores se aplican como límites de desplazamiento.

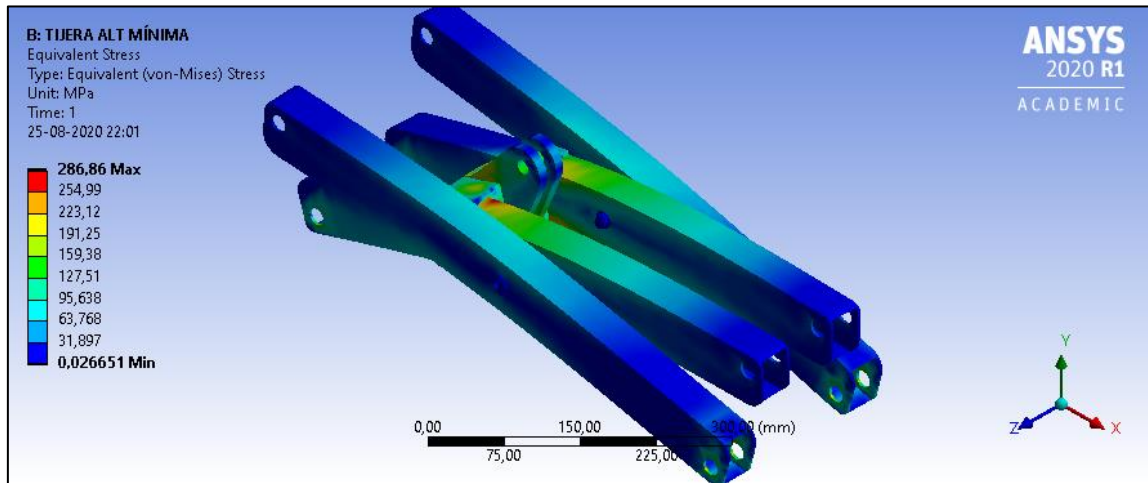


Figura 5.10: Simulación tijeras en altura mínima. Fuente: Elaboración Propia.

Altura máxima: En el caso de la altura máxima, las condiciones de borde se aplican de manera similar al caso anterior, con la diferencia que cambian los valores de las cargas aplicadas.

Tabla 5-4: Condiciones de borde para tijeras en máxima altura. Fuente: Elaboración Propia.

Posición	Reacciones en Figura 5.11	Carga (N)
Carga en BY	C, D	5.600
Carga en AY	B, G	1.750
Fuerza Cilindro	F	25.494
Apoyo Fijo	E	Fijo
Apoyo móvil	A	Libre en dirección X

Capítulo 5: Análisis de Resultados

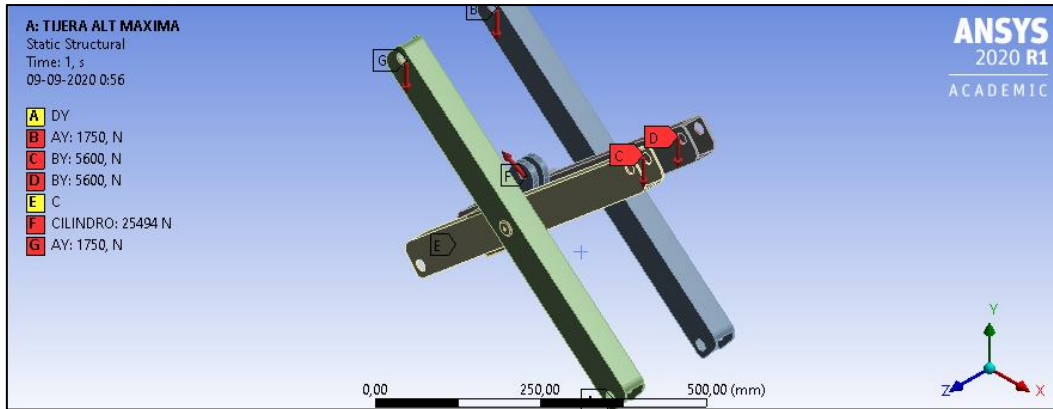


Figura 5.11: Condiciones de borde para sistema de tijera en máxima altura. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la simulación para las tijeras en su máxima altura son:

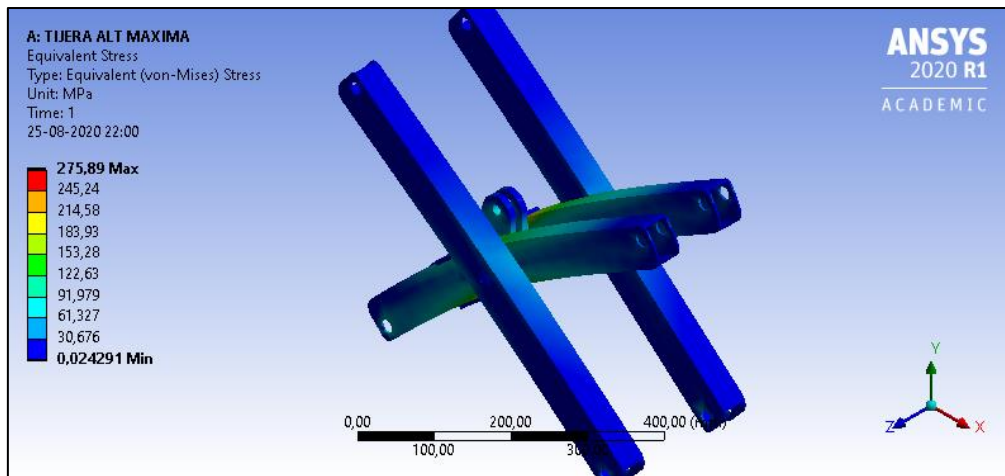


Figura 5.12: Simulación tijeras en altura máxima. Fuente: Elaboración Propia.

Como se menciona en el capítulo 3.4.7, el perfil de las tijeras es rectangular con dimensiones de 60x40x3 mm y calidad ASTM A500, que establece un límite de fluencia mínimo de 320 MPa. Por lo tanto, se puede concluir que el sistema de tijeras es apto para cumplir con los requerimientos establecidos, es decir, el trabajo con masas máximas a diferentes alturas de trabajo.

5.2.3. Sistema de seguridad

Para realizar la simulación u observar el comportamiento del sistema de anclaje o seguridad mencionado en el capítulo 3.5.8. En este se deberá tomar los datos de la Tabla 3-7. En este caso se simulará solo la carga de una tijera sobre un seguro, dado que la otra tijera ejerce la misma carga sobre su respectivo seguro. Además, se simulará cada posición del seguro.

