

Diseño de un Sistema de Parqueo Vertical Giratorio Tipo Carrusel

Jefersson Arley Cardozo Corzo y Sergio Andrés Riveros Laitón

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Director

William Pinto Hernández

Doctor en Ingeniería

Universidad industrial de Santander

Facultad de físico mecánicas

Escuela de ingeniería mecánica

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres y hermanos, quienes han sido mi inspiración y apoyo inquebrantable en cada paso de este camino. A mi pareja, por su amor, comprensión y constante motivación que iluminan mi vida día a día. A mis amigos y compañeros, por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables que han enriquecido esta experiencia, y a mi compañero de tesis por ayudarme a lograr este primer gran paso.

Jefersson Arley Cardozo Corzo

Dedico mi tesis principalmente a dios, por darme la fuerza necesaria para culminar esta meta. A mi madre por todo su amor y por motivarme a seguir adelante. También a mi hermana y sobrinos por todo su apoyo incondicional, espero les sirva de ejemplo de que todo se puede lograr. A mi compañero de tesis quien me hacía reaccionar cuando pensaba que no podía continuar.

Sergio Andrés Riveros Laitón

Agradecimientos

Agradecimientos a la Universidad Industrial de Santander (UIS) por brindarnos la oportunidad de formarnos académicamente en un entorno de excelencia y aprendizaje continuo.

Agradecimientos a Escuela de Ingeniería Mecánica, por su compromiso con la educación de calidad y por habernos proporcionado las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollarnos profesionalmente en el campo de la ingeniería mecánica.

Agradecimientos a los distinguidos profesores de la escuela, cuya dedicación, experiencia y orientación han sido fundamentales en nuestro proceso de formación y crecimiento académico. Su guía y apoyo han sido invaluable para alcanzar este logro académico.

Agradecimientos a todas las personas que compartieron este camino con nosotros, por su apoyo, colaboración y amistad, contribuyendo a hacer de esta experiencia un periodo memorable en nuestra vida.

Contenido

Introducción	17
1 Planteamiento del problema	18
2 Objetivos del trabajo de grado.....	19
2.1 Objetivos generales	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
3 Marco teórico.....	20
3.1 Antecedentes	21
3.1.1 Internacional	21
3.1.2 Nacional	22
• Diseño del sistema de potencia y estructural de un parqueadero vertical rotatorio.....	22
3.2 Sistemas de parqueo en la actualidad.....	23
3.2.1 Sistema de parqueo rotativo.....	23
3.2.2 Sistema de parqueo vertical	24
3.2.3 Sistema de parqueo múltiple.....	25
3.2.4 Sistema de parqueo horizontal.....	25
3.2.5 Sistema de parqueo deslizante	26
3.3 Requerimientos.....	27

	5
3.4 Diseño de concepto	27
4 Diseño metodológico y alternativas	31
4.1 Descripción funcional del sistema.....	32
4.2 Descripción operacional del sistema.....	33
4.3 Parámetros del diseño.....	34
4.4 Alternativas de diseño	35
4.4.1 Alternativas sistema motriz.....	35
4.4.2 Alternativas sistema estructural	37
5 Diseño a detalle del sistema de parqueo vertical tipo carrusel	40
5.1 Normas y regulaciones para asegurar la seguridad de estructuras y obras civiles.	41
5.2 Diseño sistema de bandeja de almacenamiento	42
6 Diseño del sistema de transmisión de potencia	47
6.1 Diseño de cadena principal	48
6.2 Diseño transmisión de potencia.....	62
6.2.1 Cálculo de velocidad, potencia y selección de motor.	64
6.2.2 Calculo engranaje conducido y conductor.....	66
6.2.3 Selección piñones y cadena.	69
6.2.4 Pasos y fórmulas para diseño del eje según teoría von mises.....	71
6.2.5 Cálculo del eje.....	72

7	Diseño del sistema estructural	73
8	Elaboración básica del sistema de control para el manejo del parqueadero vertical.....	86
8.1	Funcionamiento del sistema	86
8.2	Elementos de control.....	88
8.3	Selección de elementos de control	90
8.4	Diagrama de control del sistema	91
9	Estudio del diseño de costo, fabricación y montaje.....	97
9.1	Retorno de inversión (ROI).....	102
10	Conclusiones.....	104
	Referencias Bibliográficas	106
	Anexos	110

Lista de tablas

Tabla 1 medidas promedio seleccionadas	27
Tabla 2 Ventajas y desventajas alternativas del sistema motriz	36
Tabla 3 Ventajas y desventajas sistema estructural	39
Tabla 4 resultados obtenidos análisis del eslabón principal	57
Tabla 5 resultados ensamblaje pasador y eslabones críticos.....	58
Tabla 6 resultados análisis eslabones secundarios.....	60
Tabla 7 Criterios diseño sistema de parqueo vertical	64
Tabla 8 Costo materiales no normalizados	97
Tabla 9 Costo materiales normalizados	99
Tabla 10 Costo instrumentos del sistema de control	100
Tabla 11 costo personal y talento humano.....	101
Tabla 12 Costo montaje y transporte	101
Tabla 13 Gastos generales de diseño	102
Tabla 14 Costos totales en el diseño y construcción sistema vertical de parqueo	102
Tabla 15 Diámetros calculados en el eje.....	146

Lista de figuras

Figura 1 Crecimiento parque automotor área metropolitana entre 2011 y 2020	18
Figura 2 Estacionamiento diseñado por Westinghouse en 1923	20
Figura 3 Esquema sistema vertical de estacionamiento rotativo	24
Figura 4 Esquema sistema de estacionamiento vertical.....	24
Figura 5 Esquema sistema de estacionamiento múltiple	25
Figura 6 Esquema sistema de estacionamiento horizontal	26
Figura 7 Esquema Sistema de estacionamiento deslizante	26
Figura 8 Parqueadero la canasta	28
Figura 9 Dibujo mano alzada cabina.	29
Figura 10 Dibujo mano alzada estructura	29
Figura 11 Dibujo mano alzada transmisión por cadena.....	30
Figura 12 Dibujo mano alzada riel guía.....	30
Figura 13 Dibujo mano alzada sistema de transmisión.	31
Figura 14 Sistema de parqueo vertical tipo carrusel.....	32
Figura 15 Vista sistema motriz principal	34
Figura 16 Alternativas sistema motriz	36
Figura 17 Alternativas para el sistema estructural	38
Figura 18 Plataforma para vehículos	42

Figura 19 Alternativas plataforma	43
Figura 20 Alternativas soporte plataforma	43
Figura 21 Distribución de peso en un automóvil	44
Figura 22 Restricciones y cargas aplicadas al ensamble	45
Figura 23 Esfuerzo de von Mises bandeja almacenamiento	46
Figura 24 Deformación total bandeja almacenamiento	46
Figura 25 Factor de seguridad bandeja vehicular	47
Figura 26 Cadena principal desplazamiento de las plataformas	49
Figura 27 Eslabón principal	49
Figura 28 Eslabones secundarios	50
Figura 29 análisis de fuerzas pasador crítico	51
Figura 30 Rodillo guía y pasador	52
Figura 31 Ensamble cadena principal	53
Figura 32 Análisis eslabón posición vertical superior	54
Figura 33 Análisis eslabón posición vertical inferior	55
Figura 34 Análisis eslabón posición horizontal	56
Figura 35 Ensamblaje eslabones secundarios y rodillo	57
Figura 36 resultados von mises, deformación y factor de seguridad	58
Figura 37 Análisis eslabón 3	59

	10
Figura 38 Análisis eslabón 2.....	59
Figura 39 Análisis Rodillo.....	61
Figura 40 Catalogo motorreductores SEW eurodrive.....	65
Figura 41 Especificaciones motorreductor seleccionado.....	66
Figura 42 Ensamblaje cadena principal y engranajes de potencia.....	67
Figura 43 Engranaje conducido interno.....	68
Figura 44 Engranaje conductor externo.....	68
Figura 45 Tipos de piñones.....	69
Figura 46 Especificaciones piñón conductor.....	70
Figura 47 Especificaciones piñón conducido.....	70
Figura 48 Especificaciones cadena.....	71
Figura 49 Eje y sus componentes.....	72
Figura 50 Soporte principal.....	74
Figura 51 Estructura principal.....	75
Figura 52 Soporte entre estructuras.....	76
Figura 53 Soporte y guía cadena principal.....	77
Figura 54 Soporte engranaje interno.....	78
Figura 55 guías plataformas.....	79
Figura 56 Ensamble estructura.....	80

	11
Figura 57 Análisis Von mises estructura	81
Figura 58 Análisis de deformación	82
Figura 59 Análisis factor de seguridad	83
Figura 60 Análisis de pandeo.....	84
Figura 61 diseño final sistema de parqueo vertical.....	85
Figura 62 diagrama de Flujo sistema de control	87
Figura 63 Diagrama de control sistema apagado	92
Figura 64 Diagrama de control admitiendo el vehículo.....	93
Figura 65 Diagrama de control vehículo admitido	93
Figura 66 Diagrama del vehículo sistema en operación	94
Figura 67 Diagrama de control proceso a punto de detenerse	94
Figura 68 Diagrama de control proceso al reiniciarse	95
Figura 69 Diagrama de control sistema bloqueado.....	95
Figura 70 Diagrama de control para restaurar la operación después del bloqueo	96
Figura 71 Diagrama de bloqueo al retirar el vehículo	96
Figura 72 Tabla retorno de inversión al pasar los años	103
Figura 73 Datos para selección de cadena	121
Figura 74 Factor de selección L1	122
Figura 75 Selección cadena	123

	12
Figura 76 Factor K para hallar la longitud de la cadena	125
Figura 77 Esquema eje con los elementos que transmiten la potencia	127
Figura 78 Fuerzas que actúan sobre los dientes de un engranaje	129
Figura 79 Fuerzas que en la transmisión de potencia por cadena.....	129
Figura 80 Tabla Propiedades mecánicas de los aceros.	133
Figura 81 Tabla para calcular el porcentaje límite de fatiga.....	134
Figura 82 tabla para calcular rata de supervivencia.....	135
Figura 83 Kf para cuñas y chaveteros.....	135
Figura 84 Kf para chaflanes de hombros	136
Figura 85 Fuerzas actúan sobre piñón	139
Figura 86 Fuerzas actuantes sobre el eje.....	139
Figura 87 Diagrama de fuerzas plano Y-Z	140
Figura 88 Diagrama de corte plano Y-Z.....	140
Figura 89 Diagrama de momento plano Y-Z.....	141
Figura 90 Diagrama de fuerzas plano X-Z	141
Figura 91 Diagrama de corte plano X-Z.....	142
Figura 92 Diagrama de momento plano X-Z.....	142
Figura 93 Esquema eje y sus componentes.....	143
Figura 94 Catalogo SKF selección de chumacera	146

Figura 95 Catalogo SKF selección de chumacera 147

Figura 96 Características chumacera P4BE..... 147

Lista de anexos

Anexo 1 Modelos de los vehículos utilizados para dimensionar la plataforma	110
Anexo 2 Tabla criterios para selección de alternativas	112
Anexo 3 Tabla nivel y puntaje para ponderación	112
Anexo 4 Tabla matriz pugh para selección de alternativa motriz	113
Anexo 5 Tabla matriz pugh para selección de la alternativa para la estructura	113
Anexo 6 condiciones sistema de transmisión de potencia.....	114
Anexo 7 Matriz pugh sistema de transmisión de potencia	115
Anexo 8 Cálculos potencia del motor.....	115
Anexo 9 parámetros para diseño de engranaje	117
Anexo 10 Diseño de la cadena transmisión de potencia.....	120
Anexo 11 Calculo distancia entre centros de engranajes.....	124
Anexo 12 pasos y formulas diseño del eje.....	126
Anexo 13 diseño del eje de transmisión de potencia.....	136
Anexo 14 sistema de parqueo la canasta	148
Anexo 15 planos sistema de parqueo vertical tipo carrusel.....	149

Resumen

Diseño de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel

Jefersson Arley Cardozo Corzo, Sergio Andrés Riveros Laitón

Palabras clave: Diseño, parqueo, SolidWorks, ANSYS, viabilidad, proyecto.

Este proyecto se enfoca en el diseño y análisis de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel, optimizando el uso del espacio de estacionamiento en entornos urbanos densamente poblados y donde la movilidad vial sea afectada, se desarrolla con el objetivo de proporcionar una solución eficiente, segura y sostenible que responda a los desafíos actuales de movilidad y espacio en áreas urbanas.

La investigación y desarrollo de este proyecto abarcan diversas áreas, desde el diseño conceptual, la selección de materiales hasta el análisis detallado de la estructura, los componentes mecánicos, eléctricos y estructurales del sistema. Se emplean herramientas avanzadas de diseño asistido por computadora, como SolidWorks y ANSYS workbench para modelar y simular el comportamiento bajo diferentes condiciones operativas, asegurando su funcionalidad y eficiencia.

Además, se realiza un análisis de las normativas y estándares aplicables, garantizando que el sistema cumpla con las regulaciones y requisitos de seguridad pertinentes. Se abordan aspectos críticos como la resistencia a la fatiga, la deformación, las tensiones y los factores de seguridad, para evaluar y validar la integridad estructural.

El proyecto también incluye un análisis económico y de costos, que evalúan la viabilidad financiera del proyecto y proporciona una perspectiva integral que considera tanto los aspectos técnicos como los económicos del sistema de parqueo vertical.

Abstract

Design of a Vertical Carousel Parking System

Jefersson Arley Cardozo Corzo, Sergio Andrés Riveros Laitón

Keywords: Design, parking, SolidWorks, ANSYS, feasibility, project.

This project focuses on the design and analysis of a vertical carousel parking system, optimizing the use of parking space in densely populated urban environments where traffic mobility is affected. It is developed with the aim of providing an efficient, safe, and sustainable solution that addresses current challenges of mobility and space in urban areas.

The research and development of this project encompass various areas, from conceptual design and material selection to the detailed analysis of the system's structure, mechanical, electrical, and structural components. Advanced computer-aided design tools, such as SolidWorks and ANSYS Workbench, are employed to model and simulate the system's behavior under different operating conditions, ensuring its functionality and efficiency.

Furthermore, an analysis of applicable regulations and standards is conducted, ensuring that the system complies with relevant safety regulations and requirements. Critical aspects such as fatigue resistance, deformation, stresses, and safety factors are addressed to evaluate and validate the structural integrity.

The project also includes an economic and cost analysis, assessing the financial feasibility of the project and providing a comprehensive perspective that considers both the technical and economic aspects of the vertical parking system.

Introducción

El crecimiento acelerado del parque automotor en áreas urbanas ha generado una demanda creciente de espacios de estacionamiento. Este aumento ha generado problemas como la congestión vehicular y la inseguridad en las calles. Además, la falta de una infraestructura y planificación vial adecuada y eficiente han agravado estos desafíos, evidenciando la necesidad urgente de soluciones innovadoras en el ámbito del estacionamiento vehicular.

Con el propósito de abordar estos desafíos, este proyecto se enfoca en el diseño, desarrollo y evaluación de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel. Este sistema busca optimizar el uso del espacio de estacionamiento en entornos urbanos densamente poblados, ofreciendo una solución eficiente, segura y sostenible. La fundamentación del proyecto se basa en la necesidad de adoptar tecnologías y prácticas de diseño avanzadas que contribuyan a mejorar la movilidad urbana y la calidad de vida de los ciudadanos.

La relevancia de esta investigación se destaca por su potencial impacto en el ámbito urbano y social. Al implementar un sistema de parqueo vertical, se espera reducir la congestión vehicular, mejorar la seguridad en las vías y fomentar una movilidad más responsable y sostenible. Esto no solo beneficiara a los propietarios de vehículos, sino que también contribuirán a crear entornos urbanos más habitables y eficientes para toda la comunidad.

Para lograr los objetivos propuestos, se empleará un enfoque metodológico multidisciplinario que integre técnicas avanzadas de diseño, análisis estructural y evaluación económica. Se utilizarán herramientas como SolidWorks y ANSYS para modelar, simular y evaluar el sistema de parqueo vertical, asegurando su funcionalidad, eficiencia y viabilidad en diferentes contextos urbanos.

1 Planteamiento del problema

Actualmente se encuentran más de 760 mil automotores registrados en el área metropolitana de Bucaramanga. En la figura 1 se muestra un aumento de más de 453 mil vehículos en los últimos 10 años aumento que equivale al 147%. Según expertos, esto es debido a fallas en el transporte público e incumplimientos en obras de infraestructura vial (Arenas, 2021)

Figura 1 Crecimiento parque automotor área metropolitana entre 2011 y 2020



Tomado de Dirección de tránsito de Bucaramanga

Este aumento de vehículos trajo consigo una ampliación en la demanda de parqueaderos, al no contar con suficiente espacio para poder albergar los vehículos genero problemas de inseguridad y congestión vehicular que afectan tanto a los dueños de estos automotores como a los demás ciudadanos.

Para solucionar la problemática presentada se implementará el sistema de estacionamiento rotativo, este ocupa 2 espacios de un estacionamiento común. Lo cual es de gran ayuda en espacios

limitados, este utiliza una tecnología amigable con el medio ambiente, el vehículo estará seguro y no necesitará paquearse en la vía pública mejorando el flujo vehicular.

2 Objetivos del trabajo de grado

2.1 Objetivos generales

Diseñar un sistema de parqueo vertical tipo carrusel con el propósito de optimizar el espacio limitado e implementar nuevas tecnologías que promueva el desarrollo de la ciudad.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de paqueo parqueadero vertical el cual cumpla con las siguientes especificaciones:
 - Capacidad de 8 vehículos.
 - Volumen del habitáculo: 2 metros de ancho, 5 de largo y 2 de alto.
 - Peso máximo 3 toneladas por vehículo.
- Elaborar un análisis económico que involucre variables de costos de diseño, fabricación, manufactura, construcción y funcionamiento.
- Elaboración de un sistema de control que permite el funcionamiento.

3 Marco teórico

Los principios del sistema de estacionamiento modernos se remontan a la década de 1920 donde las primeras ciudades en implementar fueron los ángeles, nueva york y chicago, donde optimizar espacios era un factor más importante en la figura 3 se observa el estacionamiento diseñado en 1923 a partir de este surge la idea de crear elevadores para vehículos o estacionamientos verticales. (Wendy, 2015)

Figura 2 Estacionamiento diseñado por Westinghouse en 1923



Tomado de (Wendy, 2015)

3.1 Antecedentes

Se presentan algunos antecedentes de diseño que darán apoyo al trabajo, donde encontramos a nivel internacional, nacional relacionados con el diseño de un sistema de parqueadero vertical.

3.1.1 Internacional

- **Diseño de un sistema de estacionamiento vertical rotatorio tipo carrusel automatizado para 8 vehículos de cuatro ruedas de la categoría M1 utilizando plc siemens y hmi (SILVESTRE PIHUE, 2021).**

Se diseño un sistema de parqueo vertical rotatorio tipo carrusel automática para 8 automóviles de la categoría M1 con el uso de PLC SIEMENS y HMI, el cual iniciaron con el diseño estructural para el sistema seleccionando materiales y estableciendo las dimensiones del automóvil, continuando con el desarrollo de la automatización con PLC y HMI, seguido de la selección de elementos para la parte electrónica del sistema y determinando la potencia requerida para el motor. Se pudo concluir que de ser implementado el sistema disminuirá la cantidad de automóviles estacionados en los lugares céntricos de Huancayo, donde el diseño realizado ofrece una ergonomía al operario a la hora de realizar los mantenimientos y a un bajo costo.

- **Diseño y cálculo de un estacionamiento vertical (Kareyan, 2017)**

Se diseño y calculo un estacionamiento vertical tipo carrusel con una capacidad de 10 vehículos, aprovechando el mínimo espacio posible, donde el punto de partida fue establecer las dimensiones de los vehículos y especificaciones para instaurar el motor del sistema, continuando con el diseño estructural de los cubículos donde se albergarán los automotores, seguido de un estudio económico al proyecto. Se pudo concluir con el

proyecto alcanzado con el objetivo propuesto además de un diseño cómodo y atractivo para los usuarios, dando un adicional al trabajo de un análisis de costo aproximado basándose en el peso de la estructura.

- **Diseño de un estacionamiento vertical para edificio Nariño (ANDRADE, 2016)**

Consistió en diseñar un estacionamiento vertical que aprovecha espacio en lugares con áreas limitadas para acceso y estancia de vehículos, el cual iniciaron con establecer las dimensiones y pesos a soportar, se generó un análisis económico e impacto ambiental. Se pudo concluir con el sistema de parqueo vertical de 3 niveles fue la alternativa más viable de diseño en cuanto a costos y optimización de espacio para el edificio Mariño.

3.1.2 Nacional

- **Diseño de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel, para la fundación universidad de américa sede campus los cerros (Cristian Estupiñan, 2020)**

El diseño consistió en un sistema de parqueo vertical tipo carrusel, para la Fundación Universidad de América Sede Campus los Cerros, determinaron las dimensiones para el diseño del cubículo, finalizando con un diseño de control para la operación, además de un estudio de costos junto al mantenimiento. Pudo concluir que, al implementar el parqueadero, se optimiza un 20% la capacidad de automóviles en el parqueadero de estudiantes de la Fundación.

- **Diseño del sistema de potencia y estructural de un parqueadero vertical rotatorio (Sarria, 2018)**

El diseño consistió en el sistema de potencia y estructural de un sistema de parqueo vertical rotatorio, continuando con los diseños de la estructura y sistema de transmisión de

potencia. Pudo concluir con el diseño y cálculos del proyecto cumpliendo con lo establecido, dejando un punto de partida para poder continuar con un análisis de costos para la fabricación y puesta en funcionamiento.

la empresa Ecoparking construye soluciones automatizadas de parqueadero, con la más avanzada tecnología en estacionamientos robóticos, siendo pioneros en Latinoamérica en diseño, construcción y puesta en marcha de los sistemas de parqueo teniendo su sede en Medellín, donde nos ofrecen parqueaderos multinivel, parqueaderos rotatorios, parqueaderos tipo torre, y parqueaderos duplicados.

La empresa i-PARK, inteligencia en parqueo, ubicada en Medellín, proporciona soluciones diferentes en parqueaderos de bicicletas, motocicletas y carros, en proyectos de edificaciones en construcción o ya establecidas, con la mejor eficiencia en términos de capacidad de estacionamiento, costos, flujo y reducción de tiempo en la entrega de vehículos.

3.2 Sistemas de parqueo en la actualidad

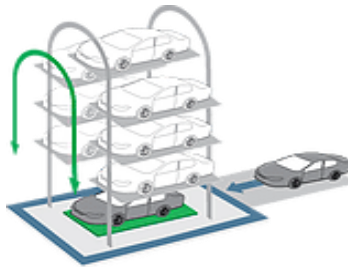
Los estacionamientos verticales surgen como la solución tecnológica más eficiente para aparcar vehículos, su particular diseño y estructura maximiza espacios aportando un aspecto estético y moderno.

3.2.1 Sistema de parqueo rotativo

Este sistema es apto para aparcar gran cantidad de automóviles en la menor cantidad de espacio, el diseño tipo carrusel le permite aparcar gran número de automóviles en el espacio donde se estacionarían dos normalmente como se observa en la figura 3. cuenta con una plataforma en el primer nivel donde ingresa, seguido se verifica el correcto posicionamiento, dando lugar a posicionarse en su respectivo nivel dejando otra plataforma libre para el ingreso, al retirar el

vehículo el sistema buscara la ruta más corta para llevar la plataforma a la parte más baja y entregar el vehículo

Figura 3 Esquema sistema vertical de estacionamiento rotativo



Tomado del sitio web Eurolift Elevators

3.2.2 Sistema de parqueo vertical

el sistema está diseñado para mover automáticamente los vehículos en una plataforma vertical ubicado en el centro de la estructura, que luego transfiere horizontalmente hacia la izquierda o la derecha para su almacenamiento. este sistema ocupa normalmente el espacio de 3 vehículos estacionados como se observa en la figura 4 el sistema es adecuado para albergar hasta 32 vehículos.

Figura 4 Esquema sistema de estacionamiento vertical

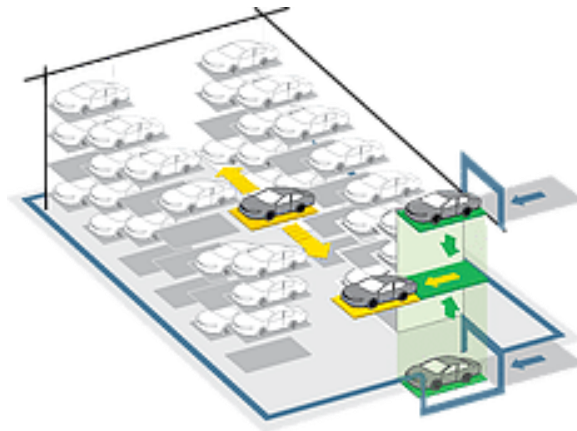


Tomado del sitio web Eurolift Elevators

3.2.3 Sistema de parqueo múltiple

El sistema Múltiple-Aparcamiento ha sido diseñado para mover automáticamente los vehículos por el ascensor, que luego dará la transferencia a una plataforma que espera en cada uno de los múltiples niveles el cual se desplaza de forma horizontal, ubicando los vehículos en su respectivo cubículo, este sistema es adecuado para edificios de mediana y gran escala, donde se pueden mover dos vehículos al mismo tiempo.

Figura 5 Esquema sistema de estacionamiento múltiple

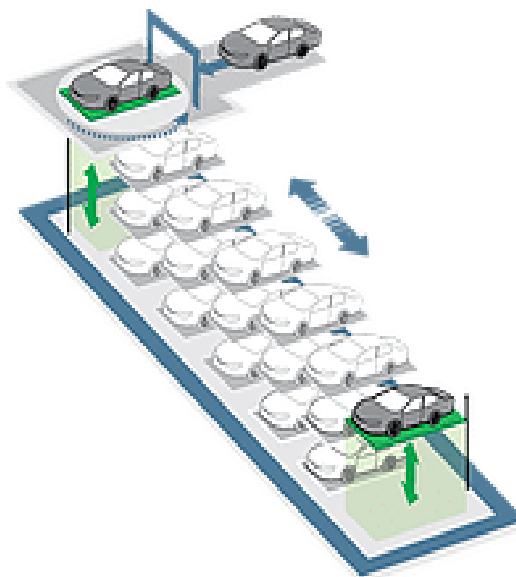


Tomado del sitio web Eurolift Elevators

3.2.4 Sistema de parqueo horizontal.

Este sistema está diseñado para mover los vehículos con ascensores en cada extremo, el diseño cuenta con varios niveles donde los vehículos se mueven horizontalmente en relación con los ascensores como en la figura 6, este diseño es adecuado para pequeños y medianos edificios debido a su alta eficiencia de espacios

Figura 6 Esquema sistema de estacionamiento horizontal

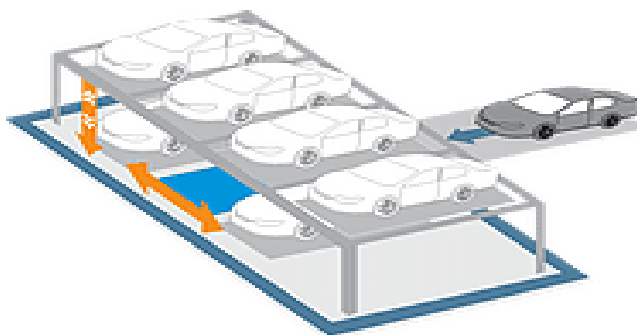


Tomado del sitio web Eurolift Elevators

3.2.5 Sistema de parqueo deslizante

Este sistema es diseñado para tener más de dos niveles de estacionamientos, aporta una estructura que permite el uso de todas las entradas y salidas del primer nivel donde cada plataforma tiene la posibilidad de desplazarse en todos los sentidos como la figura 7, el único requerimiento es dejar vacío una ranura para permitir el movimiento.

Figura 7 Esquema Sistema de estacionamiento deslizante



Tomado del sitio web Eurolift Elevator.

3.3 Requerimientos

El mercado colombiano automotriz tiene una gran variedad de marcas y modelos los cuales se comercializan a nivel nacional, para ello se realiza una toma de datos los cuales se registra las dimensiones y el peso de diferentes modelos (Anexo 1) en función de esto se obtienen promedios para el diseño del sistema de parqueo vertical, donde los requerimientos para almacenar los vehículos son los siguientes:

Tabla 1 medidas promedio seleccionadas

Características	Medidas
Peso del vehículo	3000 kg
Largo del vehículo	5000 mm
Ancho del vehículo	2000 mm
Altura del vehículo	2000 mm
Distancia entre ejes	2600 mm

3.4 Diseño de concepto

En una primera instancia se realizó un acercamiento a un estacionamiento horizontal que está ubicado en el supermercado la canasta ubicada en Floridablanca Santander figura 8 y se anexaron más imágenes en el anexo 14, el cual se encuentra al servicio de la comunidad.

Figura 8 Parqueadero la canasta

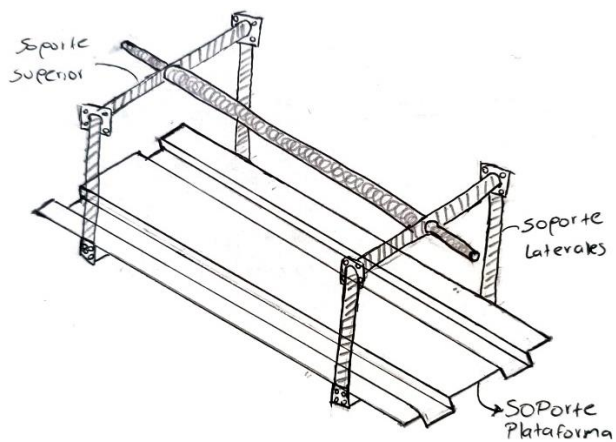


Elaboración propia

Para el diseño se realizaron a mano, bosquejos de lo que se busca diseñar, lo cual consistió en la cabina, la estructura, el sistema de transmisión de potencia.

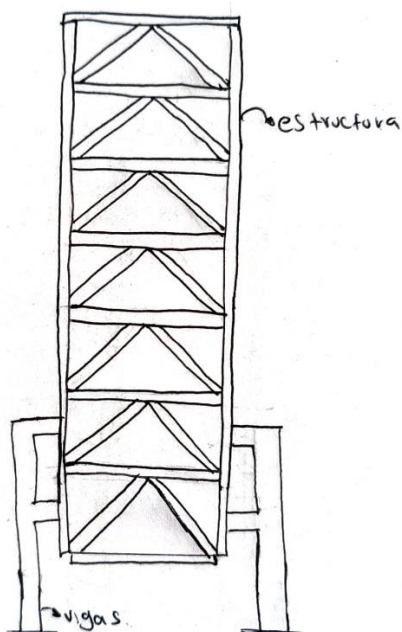
Para el proceso de diseño se realizan diferentes bosquejos, los cuales se encuentra el diseño de la cabina o plataforma que soporta al vehículo, la estructura que soportara todo el sistema, el sistema de transmisión por cadenas, el sistema de transmisión de potencia

Figura 9 Dibujo mano alzada cabina.