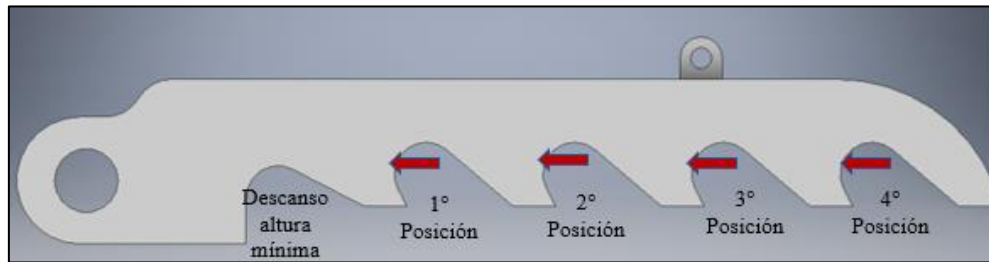


Figura 5.13: Posiciones de sistema de seguridad. Fuente: Elaboración Propia.

Para las condiciones de borde, el pasador o apoyo se considera como soporte fijo, debido a que al momento de efectuar carga sobre cualquier posición este no pivotará. De esta manera se aplica carga por separado sobre cada posición.

Primera posición: Esta corresponde cuando la plataforma tiene una altura de 340 mm donde la carga a soportar es de 20200 N.

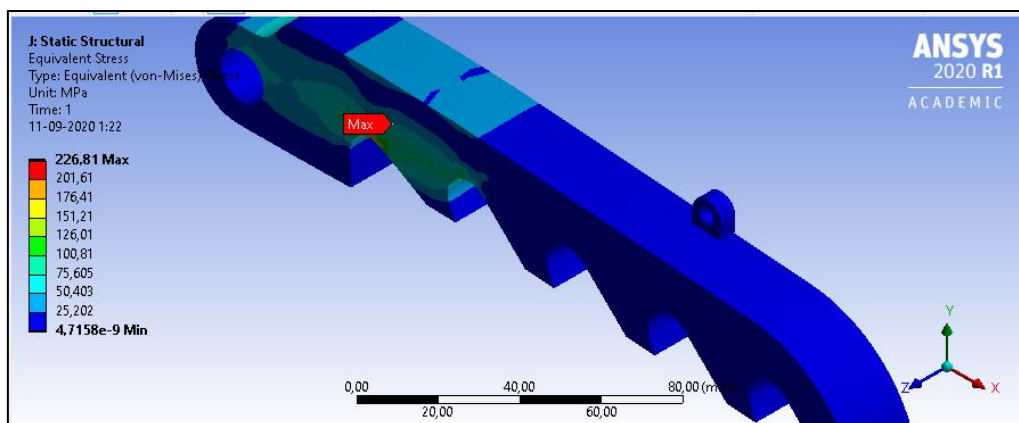


Figura 5.14: Carga primera posición en seguro. Fuente: Elaboración Propia.

Capítulo 5: Análisis de Resultados

Segunda Posición: Para la segunda posición del seguro la plataforma tiene una altura de 410 mm y la carga a soportar es de 14440 N.

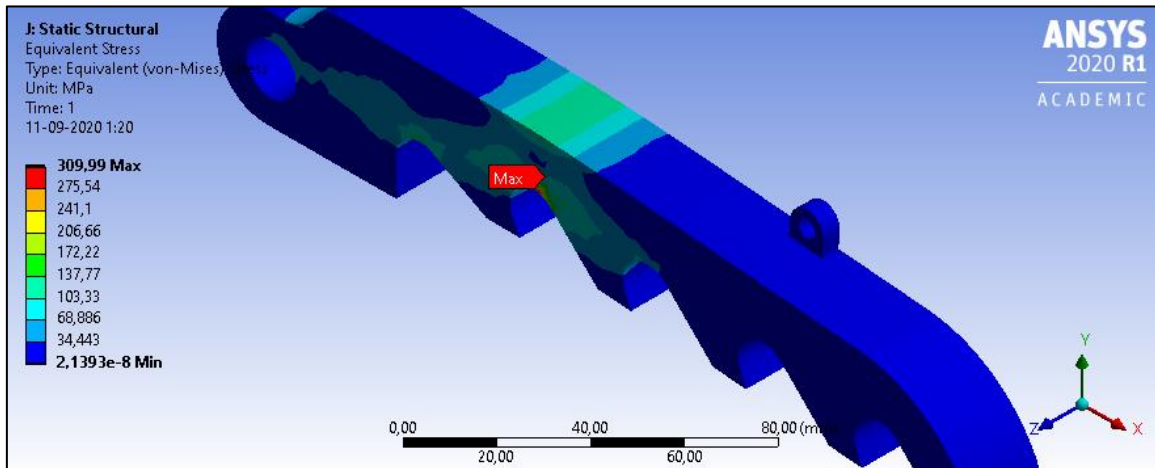


Figura 5.15: Segunda posición del seguro. Fuente: Elaboración Propia.

Tercera Posición: En esta posición la plataforma presenta una altura de 460 mm, donde el seguro soporta una carga de 11330 N.

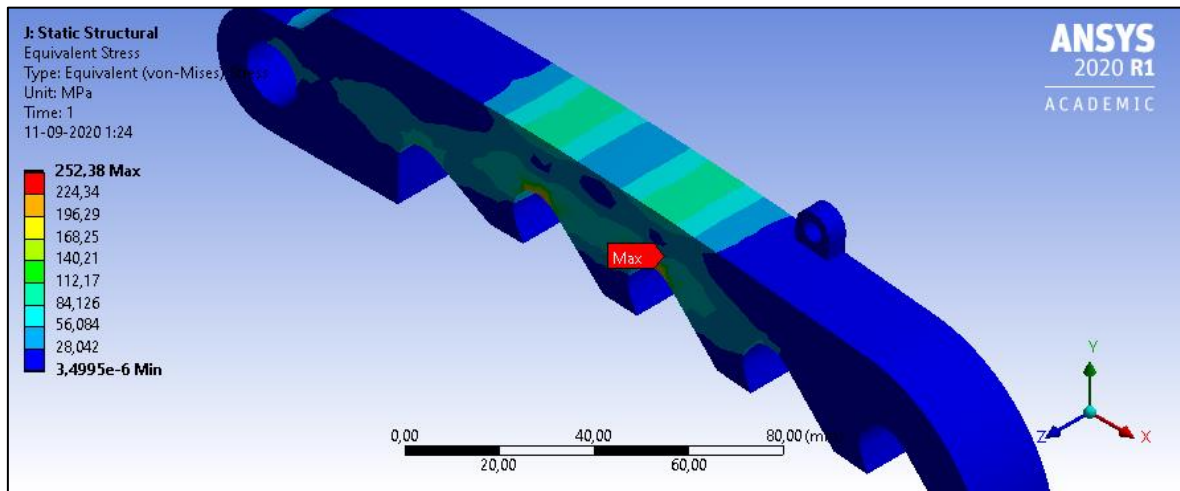


Figura 5.16: Tercera Posición de seguro. Fuente: Elaboración Propia.