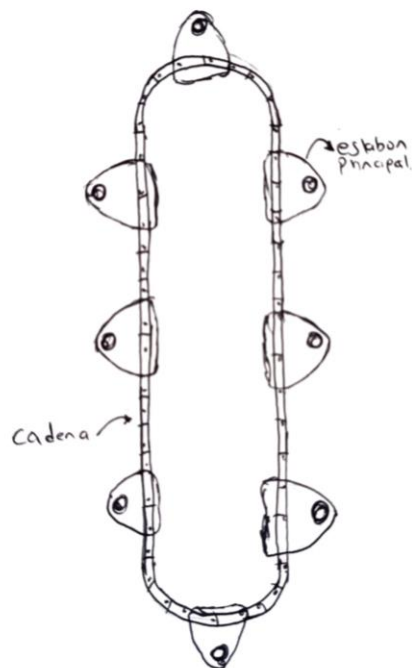
Elaboracion propia

Figura 10 Dibujo mano alzada estructura



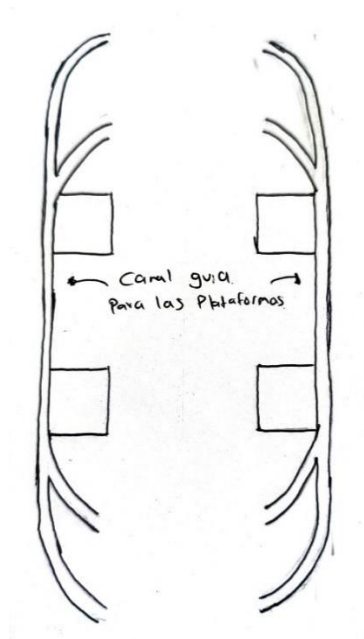
Elaboracion propia

Figura 11 Dibujo mano alzada transmisión por cadena



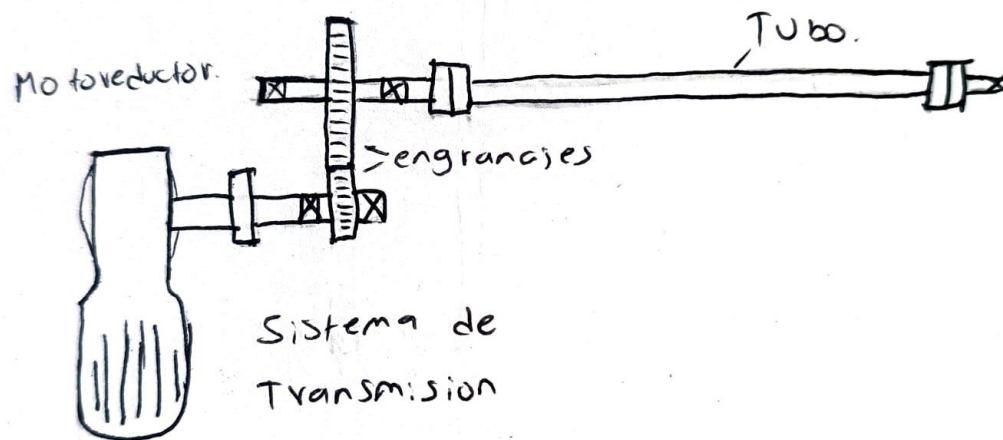
Elaboracion propia

Figura 12 Dibujo mano alzada riel guía.



Elaboración propia

Figura 13 Dibujo mano alzada sistema de transmisión.



Elaboración propia

4 Diseño metodológico y alternativas

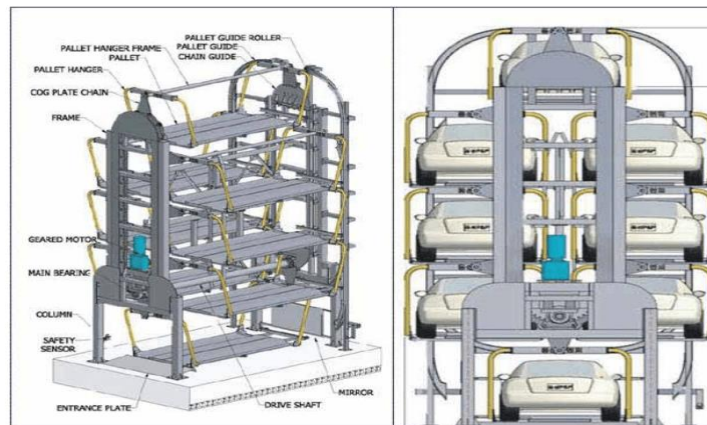
Teniendo en cuenta que el sistema en el cual se basó para realizar el diseño es el vertical tipo carrusel en esta etapa se muestra el funcionamiento del sistema de parqueo vertical, así como los diferentes subsistemas que lo conforman. Se evaluarán las alternativas y soluciones más adecuadas para cumplir con los requerimientos establecidos y su funcionalidad finalmente, se escogerá la mejor alternativa utilizando la matriz de pugh.

4.1 Descripción funcional del sistema

El sistema de parqueo vertical rotatorio se diseñó al utilizar las ventajas de la alta velocidad de operación, dispositivos de seguridad múltiples, aprovechando menor terreno y el cuidado del medio ambiente.

Este consta de un sistema mecánico automatizado con sensores y un PLC, el cual gira con una superficie en un ángulo perpendicular al suelo. Es impulsado por un sistema de transmisión de potencia formado por piñón cadena que lo hace rotar. Cuando se quiere parquear o recuperar el vehículo, la bandeja de estacionamiento girará hasta llegar al nivel del suelo con la distribución mostrada en la figura 8 el cual permite que no haya desbalance o problemas estructurales. Luego el vehículo es estacionado o recuperado directamente por el conductor, este tipo de sistema puede albergar entre 4 a 32 vehículos dependiendo de su tamaño y capacidad

Figura 14 Sistema de parqueo vertical tipo carrusel



Tomado del sitio web elevadoresverticales.com

Para tener una visión del funcionamiento del sistema de parqueo este se divide en 3 subsistemas los cuales son:

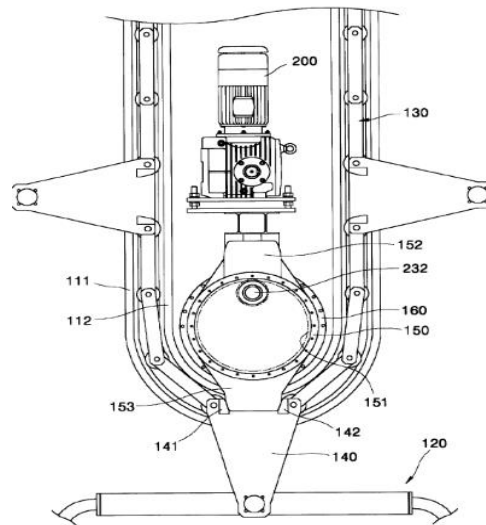
- **Subsistema estructural:** es el encargado de soportar las fuerzas ejercidas por los automóviles y el giro ejercido por el sistema motriz, este subsistema puede estar compuesto principalmente por estructura reticular, armadura, pórtico rígido.
- **Subsistema motriz:** se encarga de transmitir la potencia del sistema desplazando los carros de forma cíclica con respecto al eje ubicado al centro de la estructura,
- **Subsistema de control:** el sistema de control este encargado de controlar el movimiento, seguridad, posicionamiento y velocidad del sistema.

4.2 Descripción operacional del sistema

El sistema por el cual se lleva a cabo el funcionamiento general es el de transmisión de potencia o motriz, la explicación de la descripción operacional del proceso es tomada de la patente “Vertical Rotary aparcamiento system” creada por Dal Young Park en el año 2004 donde el sistema este compuesto por rieles de guía de cadena donde cada uno de estos forman una pista larga sin fin dando forma de un marco, una cadena de suspensión tira de perchas con paletas en las que se cargan vehículos. Un motor de accionamiento está fijado al bastidor para una mayor seguridad. (Park, 2008, p.1.)

El autor nos muestra el diseño realizado de este sistema mediante planos y dibujos donde se observa cada parte y la función de cada una de estas en la figura 9 observamos el montaje principal del sistema motriz.

Figura 15 Vista sistema motriz principal



Tomado de Vertical Rotary Parking System. Disponible en: [Google.lk/patents](https://www.google.com/patents).

4.3 Parámetros del diseño

Para seleccionar los materiales, componentes y cálculos del sistema motriz y estructural con sus respectivas alternativas se deben tener en cuenta ciertos parámetros de diseño mencionado a continuación:

- Los subsistemas del parqueadero deben poder ensamblarse y desmontarse de forma sencilla y práctica.
- La estructura debe soportar vehículos con un peso de 3000 kg por bandeja
- Las bandejas deben permitir estacionar vehículos tipo cupé, sedan, convertible con dimensiones de 2 m de ancho, 2 m de alto y 5 m de largo
- El parqueadero debe tener una capacidad para 8 vehículos
- el sistema estructural ocupara una superficie de 2.5 parqueaderos tradicionales esto para que su eficiencia sea mayor.
- La velocidad lineal no debe exceder de 0.27 m/s.

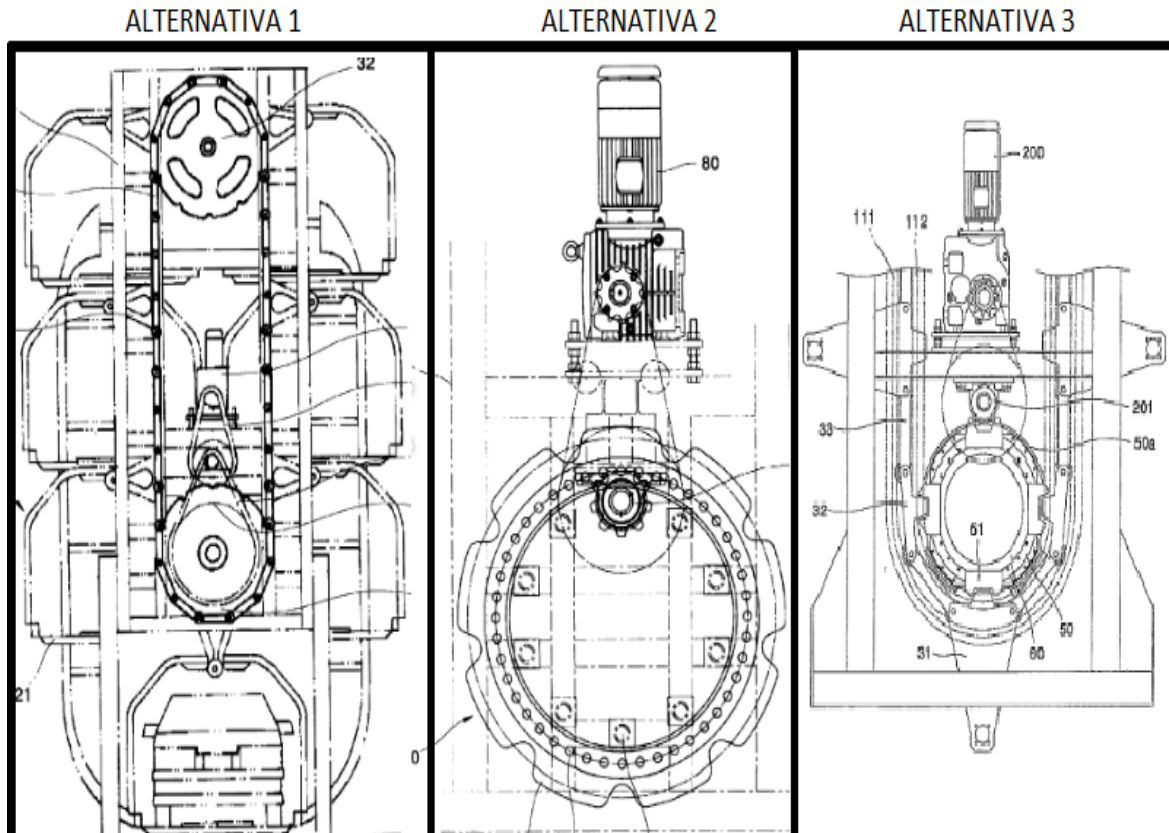
4.4 Alternativas de diseño

utilizando la matriz de pugh, se establecen las alternativas de diseño que satisfacen los parámetros funcionales, operacionales y de diseño. se establecieron 3 alternativas para la solución de la problemática expuesta siendo estas variables de diseño el perfil estructural, el tipo de armadura que se va a seleccionar y el diseño del sistema de transmisión de potencia.

4.4.1 Alternativas sistema motriz

En la figura 10 se observan las alternativas motrices seleccionadas la alternativa 1 fue tomada de la patente US20040156699 creada por Park Dal Young en el año 2003, la alternativa 2 fue tomada de la patente KR1020040051259 creada por Park, Dal Yeong en 2005, la alternativa 3 fue tomada de la patente WO2008060000A1 creada por Dal Young Park en 2006

Figura 16 Alternativas sistema motriz



Tomado del sitio web Google.lk/patents.

Se realizo una tabla en la cual se muestran las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas para escoger la mejor.

Tabla 2 Ventajas y desventajas alternativas del sistema motriz

	ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Peso ligero	Vibración y ruido excesivo por la tensión de la cadena
	Trasmisión de potencia directa	

	No necesita sistema adicional para transmitir potencia	Proceso de fabricación más complejo
Alternativa 2	reducción sobretensión de la cadena	esfuerzos por inercia son muy grandes
	Mayor vida útil	
	reducción costos de producción y montaje	
Alternativa 3	mayor estabilidad sistema de transmisión	mayor peso de cadena por los eslabones
	bajo ruido y vibraciones	
	mayor facilidad manufactura	

Elaboración propia

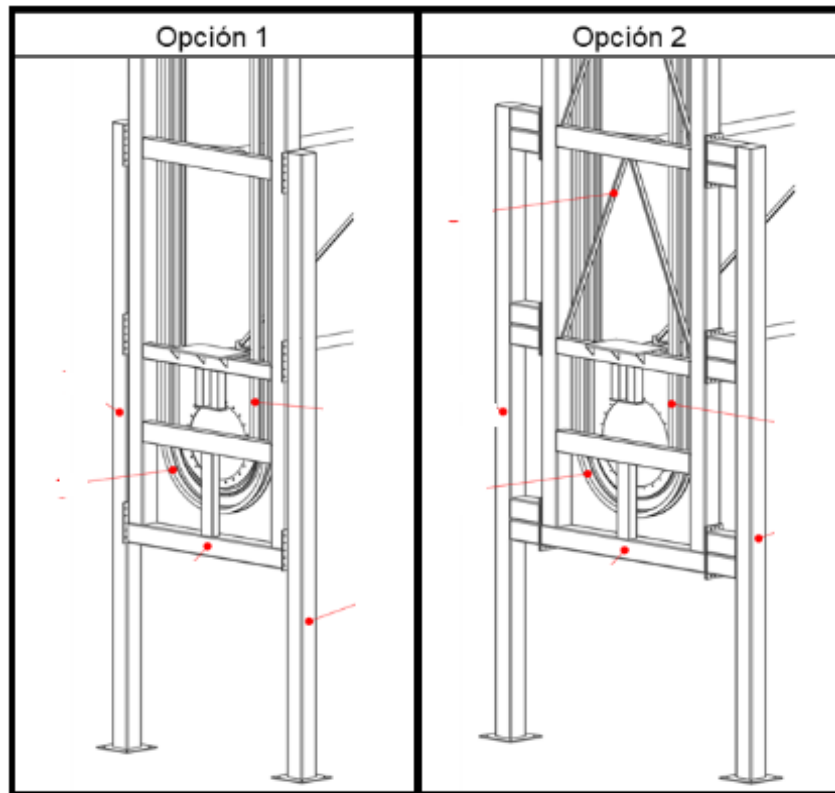
Posteriormente se realiza la matriz de pugh a las alternativas anteriores con el fin de escoger la mejor para el diseño del sistema vertical de parqueo los parámetros tomados se pueden observar en el Anexo 2, en el Anexo 3 se observa el nivel que puede tomar cada parámetro.

La mejor alternativa según el Anexo 5 fue la alternativa 2 debido a que esta relación peso, costo de manufactura y una distribución de potencia más óptima que las otras dos opciones.

4.4.2 Alternativas sistema estructural

En la figura 11 se observan las 2 alternativas para el sistema estructural las cuales están compuestas por bases inferiores y superiores la cual tiene las guías de las cadenas.

Figura 17 Alternativas para el sistema estructural



Tomado del sitio web Google.lk/patents

En la siguiente tabla se pueden observar las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas la cual nos ayudara a escoger la opción que más nos conviene para la solución del problema.

Tabla 3 *Ventajas y desventajas sistema estructural*

	Ventajas	Desventajas
Alternativa 1	Ensamblaje más simple	Problemas de estabilidad debido a que su base es angosta
	Manufactura más rápida	
Alternativa 2	Al tener sus bases laterales más separadas del centro le da más estabilidad	Tiene un peso mayor, así como su manufactura es más complicada
	Tiene rigidizadores lo cual la hace más resistente a sismos o temblores	

Se analizaron los parámetros para la selección de la mejor estructura (Anexo 2) así como el puntaje con el cual se calificará Anexo 3 para realizar la matriz de pugh como se observa en el

La mejor alternativa seleccionada para la estructura del sistema vertical de parqueo será la numero 2 debido a que esta cumple de mejor manera los parámetros escogidos inicialmente.

5 Diseño a detalle del sistema de parqueo vertical tipo carrusel

A continuación, se presenta el diseño de los elementos del sistema de parqueo vertical tipo carrusel, en el proceso se utilizó herramientas computacionales para el modelado y análisis ingenieril en 3D como lo son SolidWorks y el software ANSYS

En el análisis realizado por ANSYS y SolidWorks se determinó la deformación total, el factor de seguridad y el esfuerzo de Von Mises. A continuación, se presenta una breve definición de cada concepto:

- **Deformación total:** Es la cantidad de cambio en la forma y tamaño de un componente estructural debido a las cargas aplicadas. La deformación total proporciona información sobre la capacidad del eslabón para soportar las cargas y puede ayudar a identificar áreas de concentración de tensiones o deformaciones excesivas.
- **Factor de seguridad:** Es una medida que compara la resistencia estructural de un componente con las cargas aplicadas. Un factor de seguridad por encima de 1 indica que el componente es lo suficientemente resistente para soportar las cargas sin fallos. Proporciona una medida de la capacidad de carga adicional o margen de seguridad disponible en el diseño. Un factor de seguridad menor a 1 indica que el componente está sometido a cargas cercanas o superiores a su límite de resistencia y puede requerir modificaciones o refuerzos.
- **Esfuerzo de Von Mises:** Es una medida utilizada para evaluar la resistencia de un material frente a múltiples tipos de esfuerzos, como la tensión y la compresión. Representa una combinación de los diferentes esfuerzos presentes en el material y se calcula utilizando una fórmula que tiene en cuenta los tres componentes principales de tensión. El esfuerzo de

Von Mises se compara con la resistencia del material para determinar si el componente está dentro de los límites seguros de resistencia y evitar posibles fallos estructurales.

Con estas definiciones en mente, el análisis estático en ANSYS proporcionó información valiosa sobre la deformación total, el factor de seguridad y el esfuerzo de Von Mises en el componente, lo que permitió evaluar su rendimiento y determinar si cumple con los requisitos de diseño establecidos

5.1 Normas y regulaciones para asegurar la seguridad de estructuras y obras civiles.

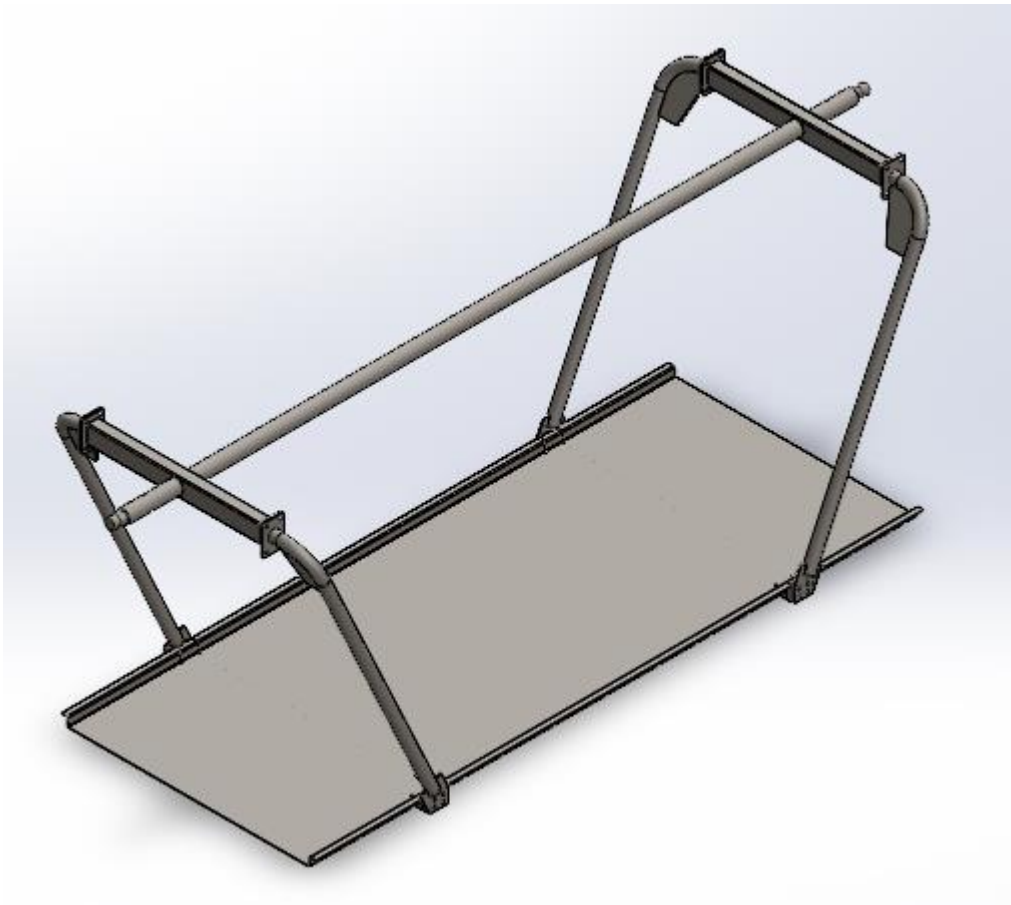
Para realizar el diseño se tuvieron en cuenta las siguientes normas y regulaciones:

- **Norma Sismo Resistente (NSR-10):** Define los métodos de diseño y construcción que deben seguirse, así como los estándares de calidad y seguridad.
- **Reglamento Colombiano de Construcción Sostenible (RCCS):** establece los estándares para el uso eficiente de recursos naturales y la reducción de emisiones contaminantes.
- **ISO 9001 y ISO 14001:** normas para asegurar la calidad y el control ambiental en sus proyectos de construcción.
- **NTC 5690:** Normativa específica para el diseño de estacionamientos, que incluye aspectos como el espacio mínimo requerido para cada vehículo, accesos, y medidas de seguridad.
- **N NTC 5613:** Establece los requisitos y procedimientos para la fabricación y montaje de estructuras metálicas.
- **NTC 5678:** Establece los criterios para el diseño de estructuras metálicas y los métodos de cálculo que deben seguirse.
- **NTC 6063:** Define los requisitos de seguridad para la instalación de estructuras metálicas en edificaciones.

5.2 Diseño sistema de bandeja de almacenamiento

La estructura se conforma por una bandeja de almacenamiento que soporta los vehículos, un soporte superior de la bandeja y cuatro soportes laterales los cuales permiten la conexión entre la bandeja de almacenamiento y el soporte superior de la bandeja.

Figura 18 Plataforma para vehículos

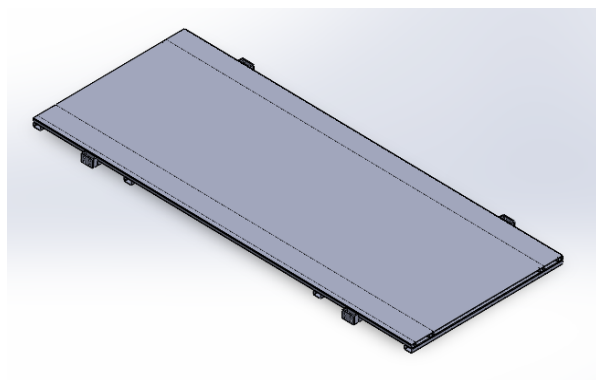


Fuente elaboración propia

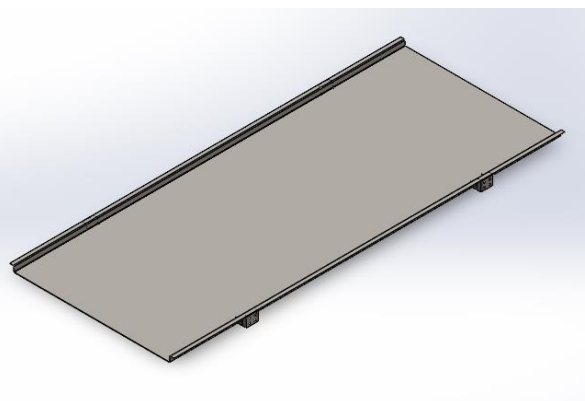
Para la bandeja de almacenamiento se tenían dos prototipos a analizar, el modelo A y el modelo B, donde el modelo A fue el primer diseño que se realizó con el fin de almacenar y soportar

el vehículo, donde por la cantidad de uniones soldadas para su fabricación y la cantidad de material para la construcción, el cual incrementaba los costos se optó por un nuevo diseño que cumpliera con los requisitos de almacenar y soportar el vehículo.

Figura 19 Alternativas plataforma



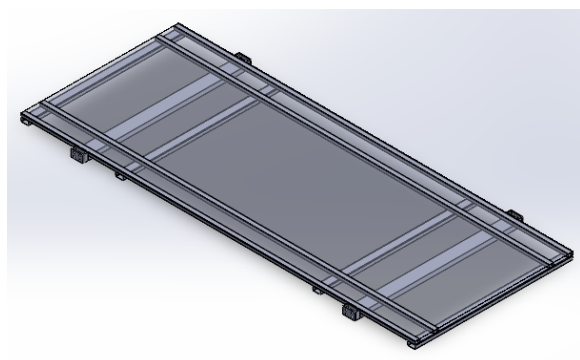
Modelo A



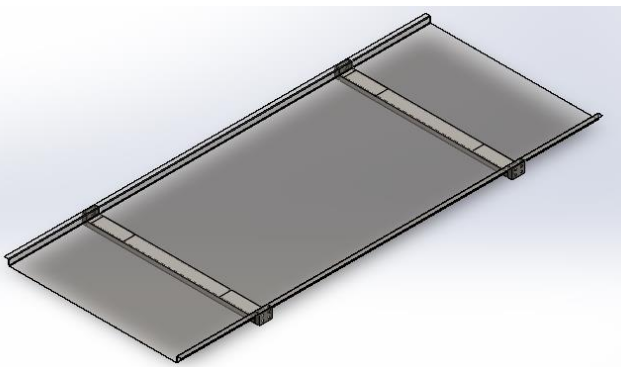
Modelo B

El modelo A constaba de varios perfiles rectangulares unidos por soldadura donde se instalaba una lámina la cual soportaría y almacenaría el vehículo, para el modelo B se tomó de guía diseños ya existentes para la elaboración donde se reduce la cantidad de material para la fabricación de la bandeja de almacenamiento.

Figura 20 Alternativas soporte plataforma



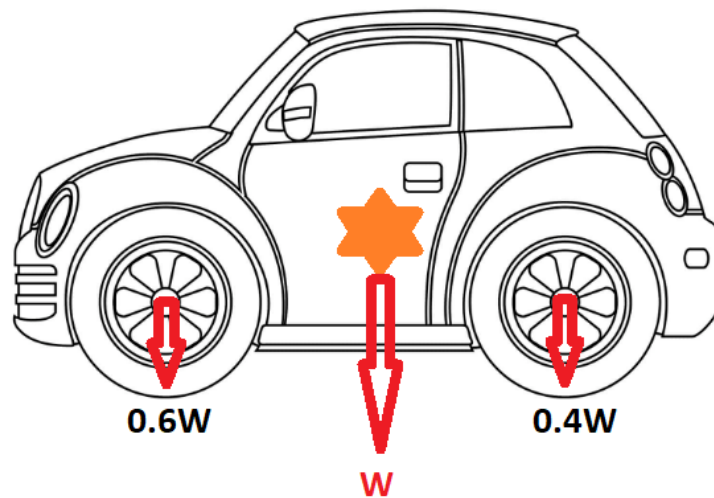
Modelo A



Modelo B

Teniendo en cuenta que los vehículos, en su gran mayoría soportan un mayor peso en la parte donde se ubica el motor, se determina que el peso es un 60% en el eje delantero y un 40% en el eje trasero.

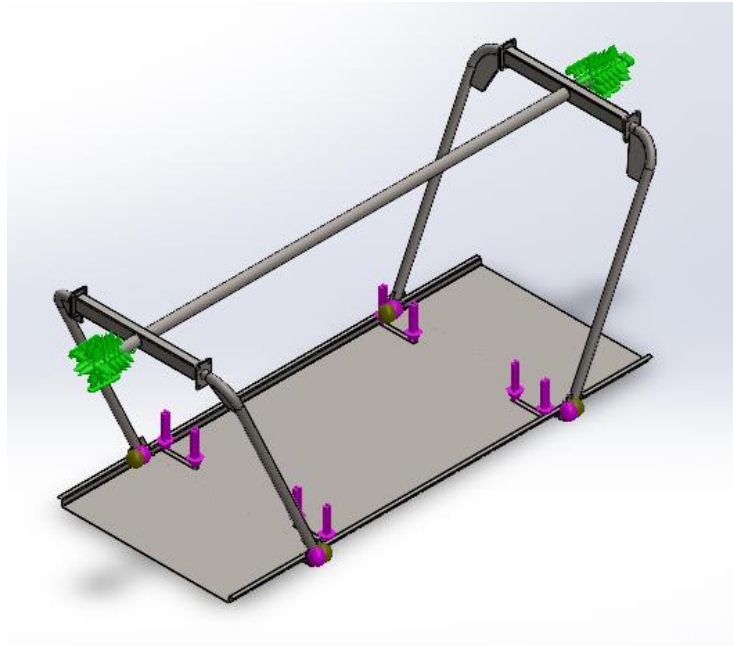
Figura 21 Distribución de peso en un automóvil



Tomado de tecnología del automóvil

Para el análisis de la bandeja de almacenamiento se fija la plataforma en la parte superior en los dos extremos y en la parte baja de la plataforma se ubican las fuerzas de 1800 N representando el 60% y 1200 N correspondiente al 40% (figura 15), respecto a las cargas aplicadas se promedió la distancia entre ejes de los vehículos, las uniones en la simulación se consideraron soldadas para que el ensamble se comporte como un elemento rígido.

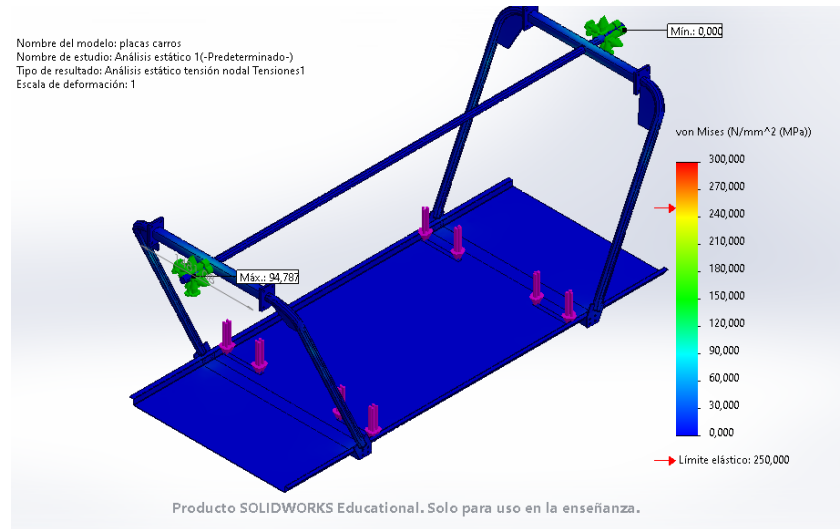
Figura 22 Restricciones y cargas aplicadas al ensamble



Elaboración propia

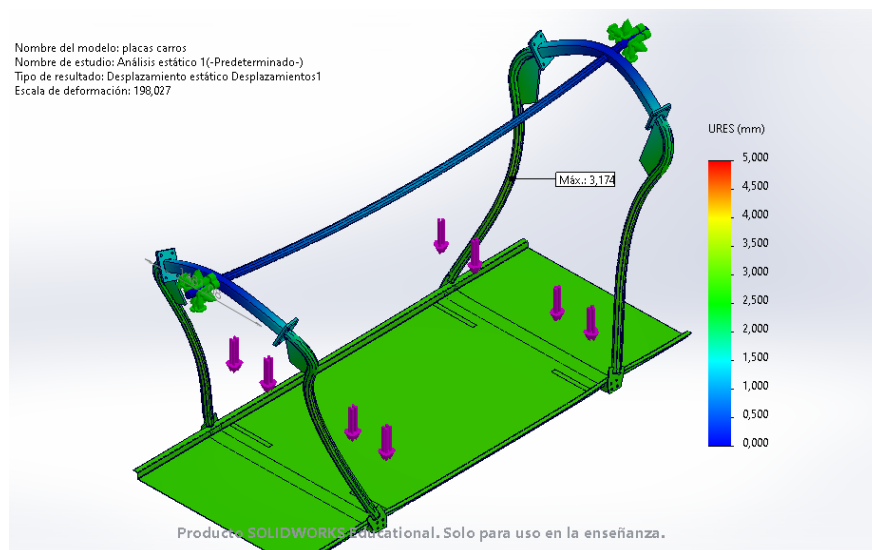
El resultado obtenido por el análisis de esfuerzo máximo de von Mises en el es de 250 Mpa (figura 17). La deformación total es de 3.174 mm (Figura 18). El factor de seguridad de 2.637 (Figura 19). Todo esto teniendo en cuenta que el acero utilizado para la estructura es ASTM A-36, este material fue el seleccionado por su bajo costo.

Figura 23 Esfuerzo de von Mises bandeja almacenamiento



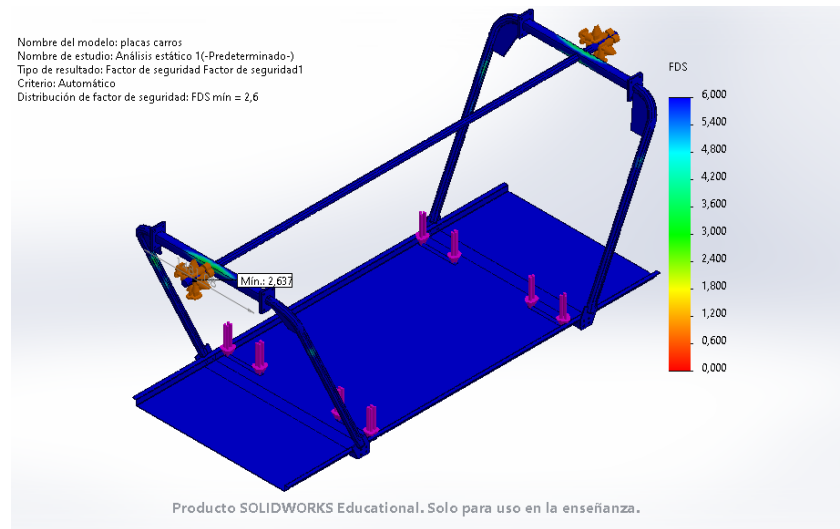
Elaboración propia

Figura 24 Deformación total bandeja almacenamiento



Elaboración propia

Figura 25 Factor de seguridad bandeja vehicular



Elaboración propia

Con los datos hallados podemos concluir que las plataformas para los vehículos cumplen con los valores de deformación, tensiones y factor de seguridad para que esta funcione correctamente y sin contratiempos de manera eficiente y segura.

6 Diseño del sistema de transmisión de potencia

El sistema de transmisión de potencia es un componente clave en el diseño de un sistema de estacionamiento vertical tipo carrusel. Es responsable de proporcionar el movimiento y la energía necesarios para el desplazamiento de las plataformas que transportan los vehículos. En esta sección, se describirá el enfoque adoptado para el diseño y selección de la transmisión de potencia, considerando factores como:

- **Eficiencia:** La transmisión de potencia debe ser capaz de transferir la energía de forma eficiente, minimizando las pérdidas por fricción y otros factores.

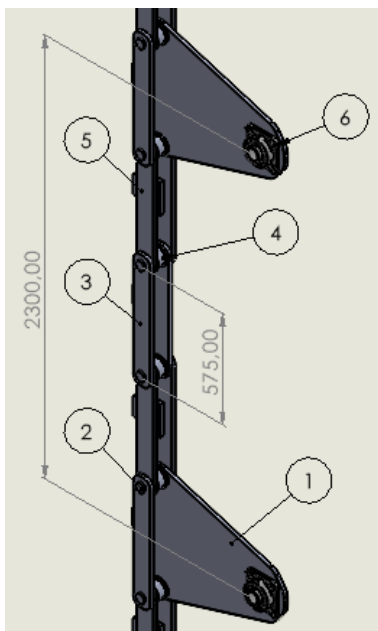
- Capacidad de carga: El sistema debe ser capaz de soportar las cargas esperadas, tanto estáticas como dinámicas, asociadas con el transporte de vehículos de diferentes tamaños y pesos.
- Fiabilidad: La transmisión de potencia debe ser confiable, asegurando un funcionamiento constante y sin fallas durante la operación normal del sistema.

6.1 Diseño de cadena principal

El diseño de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel comienza con la etapa de diseño de la cadena, un componente clave en el sistema de transmisión de potencia. Utilizando herramienta de diseño SolidWorks, se modela la cadena en un entorno virtual, considerando dimensiones, forma y detalles. Posteriormente, se realiza un análisis de fuerzas en SolidWorks para evaluar el comportamiento de la cadena bajo diferentes cargas y condiciones de funcionamiento. Este proceso de diseño y análisis permite optimizar el diseño de la cadena, asegurando su resistencia, durabilidad y rendimiento antes de proceder a la fabricación del sistema.

La cadena que permite el movimiento de las plataformas está compuesta por eslabón principal (1), eslabón libre (3), eslabón con pasador (5), pasador (2), rodillo (4) y una chumacera cuadrada SKF UKF 213 K/H. La distancia entre eslabones es de 575 mm y la distancia entre ejes es de 2300 mm

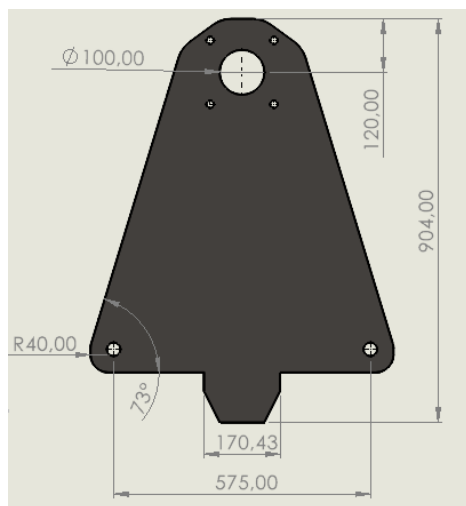
Figura 26 Cadena principal desplazamiento de las plataformas



Elaboración propia

A continuación, se presenta el diseño de cada uno de los elementos:

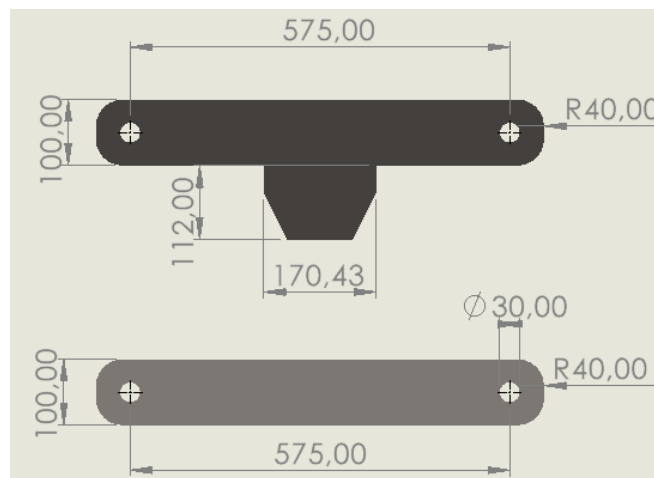
Figura 27 Eslabón principal



Elaboración propia

El eslabón principal el cual se muestra en la figura 27 se encarga de sujetar el eje que va unido a la plataforma del automóvil, Para su fabricación se utilizará un acero ASTM A36 el cual es un tipo de acero suave que cumple con las especificaciones técnicas ASTM A36/A36M. Este acero tiene una resistencia a la tracción de alrededor de 400-550 MPa (58-80 ksi) y es ampliamente utilizado en la fabricación de estructuras y componentes estructurales debido a su buena soldabilidad, maleabilidad y resistencia adecuada. (Max Acero Monterrey, 2021)

Figura 28 Eslabones secundarios



Elaboración propia

Para realizar la unión de los eslabones internos y externos de la cadena se utilizó un rodillo en acero A36 el cual sirve de guía y pasadores en el mismo material los cuales se encargan de unir y fijar todos los elementos.

A continuación, se procede a diseñar el pasador por la teoría de esfuerzo cortante:

$$\text{Esfuerzo cortante promedio: } \tau = \frac{v}{A}$$

$$\text{Fuerza cortante} = v = \frac{\rho}{2} = \tau = \frac{\rho}{2A}$$

$$\tau \leq \frac{SSy}{n} \quad SSy = 0,5 Sy$$

Donde:

$\tau =$ *esfuerzp cprtante*

$SSy =$ *resistencia a la fluencia por cortante*

$Sy =$ *resistencia a la fluencia*

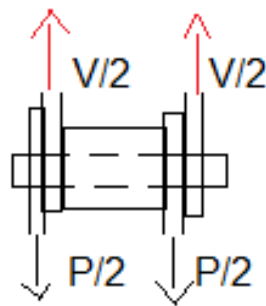
$N =$ *factor de seguridad*

- Diseño de pasadores

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{SSy}{n}$$

Donde d es el diámetro del pasador con un factor de seguridad establecido

Figura 29 análisis de fuerzas pasador critico



Elaboración propia

$$P = 6500 \text{ Kg} = 65000 \text{ N}, \quad Sy = 250 \text{ Mpa}, \quad n = 2, \quad SSy = 125 \text{ Mpa}$$

$$\tau = \frac{P / 2}{A} = \frac{SSy}{n}$$

$$\frac{P}{\frac{2\pi D^2}{4}} = \frac{SSy}{n}$$

$$\frac{2P * n}{\pi * SSy} = D^2$$

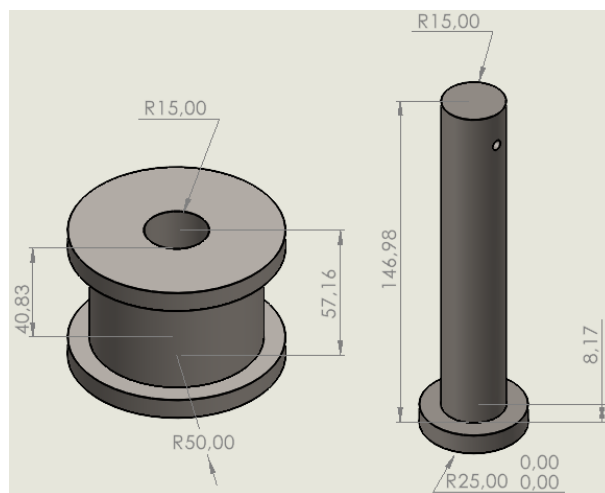
$$D = \sqrt{\left(\frac{2P * n}{\pi * SSy}\right)}$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{2 * 65000N * 2}{\pi * 125N/mm^2}\right)}$$

$$D = 25,73 \text{ mm}$$

Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 2 y el esfuerzo máximo de corte que soporta el acero A36 el diámetro mínimo que tiene que tener el pasador para que no se rompa por esfuerzo cortante es de 25,73 mm, con este valor el diámetro tomado para el pasador diseñado es de 30mm lo cual genera más seguridad en el sistema,

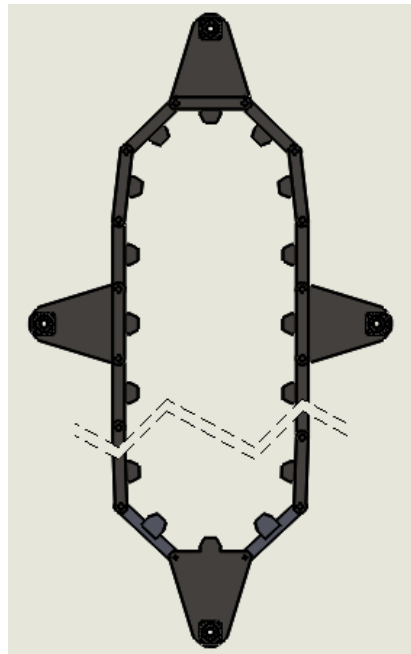
Figura 30 Rodillo guía y pasador



Elaboración propia

Con todos los elementos mencionados anteriormente se realizó el ensamblaje de la cadena principal el cual podemos observar en la figura 16 posteriormente se realizó el análisis estático de cada uno de los elementos con las fuerzas que estos soportan en el software ANSYS workbench 2023 el cual permite modelar y predecir el comportamiento de diversas estructuras, desde componentes individuales hasta sistemas completos.

Figura 31 Ensamble cadena principal

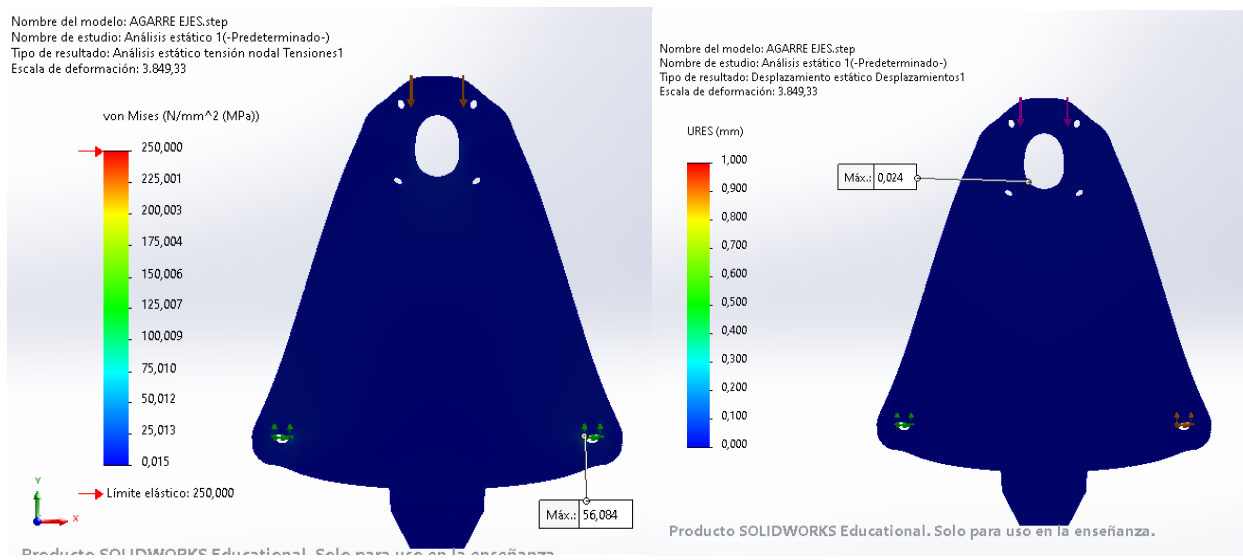
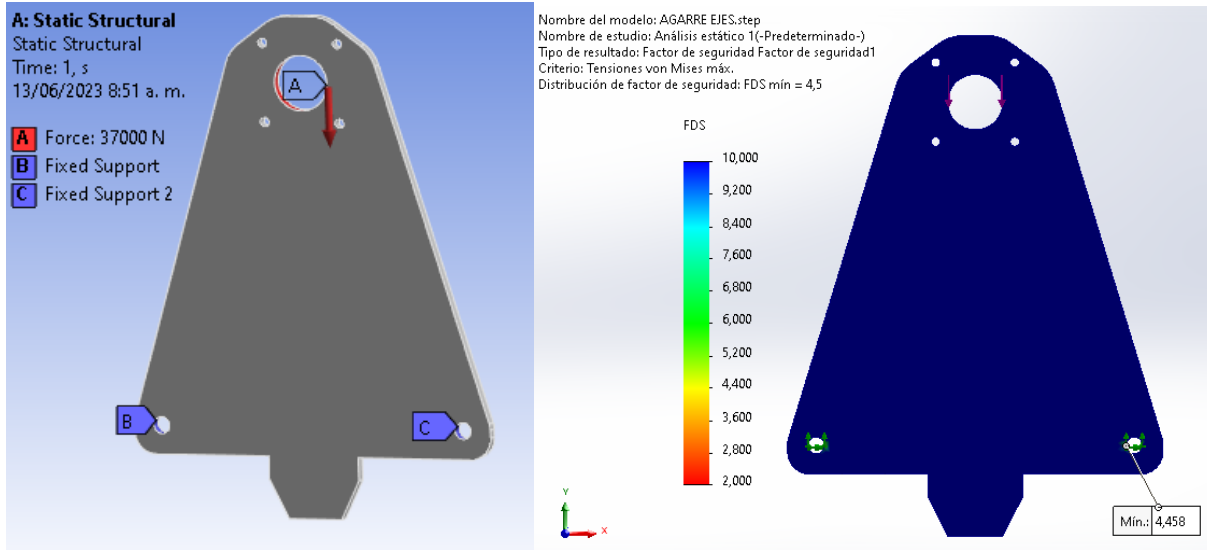


Elaboración propia

Debido al giro de la cadena, el eslabón principal cambia su posición por lo cual se realizó el análisis estático en las 3 posiciones donde el sistema está en reposo y realizando el mayor esfuerzo como esto se muestra en la figura 16.

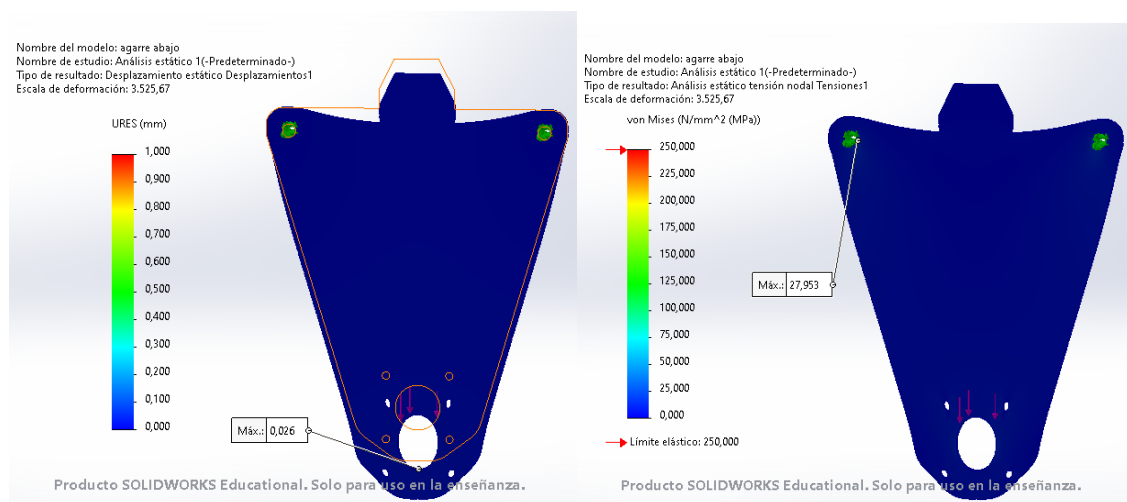
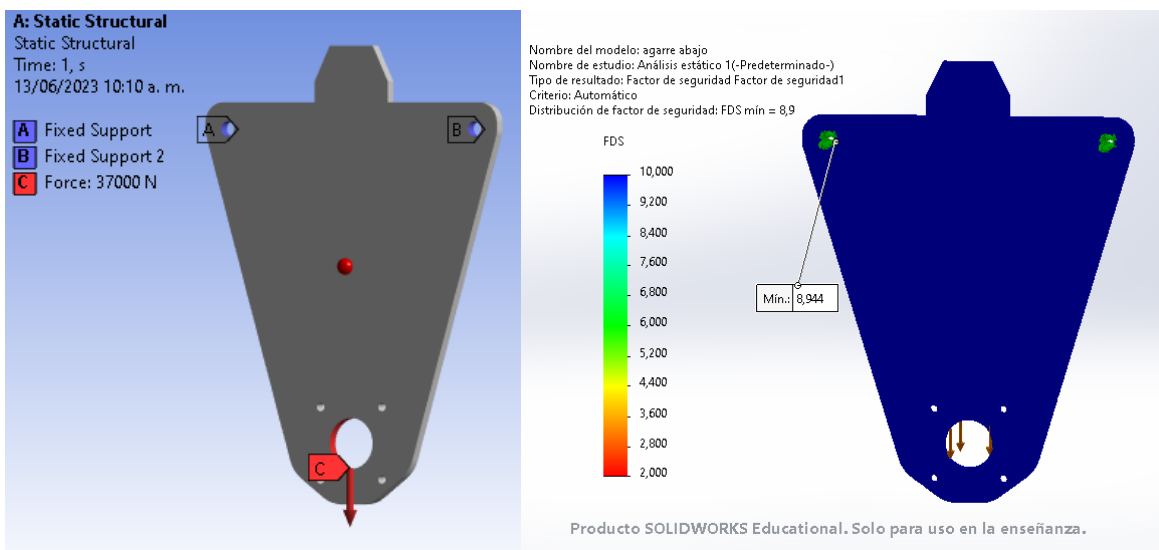
Para calcular las fuerzas que actúan sobre la cadena se tiene en cuenta el peso de los vehículos es de 3000kg cada uno, el peso de las plataformas es de 700 kg cada una por lo cual el peso total que soporta cada eslabón es de 3700 Kg o 37000 N.

Figura 32 Análisis eslabón posición vertical superior



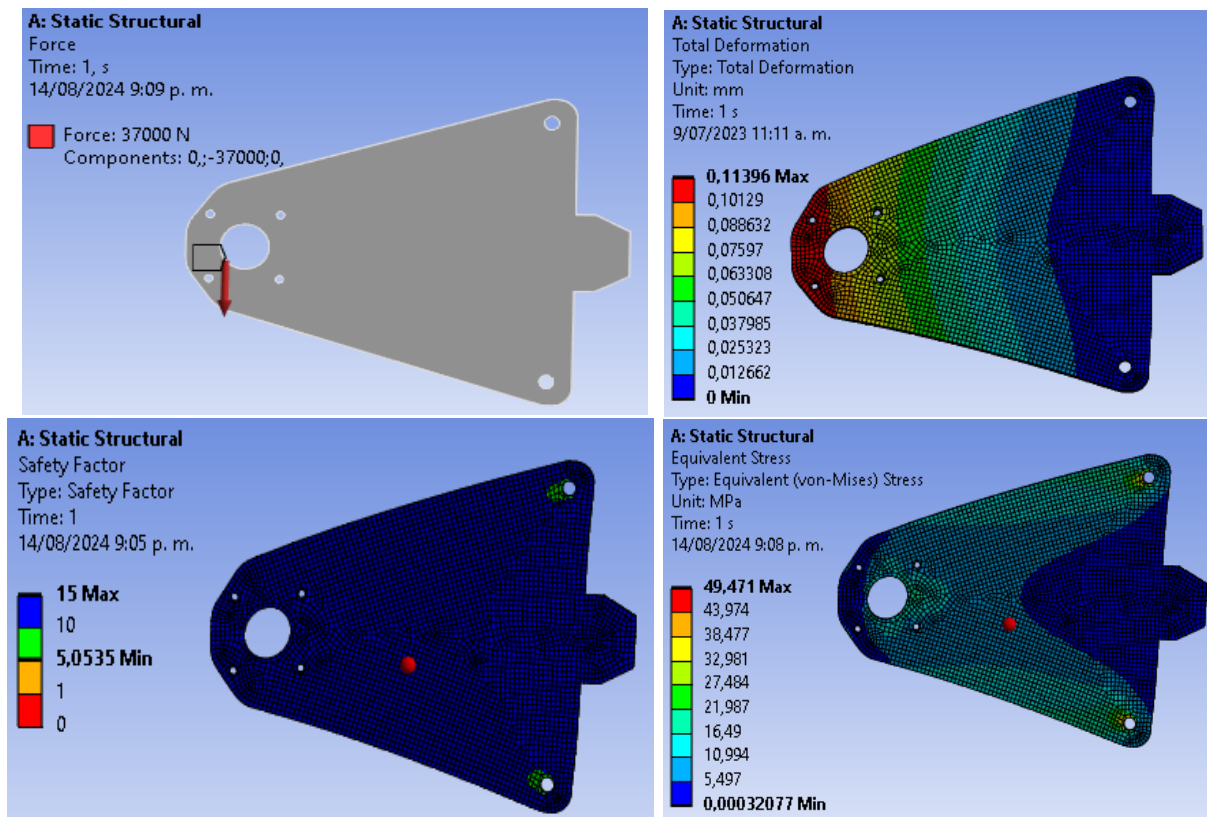
Elaboración propia

Figura 33 Análisis eslabón posición vertical inferior



Elaboración propia

Figura 34 Análisis eslabón posición horizontal



Elaboración propia

Con las fuerzas mencionados anteriormente se procedió a realizar el análisis estructural de los eslabones en cada una de sus posiciones críticas realizando el análisis se fue iterando el número de nodos utilizado en la malla para obtener un resultado más preciso y detallado.

A continuación, se muestra una comparación de los resultados hallados en las tres posiciones:

Tabla 4 resultados obtenidos análisis del eslabón principal

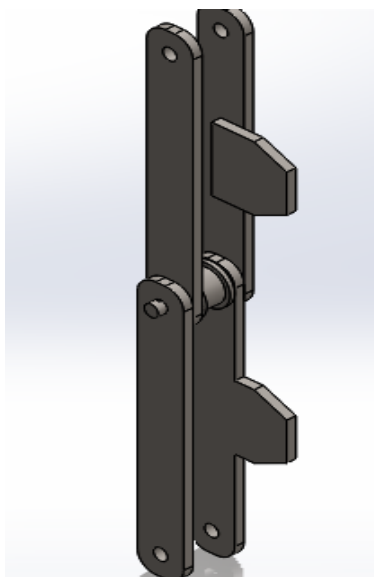
	Posición 1	Posición 2	Posición 3
Deformación total (mm)	0,025789	0,025682	0,11396
Esfuerzo de Von Mises (Mpa)	56,094	27,953	49,471
Factor de seguridad	4,5	8,94	5,05

Elaboración propia

De los resultados se concluye que la posición 1 es la más crítica ya que el factor de seguridad es menor y el esfuerzo que soporta es mayor, el esfuerzo presentado no supera el límite elástico del acero y el factor de seguridad es adecuado por lo cual el eslabón no fallara.

A continuación, se realizó la simulación de los eslabones secundarios, rodillos y eslabones estos se pueden observar en la figura 29 y 30 respectivamente. Se inició realizando el análisis estático pieza por pieza para luego realizarlo en el ensamblaje que se muestra en la figura 28.