Cuarta Posición: Para la última posición la plataforma tiene una altura de 510 mm, donde la carga ejerce una tijera sobre un seguro es de 9090 N.

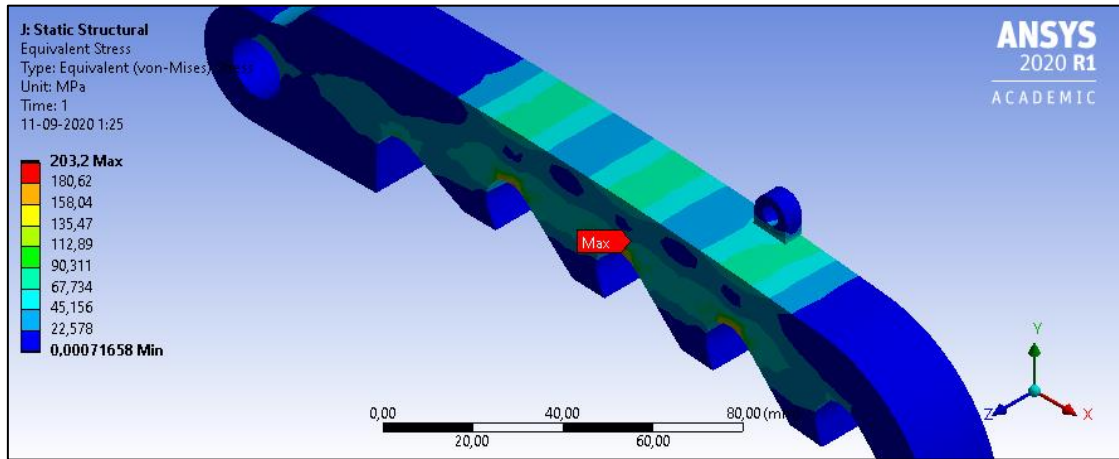


Figura 5.17: Cuarta Posición del seguro. Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en las figuras anteriores, en cada caso el esfuerzo máximo es menor al límite de fluencia del acero ASTM A500, el que especifica un esfuerzo de fluencia de 320 MPa, por lo tanto, el seguro cumple con su función de soportar la carga máxima a diferentes alturas.

5.2.4. Análisis de resultados de elementos finitos

Correspondiente a los resultados esperados del cuarto objetivo específico, el cual presenta el comportamiento de los elementos con mayor relevancia al momento de operar la plataforma. Como se observaron en los resultados de las diferentes simulaciones, el comportamiento de la plataforma cumple con los requerimientos establecidos y con los límites de los diferentes materiales, como es el caso de la base, que debió ser reforzada, dado que el esfuerzo sin refuerzos es de 885 MPa el que supera el límite que indica la norma ASTM A500, así luego de agregar diferentes refuerzos e ir comprobando mediante simulaciones se logró cumplir con el límite elástico del material siendo este valor 286 y 268 MPa para las alturas mínimas y máximas de la plataforma. Estos valores corresponden cuando el cilindro está actuando sobre las tijeras. Cabe destacar que los refuerzos utilizados corresponden a calidad ASTM A36 el que posee un límite elástico de 250 MPa, pero como se observa en las Figuras 5.4 y 5.7, donde se puede

Capítulo 5: Análisis de Resultados

apreciar que el máximo esfuerzo se genera en los ángulos principales que están bajo calidad ASTM A500.

Para el caso de la simulación de las tijeras estas también, fueron simuladas en mínima y máxima alturas, donde para el caso de la altura mínima el esfuerzo generado fue de 286 MPa como se observa en la Figura 5.10, el que cumple con los límites del material, cabe destacar que para la selección del perfil el esfuerzo encontrado en los cálculos fue de 191 MPa, donde la diferencia se debe principalmente a las diferentes restricciones aplicadas en la simulación como también, el mallado de esta, dado que el software ANSYS al ser versión estudiantil posee diferentes restricciones para generar la malla. Además, se debe considerar las diferentes concentraciones de esfuerzos que se generan en el acople central que une ambas tijeras.

En la simulación del sistema de seguridad, se muestran diferentes posiciones al que este es sometido, en este caso, se utilizaron las cargas de la Tabla 3-7, donde, al observar los diferentes resultados de simulación de este sistema se comprueba que en cada posición el esfuerzo máximo resultante está dentro del límite establecido que es de 320 MPa. El mayor esfuerzo que se produce es cuando sobre la segunda posición se aplica una carga de 14400 N, y como se observa en la Figura 5.15 que tiene un valor de 310 MPa aproximadamente.

Cabe destacar, que no se realizó una simulación de la estructura completa debido a las diferentes limitantes que presenta el software ANSYS, como son el número de elementos y el mallado.

CONCLUSIÓN

En ingeniería el diseño de estructuras y herramientas es fundamental para el desarrollo de trabajos o aplicación de estos, dado que al usar una herramienta adecuada aumenta la seguridad y confiabilidad al realizar los diferentes procesos de mantenimiento a una maquina determinada.

En esta memoria se diseñó una herramienta para mantenimiento de maquinaria pesada, donde, los principales requerimientos eran de rango de altura, cargas máximas a manipular y el límite de masa que debía poseer la estructura. Por lo que para cumplir con el objetivo general que es “Diseñar una plataforma hidráulica que permita un anclaje seguro con movimiento vertical transversal y longitudinal”, este objetivo se desglosó en diferentes objetivos específicos donde cada uno apporto al proceso de diseño.

El primer objetivo específico consistió en búsqueda de información con el fin de contextualizar la problemática, en el cual, se dio a conocer tipos de herramientas similares, trabajos, áreas donde podría aplicar y los elementos a manipular. Luego de contextualizar la problemática interpretaron los diferentes datos de soluciones actuales y trabajos a realizar con el fin de esclarecer las diferentes consideraciones de diseño, como, por ejemplo, el límite de esfuerzo máximo.

En el segundo objetivo específico se realizó el dimensionamiento de la estructura presentando propuestas a modo de boceto, de las cuales se llegó a una propuesta de diseño final considerando las diferentes dimensiones y características que son requeridas por los diferentes tipos de trabajos a realizar. En cuanto a la selección de materiales, esta se llevó a cabo considerando el mercado local, por lo que esta condición presento una de las limitantes del proyecto, donde el diseño se debió adoptar a las características de los diferentes productos locales, como fueron los tamaños de perfiles y calidad que estos presentan que en su mayoría fue aceros ASTM A500 y A36 que establecen como límite elástico 320 y 250 MPa respectivamente.