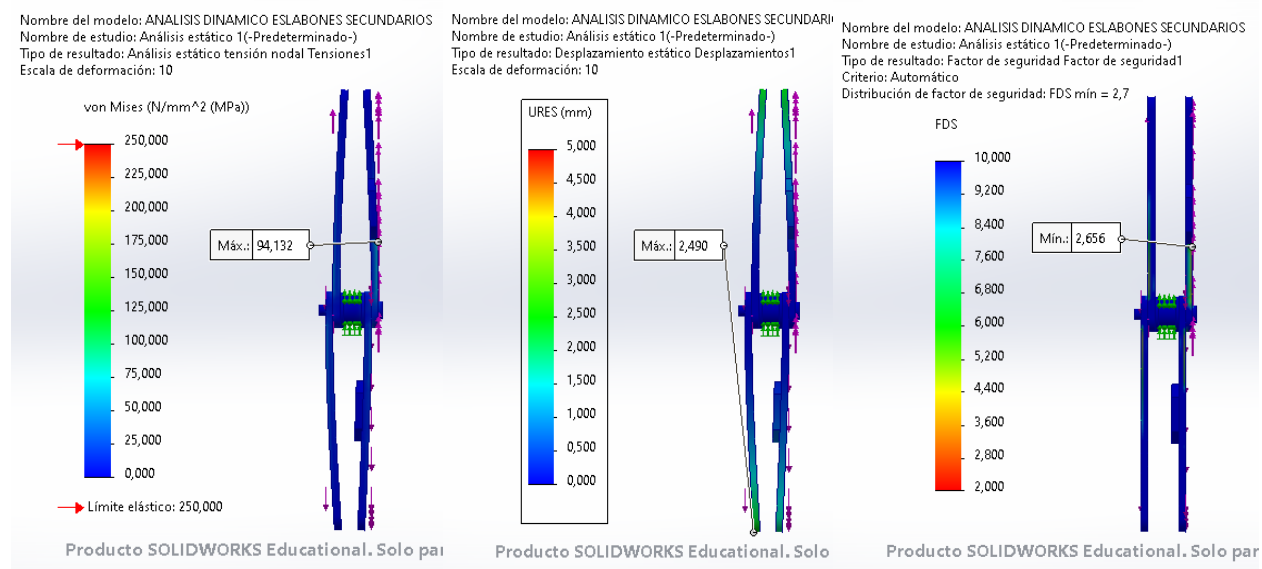
Figura 35 Ensamblaje eslabones secundarios y rodillo



Primero se realiza la simulación del ensamblaje completo aplicando la fuerza crítica que estos soportaran la cual es de 65000 N por cada lado de la cadena.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Figura 36 resultados von mises, deformación y factor de seguridad



Elaboración propia

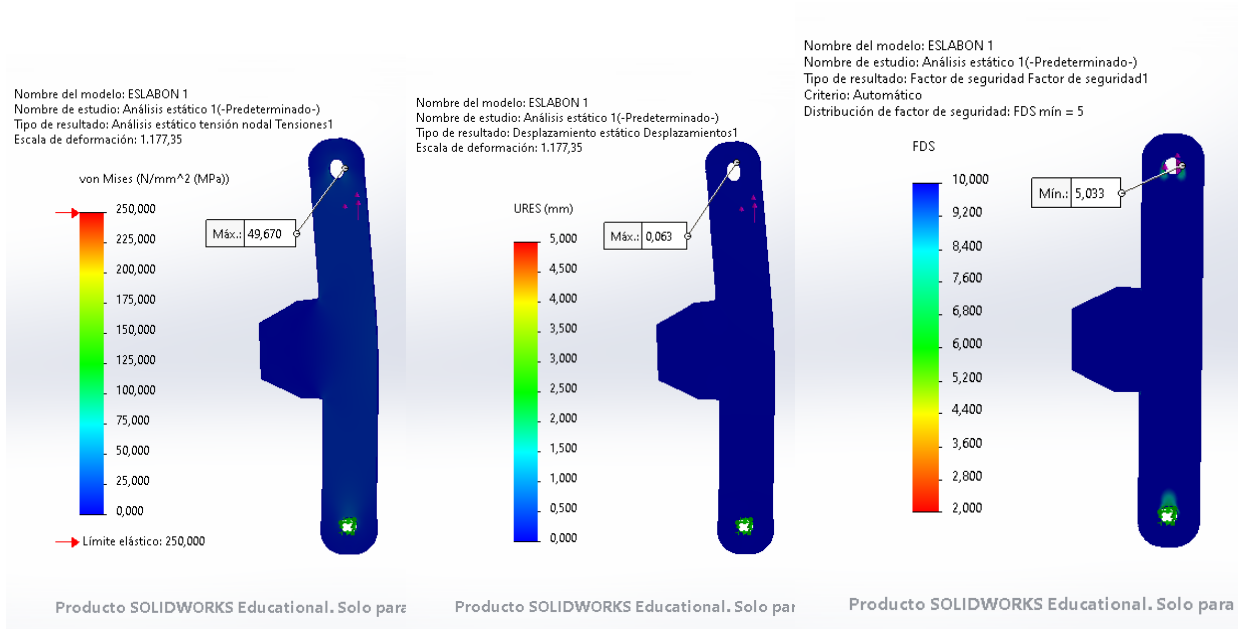
A continuación, realiza la simulación del eslabón 2 y 3 estos tienen una sujeción fija en la cara A, en la cara B se le aplicó una fuerza de 37000 N, el cuál es el esfuerzo

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 5 resultados ensamblaje pasador y eslabones críticos

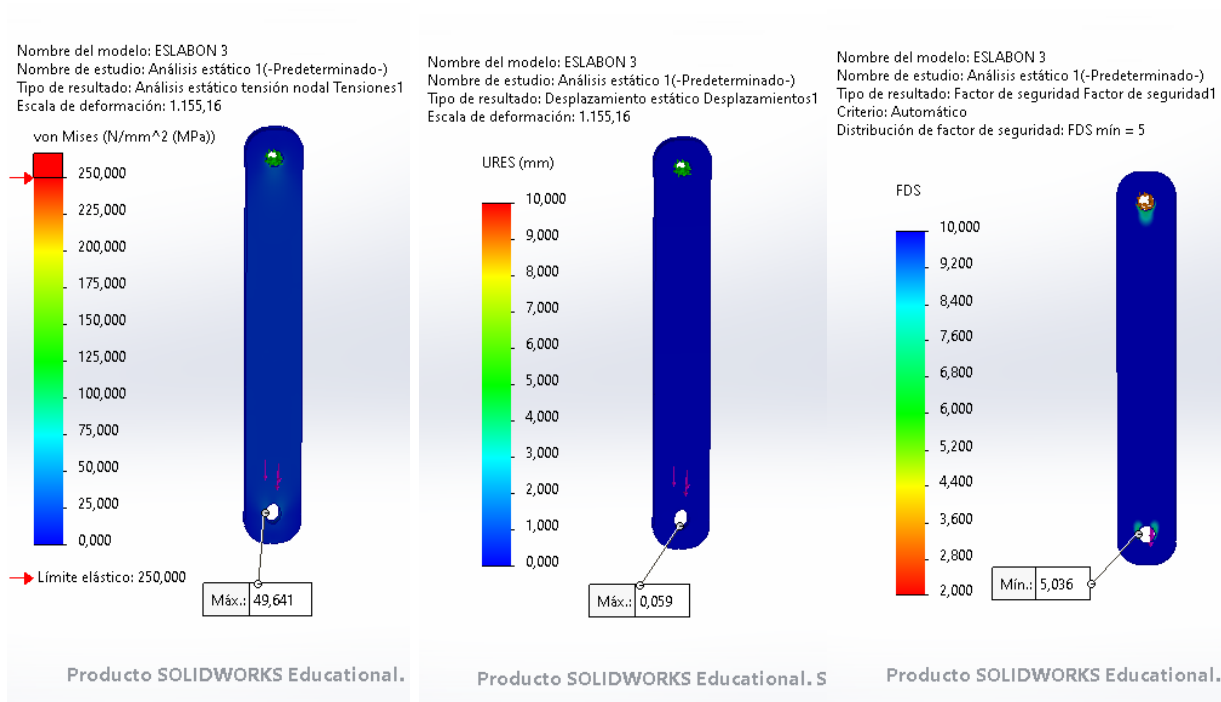
Deformación total (mm)	2,49
Esfuerzo de Von Mises (Mpa)	94,19
Factor de seguridad	2,656

Figura 37 Análisis eslabón 3



Elaboración propia

Figura 38 Análisis eslabón 2



Elaboración propia

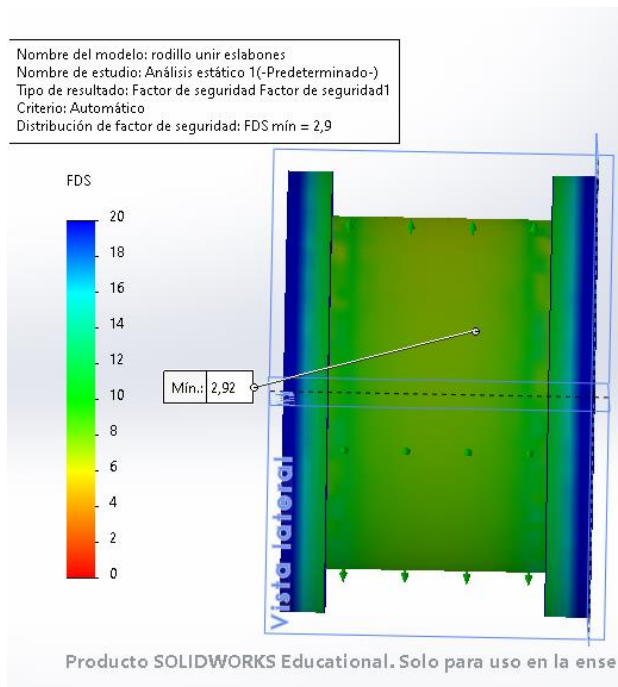
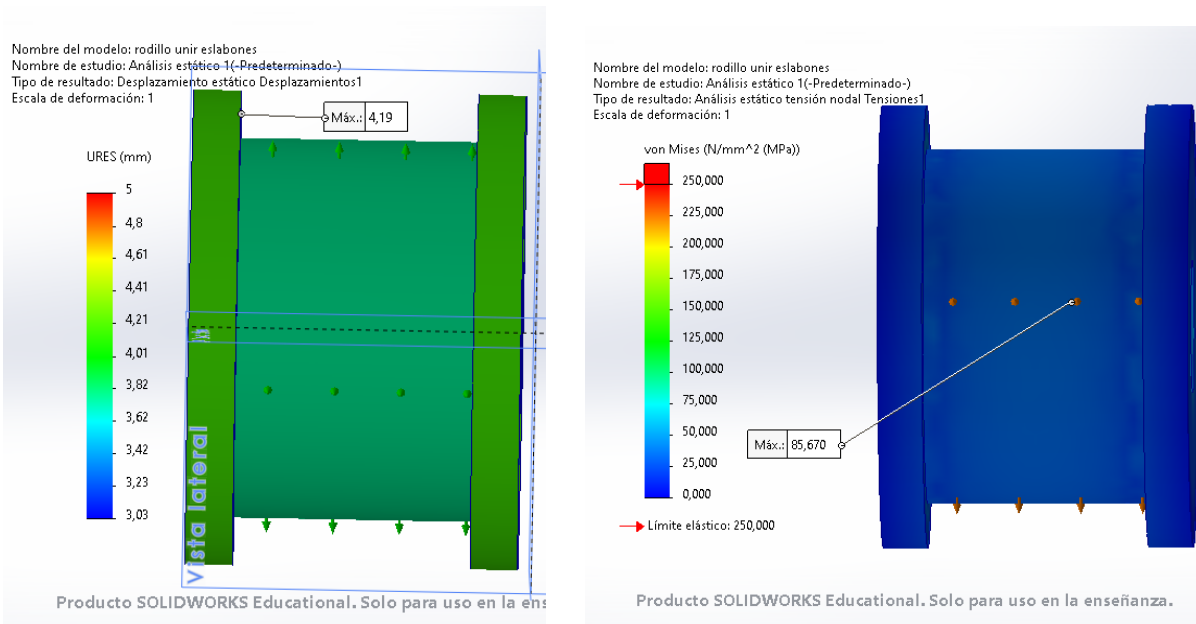
Para los eslabones secundario se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6 resultados análisis eslabones secundarios

	Eslabón 2	Eslabón 3
Deformación total (mm)	0,059	0,063
Esfuerzo de Von Mises (Mpa)	40,641	49,67
Factor de seguridad	5,036	5,033

De la tabla anterior podemos observar que la deformación más grande es de 0,1607 mm, el esfuerzo de 48,186 Mpa por lo cual no supera el límite de elasticidad del acero y el factor de seguridad de 5,1882 lo que los hace adecuados para su uso en la elaboración del sistema de parqueo vertical.

Figura 39 Análisis Rodillo



Elaboración propia

A continuación, analizaremos el rodillo guía el cual se encarga de ser el soporte de unión de los eslabones de la cadena a este se le aplicaron fuerzas de 65000 N para determinar si es seguro y funcional su uso

Los resultados obtenidos son deformación total de 4,19 mm, el esfuerzo de von mises de 85,67 Mpa y un factor de seguridad mínimo de 2,9 por lo cual esta pieza soporta el límite elástico del material que está construido y no fallará con las fuerzas aplicadas, podrá ser usado en la realización de este proyecto.

6.2 Diseño transmisión de potencia

El sistema de transmisión de potencia es el encargado de convertir en energía mecánica, energía hidráulica, eléctrica entre otras, esta conversión de energía se realiza mediante un motor. el sistema de transmisión de potencia es esencial para el funcionamiento eficiente y efectivo de una amplia variedad de dispositivos industriales y mecánicos. Permite la adaptación, el control y la optimización de la potencia mecánica, lo que contribuye al rendimiento, la seguridad y la durabilidad de los sistemas y dispositivos.

Entre los sistemas de transmisión de potencia más usados tenemos:

- **Sistema de transmisión hidráulico:** utiliza fluidos generalmente aceites que son impulsados por una bomba hidráulica que impulsa el fluido por medio de tuberías y cilindros hidráulicos generando movimiento y transmitir la potencia entre los componentes.

Una de las mejores ventajas de este sistema es que ofrece un gran control de la velocidad y fuerza en sistemas que requieren gran carga y energía, este a su vez tiene como desventaja

el uso de componentes de enfriamiento e hidráulicos para su funcionamiento lo que eleva sus costos de producción. (Aula 21, s.f.)

- **Sistema de transmisión neumático:** este sistema funciona mediante el uso de aire comprimido generado por compresores y pistones neumáticos para generar fuerza y movimiento.

Las ventajas de este tipo de transmisión de potencia es que ofrece un control preciso cuando se requiere aplicaciones de fuerza constante además no genera contaminación al no usar productos derivados del petróleo, una de las desventajas más grandes es que puede ser un sistema poco eficiente. (Compresoresdeaire, s.f.)

Sistema de transmisión motor eléctrico: este utiliza un motor eléctrico para generar movimiento la potencia puede ser transmitida mediante componentes como poleas, correas, engranajes, cadenas, reductores de velocidad entre otros mecanismos.

este sistema tiene como ventaja la variación de velocidades y fuerzas que ofrece además de su alta eficiencia, como principal desventaja tenemos que al usar electricidad puede requerir de componentes adicionales para variar la velocidad y fuerza dependiendo de la necesidad.

Se realizó una matriz de calidad (Anexo 7) en el cual se comparan los tres sistemas mencionados anteriormente para ver cuál es el más apto para el uso en el diseño de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel. Según los resultados obtenidos por la matriz de criticidad el sistema de transmisión más apto y el cual se usó para el diseño del sistema de parqueo será con motor eléctrico.

Este sistema está compuesto por una serie de elementos clave que trabajan en conjunto para transmitir la potencia generada por el motor hacia las plataformas, permitiendo su desplazamiento vertical, los elementos principales que permiten el correcto funcionamiento de este sistema son:

- **Motor eléctrico:** Se empleará un motor eléctrico de alta potencia para generar el movimiento requerido. La selección del motor se basará en criterios como la capacidad de carga, la velocidad de rotación y la eficiencia.
- **Reductores de velocidad:** Para adecuar la velocidad y el par del motor a las necesidades del sistema, se utilizarán reductores de velocidad. Estos componentes permitirán aumentar el par de salida y reducir la velocidad de rotación.
- **Ejes y acoplamientos:** Los ejes serán utilizados para transmitir el movimiento desde el motor hasta las plataformas. Se emplearán acoplamientos adecuados para asegurar una conexión sólida y libre de holguras. Cadenas y engranajes: será utilizado para reducir o aumentar la velocidad proporcionada por el motor eléctrico y que es llevada al eje principal.
- **Sistemas de control:** Será implementado un sistema de control para regular la velocidad y dirección del motor eléctrico, así como para garantizar la sincronización adecuada entre las plataformas durante las maniobras de carga y descarga de vehículos.

6.2.1 Cálculo de velocidad, potencia y selección de motor.

Una vez identificados los elementos que conformaran el sistema de transmisión de potencia procedemos a calcular la potencia que el motor necesitara para mover el sistema conformado por 8 vehículos, las bandejas de almacenamiento de los vehículos y la cadena.

Tabla 7 *Criterios diseño sistema de parqueo vertical*

Número de elementos	Elementos	Peso total (Kg)
8	Vehículos	24000
8	Bandejas	5000

2	Cadenas	1100
	TOTAL	31000

Elaboración propia

El peso total que soporta el sistema de potencia es 31000 Kg, la altura del sistema es 9,58 metros y gira a 2 RPM (revoluciones por minuto) es la velocidad angular recomendada para los sistemas que soportan estas fuerzas, el diámetro de la cadena es 1,527 m, teniendo claro se realiza los cálculos para determinar la potencia del motor (*Anexo 8*)

Debido a que la potencia necesaria para que el sistema funcione es de 66.48 HP (49.572KW) se procede a realizar una búsqueda en catálogos de los manorreductores adecuados que generen esta potencia, los motores encontrados con la potencia más cercana a la calculada son de 60 y 75 hp (45 y 55 KW) por lo cual se selecciona el motor de mayor potencia.

Se seleccionó un motorreductor de 55 KW de la marca SEW eurodrive cuya referencia es, R147DRN250ME4 en el cual tiene una velocidad de motor de 1785 RPM, y una velocidad de salida de 74 RPM cómo se puede observar en la siguiente figura.

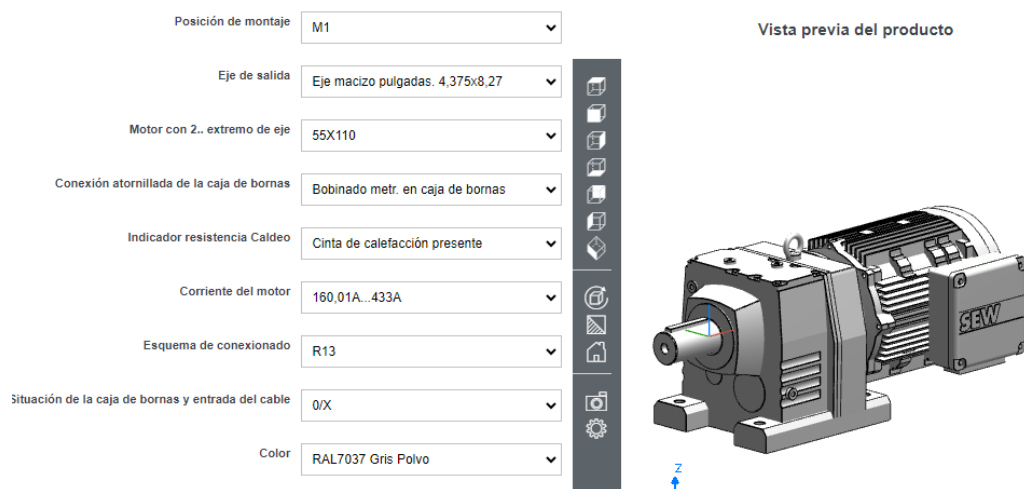
Figura 40 Catalogo motorreductores SEW eurodrive

Denominación	Clase eficiente	P [kW]	na [1/min]	Ma [Nm]	i	fB	na2 [1/min]	Factor con duración cíclica
R137DRN250ME4	IE3	55	64	8190	27,83	0,95	1785	S1-100%
R147DRN250ME4	IE3	55	74	7120	24,19	1,65	1785	S1-100%
R147DRN250ME4	IE3	55	60	8810	29,95	1,5	1785	S1-100%
R137DRN225M4	IE3	45	64	6700	27,83	1,15	1785	S1-100%
R137DRN225M4	IE3	45	74	5810	24,12	1,4	1785	S1-100%
R127DRN225M4	IE3	45	85	5050	20,98	1,2	1785	S1-100%
R137DRN250ME4	IE3	55	94	5600	19,04	1,45	1785	S1-100%
R137DRN225M4	IE3	45	81	5300	22	1,5	1785	S1-100%
R147DRN280S4	IE3	75	74	9710	24,19	1,25	1785	S1-100%
R107DRN225M4	IE3	45	89	4830	20,07	0,9	1785	S1-100%

Tomado de SEW eurodrive

Las características del motorreductor se pueden observar en la figura 42:

Figura 41 Especificaciones motorreductor seleccionado

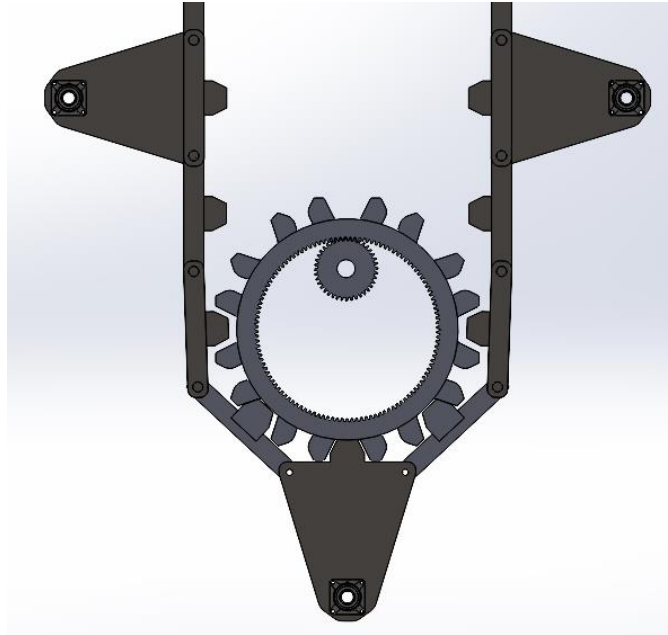


Tomado de SEW eurodrive

6.2.2 Cálculo engranaje conducido y conductor.

Posterior mente se realizan cálculos para los elementos de transmisión de potencia como son los engranajes para así poder realizar el diseño en SolidWorks (ver figura 35), los cuales son parte fundamental del sistema para ello son engranaje conducido interno y el engranaje conductor externo para ello se sigue los lineamientos para el cálculo de engranajes (véase **Anexo 9**).

Figura 42 Ensamblaje cadena principal y engranajes de potencia



Elaboración propia

$$d_a = d + h_a = \text{diámetro de cabeza (6)}$$

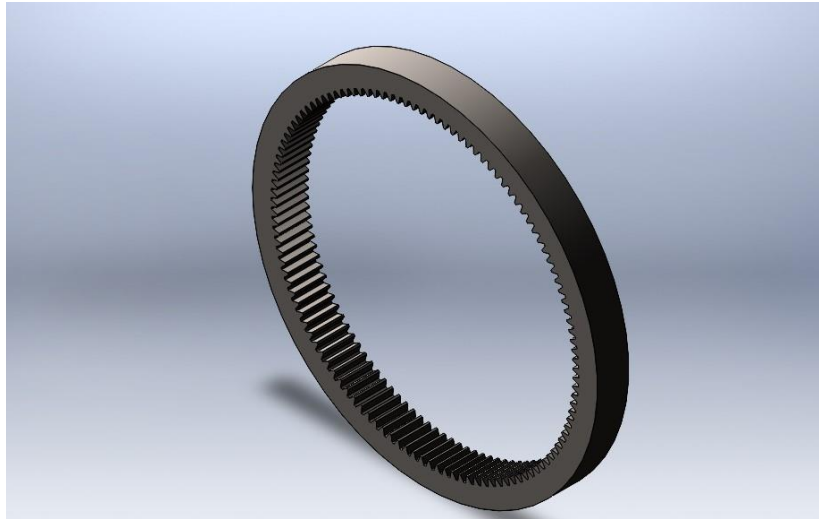
$$d_f = d + h_f = \text{diámetro de fondo (7)}$$

la información anterior fue obtenida de la página y calculadora web (Calcuvio, s.f.)

para el cálculo del engranaje interno se calcula de igual forma que los engranajes rectos, el cálculo y los datos para calcularlo son;

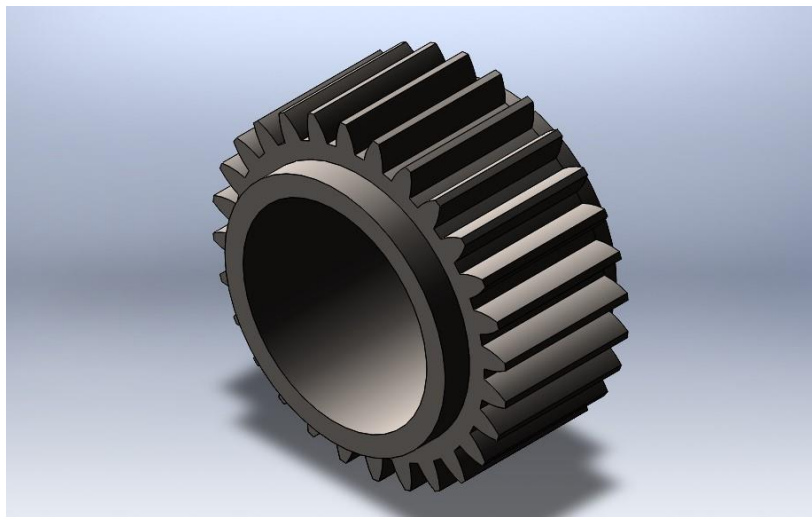
Una vez realizado el cálculo de los dos engranajes se realizó el diseño mediante el programa SolidWorks a continuación se muestran en la figura 36 y figura 37.

Figura 43 Engranaje conducido interno



Elaboración propia

Figura 44 Engranaje conductor externo

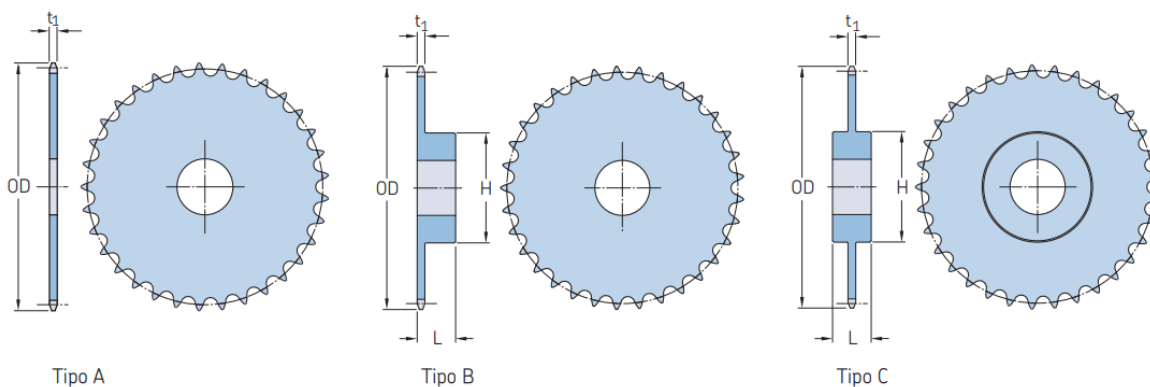


Elaboración propia

6.2.3 Selección piñones y cadena.

Los piñones y cadena son los encargados de transmitir la potencia del motor al eje, según el manual de piñones y cadenas de SKF en la figura 38 se pueden observar los diferentes tipos de piñones:

Figura 45 Tipos de piñones



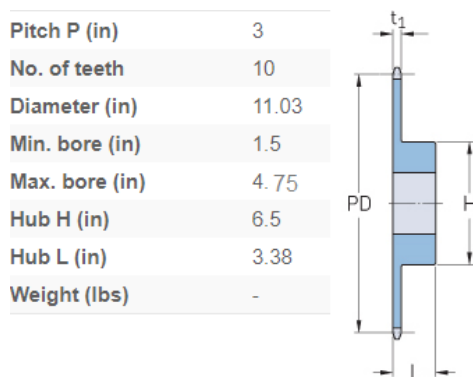
Tomado del sitio Web de SKF

Para este diseño se escogieron los piñones tipo B para el conductor y tipo C para el conducido debido a que estos son diseñados específicamente para aplicaciones que requieren una alta resistencia y capacidad de carga. Su diseño permite una distribución uniforme de la carga y el par. (Intermec)

Para seleccionar el tipo de cadena procedemos a seleccionar el paso y tipo de cadena según la norma ISO 606-1982 E DIN 8187 Y DIN 8188 la cual nos habla de los datos y procedimiento para seleccionar una cadena de transmisión de potencia (véase Anexo 10). (CADERSA cadenas y derivados. S.L, s.f.).

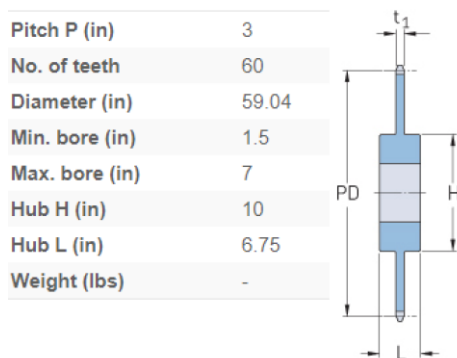
Con esta información y según el catálogo SKF se seleccionó el piñón conductor que tendrá 10 dientes y el piñón conducido 60, en la figura 42 y la figura 43 se observan las características de cada uno de estos.

Figura 46 Especificaciones piñón conductor



Tomado de catálogo SKF online

Figura 47 Especificaciones piñón conducido

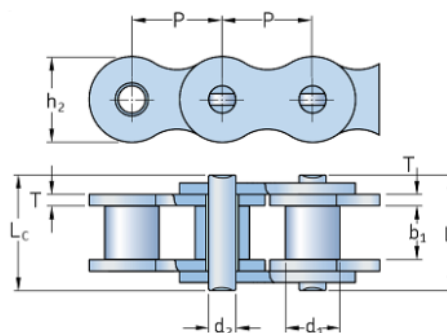


Tomado de catálogo SKF online

Una vez obtenida la información de los piñones procedemos a seleccionar la cadena mediante el catálogo de SKF, en la figura 44 se pueden observar las características de esta.

Figura 48 Especificaciones cadena

Pitch P (mm)	76.2
Pitch P (in)	3
Roller diameter d1 max (mm)	47.63
Roller diameter d1 max (in)	1.88
Width between inner plates b1 min (mm)	47.35
Width between inner plates b1 min (in)	1.86
Pin diameter d2 max (mm)	23.81
Pin diameter d2 max (in)	0.94
Plate height h2 max (mm)	72.39
Plate height h2 max (in)	2.85
Plate thickness T max (mm)	9.5
Plate thickness T max (in)	0.37
Weight (kg/m)	23.2
Weight (lbs/ft)	15.59



Tomado de catálogo SKF online

Se procede a realizar el cálculo de la distancia entre los centros de los piñones para así poder estimar la longitud de la cadena para el sistema de transmisión (véase Anexo 11)

Donde la distancia entre centros es 64,55 *in* y así poder obtener la longitud de la cadena 6,013 m

6.2.4 Pasos y fórmulas para diseño del eje según teoría von mises

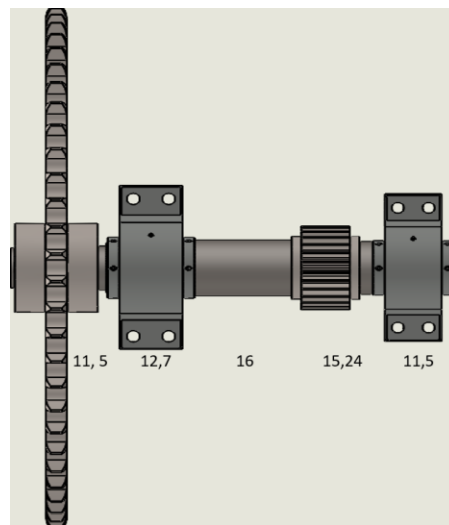
El eje es un componente mecánico esencial en el sistema de parqueo vertical tipo carrusel diseñado para transmitir el torque (fuerza de rotación) desde la fuente de energía, en este caso el motor, hacia las partes móviles del carrusel. Este eje se encarga de la transmisión de la potencia necesaria para girar las plataformas en las que se estacionan los vehículos de manera controlada y segura.

Para el proceso de diseño se requieren seguir los pasos como es el cálculo de velocidad del eje, continuando con el cálculo del torque que se transmite al eje, se realiza el diseño de componentes, se realiza el cálculo de esfuerzos para los engranajes rectos, continuando con el cálculo de coronas para la cadena y calculando el diámetro de eje (véase Anexo 12) todo esto es la teoría de von mises.

6.2.5 Cálculo del eje

Par el cálculo del eje se usa la teoría de von mises (véase Anexo 13), así como los datos del material que se usara en el eje, también dimensiones de los engranajes y motor para realizar el proceso obteniendo los resultados para el sistema de transmisión de potencia, a continuación, se observa el ensamble y disposición del eje, así como sus respectivos componentes.

Figura 49 Eje y sus componentes



Elaboración propia

7 Diseño del sistema estructural

La estructura es un sistema fundamental para el funcionamiento de sistema esta debe ser diseñada y construida con precisión para soportar grandes cargas y diferentes condiciones de trabajo, para garantizar la integridad del sistema en su conjunto hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

Soporte y seguridad: debe ser lo suficientemente robusta y segura para soportar el peso de los vehículos, plataformas y demás componentes.

Estabilidad: la estructura debe ser estable para soportar las fuerzas que se aplican así como su posición vertical.

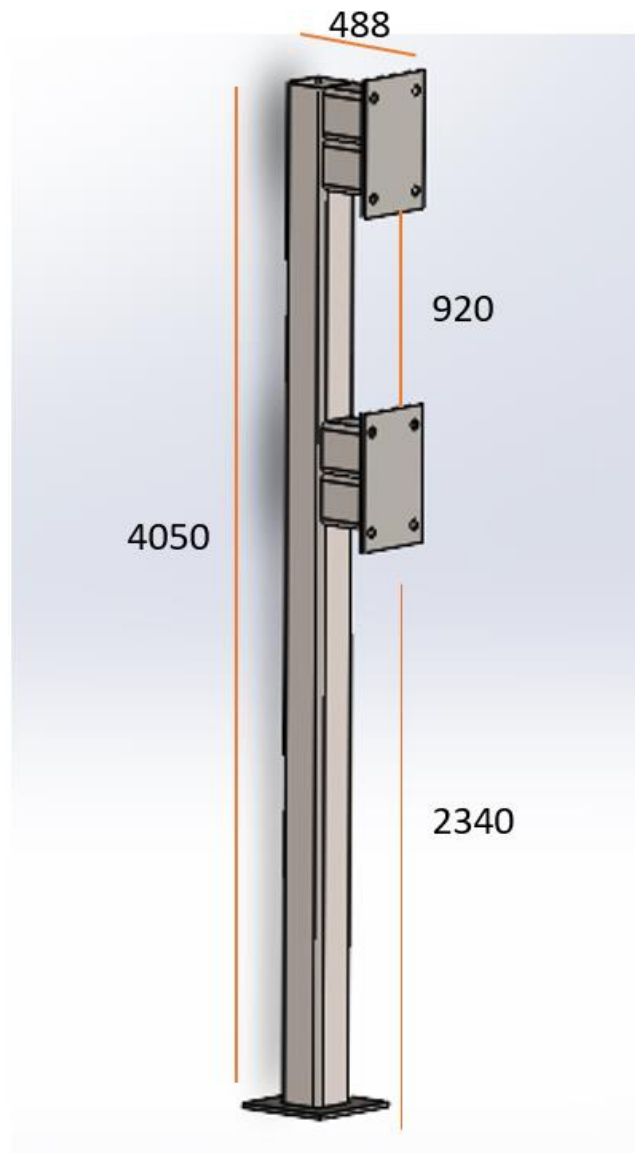
Mantenimiento: esta debe facilitar el mantenimiento del sistema para que éste funcione correctamente a largo plazo.

A continuación, se muestra y se realiza el análisis de cada uno de los subsistemas del sistema estructural:

Bases laterales: soportan el peso total de la estructura y está unido a la estructura superior y apoyos horizontales. En la figura 68 se muestra las medidas en mm que este tendrá.

Las bases están compuestas por vigas cuadradas de 200x200 mm están hechas en acero ASTM A-36 y fueron seleccionadas del catálogo de steckerl aceros con las medidas de estas vigas.

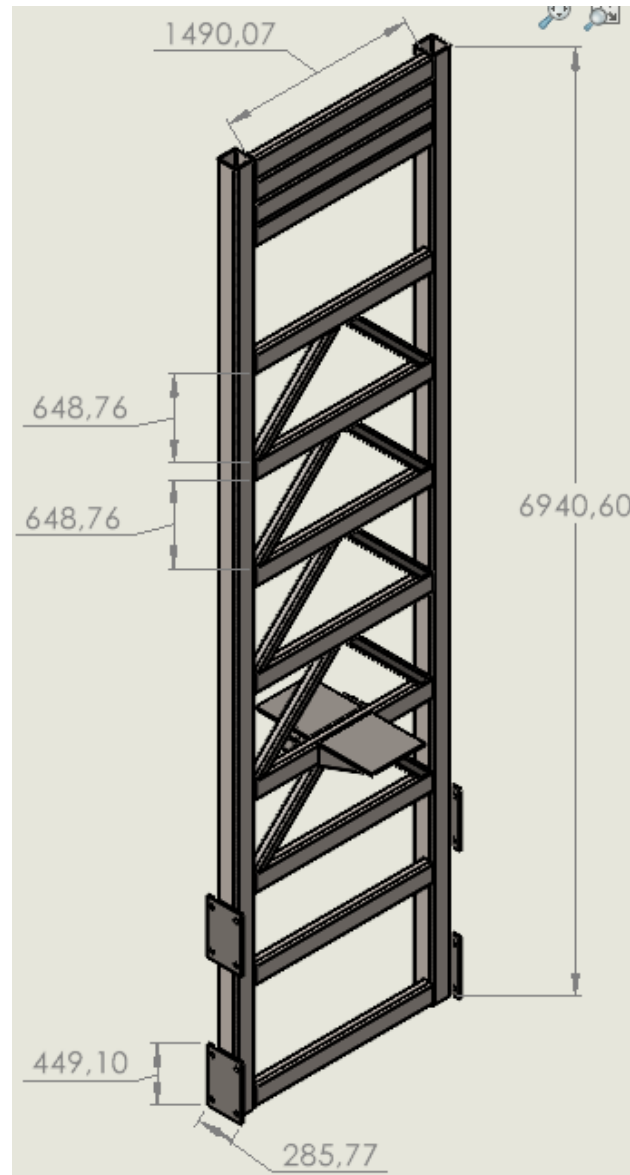
Figura 50 Soporte principal



Elaboración propia

Soporte principal: Este soporte este compuesto por vigas verticales cuadradas de 200x200 mm, vigas horizontales rectangulares de 200x100 mm, vigas transversales de 100x100mm y placas de metal que sirven como soporte del motor y para fijarlo al soporte de la base. estos fueron tomados del catálogo steckerl aceros y están fabricadas en acero ASTM A-36.

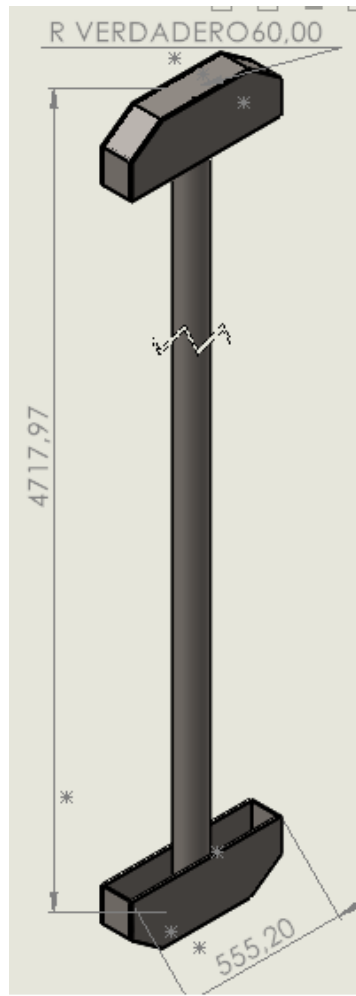
Figura 51 Estructura principal



Elaboración propia

Soporte horizontal entre bases principales: se encarga de unir y dar soporte a las estructuras principales del sistema está compuesto por una tubería estructural de acero de 120 mm de diámetro tomada del catálogo de panelco.

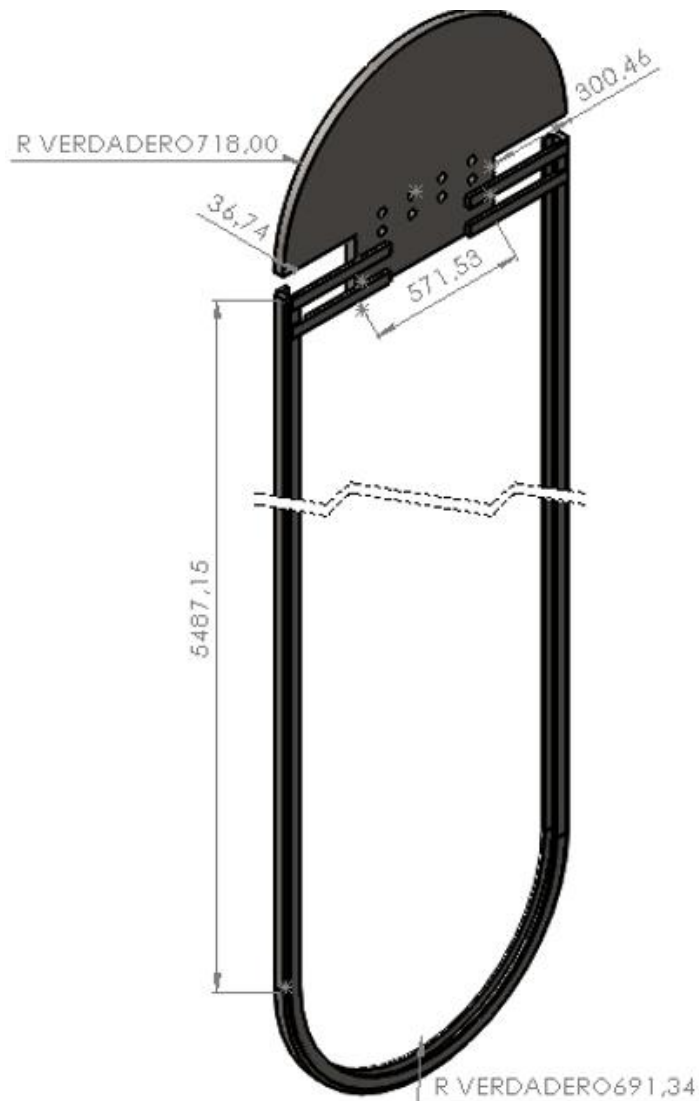
Figura 52 Soporte entre estructuras



Elaboración propia

Guía para la cadena principal: esta tiene como objetivo guiar el recorrido de la cadena principal mejorando su estabilidad, así como su movimiento está compuesta por chapa metálica en la parte inferior y una placa de metal con forma medio círculo en la parte superior estas dos están unidas por dos placas metálicas de acero estructural ASTM A-36.

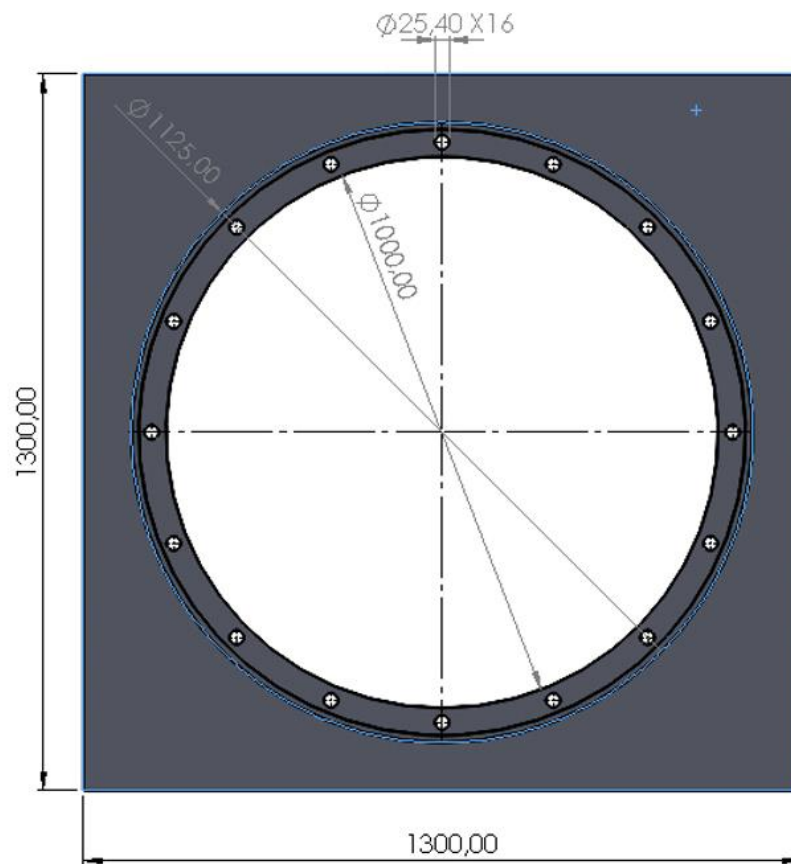
Figura 53 Soporte y guía cadena principal



Elaboración propia

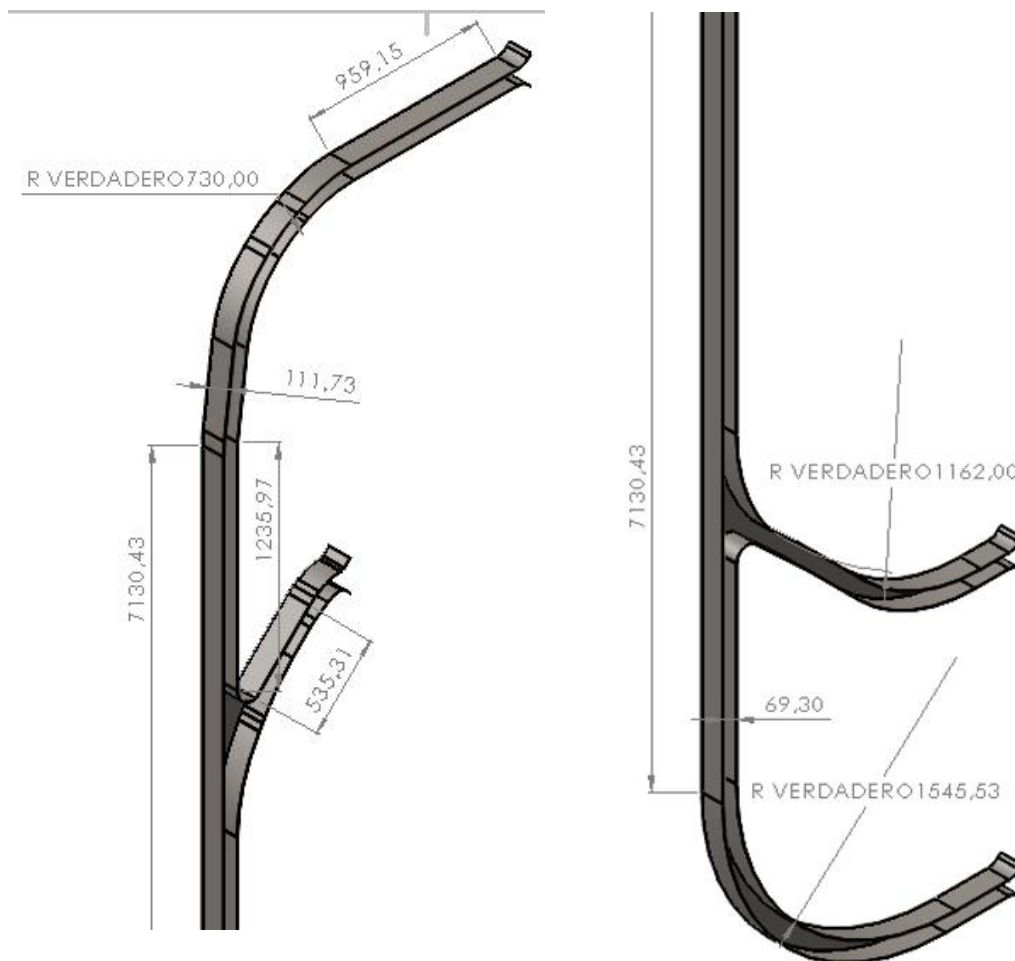
Soporte engranaje interno: este encargado de sujetar el engranaje interno y darle estabilidad al sistema de transmisión de potencia, está compuesto por placas de acero estructural que van unidas entre sí mediante tornillos que también lo unen a la estructura principal y al engranaje interno.

Figura 54 Soporte engranaje interno



Elaboración propia

Figura 55 guías plataformas



Elaboración propia

Las guías plataformas son las encargadas de que las plataformas estén fijas y sigan el trayecto establecido ofreciendo estabilidad y seguridad.

Con las partes de la estructura procedemos a realizar un ensamble general de esta la cual se puede observar en la figura 74 donde la construcción debe ser eficiente y precisa también requiere un cuidadoso proceso de ensamblaje que integre cada componente de manera coherente y segura.

Figura 56 Ensamble estructura



Elaboración propia

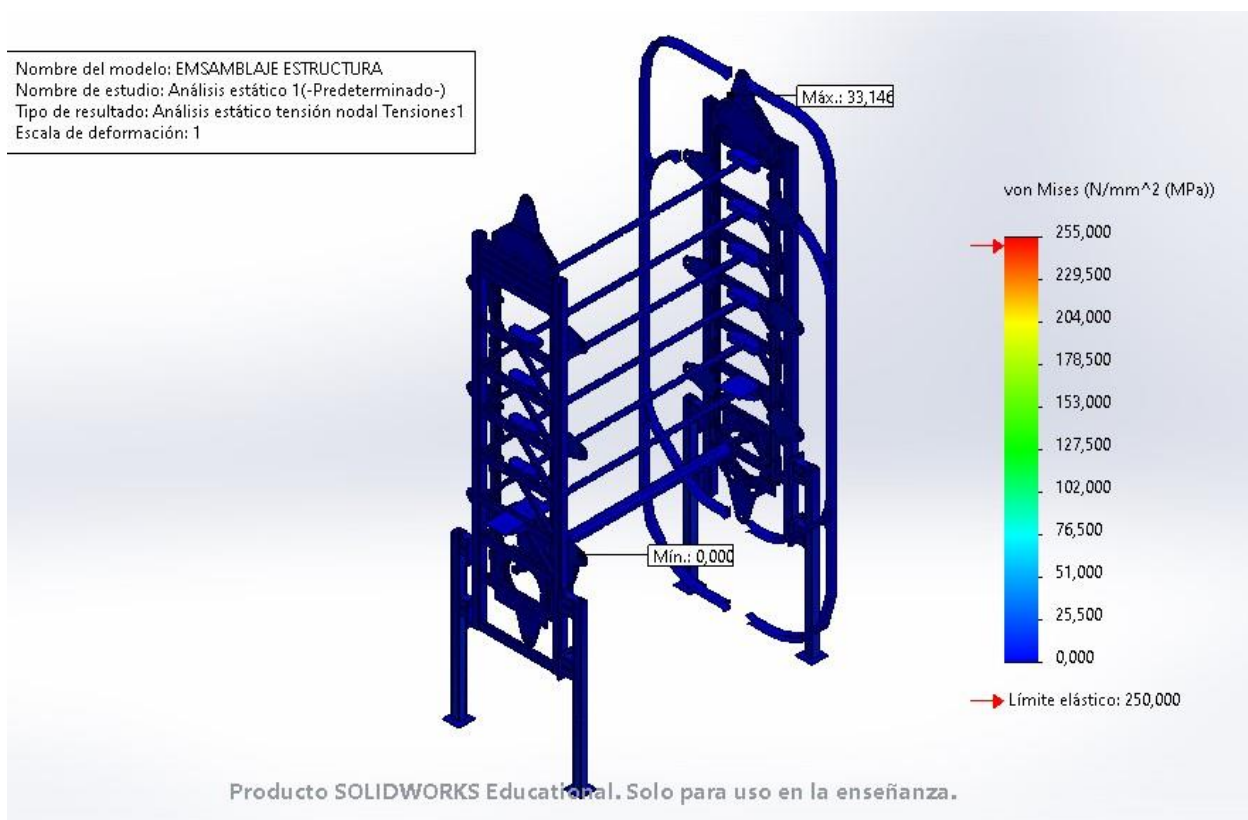
A continuación, se realizó el análisis estático de la estructura para esto se utilizó el programa SolidWorks simulation este permite una transición fluida del diseño inicial a la simulación sin la necesidad de transferir datos entre diferentes plataformas, lo que facilita la coherencia y la precisión.

Se utilizó la técnica de análisis de elementos finitos para evaluar el comportamiento estructural bajo las cargas máximas que soporta el sistema, Permite simular con precisión las tensiones, deformaciones y otros aspectos críticos del rendimiento estructural. para tener un modelo lo más aproximado a la vida real,

- **Análisis de Von Mises**

El primer análisis que se hizo es el análisis de tensiones de von mises, este evalúa el comportamiento de una estructura bajo cargas específicas y proporciona una representación gráfica de las tensiones totales resultantes en cada punto de la estructura, tomando en cuenta las tensiones en todas las direcciones. Las unidades utilizadas para describir los resultados son los MPA

Figura 57 Análisis Von mises estructura



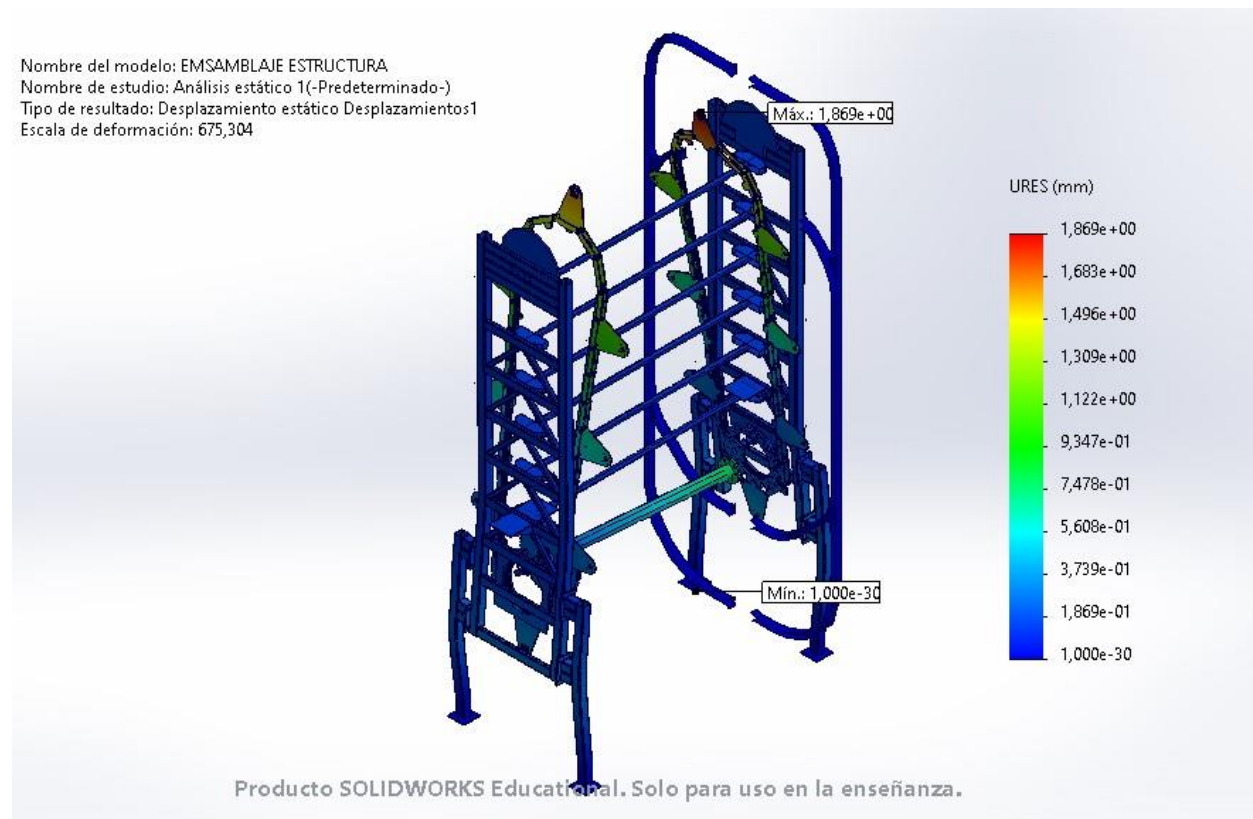
Elaboración propia

Como se observa en la figura 74 Las tensiones máximas la cual esta soportando el sistema es de 33,146 MPA por lo cual no supera el límite elástico del material a analizar que en este caso es de 250 MPA para el acero ASTM A-36 por lo cual el material está operando dentro de su rango elástico y evitando deformaciones plásticas.

- **Análisis de deformaciones**

El segundo análisis a realizar fue el análisis de deformaciones en este observamos cómo se deformará una estructura o componente bajo cargas aplicadas.

Figura 58 Análisis de deformación



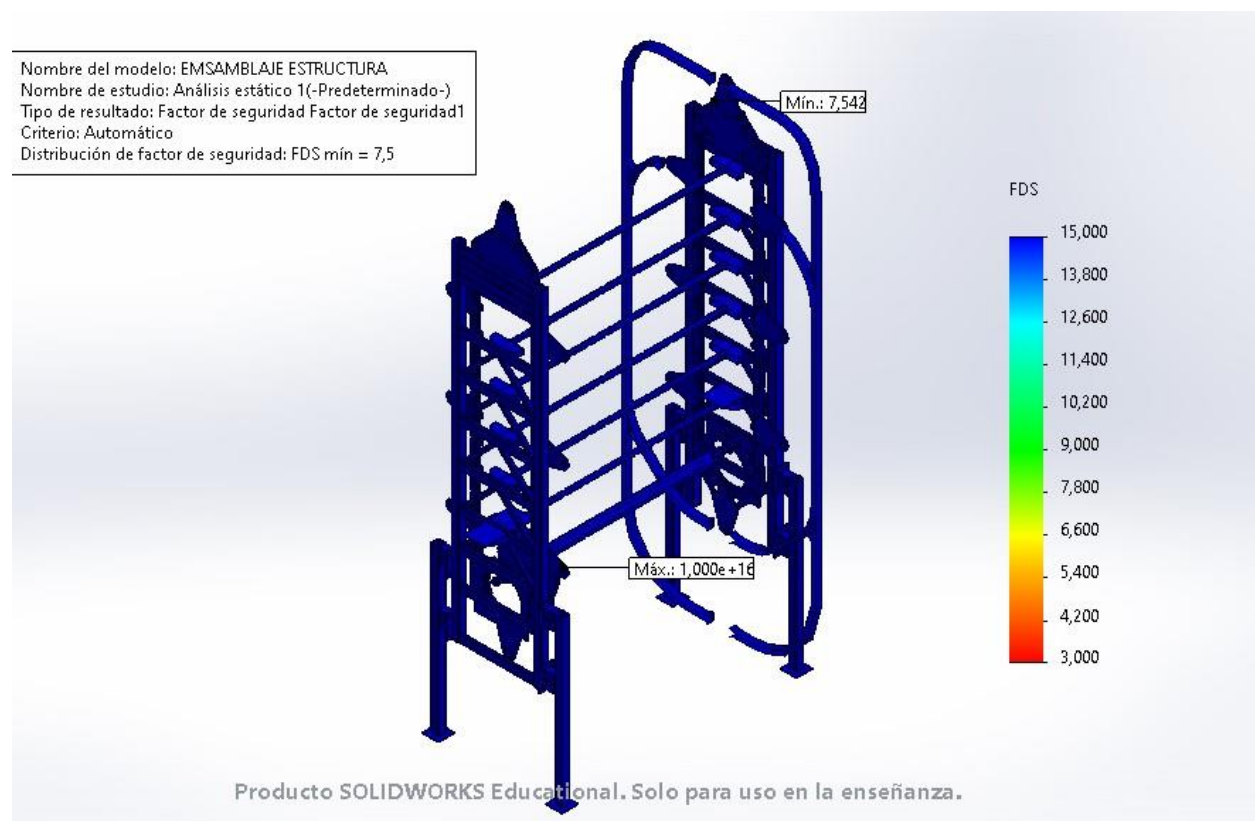
Elaboración propia

En la figura se observa que el desplazamiento máximo del sistema es de 1,869 mm lo cual nos indica que está en un rango óptimo no tendrá grandes deformaciones lo que conlleva a que sea seguro y óptimo al momento que esté funcionando.

- **Análisis del factor de seguridad**

El factor de seguridad (FS) se define como la relación entre la capacidad de carga máxima y la carga máxima a la que se somete en condiciones de servicio. Si el factor de seguridad el mayor que 1 indica que el sistema es seguro teniendo en cuenta las condiciones a las cuales fue sometido.

Figura 59 Análisis factor de seguridad



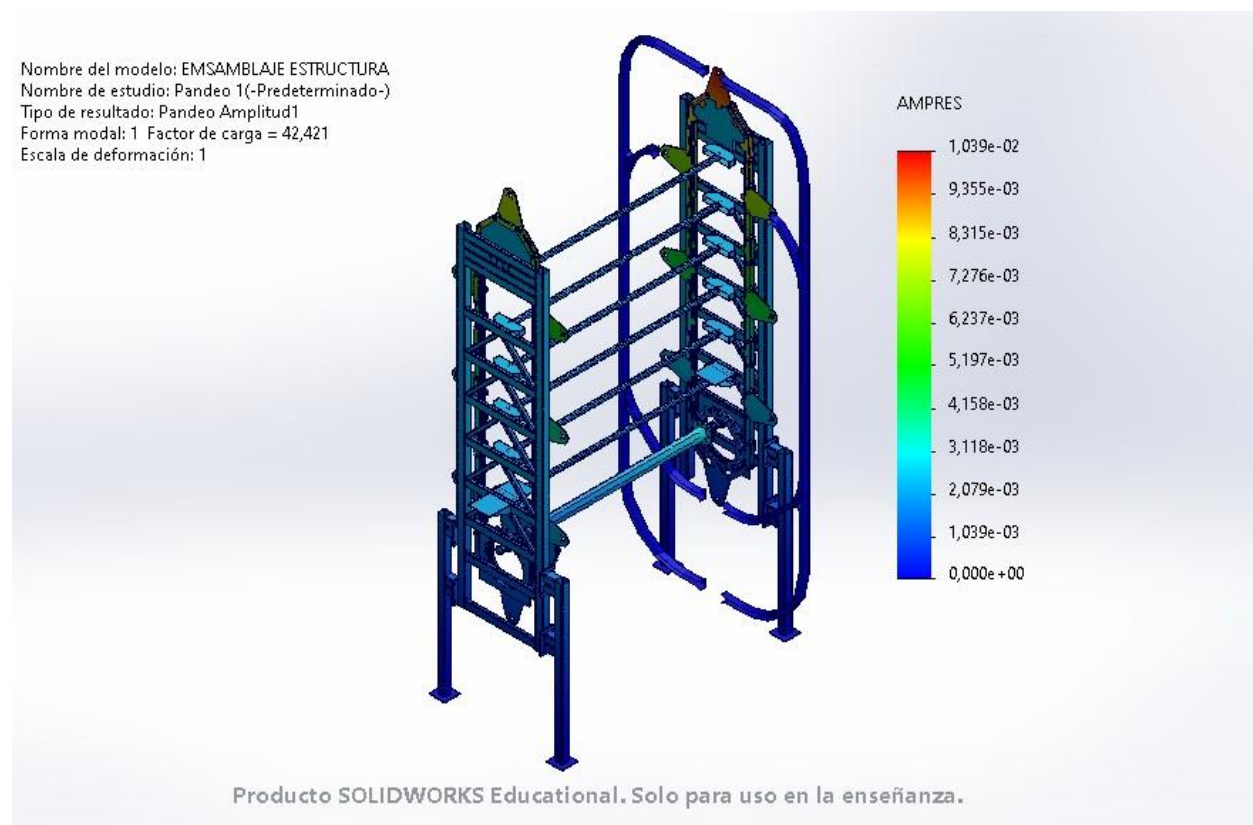
Elaboración propia

El factor de seguridad mínimo resultante del análisis es de 7,542 por lo cual demuestra que cumple con las condiciones de seguridad en las condiciones a las que está sometido.