Para el tercer objetivo se realizó el modelo 3D, mediante el software INVENTOR AUTODESK, el cual estuvo ligado al diseño propuesto y las dimensiones establecidas en el segundo objetivo, cabe destacar que en este objetivo se realizaron diferentes modificaciones, debido al límite mencionado, dado que al observar las diferentes cargas y reacciones la base sobrepaso el límite

Conclusiones

elástico, por lo que debió ser reforzada en distintos puntos para cumplir con las limitantes de los materiales.

En cuanto al cuarto objetivo, que fue el análisis mediante elementos finitos, este debió realizarse separando la estructura debido a que el software ANSYS presenta diferentes limitaciones al ser licencia estudiantil, la que limita el número de elementos y mallado de los análisis. Así, se separó en tres partes principales que fueron la base, que como se mencionó presenta diferentes refuerzos, los que fueron propuestos en el tercer objetivo y analizados mediante elementos finitos. También, se simuló el sistema de tijeras, debido que estos son el elemento principal y finalmente se comprobó el sistema de seguridad.

En el quinto y último objetivo se estudió el valor monetario que conllevaría la fabricación de la estructura, en el cual se consideró el valor de los elementos los cuales se obtuvieron de diferentes cotizaciones a proveedores locales, además, el valor de mano de obra el que se realizó mediante consulta a diferentes soldadores u obreros calificados, donde, en este caso se estimó considerando procesos de manufactura, soldadura y pintura. Además, se debe incluir los costos asociados al diseño. Finalizado esta última etapa, se puede concluir este como el cierre de diseño y a la vez el comienzo de la siguiente etapa que es la fabricación de la herramienta, aunque en esta memoria ese paso no está considerado.

En conclusión, se puede establecer que los procesos de diseño son adecuados y como se cumplió con los diferentes objetivos y por ende con el objetivo general presentado al comienzo del documento, entonces, las siguientes etapas son los planos de fabricación y construcción de la herramienta.

En cuanto a el proceso investigación acción, resulta conveniente al momento de realizar el diseño de alguna estructura, debido a que en la parte investigación se encontraran diferentes requerimientos de proyecto, lo que facilitará a su vez el abordar el problema con diferentes recursos. Aunque, se podría agregar otros procesos que sería “propuestas” y “evaluación”, por lo que se sugiere ser investigación, propuestas, acción y evaluación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ashby, M. (2005). *Materials Selection in Mechanical Design* (Tercera ed.). London: ELSEVIER Butterworth-Heinemann.
- Barraco, M. (1998). *Oleohidráulica básica y diseño de circuitos*. Catalunya: Ediciones UPC.
- Bermúdez, J. (6 de Septiembre de 2017). *leychile.cl*. Recuperado el 2 de Julio de 2020, de <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1113805>
- Bt-Ingenieros*. (2019). Recuperado el 03 de Marzo de 2020, de [bt-Ingenieros.com: https://www.bt-ingenieros.com/gatos-de-foso/2225-gato-para-transmision-de-suelo-gts05-05-toneladas.html](https://www.bt-ingenieros.com/gatos-de-foso/2225-gato-para-transmision-de-suelo-gts05-05-toneladas.html)
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (Octava ed.). Santa Fé: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Caterpillar. (6 de Septiembre de 2015). *Slideshare*. Recuperado el 28 de Abril de 2020, de [es.slideshare.es: https://es.slideshare.net/WalterJosephCordero/c544873](https://es.slideshare.net/WalterJosephCordero/c544873)
- Deere, J. (2013). *Deere*. Obtenido de [Deere.com: https://www.deere.com/en/industrial-engines/tier-3-stage-iii-a/powertech-plus-9-0l/](https://www.deere.com/en/industrial-engines/tier-3-stage-iii-a/powertech-plus-9-0l/)
- Eaton. (2020). *Eaton Fuller*. Recuperado el 13 de Marzo de 2020, de [eaton.mx: http://www.eaton.mx/EatonMX/ProductosySoluciones/ProductosVehiculares/ProductsandServices/Transmissions/Servicio-Pesado-Manual/Super18/index.htm](http://www.eaton.mx/EatonMX/ProductosySoluciones/ProductosVehiculares/ProductsandServices/Transmissions/Servicio-Pesado-Manual/Super18/index.htm)
- EcuRed*. (2018). Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de [ecured.cu: https://www.ecured.cu/Cilindro_hidr%C3%A1ulico](https://www.ecured.cu/Cilindro_hidr%C3%A1ulico)
- Emaresa*. (2018). Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de [Emaresa.cl: https://emaresa.cl/producto/tecle-pluma-movil-2-toneladas-krafter/](https://emaresa.cl/producto/tecle-pluma-movil-2-toneladas-krafter/)
- Holland, N. (30 de Mayo de 2009). *Engormix*. Recuperado el 28 de Abril de 2020, de [Engormix.com: https://www.engormix.com/agricultura/articulos/new-holland-t7000-tractor-t27969.htm](https://www.engormix.com/agricultura/articulos/new-holland-t7000-tractor-t27969.htm)
- Hydraulicspneumatics*. (2019). Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de [hydraulicspneumatics.com: https://www.hydraulicspneumatics.com/blog/principios-ingenieriles-b-sicos-bombas-hidr-ulicas](https://www.hydraulicspneumatics.com/blog/principios-ingenieriles-b-sicos-bombas-hidr-ulicas)

Referencias Bibliográficas

- Insumos y Máquinas*. (2020). Recuperado el 7 de Marzo de 2020, de [insumosymaquinas.com: https://insumosymaquinas.com.ar/equipamiento-de-taller/soportes-moviles-para-separar-tractores-mp13/](https://insumosymaquinas.com.ar/equipamiento-de-taller/soportes-moviles-para-separar-tractores-mp13/)
- Lou, J. C. (30 de Marzo de 2020). *Diseño de elementos sometidos a flexión y corte "Diapositiva de power point"*. Recuperado el 30 de Marzo de 2020, de https://www.u-cursos.cl/fau/2010/2/AO306/2/material_docente/bajar?id_material=456823
- Mac-Carte, P. (Febrero de 2017). *Redagrícola*. Recuperado el 14 de Marzo de 2020, de [Redagrícola.com: http://www.redagricola.com/cl/mercado-maquinaria-agricola-cifras-evolucion/](http://www.redagricola.com/cl/mercado-maquinaria-agricola-cifras-evolucion/)
- Metalmarchile*. (2020). Recuperado el 3 de Mayo de 2020, de [Metalmarchile.cl: http://www.metalmarchile.cl/herramientas-hidraulicas/154-porto-power-hidraulico-truper-10-toneladas.html](http://www.metalmarchile.cl/herramientas-hidraulicas/154-porto-power-hidraulico-truper-10-toneladas.html)
- Montt, R. L. (2009). *Diseño de Elemento de Máquinas* (Cuarta ed.). (V. González, Trad.) Juarez: PEARSON Education.
- Multiaceros*. (2016). Recuperado el 05 de Mayo de 2020, de [Multiaceros.cl: http://multiaceros.cl/acero/wp-content/uploads/2016/05/Perfiles2016.pdf](http://multiaceros.cl/acero/wp-content/uploads/2016/05/Perfiles2016.pdf)
- Rodríguez, P. (Diciembre de 2015). *Repositoriodigital*. (U. C. Concepción, Editor) Recuperado el 4 de Diciembre de 2019, de [repositoriodigital.ucsc.cl: http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/920](http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/920)
- SKF. (Octubre de 2015). *SKF*. Recuperado el 22 de Junio de 2020, de [Skf.com: https://www.skf.com/binary/86-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf](https://www.skf.com/binary/86-121486/10000_2-ES---Rolling-bearings.pdf)
- Sparex. (2020). *MalpasOnline*. Recuperado el 10 de Marzo de 2020, de [malpasonline.co.uk: https://www.malpasonline.co.uk/itm/Tractor-Separator/Tractor-Separator-5T/119888](https://www.malpasonline.co.uk/itm/Tractor-Separator/Tractor-Separator-5T/119888)
- Truper. (2020). *TRUPER.COM*. Recuperado el 21 de Mayo de 2020, de [truper.com: https://www.truper.com/porto-power-hidraulico-10-toneladas.html](https://www.truper.com/porto-power-hidraulico-10-toneladas.html)
- Turmero, P. (2019). *Monografías*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2019, de [Monografías.com: https://www.monografias.com/trabajos104/fluidos-hidraulicos/fluidos-hidraulicos.shtml](https://www.monografias.com/trabajos104/fluidos-hidraulicos/fluidos-hidraulicos.shtml)
- Umacon. (30 de Abril de 2018). *Umacon*. Recuperado el 05 de Diciembre de 2019, de [umacon.com: http://www.umacon.com/noticia.php/es/tipos-de-hormigon-y-cemento-para-suelos-interior-exterior/448](http://www.umacon.com/noticia.php/es/tipos-de-hormigon-y-cemento-para-suelos-interior-exterior/448)

Referencias Bibliográficas

Volvo. (Diciembre de 2019). *Free Spirit*. Recuperado el 28 de Abril de 2020, de freespiritusa.us:
[http://freespiritusa.us/?page=veoproducto&CATE=&CAT=216&id=1241&prod=Retro excavadora-\(BL60B-/-BL70B\)-VOLVO](http://freespiritusa.us/?page=veoproducto&CATE=&CAT=216&id=1241&prod=Retro%20excavadora-(BL60B-/-BL70B)-VOLVO)

Zamudio, L., & Elizondo, M. (2013). Recuperado el 21 de Junio de 2020, de grupoazero.mx:
https://grupoazero.mx/docs/MANUAL_AHMSA_2013-2.pdf

ANEXO 1: CASA DE CALIDAD COMPARACIÓN DE BOCETOS

Requerimientos del proyecto	Requerimientos clientes									Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno			
		Prioridades	Tamaño compacto	Masa hasta 25 kg	Sistema de desplazamiento (ruedas)	Andajes para elementos	Riel para desplazamiento (accesorio)	Hidráulica para movimiento vertical	Tornillos para movimiento transversal						Controles hidráulicos y manuales		
Facilidad de transporte	5	9	9	0	0	3	0	0	0								
Facilidad de levante por una o dos personas	5	9	9	0	0	3	3	0	1								
Desplazamiento junto con el elemento a manipular	5	3	3	9	9	9	3	3	9								
Inmovilidad de la pieza con respecto a la plataforma	4	1	0	3	9	3	3	9	9								
Utilidad en diferentes terrenos	5	3	3	9	9	9	3	3	9								
Sistema de tres movimiento	3	1	1	9	1	9	9	9	9								
Altura de 0,2 a 0,7 metros	4	3	3	0	0	0	9	0	9								
Adaptable para ser ubicado bajo estructuras	4	9	1	9	9	9	3	3	3								
Operaciones sencillas y seguras	4	0	0	3	3	1	3	9	9								
Masa total 50 kg	3	3	3	9	9	9	9	9	9								
Evaluación de importancia		184	208	99	369	363	264	243	387								
Evaluación de ingeniería		5															
		4															
		3															
		2															
		1															

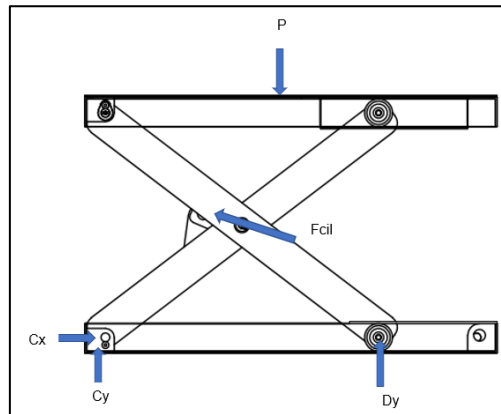
Tipo elevador

Tipo gata

Tipo tijera

ANEXO 2: FUERZA EJERCIDA POR EL CILINDRO

En este apartado se calcularán las cargas que sufre cada apoyo o pivote en toda la estructura, considerando la altura máxima y mínima, además, se considera que el cilindro este ejerciendo su apoyo, es decir, no se considera el efecto del sistema de seguridad.



Ecuaciones de equilibrio

Sumatoria de fuerza en Y de acuerdo con Ecuación (2):

$$C_y + D_y + F_{cil} * \text{sen}(\theta) = P \times F_s \quad (i)$$

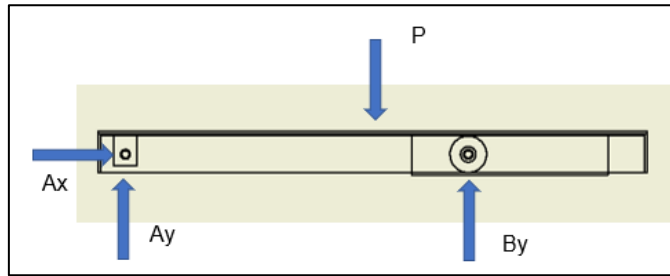
Donde:

F_{cil} : Fuerza axial ejercida por el cilindro hidráulico.

θ : Ángulo entre barra tijera y horizontal.

Para poder resolver la estructura completa es necesario separar los diferentes elementos.