- **Análisis de pandeo**

El análisis de pandeo en SolidWorks Simulation evalúa la capacidad de una estructura para resistir cargas de compresión sin presentar inestabilidad lateral. Se enfoca en determinar la carga crítica de pandeo, que es la carga máxima que puede soportar la estructura antes de perder su estabilidad.

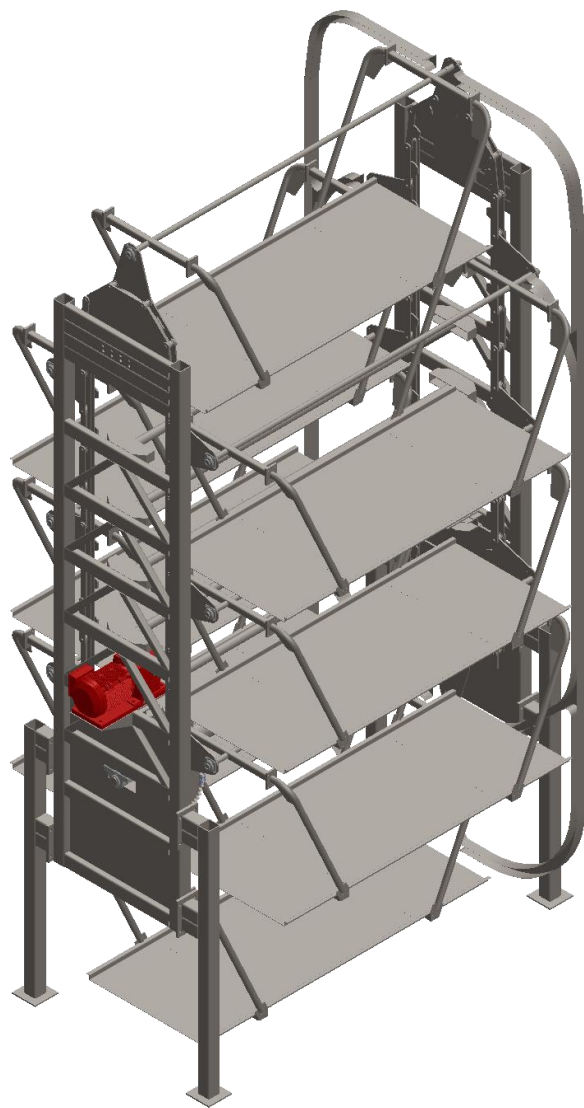
Figura 60 Análisis de pandeo



Elaboración propia

Del análisis se puede observar un factor de carga por pandeo de 42,421 por lo cual se concluye que con la carga máxima de operación del sistema no afecta a su correcto funcionamiento ni seguridad

Figura 61 diseño final sistema de parqueo vertical



Elaboración propia

8 Elaboración básica del sistema de control para el manejo del parqueadero vertical

El sistema de control será el encargado de recibir, interpretar y enviar diferentes señales a los actuadores, los cuales están encargados de realizar las acciones de acuerdo con las circunstancias que se establezcan en el proceso del diseño.

8.1 Funcionamiento del sistema.

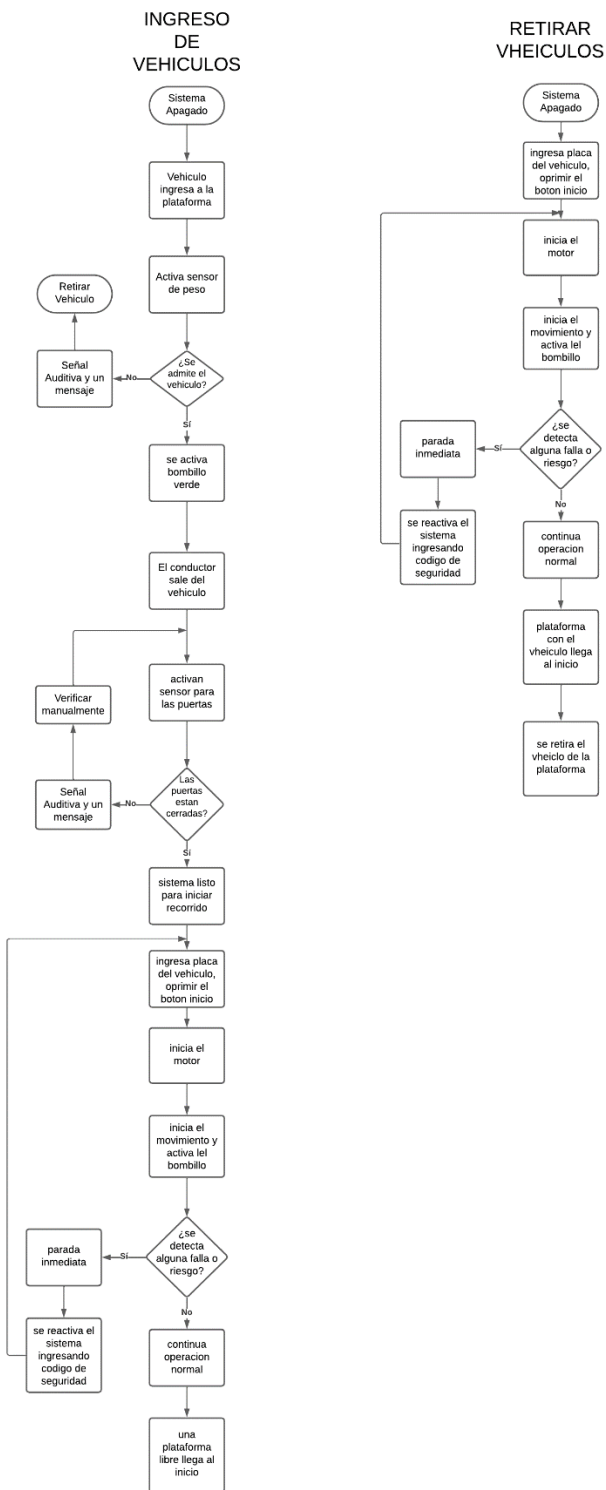
Para realizar el sistema de control se realiza una identificación de algunos instrumentos de control, donde se debe tener idea del funcionamiento, el cual permitirá reconocer las entradas y salidas del sistema de parqueadero vertical tipo carrusel.

Algunas de las funciones o señales que contienen el sistema:

- Bombillo verde: peso admisible y correcto posicionamiento.
- Señal sonora: supera el peso admisible por bandeja, bloqueo del sistema.
- Bombillo rojo: movimiento detectado por los sensores el cual genera bloqueo del sistema.
- Botón de inicio: empezar recorrido.
- Botón de finalizar: terminar recorrido.
- Botón de emergencia: parada de emergencia

De esta manera se realiza el manual de operación del parqueadero vertical rotatorio para poder evidenciar el funcionamiento y operación del sistema, el cual se presenta a continuación

Figura 62 diagrama de Flujo sistema de control



De esta manera se logra reconocer los parámetros de entrada y salida para la creación del PLC que se encargara del funcionamiento del sistema:

Los parámetros de entrada son los siguientes:

- Sensor de peso.
- Teclado.
- Pantalla.
- Sensor de posición.
- Sensor de movimiento.
- Botones: inicio, finalizar, parada de emergencia.

Parámetros de salida:

- Señales sonoras.
- Activación y desactivación del sistema
- Motores
- Bombillos

8.2 Elementos de control

Para la conformación del sistema de control, se debe tener un conocimiento de los instrumentos de control para poder realizar una selección adecuada, todos los instrumentos no funcionan de la misma manera, donde la operación es diferente de los elementos.

Para el sistema de control los instrumentos que más importancia y uso para el funcionamiento son los sensores de proximidad controlan el estado del proceso, para poder seleccionar un buen sensor se deben seguir los siguientes pasos tomados de la página elvatron.

- Definir la aplicación

Tener en cuenta en que aplicación se usará el sensor.

- Determinar el tipo de alimentación.

La mayoría trabajan a 24 voltios a corriente continua, pero todavía se encuentran de 120 voltios a corriente alterna, conocer la tensión de alimentación es clave para el proceso de selección.

- Conexión de salida

Hay 2 opciones de salida, las analógicas que generan un rango (4 a 20 miliamperios o 1 a 10 voltios) y las digitales operan al ser detectada por un objeto

- Especificaciones del objeto a detectar.

Es indispensable para seleccionar el sensor a utilizar

- Características donde se instalará el sensor.

Es importante conocer en el medio donde se va a instalar el objeto, ya que en muchas situaciones el mal funcionamiento es debido a una mala selección del tipo de sensor.

- Distancia del sensor.

Se debe conocer la distancia de trabajo porque los sensores ya tienen una distancia máxima la cual trabaja correctamente.

- Seleccionar la tecnología.

Se pueden clasificar en 4 grandes familias las cuales son: sensores fotoeléctricos, de proximidad, de proceso y de visión.

Continuando con los demás elementos a emplear para la construcción del sistema de instrumentos del controlador del sistema tenemos:

- **Contactador:** es un dispositivo electromagnético utilizado para cerrar o abrir circuitos eléctricos de potencia. Tomado de (Aula 21, 2020).
- **PLC controlador lógico programable:** tiene como objetivo automatizar procesos, y está a cargo del control de la maquinaria. Tomado de (SDLindustrial, 2021)
- **Relé:** dispositivo electromecánico que funciona como interruptor cerrando y abriendo el paso de corriente, pero que es accionado eléctricamente. Tomado de (SEAS, Estudios Superiores Abiertos, 2019)
- **Luces LED:** son dispositivos semiconductores que emiten luz cuando se les aplica una corriente eléctrica. Tomado de (Hello Insurance Group, Compañía de Seguros, S.A., 2022)
- **Pulsadores:** su función es permitir o interrumpir el paso de la corriente eléctrica de manera momentánea. Tomado de (Electropreguntas.com, 2020)
- **Reed Switch:** es un interruptor eléctrico activado por un campo magnético. Tomado de (Tecfluid S:A, 2018)

8.3 Selección de elementos de control

En el momento de realizar la selección de elementos de control se tiene en cuenta que no es detallada, por esta razón se logra identificar elementos esenciales para el funcionamiento básico del sistema de parqueo vertical:

- PLC con pantalla HMI
- Sensor de movimiento.
- Celda de carga

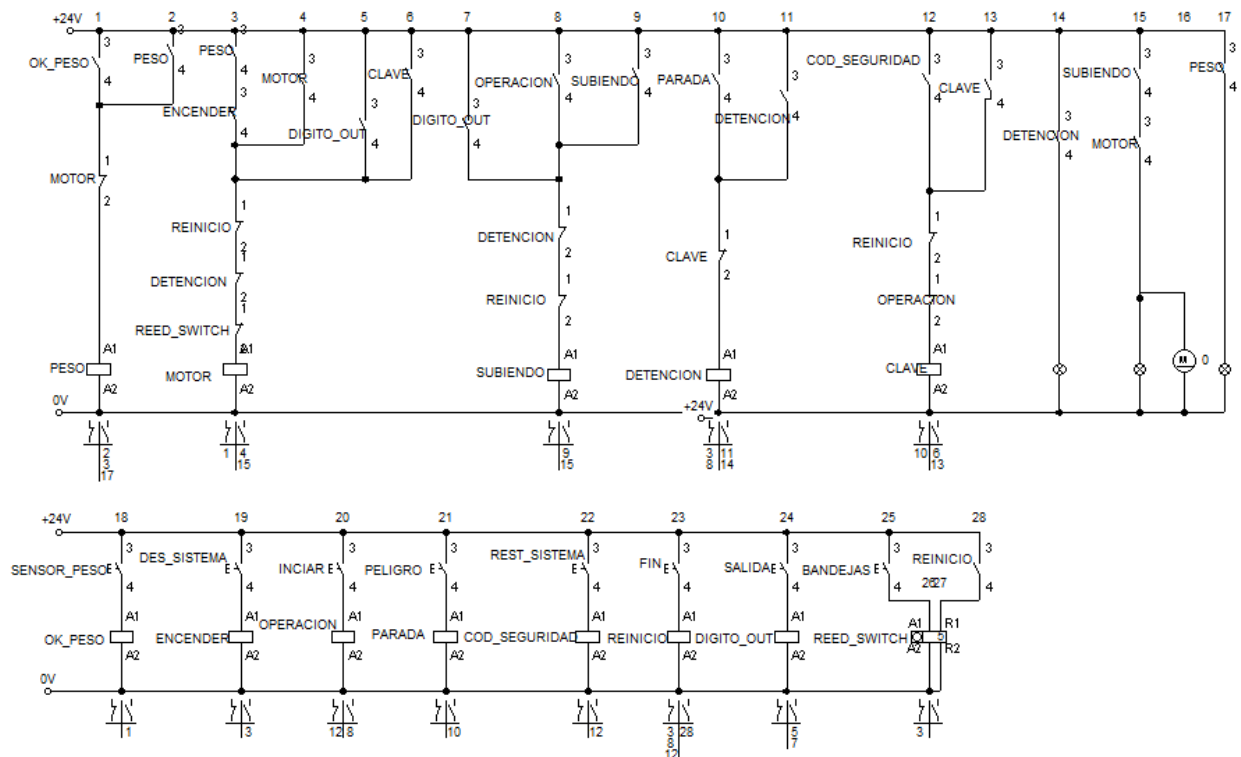
- Sensor de posición
- Pulsadores marcha, parada, emergencia.
- Variador
- Panel operador
- Kit de programación
- Kit de montaje
- Reactancia de frenado
- Contactor
- Luces

8.4 Diagrama de control del sistema

Se presenta el diagrama de control realizado con ayuda del programa Festo Fluidsim, el cual nos brinda una representación gráfica del sistema de parqueo vertical tipo carrusel en operación, en el sistema los sensores están representados por medio de pulsadores manejado por el programa.

El sistema inicia completamente apagado.

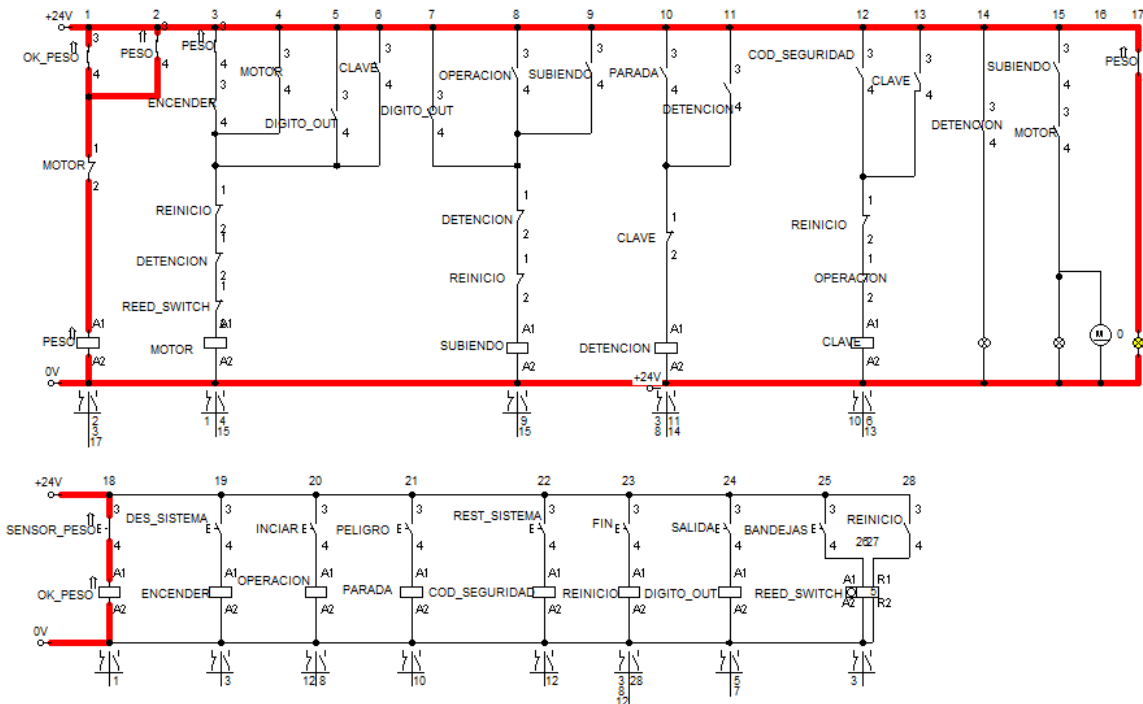
Figura 63 Diagrama de control sistema apagado



Elaboración propia

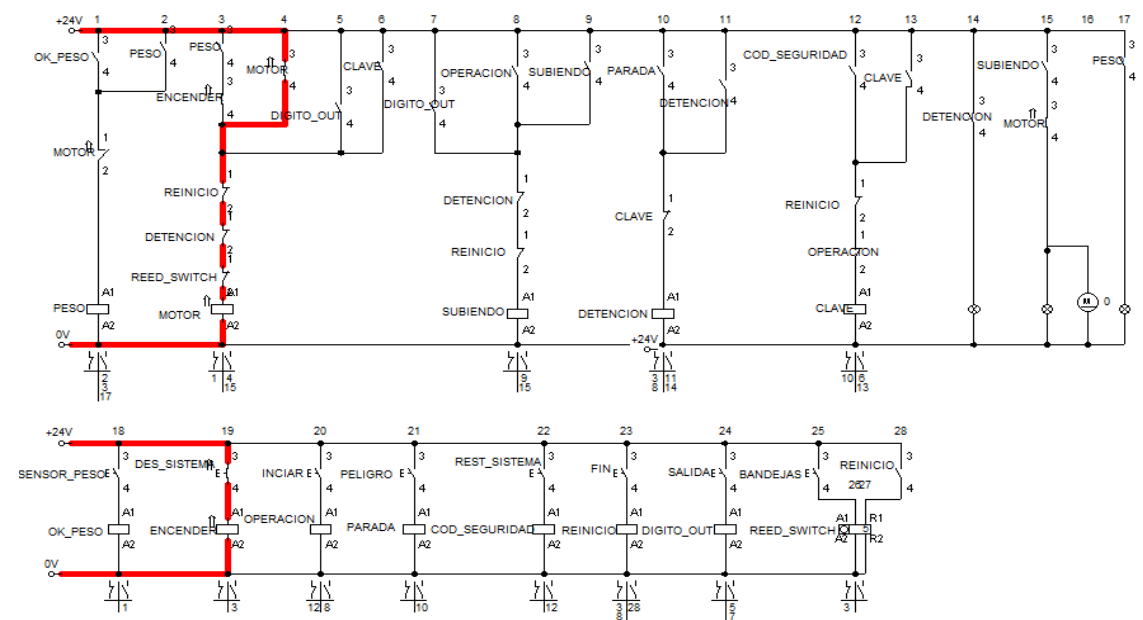
Cuando ingresa el vehículo se activa el sensor de peso el cual establece si cumple con el peso admisible por el sistema, arrojando una señal la cual nos dirá si se admite o no.

Figura 64 Diagrama de control admitiendo el vehículo



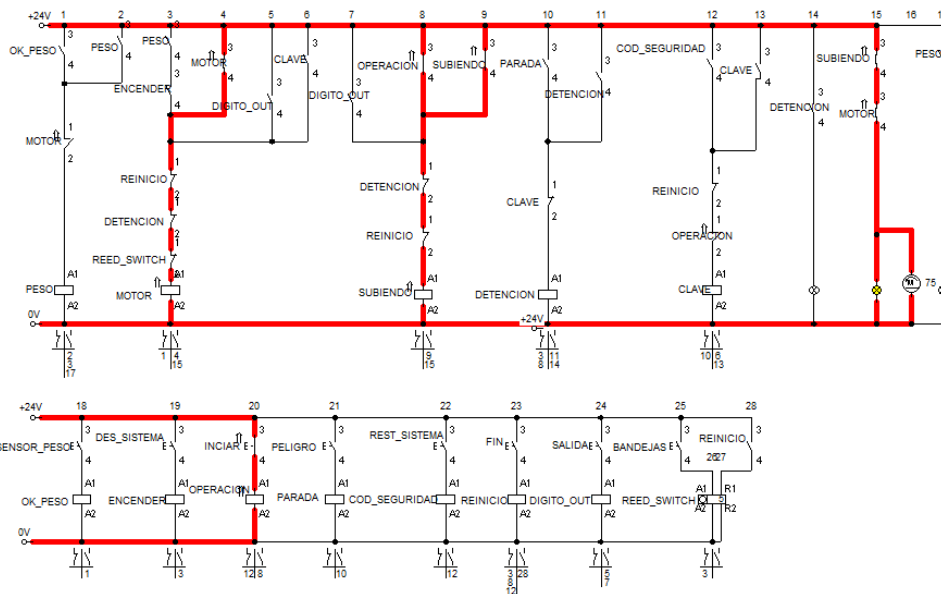
Con el vehículo admitido se ingresa el código de desbloqueo para arrancar el sistema.

Figura 65 Diagrama de control vehículo admitido



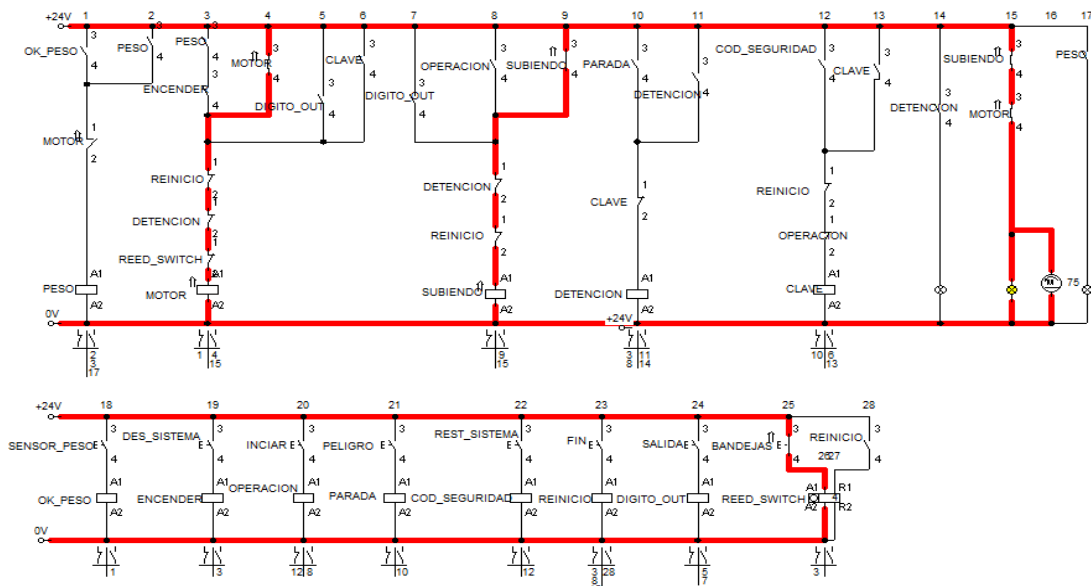
El siguiente paso es iniciar la operación del sistema.

Figura 66 Diagrama del vehículo sistema en operación



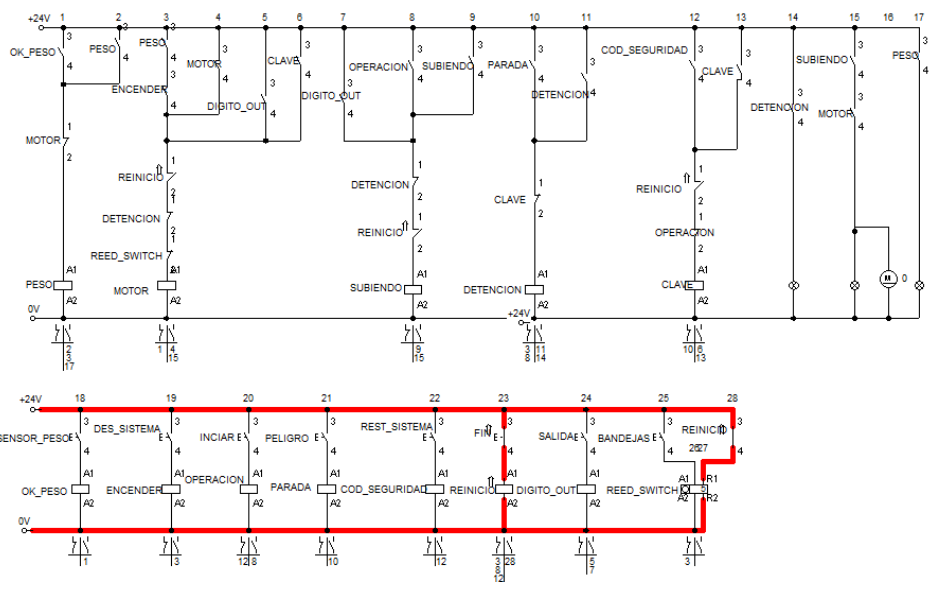
El recorrido de la bandeja está programado de tal manera que se detendrá en posición deseada con ayuda del PLC.

Figura 67 Diagrama de control proceso a punto de detenerse



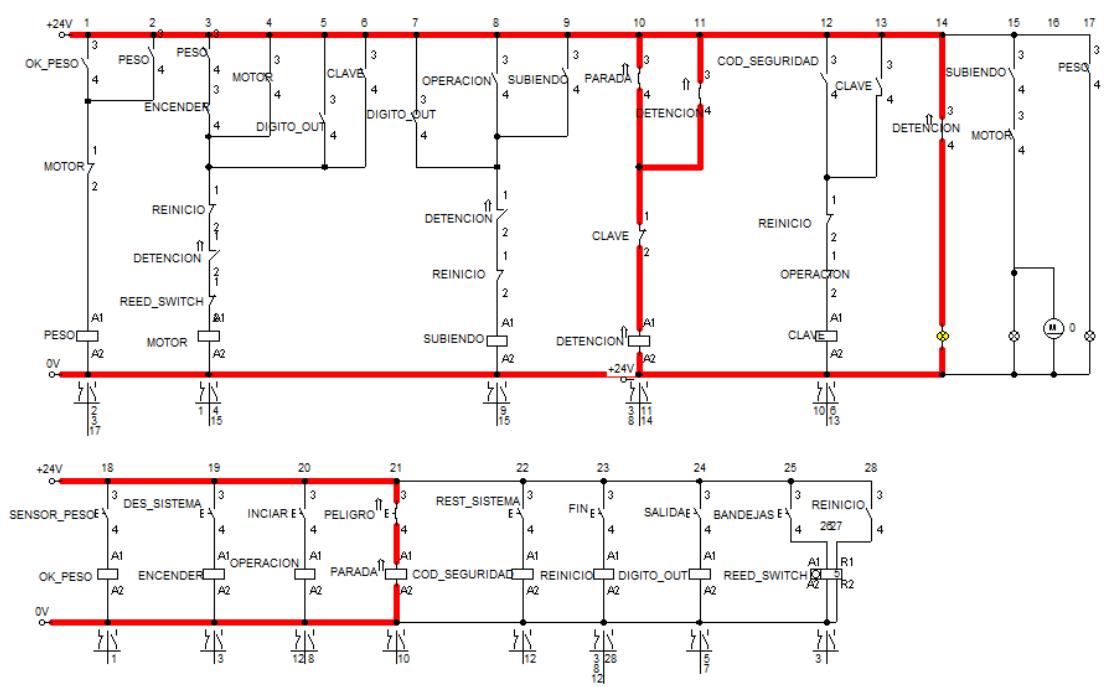
Al posicionarse el sistema se reinicia para una siguiente operación.

Figura 68 Diagrama de control proceso al reiniciarse



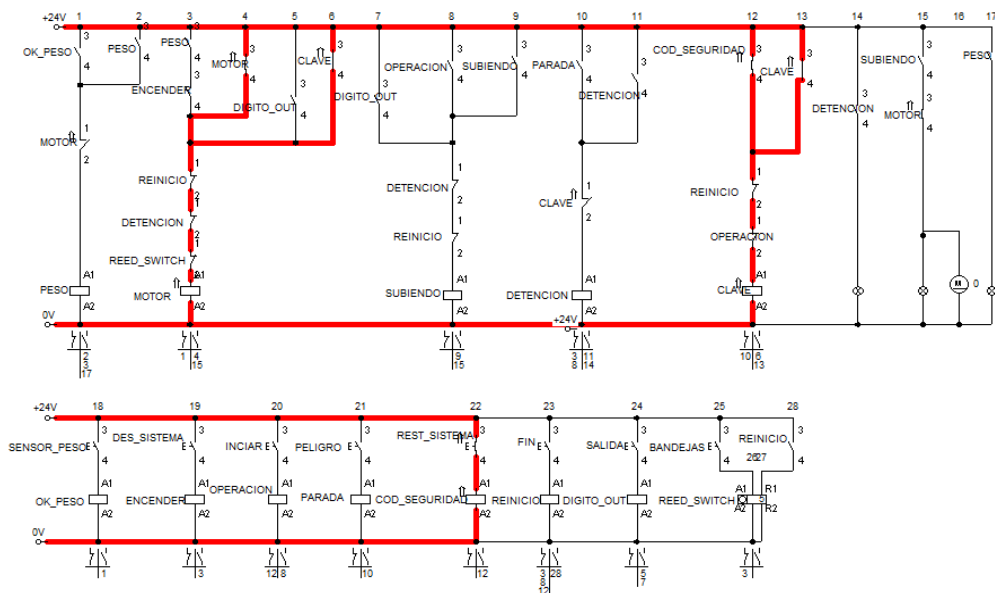
La seguridad en el sistema se controla por sensores al detectar interferencia o anomalías se activan y provoca que el sistema se bloquee inmediatamente.