Plataforma superior



Ecuaciones de equilibrio

Considerando $P = 4905 \times 1,5$ (N)

Sumatoria de fuerzas en X, de acuerdo con ecuación (1):

$$Ax = 0 \quad (ii)$$

Sumatoria de fuerzas en Y, de acuerdo con la ecuación (2):

$$Ay + By - P = 0 \quad (iv)$$

Sumatoria de momento en pivote A, de acuerdo con Ecuación (3):

$$P \times Lt = By \times L1 \quad (v)$$

Donde:

Lt : Largo total de la plataforma (0,7 metros)

L1 : Distancia entre apoyo A y B

Por lo que para estimar L1 se usa la ecuación:

$$L1 = Dt \times \cos(\theta) \quad (vi)$$

Donde:

Dt : Distancia entre pivotes externos de barras de tijeras (0,6 metros).

θ : Ángulo entre barra tijera y horizontal

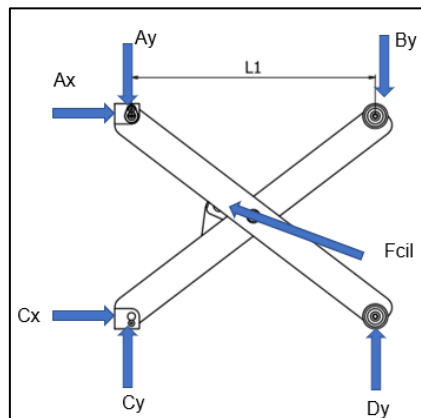
Anexos

Cabe destacar que el ángulo θ fluctuará entre 11° y 40° que corresponden a la altura mínima y máxima de plataforma respectivamente. Por lo tanto, se obtiene que:

Parámetro	Unidad	Altura mínima	Altura máxima
Altura total	mm	250	520
Ángulo θ	Grados	11	40
L1	mm	590	460
Ay	N	2985	1755
By	N	4372	5603

Tijera

Asumiendo que ambas tijeras estarán sometidas a reacciones similares se procede a realizar el cálculo de solo una, considerando que esta soportará la mitad de la masa máxima a manipular.



Ecuaciones de equilibrio considerando que $A_x = 0$

Sumatoria de fuerzas en X, considerando Ecuación (1):

$$C_x = F_{cil} * \cos(\gamma) \quad (\text{vii})$$

Sumatoria de fuerzas en Y, de acuerdo con Ecuación (2):

$$C_y + D_y + F_{cil} * \sen(\gamma) = 0 \quad (\text{viii})$$

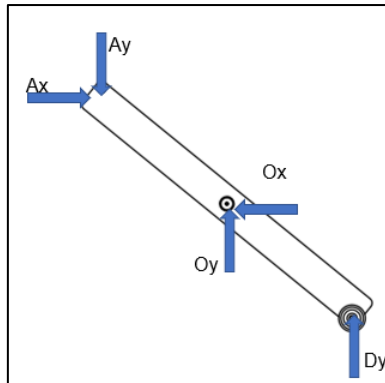
Anexos

Donde:

F_{cil} : Fuerza que genera el cilindro hidráulico.

γ : Ángulo entre cilindro y la horizontal.

Barra AOD



Ecuaciones de equilibrio:

Sumatoria de fuerzas en X. De acuerdo con Ecuación (1):

$$Ax = Ox = 0 \quad (\text{ix})$$

Sumatoria de fuerzas en Y. Respecto a Ecuación (2):

$$Oy = Ay - Dy \quad (\text{x})$$

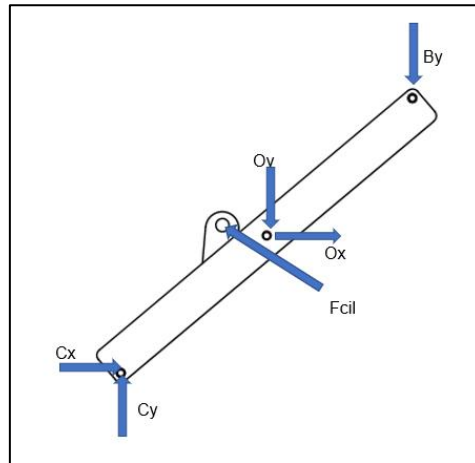
Sumatoria de momentos en punto D, de acuerdo con la Ecuación (3), y simplificando la relación se obtiene la siguiente igualdad:

$$Oy = 2Ay \quad (\text{xi})$$

Combinando las Ecuaciones (x) e (ix) se llega a la siguiente igualdad:

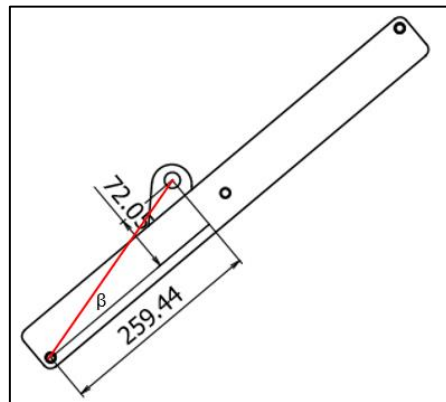
$$Dy = -Ay \quad (\text{xii})$$

Barra BC



Para este caso se debe de considerar el ángulo γ que forma el cilindro con la horizontal el varía entre 16° y 24° para altura mínima y máxima respectivamente.

Para este apartado es necesario obtener las diferentes dimensiones del diseño, como se observa en la Figura anterior se debe calcular las distancias del punto C al punto donde ejerce carga el cilindro.



Donde

$$\beta = \arctan\left(\frac{72,05}{259,44}\right) = 15,5^\circ$$

Distancia FC= 0,270 m

Anexos

Momento en Punto C

$$\sum M_c = 0$$

$$-By * \cos(\theta) * 0,6 - Oy * \cos(\theta) * 0,3 + MF_{cil} = 0 \quad (xiii)$$

En este caso se pueden insertar la Ecuación (xi), resultando:

$$MF_{cil} = By * \cos(\theta) * 0,6 + 2 * Ay * \cos(\theta) * 0,3 \quad (xiv)$$

Donde:

MF_{cil} : Momento que ejerce la fuerza aplicada por el cilindro

$$MF_{cil} = F_{cil} * 0,27 * [\cos(\gamma) * \sin(\theta + \beta) + \sin(\gamma) * \cos(\theta + \beta)] \quad (xv)$$

Finalmente, igualando las ecuaciones (xiv) y (xv) se encuentra la ecuación para estimar la fuerza del cilindro a distintos ángulos de tijera y cilindro:

$$F_{cil} = \frac{By * \cos(\theta) * 0,6 + Ay * \cos(\theta) * 0,6}{0,27 * [(\cos(\gamma) * \sin(\theta + \beta) + \sin(\gamma) * \cos(\theta + \beta))]} \quad (1116)$$

Para la fuerza que ejercerá el cilindro:

$$F_{ciltotal} = F_{cil} * 2 \quad (xvii)$$

Así, resolviendo las Ecuaciones (1111) y (1212), se obtienen los siguientes resultados para las alturas mínimas y máximas:

Parámetro	Símbolo	Unidad	Altura mínima	Diferentes alturas					Altura máxima
Altura	H	mm	250	290	340	390	430	480	520
Ángulo Tijera	θ	grados	11	15	20	25	30	35	40
Ángulo Cilindro	γ	grados	16	17	19	21	22	23	24
Fuerza cilindro para una tijera	F _{cil}	kN	23,782	21,442	18,890	16,877	15,339	13,980	12,748
	F _x	kN	22,861	20,505	17,861	15,756	14,222	12,869	11,646
	F _y	kN	6,555	6,269	6,150	6,048	5,746	5,462	5,185
Fuerza cilindro para ambas tijeras	F _{cil}	kN	47,56	42,88	37,78	33,75	30,68	27,96	25,50
	F _x	kN	45,72	41,01	35,72	31,51	28,44	25,74	23,29
	F _y	kN	13,11	12,54	12,30	12,10	11,49	10,92	10,37

ANEXO 3: REACCIONES EN LOS DIFERENTES PIVOTES

Parámetro	Unidad	Altura mínima	Diferentes alturas					Altura máxima
Altura total	mm	250	290	340	390	430	480	520
θ	grados	11	15	20	25	30	35	40
L1	mm	590	580	560	540	520	490	460
Ay	kN	2,99	2,91	2,79	2,62	2,40	2,12	1,75
By	kN	4,37	4,44	4,57	4,74	4,96	5,24	5,60
Ax	kN	0	0	0	0	0	0	0
Cx	kN	22,86	20,51	17,86	15,76	14,22	12,87	11,65
Cy	kN	3,79	5,49	6,50	7,35	8,21	9,01	9,77
C	kN	23,17	21,23	19,01	17,38	16,42	15,71	15,20
Dy	kN	2,99	2,91	2,79	2,62	2,40	2,12	1,75
Ox	kN	0	0	0	0	0	0	0
Oy	kN	5,97	5,83	5,58	5,24	4,80	4,24	3,51
O	kN	5,97	5,83	5,58	5,24	4,80	4,24	3,51

ANEXO 4: CÁLCULO CARGA EN SISTEMA DE SEGURIDAD

Considerando las reacciones Ay By calculadas en el capítulo anterior, se conocen las diferentes ecuaciones de equilibrio.

Sumatoria de fuerzas en eje Y, de acuerdo con Ecuación (2)

$$A_y + B_y = C_y + D_y \quad (\text{xviii})$$

Sumatoria de fuerzas en eje X, de acuerdo con Ecuación (1), se obtiene la siguiente igualdad

$$C_x = D_x \quad (\text{xix})$$

Sumatoria de Momentos en punto C, de acuerdo con Ecuación (3), se obtiene la siguiente igualdad:

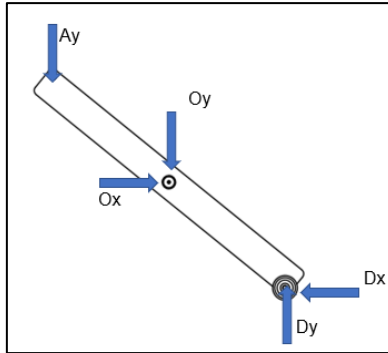
$$B_y = D_y$$

Anexos

Por lo tanto:

$$C_y = A_y$$

Al separar la estructura por barras, y realizando el diagrama de la barra o perfil AD, se realiza la siguiente operación.



Por sumatorias de fuerzas en el eje X, de acuerdo con la ecuación (1)

$$O_x = D_x$$

Suma de fuerzas en el eje Y

$$O_y = D_y - A_y$$

Por sumatoria de momentos entorno al punto D, reemplazando las igualdades anteriores y simplificando, se obtiene la reacción O_x que tiene el mismo valor a D_x (carga sobre sistema de seguridad).

$$O_x = D_x = \frac{2 * A_y * \cos(\theta) + (D_y - A_y) * \cos(\theta)}{\text{sen}(\theta)} \quad (13)$$

En este caso la carga calculada correspondería a una sola tijera.

Parámetros	Unidad	Posiciones			
Altura plataforma	m	0,34	0,41	0,46	0,51
Ángulo tijera sobre horizontal	grados	20	27	33	39
L1 distancia AB	m	0,56	0,53	0,50	0,47
Pivote A	kN	2,79	2,54	2,24	1,83
Pivote B	kN	4,57	4,82	5,12	5,52
Pivote central O	kN	20,29	14,62	11,69	9,81
Pivote central Ox	kN	20,21	14,44	11,33	9,09
Pivote central Oy	kN	1,78	2,28	2,88	3,69
Pivote C	kN	20,41	14,66	11,55	9,27
Cx	kN	20,21	14,44	11,33	9,09
Cy	kN	2,79	2,54	2,24	1,83
Pivote D	kN	20,72	15,22	12,43	10,63
Dy	kN	4,57	4,82	5,12	5,52
Dx Carga sobre seguro	kN	20,21	14,44	11,33	9,09

ANEXO 5: CÁLCULO MODULO SECCIÓN PERFIL TIJERA

Dimensionamiento de perfil de tijera								
Altura total	mm	250	290	340	390	430	480	520
θ	grados	11	15	20	25	30	35	40
Carga de By	kN	4,4	4,4	4,6	4,7	5,0	5,2	5,6
Momento de By	Nm	1287,6	1287,6	1287,6	1287,6	1287,6	1287,6	1287,6
Módulo de sección	Cm ³	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02	4,02

ANEXO 6: SELECCIÓN DE ÁNGULO PARA BASE

Ángulos				Especificaciones Generales	
Dimensiones Nominales			Peso Teórico Kg/m	Calidad	ASTM A-500
A mm	B mm	e mm		Terminación	Negro o galvanizado
20	20	2	0,58	Largo normal	6 m
		3	0,83	Espesor	Desde 2 mm a 6 mm
25	25	2	0,73	PREGUNTAR POR LARGOS ESPECIALES	
		3	1,06		
30	30	2	0,89		
		3	1,30		
		4	1,68		
40	40	2	1,20		
		3	1,77		
		4	2,31		
		5	2,82		
50	50	2	1,52		
		3	2,24		
		4	2,93		
		5	3,60		
		6	4,25		

Costaneras				
Dimensiones Nominales				Peso Teórico Kg/m
A mm	B mm	C mm	e mm	
80	40	15	2	2,78
		15	3	4,01
		15	4	5,14
100	50	15	2	3,40
		15	3	4,95
		15	4	6,40

ANEXO 7: SELECCIÓN DE PERFIL TIJERA



Medidas		Espesores (mm)						
A mm	B mm	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
20	10	0,42	0,59					
25	15	0,58	0,83	1,05				
30	20	0,73	1,06	1,36				
40	20	0,89	1,30	1,68				
40	30	1,05	1,53	1,99				
50	20		1,53	1,99				
50	30	1,20	1,77	2,31	3,30			
50	40		2,24	2,93	4,25			