Figura 69 Diagrama de control sistema bloqueado



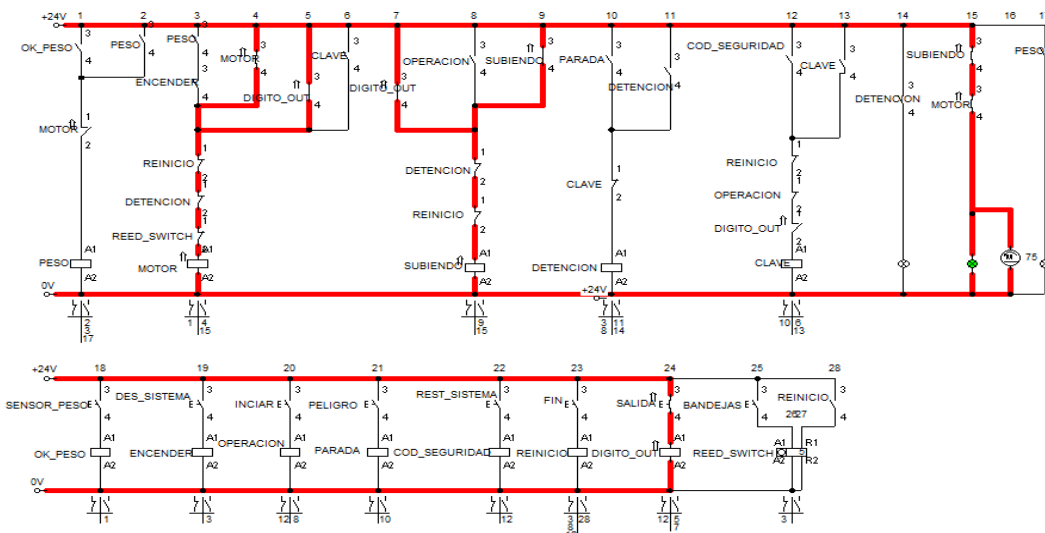
Con el sistema bloqueado, se procede a la búsqueda del motivo de la parada, al encontrar la razón y corregirla se procede a ingresar manualmente el código de restauración del sistema permitiendo continuar la operación.

Figura 70 Diagrama de control para restaurar la operación después del bloqueo



Para retirar el vehículo se realiza el ingreso el dato de la bandeja a retirar la cual procede a posicionarse para el respectivo retiro y salida del vehículo.

Figura 71 Diagrama de bloqueo al retirar el vehículo



9 Estudio del diseño de costo, fabricación y montaje

A continuación, se elabora el análisis de costos detallada y sistemática de todos los costos asociados con el diseño, la fabricación, la instalación del sistema, entre las que se incluye selección y costo de materiales, mano de obra, transporte, montaje, coste de diseño y gastos generales.

Tabla 8 Costo materiales no normalizados

MATERIALES NO NORMALIZADOS					
MATERIAL	CANTIDAD	PESO POR UNIDAD	PESO TOTAL	PRECIO POR KG (UNIDAD)	PRECIO TOTAL
Placa De Acero Atornillada 400X400X20	4			\$ 223.238,00	\$ 892.952,00
Viga Cuadrada Principal 200X200X12,7	4	294	1177,84	\$ 4.858,98	\$ 5.723.101,00
Viga Cuadrada Apoyo Principal 200X200X12,7	16	19,27	308,32	\$ 4.858,98	\$ 1.498.120,71
Placa Acero 350X550X20	8	29,50	236,048	\$ 5.904,39	\$ 1.393.719,45
Viga Cuadrada Base Secundaria 200X200X12,7	4	618,1	2472,4	\$ 4.858,98	\$ 12.013.342,15
Viga Rectangular 200X100X11	24	85,5	2052	\$ 4.858,98	\$ 9.970.626,96
Viga Cuadrada Diagonal 100X100X14	20	27,83	556,6	\$ 4.858,98	\$ 2.704.508,27
Placa De Acero 550X550X20	2	47,49	94,98	\$ 5.904,39	\$ 560.798,96
Placa Acero 500X1000X20	16	58,87	941,92	\$ 5.904,39	\$ 5.561.463,03
Placa Acero 100X700X20	64	10,22	654,08	\$ 5.904,39	\$ 3.861.943,41
Placa Acero 150X700X20	48	14,17	680,16	\$ 5.904,39	\$ 4.015.929,90
Placa Acero 1500X1000X45	2	353,6	707,2	\$ 5.904,39	\$ 4.175.584,61

Placa Acero 6000X1000X20	2	293,0	586,06	\$ 5.904,39	\$ 3.460.326,80
Viga Rectangular 200X100X11	1	35,08	35,084	\$ 4.858,98	\$ 170.472,45
Placa Acero 6000X300X2	4	79,42	317,7	\$ 5.904,39	\$ 1.875.824,70
Placa Acero 50X100X10	6	49,2	295,2	\$ 5.904,39	\$ 1.742.975,93
Tubería Estructural Redonda 101,6x5x6000	6	71,4	428,4	\$ 8.895,81	\$ 3.810.966,00
Tubería Estructural Redonda 254x12x6000	1	333,8	333,8	\$ 8.904,10	\$ 2.972.189,00
Eje Solido Acero SAE 4340 1000X160	1	104,6	104,6	\$ 43.675,00	\$ 4.568.405,00
Placa Acero 4340 1350X1350X40	2	134,3	268,68	\$ 4.367,00	\$ 1.173.325,56
Placa Acero 1300X1300X27	2	246,5	493	\$ 5.904,39	\$ 2.910.864,27
Placa Acero 2800X1850X20	2	761,7	1523,4	\$ 5.904,39	\$ 8.994.747,73
Placa Acero 2200X5000X6	8	525,1	4200,8	\$ 5.904,39	\$ 24.803.161,51
Tubería Estructural Redonda 89x5x2250	32	30,46	974,72	\$ 8.895,00	\$ 8.670.134,40
Placa De Acero 250X180X10	96	2,91	279,36	\$ 5.904,39	\$ 1.649.450,39
Viga En C 150*50X7,8X2200	16	43,41	694,56	\$ 4.294,00	\$ 2.982.440,64
Tubería Estructural Redonda Solida 76,2x5800	8	208,5	1668	\$ 8.895,60	\$ 14.837.860,80
Viga Cuadrada 100X100X1450X12,7	16	47,5	760	\$ 4.858,98	\$ 3.692.824,80
TOTAL					\$ 140.688.060,45

Tabla 9 Costo materiales normalizados

MATERIALES NORMALIZADOS			
MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO TOTAL
Tornillo Hexagonal 1-1/2X4"	300	\$ 13.450,00	\$ 4.035.000,00
Tuerca Grado 2H ASTM A194 Galvanizada En Caliente 1-1/2X8	300	\$ 9.258,00	\$ 2.777.400,00
Arandela Plana F-436 Galvanizada En Caliente 1-1/2	300	\$ 1.949,00	\$ 584.700,00
Chumacera Flanche SKF F4BE 400-SRB-SRH	16	\$ 1.692.295,00	\$ 27.076.720,00
Chumacera Pie SKF P4BE 115M-TRB-STH	2	\$ 2.723.523,00	\$ 5.447.046,00
Chumacera Pie SKF P4BE 500-TRB-STH	2	\$ 4.347.189,00	\$ 8.694.378,00
Motorreductor SEW R147DRN250ME4	1	\$ 49.449.025,12	\$ 49.449.025,12
Sprocket SKF PHS 240-1BH10	1	\$ 1.163.423,00	\$ 1.163.423,00
Sprocket SKF PHS 240-1CH60	1	\$ 5.323.545,00	\$ 5.323.545,00
Cadena SKF PHC 240-1X5MTR	1	\$ 11.159.614,43	\$ 11.159.614,43
Engranaje Interno	2	\$ 3.654.567,00	\$ 7.309.134,00
Engranaje Externo	2	\$ 1.098.654,00	\$ 2.197.308,00
Brida Acero Al Carbón 12 "	4	\$ 981.000,00	\$ 3.924.000,00
Tornillo Hexagonal Astm A325 6-3/4x1-1/4	64	\$ 7.650,00	\$ 489.600,00
Tornillo Hexagonal ASTM A325 Galvanizado En Caliente 7/8"X3"	256	\$ 3.931,00	\$ 1.006.336,00
Tuerca Grado 2H ASTM A194 Galvanizada En Caliente 7/8"X9	256	\$ 2.239,00	\$ 573.184,00
Tuerca Grado 2H ASTM A194 Galvanizada En Caliente 1-1/4X8	64	\$ 6.142,00	\$ 393.088,00

Arandela Plana F-436 Galvanizada En Caliente 1-1/4	64	\$ 1.144,00	\$ 73.216,00
Arandela Plana F-436 Galvanizada En Caliente 7/8	256	\$ 572,00	\$ 146.432,00
TOTAL			\$ 131.823.149,55

Tabla 10 Costo instrumentos del sistema de control

MATERIALES INSTRUMENTACIÓN

MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO POR UNIDAD	PRECIO TOTAL
Variador De Velocidad ATV212 Schneider	1	\$ 15.504.474,25	\$ 15.504.474,25
Kit Montaje En Pared-Para Variador De Velocidad	1	\$ 750.261,00	\$ 750.261,00
Pack SR3B261FU Más Cable USB Para PC Más Software Zeliosoft	1	\$ 969.966,49	\$ 969.966,49
Contactador Tesys D 3P AC-3 440V 25A Bobina 220 VAC	3	\$ 308.052,33	\$ 924.156,99
Pulsadores XALD324	1	\$ 254.614,68	\$ 254.614,68
Parada De Emergencia XALK178	1	\$ 187.555,67	\$ 187.555,67
Gabinete En Fibra De Poliéster Dimens. 600x400x230 Mm Zcebox	1	\$ 658.977,00	\$ 658.977,00
Plc 6es7211-1ae40-0xb0 Siemens	1	\$ 850.632,00	\$ 850.632,00
Sensor Distancia Infrarrojo E18-D80nk E18d80nk 3-80 Cm	32	\$ 30.345,00	\$ 971.040,00
Modulo Lógico 6ED1052-1FB08-0BA0 SIEMENS	1	\$ 697.955,00	\$ 697.955,00

Cable Encauchetado 3 X 12 Awg Negro Rollo X 50 Metros.	2	\$ 256.500,00	\$ 513.000,00
Mano De Obra		\$ 7.000.000,00	\$ 7.000.000,00
total			\$ 29.282.633,08

Tabla 11 *costo personal y talento humano*

TALENTO HUMANO

PERSONAL	CANTIDAD	HORAS	SALARIO POR HORA	SALARIO TOTAL
Ingeniero Mecánico	1	88	\$ 12.473,00	\$ 1.097.624,00
Ingeniero Electricista	1	88	\$ 13.736,00	\$ 1.208.768,00
Técnico Electricista	2	88	\$ 8.084,00	\$ 711.392,00
Supervisores Montaje	2	88	\$ 8.084,00	\$ 711.392,00
Soldadores	3	88	\$ 7.346,00	\$ 646.448,00
Montadores	3	88	\$ 7.555,00	\$ 664.840,00
Ayudantes	4	88	\$ 6.451,00	\$ 567.688,00
Supervisor Sst	1	88	\$ 8.242,00	\$ 725.296,00
VALOR TOTAL				\$ 6.333,448,00

Tabla 12 *Costo montaje y transporte*

MONTAJE Y TRANSPORTE

PERSONAL	CANTIDAD	HORAS	SALARIO POR HORA	SALARIO TOTAL
Ayudantes Carga Y Descarga	3	8	\$ 6.451,00	\$ 154.824,00
Grúa	1	48	\$ 40.000,00	\$ 1.920.000,00
Transporte Por Camiones	2			\$ 600.000,00
VALOR TOTAL				\$ 2.674.824,00

Tabla 13 *Gastos generales de diseño***GASTOS GENERALES Y DE DISEÑO**

talento humano (ingenieros)	\$ 50.000.000,00
Equipos computacionales	\$ 3.000.000,00
Papelería (Memorias, cartas, fotocopias, carpetas, borradores, empastes, etc.)	\$ 300.000,00
softwares (SolidWorks, EES, Matlab)	
asesoría profesional	\$ 9.600.000,00
Transporte	\$ 600.000,00
VALOR TOTAL	\$ 63.500.000,00

Tabla 14 *Costos totales en el diseño y construcción sistema vertical de parqueo*

TOTAL	
Talento Humano	\$ 12.081.872,00
Transporte Y Montaje	\$ 2.674.824,00
Gastos Generales Y De Diseño	\$ 63.500.000,00
Materiales Instrumentación	\$ 29.282.633,08
Materiales Normalizados	\$ 131.823.149,55
Materiales No Normalizados	\$ 140.688.060,45
Total	\$ 380.050.539,08

9.1 Retorno de inversión (ROI)

El retorno de inversión relaciona el dinero generado por el proyecto y el dinero invertido en este. Esta métrica puede ser negativa o positiva y refleja el éxito al recuperar el dinero que se ha apostado en un negocio.

El ROI se calcula mediante la división de las ganancias obtenidas entre los gastos (o la inversión). El resultado de esta operación se multiplica por 100 para saber cuál es el porcentaje de retorno.

$$ROI = \frac{\text{Flujo efectivo neto}}{\text{inversio inicial}} * 100$$

$$\text{flujo efectivo neto} = \text{ganancias brutas} - \text{gastos totales}$$

A continuación, se realiza una tabla (ver figura 67) donde se mostrará las ganancias, gastos y utilidad cada año para calcular el tiempo que llevará recuperar la inversión y el porcentaje de retorno de inversión.

Los datos de gastos y ganancias son los siguientes:

- El parqueadero trabajara un mínimo de 8 horas diarias o dependiendo del horario del establecimiento que lo adquiera.
- Valor por hora de cada plataforma: 5000 pesos, incremento de 500 pesos cada 2 años
- Coste operario mensual: 1500000
- Coste mantenimiento mensual: 1000000
- Coste servicios generales: 1000000

Figura 72 Tabla retorno de inversión al pasar los años

Inversión	\$ 380.000.000,00				
Ingreso mensual	\$ 9.600.000,00	\$ 10.560.000,00	\$ 10.560.000,00	\$ 10.560.000,00	\$ 11.520.000,00
Concepto	1 año	2 año	3 año	4 año	5 año
Ingresos	\$ 115.200.000,00	\$ 126.720.000,00	\$ 126.720.000,00	\$ 115.200.000,00	\$ 138.240.000,00
Salario operario	\$ 18.000.000,00	\$ 18.000.000,00	\$ 19.000.000,00	\$ 19.000.000,00	\$ 20.000.000,00
Costo mantenimiento	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 13.000.000,00	\$ 13.000.000,00	\$ 14.000.000,00
Costo servicios generales	\$ 12.000.000,00	\$ 12.000.000,00	\$ 15.000.000,00	\$ 15.000.000,00	\$ 16.000.000,00
Utilidad	\$ 73.200.000,00	\$ 84.720.000,00	\$ 79.720.000,00	\$ 68.200.000,00	\$ 88.240.000,00
ROI	\$ 306.800.000,00	\$ 222.080.000,00	\$ 142.360.000,00	\$ 74.160.000,00	-\$ 14.080.000,00

De la tabla anterior observamos que la inversión del proyecto será recuperada después de 5 años teniendo en cuenta un ingreso y gastos hipotéticos

Utilizando la formula descrita anteriormente calculamos el retorno de inversión anual en porcentaje:

$$OI = \frac{\text{Flujo efectivo neto}}{\text{inversio inicial}} * 100 = \frac{73200000}{380000000} * 100 = 19,26\% \text{ anual}$$

El ROI del 19,26% puede ser considerado bueno porque supera el costo de oportunidad, implica un riesgo aceptable, es competitivo en comparación con otras oportunidades de inversión y sugiere una rentabilidad sostenible para el proyecto.

10 Conclusiones

El diseño del sistema de parqueo vertical tipo carrusel cumple con las especificaciones técnicas establecidas, como la capacidad para albergar 8 vehículos con dimensiones del habitáculo de 2 metros de ancho, 5 metros de largo, y 2 metros de alto, soportando un peso máximo de 3 toneladas por vehículo. Este diseño asegura un uso eficiente del espacio y ofrece una solución robusta para el estacionamiento de vehículos en áreas urbanas densamente pobladas, optimizando el aprovechamiento del espacio disponible.

Basándonos en el análisis de costos y la tasa de inversión calculada, el proyecto de diseño de un sistema de parqueo vertical tipo carrusel muestra una viabilidad financiera favorable, con un ROI del 19,26% en un tiempo de 5 años. Esto sugiere que la inversión inicial puede generar un retorno financiero atractivo, lo que respalda la factibilidad económica del proyecto, para disminuir el tiempo de retorno de inversión se podrían aumentar las horas diarias de trabajo, aumentar la capacidad del estacionamiento de 8 a 10 autos o incluir servicios adicionales como lavado y mantenimiento de los vehículos para obtener ingresos adicionales.

Se justifica la elección de motores eléctricos sobre hidráulicos para el sistema de parqueo, debido a su menor complejidad, mantenimiento más sencillo, mayor precisión en el control y menor impacto ambiental. Esto garantiza un funcionamiento eficiente y confiable del sistema, cumpliendo con los estándares de calidad y sostenibilidad requeridos.

El sistema de control que se proporcionó como solución para el funcionamiento del sistema de parqueo vertical es segura, eficiente y automatizada. Mediante el uso de sensores, controladores PLC, el diagrama muestra un funcionamiento sencillo y confiable. Al no ser un sistema detallado aun queda potencial para futuras investigaciones.

Referencias Bibliográficas

- AMERICAN NATIONAL STANDARD. (s.f.). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/414025124/Norma-de-calculo-para-ejes-ANSI-ASME-B106-1-1985-pdf>
- ANDRADE, J. D. (Julio de 2016). Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14591/1/65832_1.pdf
- Arenas, J. L. (05 de agosto de 2021). *vanguardia* . Obtenido de <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/147-aumento-en-bucaramanga-y-su-area-el-parque-automotor-CX4088712>
- Aula 21. (2020). *centro de formacion tecnica para la industria*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-contactor/>
- Aula 21. (s.f.). *cusos Aula 21*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-sistema-hidraulico/>
- CADERSA cadenas y derivados. S.L. (s.f.). *CADERSA*. Obtenido de <https://www.cadersa.es/cadenas-de-tranmision-iso-606-1982-e-din-8187-y-din-8188/>
- Calcuvio. (s.f.). *calcuvio*. Obtenido de <https://www.calcuvio.com/engranajes>
- Compresoresdeaire. (s.f.). *Compresoresdeaire*. Obtenido de <https://compresoresdeaire.es/blog/neumatica/que-es-la-neumatica/>
- Cristian Estupiñan, M. P. (2020). Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7899/1/4132733-2020-1-IM.pdf>

Electropreguntas.com. (2020). *Electropreguntas.com*.

Estupiñan, D., & Puentes, M. (2020). *Repository uamerica*. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7899/1/4132733-2020-1-IM.pdf>

Eurolift Elevators, S.A. (2019). *Eurolift Elevators*. Obtenido de <https://euroliftelevators.com/sistemas-de-parqueo/>

Hello Insurance Group, Compañía de Seguros, S.A. (2022). *Helloauto*. Obtenido de <https://helloauto.com/glosario/luces-led>

Intermec . (s.f.). *portalelectromecanico*. Obtenido de http://www.portalelectromecanico.com/DOCUMENTOS/manual_pinones_intermec.pdf

Kareyan, T. (Septiembre de 2017). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/110588/tfg-memoria-tigran-kareyan.pdf>

Kareyan, T. (Septiembre de 2019). *upcommons upc*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/110588/tfg-memoria-tigran-kareyan.pdf>

LEE, S. U. (18 de 05 de 2007). *PATENTSCOP*. Obtenido de <https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=WO2007055466&recNum=19&maxRec=628>

Max Acero Monterrey. (02 de diciembre de 2021). *Max acero*. Obtenido de <https://maxacero.com/blog/a-36-para-estructuras-metalicas-que-es/>

- Muñoz, A. M. (s.f.). *urbipedia*. Obtenido de https://www.urbipedia.org/hoja/Tensi%C3%B3n_de_Von_Mises
- Park, D. Y. (22 de 05 de 2008). *Google patents*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/WO2008060000A1/en?q=vertical+parking+system+structure>
- Quesada, J. D. (2018). *red uao*. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10606/T08270.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Rivas, K., Quesada, H., & Prieto, I. (27 de 06 de 2019). *repository.unipiloto*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5422>
- Sarria, J. (2018). Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10606/T08270.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- SDLindustrial. (2021). *SDL*. Obtenido de <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/#Articulos-Relacionados>
- SEAS, Estudios Superiores Abiertos. (22 de agosto de 2019). *Blog SEAS*. Obtenido de <https://www.seas.es/blog/automatizacion/el-rele-para-que-es-para-que-sirve-y-que-tipos-existen/>
- SILVESTRE PIHUE, E. Y. (2021). Obtenido de file:///E:/DOCUMENTOS%20USUARIO/Downloads/MEC-T030_72764755_T%20%20%20SORIANO%20RODAS%20JOSHUA%20ISRAEL.pdf

Tecfluid S:A. (2018). Obtenido de <https://tecfluid.com/glosario-de-terminos-tecnicos/#:~:text=Un%20sensor%20reed%20o%20reed,presencia%20de%20un%20campo%20magn%C3%A9tico>

Wendy. (2015). Obtenido de <https://n9.cl/ujwg> .

YOUNG, P. D. (12 de 08 de 2004). *PATENTSCOP*. Obtenido de <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US40684190&recNum=1&maxRec=6288>

Anexos

Anexo 1 Modelos de los vehículos utilizados para dimensionar la plataforma

MARCA	MODELO	LARGO	ANCHO	ALTURA	DISTANCIA ENTRE EJES	PESO VACIO	PESO BRUTO VEHICULAR
TOYOTA	YARIS	4140	1730	1495	2550	1085	1550
TOYOTA	YARIS CROSS	4172	1765	1595	2560	1215	1690
TOYOTA	CORROLLA	4630	1780	1455	2700	1390	1780
TOYOTA	CORROLLA CROSS	4460	1825	1620	2640	1385	1850
TOYOTA	RAV4	4600	1855	1685	2690	1635	2190
TOYOTA	FORTUNER	4795	1855	1835	2745	2100	2750
TOYOTA	4RUNNER	4830	1925	1780	2790	2095	2855
TOYOTA	PRADO	4840	1885	1890	2760	2255	2990
TOYOTA	GR YARIS	3995	1805	1455	2560	1280	1645
TOYOTA	COROLLA GR-S	4635	1780	1435	2700	1375	1830
TOYOTA	COROLLA CROSS GR-S	4460	1825	1620	2640	1360	1850
TOYOTA	FORTUNER GR-S	4795	1855	1835	2745	2135	2750
CHEVROLET	JOY	3993	1705	1477	2528	1045	1420
CHEVROLET	JOY SEDAN	4275	1705	1477	2528	1045	1420
CHEVROLET	ONIX TURBO SEDAN	4474	1730	1470	2600	1168	1538
CHEVROLET	ONIX TURBO RS	4163	1731	1473	2551	1087	1497
CHEVROLET	ONIX TURBO HB	4163	1731	1473	2551	1087	1497
CHEVROLET	TRACKER TURBO	4270	1791	1624	2570	1263	1673
CHEVROLET	CAPTIVA TURBO	4655	1835	1760	2750	1630	2160
CHEVROLET	EQUINOX RS	4650	1844	1661	2725	1573	2100
CHEVROLET	BOLT EUV	4306	1770	1616	2675	1669	2131
CHEVROLET	BLAZER RS	4862	1947	1703	2690	1970	2722
CHEVROLET	CAMARO	4836	1917	1360	2743	1775	2136
SUZUKI	SWIFT SEDAN	3995	1735	1515	2450	880	1315
SUZUKI	BALENO CROSS	3995	1745	1505	2520	885	1401

SUZUKI	SWIFT HIBRIDO	3845	1735	1495	2450	880	1365
SUZUKI	S-CROSS	4300	1785	1585	2600	1220	1745
SUZUKI	VITARA	4175	1775	1610	2500	1160	1730
SUZUKI	XL7	4450	1775	1710	2740	1180	1730
SUZUKI	JIMNY	3650	1645	1725	2250	1090	1435
HYUNDAI	HB20 GETZ	3940	1720	1470	2530	1089	1389
HYUNDAI	HB20S	4260	1720	1470	2530	1120	1595
HYUNDAI	HB20X	3970	1720	1540	2530	1110	2040
HYUNDAI	KONA	4205	1800	1565	2600	1376	2532
HYUNDAI	VENUE	4040	1770	1590	2520	1142	1672
KIA	RIO SEDAN	4385	1725	1475	2580	1092	1572
KIA	RIO HATCHBACK	4065	1725	1475	2580	1092	1362
KIA	X-LINE	3595	1595	1495	2400	910	1165
KIA	PICANTO	3595	1595	1495	2400	910	1165
KIA	PICANTO GT LINE	3595	1595	1495	2400	910	1165
KIA	SOLUTO	4300	1700	1460	2570	1019	1494
KIA	STONIC	4065	1725	1450	2580	1225	1720
KIA	SELTOS	4315	1800	1645	2610	1182	1615
KIA	SONET	4120	1790	1642	2500	1095	1687
KIA	SPORTAGE	4515	1865	1650	2680	1514	2105
MAZDA	2 SPORT	4070	1695	1510	2570	1042	1578
MAZDA	2 SEDAN	4345	1695	1485	2570	1060	1720
MAZDA	3	4660	1795	1445	2725	1401	1920
MAZDA	CX-30	4395	1795	1540	2655	1420	1960
MAZDA	MX-30 EV	1395	1795	1555	2655	1670	2106
MAZDA	CX-5	4575	1845	1680	2700	1551	2073
MAZDA	MX-5	3915	1935	1235	2310	1121	1682
NISSAN	MARCH	3826	1666	1528	2450	920	1377
NISSAN	VERSA	4495	1740	1475	2620	1041	1523
NISSAN	SENTRA	4640	1815	1455	2710	1340	1800
NISSAN	LEAF	4445	1770	1550	2700	1453	1970
NISSAN	KICKS	4309	1760	1612	2620	1148	1580
NISSAN	QASHQAI	4425	1835	1625	2665	1565	2069
NISSAN	X-TRAIL E-POWER	4645	1840	1695	2705	1939	2505
NISSAN	MURANO	4888	1916	1722	2825	1670	2300
RENAULT	KWID	3731	1759	1481	2423	790	1215
RENAULT	SANDERO	4070	1727	1530	2590	1072	1515
RENAULT	LOGAN	4359	1735	1529	2635	1078	1521
RENAULT	STEPWAY	3731	1759	1481	2423	790	1215

RENAULT	DUSTER	4341	1832	1693	2674	1274	1763
RENAULT	KOLEOS	4672	1843	1678	2704	1660	2250
RENAULT	OROCH	4700	1821	1694	2718	1464	1992

Anexo 2 Tabla criterios para selección de alternativas

Denominación de criterios	
Criterios	Puntaje
C1- Costos Manufactura	25%
C2- Mantenimiento	20%
C3- Montaje	15%
C4- Seguridad	20%
C5- Menor Peso	20%

Fuente elaboración propia

Anexo 3 Tabla nivel y puntaje para ponderación

Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
0	1	2	3	4

Fuente elaboración propia

Anexo 4 Tabla matriz pugh para selección de alternativa motriz

		Alternativas		
	critérios	#1	#2	#3
valorización	C1	3	4	4
	C2	4	4	4
	C3	4	5	4
	C4	4	4	5
	C5	5	4	3
	total	3,95	4,15	4

Fuente elaboración propia

Anexo 5 Tabla matriz pugh para selección de la alternativa para la estructura

		Alternativas	
	critérios	#1	#2
valorización	C1	5	4
	C2	3	4

	C3	5	4
	C4	3	5
	C5	4	4
	total	4	4,2

Anexo 6 condiciones sistema de transmisión de potencia

Matriz de calidad de parqueo vertical tipo carrusel, a mayor puntaje el sistema es más apto para su uso los criterios tomados para realizar esta comparación fueron los siguientes:

- **Capacidad de carga:** evalúa la capacidad del sistema de soportar el peso de los vehículos y los demás componentes del sistema.
- **Precisión y control:** evalúa la capacidad que ofrece el sistema en el control de velocidades, posiciones y fuerzas.
- **Eficiencia:** evalúa la eficiencia energética ofrecida por el sistema
- **Mantenimiento:** evalúa la facilidad y nivel de mantenimiento que se le puede realizar al sistema.
- **Control de velocidad:** evalúa la capacidad del sistema de cambiar la velocidad.
- **Espacio requerido:** evalúa el tamaño del equipo y además del espacio que este ocupara al momento de instalarse.
- **Complejidad:** evalúa la complejidad de componentes y operación del equipo
- **Costo:** evalúa el costo total incluyendo componentes, instalación y mantenimiento que este tendrá.

Para esta matriz se calificó de 1 a 5 siendo 1 la puntuación más baja y 5 la puntuación más alta.

Anexo 7 Matriz pugh sistema de transmisión de potencia

Criterio/sistema de transmisión	Sistema hidráulico	Sistema neumático	Motor eléctrico
Capacidad de carga	5	3	4
Precisión y control	4	3	5
Eficiencia	4	3	4
Mantenimiento	3	3	4
Control de velocidad	5	3	4
Espacio requerido	3	3	5
Complejidad	4	3	4
Costo	4	3	3
Puntuación total	32	24	33

Anexo 8 Cálculos potencia del motor

Para realizar el cálculo de la potencia se siguen los siguientes pasos se procede a hallar la velocidad lineal del sistema usando la siguiente formula.

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot \omega}{60}; \text{ velocidad lineal (m/s)}$$

$$r = D/2; \text{ radio de giro (m)}$$

ω =es la velocidad angular.

Reemplazando los datos que tenemos en la fórmula observamos que la velocidad lineal (v) es 0,1599 m/s.

Con el valor de la velocidad hallada, el perímetro (P) de la cadena el cual se calcula con el radio (r) y la longitud total de la cadena, calculamos la aceleración del sistema, para posteriormente con esta aceleración calcular el tiempo que tarda en girar una vuelta el sistema.