ANEXO 8: SELECCIÓN DE RODAMIENTO

1.2 Rodamientos rígidos de una hilera de bolas tapados
d 20–25 mm

Dimensiones principales	Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designaciones			
	dinámica	estática		Velocidad de referencia	Velocidad límite ¹⁾			Rodamientos tapados en ambos lados	un lado	
d D B	C	C ₀	P _u	r. p. m.		kg	-			
20	4,7	14	12,7	6,55	0,28	35 000	19 000	0,11	E2-A204-2Z	=
cont.	4,7	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2Z	* 6204-Z
	4,7	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2RSL	* 6204-RSL
	4,7	14	13,5	6,55	0,28	=	10 000	0,11	* 6204-2RSH	* 6204-RSH
	4,7	18	12,7	6,55	0,28	=	10 000	0,13	62204-2RS1	=

ANEXO 9: PORTO POWER MARCA TRUPER



PORTO POWER HIDRÁULICO, 10 TONELADAS

TRUPER

CÓDIGO: 14841 CLAVE: PORPO-10

CARACTERÍSTICAS

- Fabricado con extensiones y coples de acero al carbón
- Accesorios de fundición de hierro nodular

APLICACIONES

- En talleres de hojalatería para el enderezado de chasis

ESPECIFICACIONES

Capacidad	10 Ton (10,000Kg)
Altura mínima de pistón	327 mm
Altura máxima de pistón	453 mm
Carrera de pistón	126 mm
Longitud de manguera	150 mm
Peso	39 kg
Empaque individual	Estuche plástico
Inner	1

D.R. © Truper S.A. de C.V. 2020 | Todos los derechos reservados.

ANEXO 10: COTIZACIÓN ACENOR

		C O T I Z A C I O N	
RUT: 77.660.960-9 RAZON SOCIAL: ACENOR ACEROS DEL NORTE ANTONIO ESCOBAR WILLIAMS 205; CERRILLOS		www.acenorchile.com ventas@acenorchile.com +562 2925 9200	
NUMERO DE OFERTA:	590032548	CURICO, 24-07-20	
NOMBRE/RAZON SOCIAL:	JAN MICHAEL DROGUETT GARRIDO		
CODIGO DE CLIENTE:	509010746	TELEFONO:	967269048

Cantidad	Articulo	Descripción	Und.	Precio	Total CLP.	KILOS
1.00	ERC40603	TUB RECT NEG 60 x 40 x3.0 MM	u	20,940	20,940	25
1.00	AN05003	ANG DOB NE 50 x 50 x 3.0 MM	u	9,541	9,541	13
1.00	PGANT1030025	PL ANTIDES GA 2,5x1000x3000 MM	u	74,524	74,524	63
2.00	ERE0342	TUB RED NEG 3/4 X 2.0 MM	u	4,142	8,284	10
1.00	PLT032030	PLETINA 32 X 3 MM	u	3,295	3,295	4
1.00	PLT075050	PLETINA 75 X 5 MM	u	12,840	12,840	17
		KILOS:		134.93		

ANEXO 11: COTIZACIÓN MATERIALES COMPLETA

	DETALLE	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PROVEEDOR	REFERENCIA
ÁNGULOS	50x50x3 (Largo 6000)	mm	\$ 9.541	ACENOR	ANEXO 10
PLETINA	75x5 (Largo 6000)	mm	\$ 12.840	ACENOR	ANEXO 10
PLETINA	32x3 (Largo 6000)	mm	\$ 3.295	ACENOR	ANEXO 10
PERFILES	60x40x3 (Largo 6000)	mm	\$ 20.940	ACENOR	ANEXO 10
RODAMIENTO	6204	unidad	\$ 5.000	SKF	ANEXO 10
PERNO	M20x2,5	mm	\$ 1.195	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/perno-hexagonal-c-58-m20-250-x-110-p-PH60720
TUERCA	M20x2,5	mm	\$ 230	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/tuerca-hexagonal-c-88-zincada-m20-250-p-TUH1930
GOLILLA PRESIÓN	20	mm	\$ 91	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/golilla-presion-medium-7-8-p-GOL3980
GOLILLA PLANA	20	mm	\$ 100	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/golilla-plana-corriente-7-8-p-GOL3100
PERNO	M10x1,5	mm	\$ 337	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/perno-hexagonal-acinox-316-m10-150-x-25-p-PHI2370
TUERCA	M10x1,5	mm	\$ 163	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/tuerca-hexagonal-acinox-316-m10-150-p-TUH0600
GOLILLA PLANA	10	mm	\$ 12	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/golilla-plana-calibrada-7-16-p-GOL2780
GOLILLA PRESIÓN	10	mm	\$ 20	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/golilla-presion-medium-7-16-p-GOL3970
TUBO REDONDO LISO	25 x 6000	mm	\$ 20.553	CONSTRUPLAZA	https://www.constru plaza.cl/aceros/perfiles/ferro-redondo/red-liso-brs-sae-1020-25mm-x6mts-tc.html
TUBO TUBULAR	19,4x2 (Largo 6000)	mm	\$ 4.142	ACENOR	ANEXO 10
SEGURO SEGERS	15	mm	\$ 50	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/seguro-seagers-exterior-15mm---138mm-p-SEG0190
GOLILLA	15	mm	\$ 82	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/golilla-plana-corriente-5-8-p-GOL3080
GRASERA	6,35	mm	\$ 238	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/grasera-curva-45% C2% B0-06-100mm-p-GRA1320
ANCLAJES	6	mm	\$ 2.000	TECNOMAR	https://www.tecnomar.cl/accesorios/10571-perno-ojo-8mm380908.html
RUEDAS BASE	75	mm	\$ 9.350	DUCASSE	https://articulo.mercadolibre.cl/MLC-543094757-rueda-4-horquilla-giratoria-300-kg-hierro-poliuretano-JM?quantity=1#position=50&type=item&tracking_id=d92dbd9f-c270-4b5d-918b-acbe5aa07457
BARRA REDONDA	6,35 x 6000	mm	\$ 1.990	MULTIACEROS	https://www.e-multiaceros.cl/producto/barra-redonda-laminada-a-1020/?SCID=2
PLANCHA ALUMINIO	1000x3000x2,5	mm	\$ 81.800	EVCHILE	https://www.evchile.cl/tienda/plancha-de-aluminio-diamantado/
PORTO POWER	327 a 453	unidad	\$ 189.000	PERNOVAL	https://www.pernoval.cl/Product/porto-power-10-ton--porpo-10-truper-p-POR2540
PERFIL C	80x40x2 (Largo 6000)	mm	\$ 12.173	MULTIACEROS	https://www.e-multiaceros.cl/producto/canal-a-500/