Los datos que tenemos son los siguientes:

$$V=0,1599 \text{ m/s (velocidad final)}$$

$$V_0= 0 \text{ m/s (velocidad inicial)}$$

$$P=\pi \cdot r=\pi \cdot 0,7636=2,3986 \text{ m (perímetro)}$$

$$L_t=2 \cdot 2,3986+2 \cdot 8,053=20,9032 \text{ m (longitud total de la cadena)}$$

Cálculo de la aceleración

$$V^2 = V_0^2 + 2 \cdot a \cdot L_t \text{ (ecuación de velocidad en función del desplazamiento)}$$

$$0,1599^2 = 0^2 + 2 \cdot a \cdot 20,9032$$

$$a = 6,115 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$$

Cálculo del tiempo en el cual el sistema motriz da un giro

$$L_t = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$20,9032 = 0 * t + \frac{1}{2} * 6,115 * 10^{-4} * t^2$$

$$t = 261,47 \text{ s}$$

Con el tiempo hallado anteriormente el cual es el que tarda el sistema en dar un giro completo procedemos a calcular la potencia que hará funcionar el sistema, hallando la sumatoria de fuerzas que son aplicadas a este, utilizando la fórmula de potencia que es $P=F*V$ donde p es la potencia, F la fuerza y V la velocidad lineal del sistema.

$$\sum Fy = ma$$

$$Fs - W = ma \quad Fs = \text{fuerza de subida}$$

$$W = 310000 \text{ N}$$

$$m = 21000 \text{ Kg}$$

$$a = 6,115 * 10^{-4} \text{ m/s}^2$$

$$Fs = 31000 * 6,115 * 10^{-4} + 310000$$

$$Fs = 310018,95 \text{ N}$$

Cálculo de potencia

$$Pot = Fs * V$$

$$Pot = 310018,95 * 0,1599$$

$$Pot = 49572,03 \text{ W} = 49,572 \text{ KW}$$

$Pot = 66.48 \text{ HP}$ potencia necesaria para el funcionamiento del sistema

□

Anexo 9 parámetros para diseño de engranaje

Los parámetros y cálculos utilizados para diseñar engranajes son los siguientes:

- Diámetro primitivo (d): es la circunferencia en la que engranan los dientes.
- Número de dientes (z): número de dientes del engrane.
- Paso (p): Longitud del arco entre centros de dos dientes consecutivos.
- Módulo (m): paso dividido por π , este valor es normalizado

Primero se calcula el paso dividiendo el diámetro primitivo entre el número de dientes:

$$p = \frac{\pi d}{z} = \text{paso} \quad (1)$$

El módulo se calcula dividiendo el paso entre π este valor es comúnmente dado en mm

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z} = \text{modulo} \quad (2)$$

El paso diametral se calcula dividiendo 25,4 entre el módulo, este suele ser un valor normalizado

$$d_p = \frac{25,4}{m} = \text{paso diametral} \quad (3)$$

La altura de la cabeza del diente es igual al módulo en mm

$$h_a = m = \text{altura de cabeza} \quad (4)$$

La altura de pie o dedendum se halla multiplicando 1.25 por el modulo

$$h_f = 1.25m = \text{altura de pie} \quad (5)$$

A partir de la altura de pie y la altura de cabeza se calcula el diámetro de cabeza (d_a) y el diámetro de fondo (d_f) sumándole el diámetro primitivo a las alturas mencionadas anteriormente.

$$d_a = d + h_a = \text{diámetro de cabeza} \quad (6)$$

$$d_f = d + h_f = \text{diámetro de fondo} \quad (7)$$

Teniendo el número de dientes, las velocidades angulares y los diámetros primitivos del engranaje motriz y el engranaje conducido podemos calcular la relación de transmisión (i).

$$i = \frac{w_2}{w_1} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{d_1}{d_2} = \text{relación de transmisión (8)}$$

la información anterior fue obtenida de la página y calculadora web (Calcuvio, s.f.)

para el cálculo del engranaje interno se calcula de igual forma que los engranajes rectos, el cálculo y los datos para calcularlo son;

- Número de dientes (z)=120
- Modulo (m)=7.5

Se calcula el diámetro primitivo (p) despejando de la ecuación 2, el paso de la ecuación (1), la altura de cabeza (h_a) y la altura de pie (h_f) con las ecuaciones 4 y 5 respectivamente:

$$d = m \cdot z = 7.5 * 120 = 900 \text{ mm}$$

$$p = m \cdot \pi = 7.5 * \pi = 23,5619 \text{ mm}$$

$$h_a = m = 7.5 \text{ mm}$$

$$h_f = m \cdot 1.25 = 7.5 * 1.25 = 9.375 \text{ mm}$$

Debido a que el engranaje es interno el diámetro de cabeza y de pie se ven invertidos por lo cual las nuevas fórmulas quedan de la siguiente manera:

$$d_a = d - 2h_a = 900 - 2 * 7.5 = 855 \text{ mm}$$

$$d_f = d + 2h_f = 900 + 2 * 9.375 = 918.71 \text{ mm}$$

A partir del engranaje conducido anterior es posible calcular los parámetros del motriz que proporcione una relación de transmisión determinada. La relación de transmisión i entre dos engranajes puede calcularse mediante el uso de la ecuación (8)

Para realizar este cálculo de i se utilizará el número de dientes de los dos engranajes:

$Z_1=120$ dientes

$Z_2=40$ dientes

$$i = \frac{Z_1}{z_2} = \frac{120}{20} = 6$$

con este valor y las fórmulas para calcular un engranaje recto se procede a computar el engranaje motriz:

$$d = m \cdot z = 7.5 \cdot 20 = 150 \text{ mm}$$

$$p = m \cdot \pi = 7.5 \cdot \pi = 23,5619 \text{ mm}$$

$$h_a = m = 7.5 \text{ mm}$$

$$h_f = m \cdot 1.25 = 7.5 \cdot 1.25 = 9.375 \text{ mm}$$

$$d_a = d + 2h_a = 150 + 2 \cdot 7.5 = 165 \text{ mm}$$

$$d_f = d - 2h_f = 150 - 2 \cdot 9.375 = 131,25 \text{ mm}$$

Anexo 10 Diseño de la cadena transmisión de potencia

- Potencia: 55Kw
- RPM piñón conductor: 74 RPM

- RPM piñón conducido: 12 RPM
- Diámetro eje piñón: 4,375 in
- Relación de transmisión Z_2/Z_1 : 6
- Distancia entre centros (D_c): $D_2+1/2*(D_1) = 59,04+1/2*(11,03) = 64,55$ in

Para poder seleccionar el tipo y paso de cadena para esto se halla la potencia corregida (PM) esta se halla multiplicando la potencia del motor por factores K_1 y L_1 donde estos último se hallan con la tabla donde indican respectivamente los tamaños alternativos y factor de selección que pueden utilizarse para el factor de potencia. Estos factores tienen en cuenta el tipo de máquina que se está usando, las condiciones de trabajo, el tipo de piñón, numero de eslabones entre otros.

Figura 73 Datos para selección de cadena

CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS	f_y	CONDICIONES DE TRABAJO f_y	RELACION DE TRANSMISION Z_2/Z_1	NUMERO DE DIENTES DEL PIÑÓN						
				13	15	17	19	21	23	25
Banda transportadora. Bombas centrífugas, Generadores, Ventiladores. Máquinas embotelladoras, Maquinaria embalaje. Toda maquinaria de embalaje regular.	1	Funcionamiento sin choques Carga uniforme	1:1	*1,85	1,59	1,39	1,22	1,10	0,99	0,91
			2:1	1,64	1,41	1,23	1,08	0,88	0,88	0,80
			3:1	1,52	1,30	1,14	1,00	0,90	0,81	0,74
			5:1	1,40	1,20	1,05	0,92	0,83	0,75	0,68
Escaleras mecánicas. Máquina Hilatura. Máquinas herramientas. Compresores. Bombas centrífugas. Elevadores. Transportadores continuos.	2	Marcha uniforme con choques aislados, carga ligera pulsante.	1:1	*2,32	1,98	1,74	1,53	1,38	1,24	1,13
			2:1	*2,05	1,76	1,55	1,35	1,22	1,10	1,02
			3:1	1,90	1,63	1,43	1,25	1,13	1,02	0,93
			5:1	1,75	1,50	1,31	1,15	1,04	0,93	0,85
Hormigoneras. Telares. Molinos de bolas. Molinos cereal. Transportadores con carga designal. Máquina labrar madera. Hélices. Prensas. Molinos de pasta de papel. Caminos de rodillos.	3	Choques ligeros, carga pulsante mediana.	1:1	*2,79	2,38	2,09	1,83	1,65	1,49	1,36
			2:1	*2,47	2,11	1,85	1,62	1,46	1,31	1,20
			3:1	2,28	1,95	1,71	1,50	1,35	1,22	1,11
			5:1	2,10	1,80	1,58	1,38	1,25	1,12	1,03

Tomado de CADERSA cadenas y derivados.

El valor aproximado teniendo en cuenta el tipo de sistema que se está diseñando, las condiciones de trabajo, la relación de transmisión y los dientes del piñón conductor se seleccionó un valor de $K=1,75$

El factor de selección L_1 se selecciona teniendo en cuenta la distancia entre centros y el número de pasos de la cadena en este caso el factor L_1 tendrá un valor de 0,84.

Figura 74 Factor de selección L_1

DISTANCIA ENTRE EJES						
N.º de Pasos	20	30	40	50	60	80
Factor L_1	1,15	1,06	1	0,95	0,91	0,84

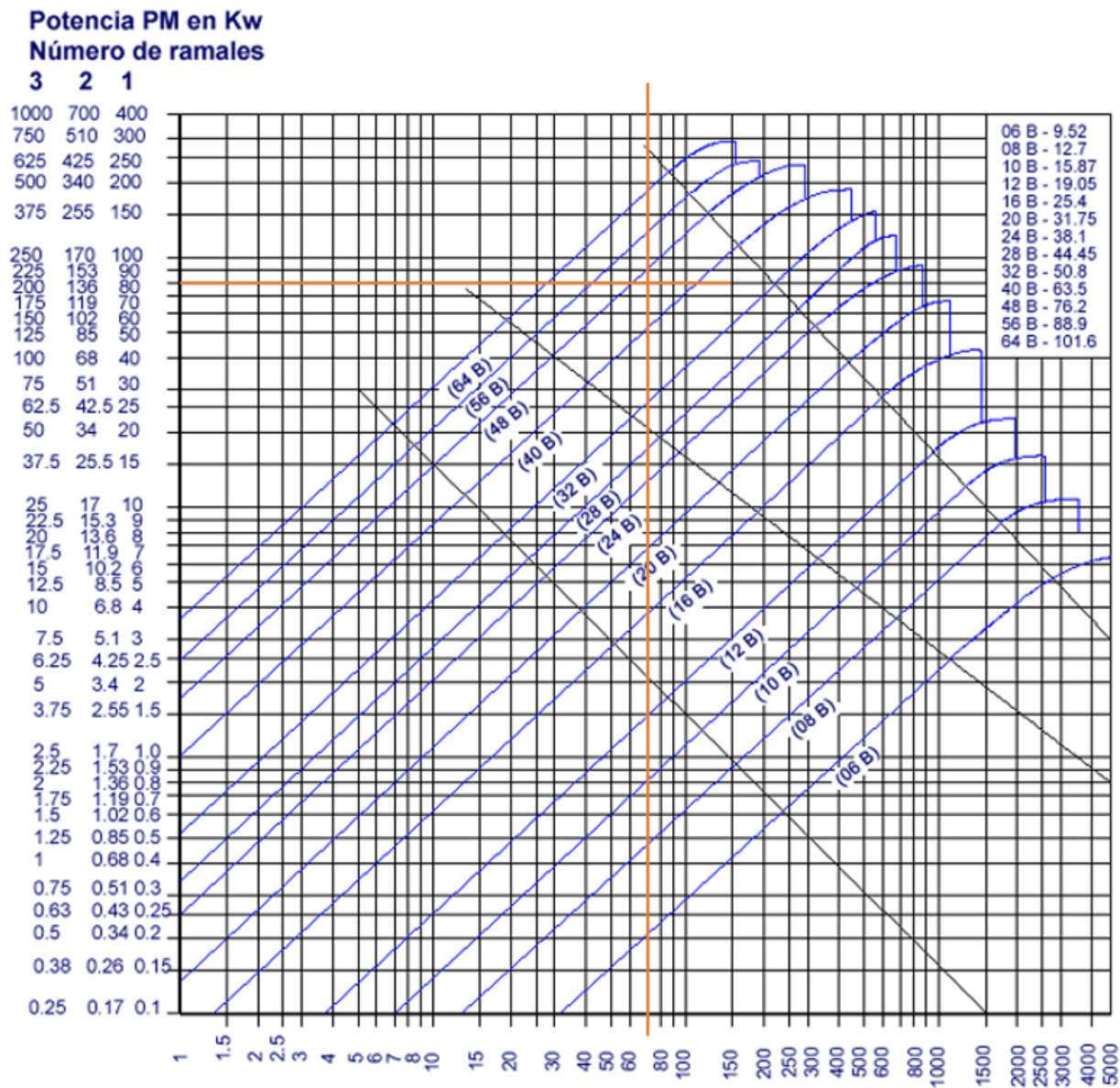
Tomado de CADERSA cadenas y derivados.

Se calcula la potencia corregida:

$$P_m = P \cdot k_1 \cdot L_1 = 55 \cdot 1,75 \cdot 0,84 = 80,85 \text{ KW}$$

con el valor de P_m se selecciona el tipo de cadena mediante la figura 41:

Figura 75 Selección cadena



Tomado de CADERSA cadenas y derivados.

Según la potencia corregida de 80 KW y las 72 RPM a las cuales gira el piñón conductor, la cadena que se puede usar en este diseño es simple de paso 240.

Anexo 11 Calculo distancia entre centros de engranajes

Conociendo el tipo de cadena que usaremos se calcula su longitud, así como la distancia entre centros de los dos piñones.

Dientes piñón conductor (Z1): 10

Dientes piñón conducido (Z2): 60

Paso cadena (P): 3 in

Diámetro conductor (D1): 11,03 in

Diámetro conducido (D2): 59,04 in

Distancia entre centros (Dc): $D2 + \frac{1}{2} * (D1) = 59,04 + \frac{1}{2} * (11,03) = 64,55 \text{ in}$

Para calcular la longitud de la cadena calculamos los eslabones usando la siguientes formulas.

$E_c = 2C + \frac{S}{2} + \frac{K}{S}$ donde:

$$C = \frac{Dc}{P} = \frac{64,55}{3} = 21,51$$

$$S = Z_1 + Z_2 = 10 + 60 = 70$$

K se halla restando Z2 de Z1 y buscando con este resultado el valor de K en la figura 45:

Figura 76 Factor K para hallar la longitud de la cadena

D	K	D	K	D	K	D	K	D	K	D	K
1	03	32	25.94	63	100.54	94	223.82	125	395.79	156	616.44
2	10	33	27.58	64	103.75	95	228.61	126	402.14	157	624.37
3	23	34	29.28	65	107.02	96	233.44	127	408.55	158	632.35
4	41	35	31.03	66	110.34	97	238.33	128	415.01	159	640.38
5	63	36	32.83	67	113.71	98	243.27	129	421.52	160	648.46
6	91	37	34.68	68	117.13	99	248.26	130	428.08	161	656.59
7	124	38	36.58	69	120.60	100	253.30	131	434.69	162	664.77
8	162	39	38.53	70	124.12	101	258.39	132	441.36	163	673.00
9	205	40	40.53	71	127.69	102	263.54	133	448.07	164	681.28
10	253	41	42.58	72	131.31	103	268.73	134	454.83	165	689.62
11	306	42	44.68	73	134.99	104	273.97	135	461.64	166	698.00
12	365	43	46.84	74	138.71	105	279.27	136	468.51	167	706.44
13	428	44	49.04	75	142.48	106	284.67	137	475.42	168	714.92
14	496	45	51.29	76	146.31	107	290.01	138	482.39	169	723.46
15	570	46	53.60	77	150.18	108	295.45	139	489.41	170	732.05
16	648	47	55.95	78	154.11	109	300.95	140	496.47	171	740.60
17	732	48	58.36	79	158.09	110	306.50	141	503.59	172	749.37
18	821	49	60.82	80	162.11	111	312.09	142	510.76	173	758.11
19	914	50	63.33	81	166.19	112	317.74	143	517.98	174	766.90
20	1013	51	65.88	82	170.32	113	323.44	144	525.25	175	775.74
21	1117	52	68.49	83	174.50	114	329.19	145	532.57	176	784.63
22	1226	53	71.15	84	178.73	115	334.99	146	539.94	177	793.57
23	1340	54	73.86	85	183.01	116	340.84	147	547.36	178	802.57
24	1459	55	76.62	86	187.34	117	346.75	148	554.83	179	811.61
25	1583	56	79.44	87	191.73	118	352.70	149	562.36	180	820.70
26	1712	57	82.30	88	196.16	119	358.70	150	569.93	181	829.85
27	1847	58	85.21	89	200.64	120	364.76	151	577.56	182	839.04
28	1986	59	88.17	90	205.18	121	370.86	152	585.23	183	848.29
29	2130	60	91.19	91	209.76	122	377.02	153	592.96	184	857.58
30	22.80	61	94.25	92	214.40	123	383.22	154	600.73	185	866.93
31	24.34	62	97.37	93	219.08	124	389.48	155	608.56

Tomado del libro transmisión por cadenas calculo y diseño

En este caso $K=63,33$

Reemplazando

$$Ec = 2C + \frac{S}{2} + \frac{K}{S} = 2 * 21,51 + \frac{70}{2} + \frac{63,33}{70} = 78,92 \text{ eslabones}$$

La cadena tiene un total de 78,92 eslabones, este valor lo multiplicamos por el paso es 3 pulgadas

$$Lc = 78,92 * 3 = 236,77 \text{ in} = 6,013 \text{ m}$$

Anexo 12 pasos y formulas diseño del eje

Para diseñar el eje se utilizan los siguientes pasos y formulas.

- Calculo velocidad del eje

Usando la velocidad de giro de las plataformas y engranaje conducido la cual es de 2 RPM con la relación de transmisión (i) de los engranajes motriz y conducido calculamos la velocidad del eje:

V rueda conducido = 2 RPM = N_2

Dientes rueda conducida = 120 = Z_2

V rueda motriz = velocidad eje = N_1

Dientes rueda motriz = 20 = Z_1

$$N_1 \cdot z_1 = N_2 \cdot z_2$$

$$N_1 = \frac{z_2 \cdot N_2}{z_1} = \frac{2 \cdot 120}{20} = 12 \text{ RPM} = \text{velocidad de eje}$$

- Calculo torque que se transmite al eje

El torque se calcula mediante la fórmula de potencia donde n es la velocidad del motor, T el torque, Hp la potencia del motor y 63000 es el factor utilizado cuando las unidades son libras y pulgadas.

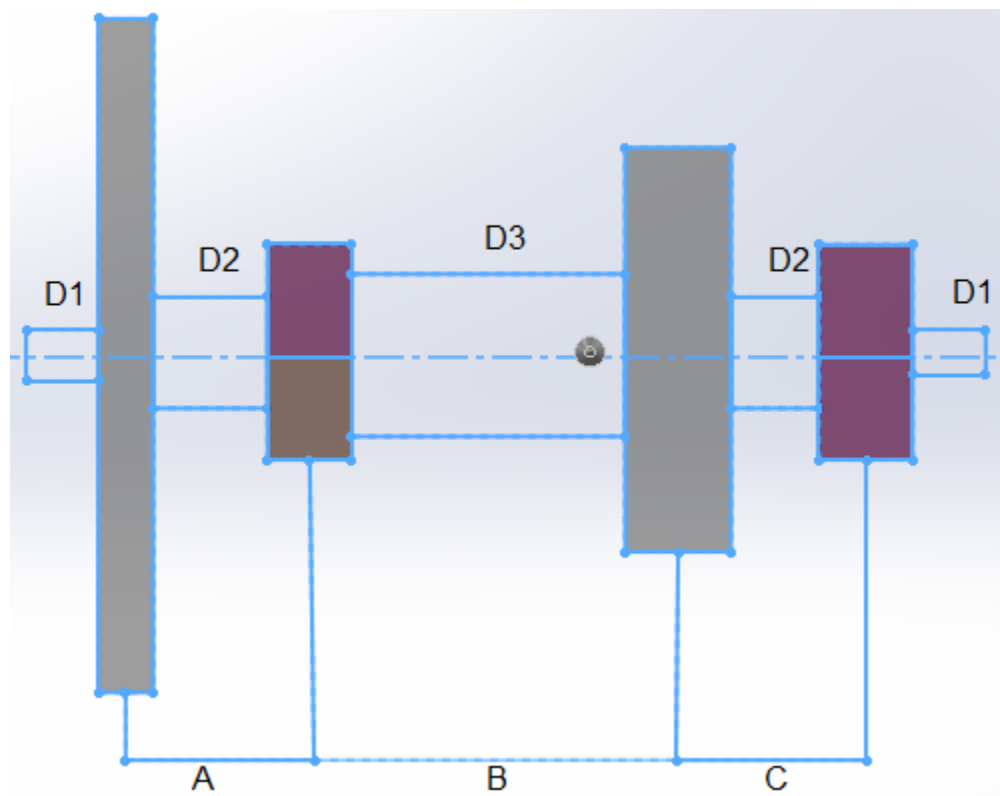
$$H_p = \frac{T \cdot n}{63000}, \quad Kw = \frac{Tn}{974} \text{ potencia (9)}$$

De esta fórmula se despeja el torque y la potencia es la requerida por el eje con todos sus componentes

- Determinar diseño de componentes

Se determinan los componentes que se instalarán en el eje, así como la posición de cada uno de ellos en la figura 46 se muestra la distribución y los componentes que serán usados para el sistema de parqueo.

Figura 77 Esquema eje con los elementos que transmiten la potencia



Donde

A= 20 cm

B= 20 cm

C= 20 cm

Es importante ubicar dos rodamientos que funcionen como soporte estable y las cargas sobre el eje se distribuyan de manera balanceada minimizando los momentos de flexión, debido a que el eje soportara grandes fuerzas la longitud de este debe ser lo más pequeña posible para que no ocurran deformaciones permanentes.

En este diseño las fuerzas le serán transmitidas al eje a través de un juego de piñones y cadena que los une al reductor de velocidad, a continuación, el eje transmite las fuerzas al engranaje recto e interno transmitiéndole a su vez a la cadena que hace girar las plataformas. Para soportar estos componentes axialmente se realizará mediante maquinados hombros de apoyo y se instalaran chavetas y prisioneros para mayor seguridad,

- Cálculo de fuerzas para engranajes rectos.

Esta siguiente información está definida según normas ISO y AGMA.

La fuerza tangencial es producida por el torque dado por el engranaje con la ecuación (9) donde:

$$T = \frac{Kw * 974}{n}$$

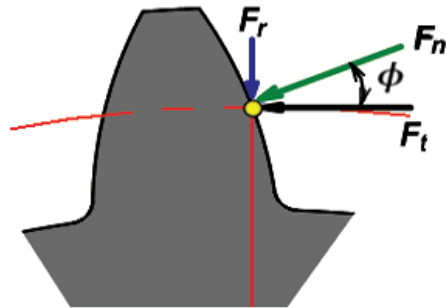
$$F_t = \frac{T}{(D/2)} = \text{Fuerza tangencial (10) } D = \text{diametro Engr.}$$

El Angulo producido por la fuerza total sobre la componente tangencial es igual al ángulo de presión ϕ y esta va aplicada sobre los dientes, como resultado la fuerza radial se calcula:

$$F_r = F_t \cdot T_{an}(\theta) = \text{Fuerza radial (11)}$$

La fuerza total no es necesario calcularla debido a que el Angulo de presión para engranajes rectos normalmente es 14.5° , 20° , 25° . En la figura 47 se observa cómo se aplican las fuerzas sobre los dientes.

Figura 78 Fuerzas que actúan sobre los dientes de un engranaje



Tomado de revista tecnológica de costa rica

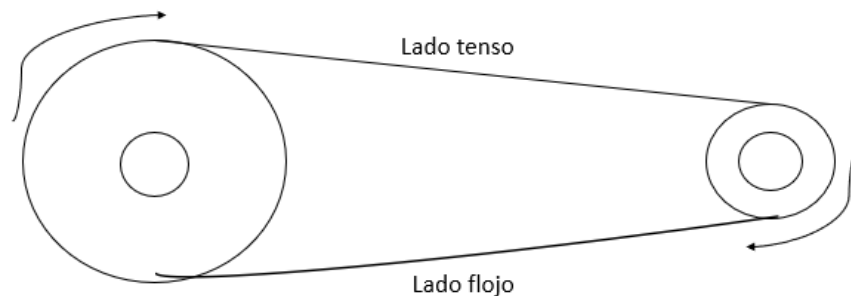
- Cálculo de coronas para cadenas

Como se observa en la figura 48, la cadena tiene un lado tenso y un lado flojo, donde el lado flojo no genera fuerza por consiguiente la fuerza de flexión es ejercida por el lado con tensión.

En función del torque la ecuación de F_f es:

$$F_F = \frac{T}{(D/2)} = \text{fuerza de flexion (12)}$$

Figura 79 Fuerzas que en la transmisión de potencia por cadena



- Cálculo de diámetro de eje.

La siguiente información, ecuaciones y cálculos se realizaron en base a la norma ANSI/ASME B106.1M-1985, que tiene como título diseño de ejes de transmisión. (AMERICAN NATIONAL STANDARD)

Partiendo de la teoría de von mises la cual nos dice que es un concepto en la mecánica de materiales y la ingeniería estructural que se utiliza para predecir el punto de fallo o fractura en un material cuando está sometido a cargas múltiples y complejas. (Muñoz, s.f.).

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{Sea}{Sna} + \frac{Sef}{Snf} \right)^2 + \left(\frac{Ses}{Sns} \right)^2 \right]^{1/2} = \text{teoría de falla por distorsión de la energía. (11)}$$

Donde:

$$Sef = \frac{Snf}{Sy} Smf + Kf \cdot Saf = \text{Esfuerzo Equivalente a Flexión. (12)}$$

$$Sea = \frac{Sna}{Sy} Sma + Kf \cdot Saa = \text{Esfuerzo Equivalente a Tracción. (13)}$$

$$Ses = \frac{Sns}{Sy} Sms + Kfs \cdot Sas = \text{Esfuerzo equivalente a Torsión. (14)}$$

S_n = Resistencia por Fatiga del material

S_y = límite de elasticidad

S_{ys} = límite de elasticidad del material por torsión:

$S_{ys} = 0.6 S_y$ (Ven la figura 49 se encuentran los valores de s_y)

S_m =Esfuerzo promedio al aplicar flexión,

S_{ms} = Esfuerzo promedio al aplicar torsión

S_a = Esfuerzo Alterno al aplicar flexión,

S_{as} = Esfuerzo promedio al aplicar torque

K_f = Factor cuando hay concentración de esfuerzo al aplicar flexión,

K_{fs} = Factor cuando hay Concentración de esfuerzo al aplicar torque.

N = Factor de Seguridad del sistema

Al momento de realizar el cálculo del eje se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El torque es constante, por lo tanto, $S_{as} = 0$,
- Al utilizar engranajes rectos, no existe fuerza axial
- El esfuerzo de flexión varia, por lo tanto, $S_m = 0$.

Por lo tanto, la ecuación 11 reemplazando las ecuaciones 12, 13 y 14 se reduce a:

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{K_f S_{af}}{S_n} \right)^2 + \left(\frac{S_{ms}}{0,6S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (15)$$

Sabiendo que:

$$S_a = \frac{S_{max} - S_{min}}{2} = \text{Esfuerzo alterno de flexion}$$

El máximo esfuerzo al aplicar la fuerza flectante es equivalente al mínimo esfuerzo, pero con sentido contrario, la ecuación se expresa:

$$S_{af} = \frac{S_{max} - (-S_{min})}{2} = S_{max}$$

$$S_{af} = \frac{M_{max}}{z} = \text{esfuerzo alterno a flexion.} \quad (16)$$

Donde:

Mmax=Momento Flector Máximo en el punto que se analizara

Z= Módulo del punto que se analizara. (para sección circular $z = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$)

Sustituyendo z en la ecuación 16 tenemos:

$$Saf = \frac{32 \cdot Mmax}{\pi d^3} \quad (17)$$

A continuación, calculamos esfuerzo constante a torsión:

$$Sms = \frac{T}{Z'} \quad (18)$$

Donde

T=torque máximo en la sección analizada

Z' = Es el Módulo polar de la sección circular: $Z' = 2 Z$

Reemplazando Z en la ecuación (18) queda:

$$Sms = \frac{32T}{2\pi d^3} \quad (19)$$

Sustituyendo la ecuación 17 y 19 en la ecuación 15 obtenemos:

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{Kf \cdot 32Mmax}{Sn \cdot \pi \cdot d^3} \right)^2 + \left(\frac{32T}{0,6Sy \cdot 2\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} = (20)$$

Despejando y factorizando d^3:

$$d = \left[10,19N \left[\left(\frac{Kf \cdot Mmax}{Sn} \right)^2 + 0,694 \left(\frac{T}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} = \text{formula calculo del eje} \quad (21)$$

Continuando se calcula la resistencia (S_n) donde esta será afectada por los factores que actúan en las condiciones de trabajo:

$$S_n = C_b * C_s * C_r * C_o * S' n = \text{resistencia a la fatiga (22)}$$

Donde:

S'_n : límite por fatiga del material. En aceros dúctiles $S'_n=0.5 S_u$

S_u : Resistencia máxima del material (ver figura 49 para valores de S_u)

Figura 80 Tabla Propiedades mecánicas de los aceros.

Modulo de Elasticidad $E = 2.109.000 \text{ Kgf/cm}^2 (30 \times 10^4 \text{ PSI})$; Modulo de elasticidad a torsión y corte $G = 808.500 \text{ Kgf/cm}^2 (11,5 \times 10^6 \text{ PSI})$; La resistencia a la Fluencia en corte o cizalladura esta comprendida entre $0,5S_y$ y $0.6S_y$; Coeficiente de Poisson $\mu = 0.3$; Densidad es aproximadamente 7.85 Kg/dm^3

Nº AISI	ESTADO	Res. Máxima S_u		Res. Fluencia S_y		Dureza
		Kgf/Cm ²	Ksi	Kgf/Cm ²	Ksi	BHN
Hierro Dulce	Laminado simple	3374	48	1757	25	
C1010	Estirado en Frio	4710	67	3867	55	137
C1015	Estirado en Frio	5413	77	4429	63	170
C1020	Laminado Simple	4569	65	3374	48	143
C1020	Normalizado	4499	64	3515	50	131
C1020	Recocido	4007	57	2952	42	111
C1020	Estirado en Frio	5483	78	4640	66	156
C1022	Laminado simple	5062	72	3656	52	149
C1030	Laminado simple	5621	80	3586	51	179
C1035	Laminado simple	5976	85	3867	55	190
C1045	Laminado simple	6749	96	4148	59	215
C1095	Normalizado	9913	141	5624	80	285
B1113	Acabado en Frio	5835	83	5062	72	170
B1113	Laminado Simple	4921	70	3163	45	138
C1118	Laminado Simple	5273	75	3234	46	149
C1118	Estirado en Frio	5624	80	5273	75	180
C1144	OQT 1000	8296	118	5835	83	235
1340	OQT 1200	7945	113	6468	92	229
1345	OQT 800	13147	187	12303	175	
2317	OQT 1000	5554	79	4991	71	220
2340	OQT 1000	9632	137	8437	120	285
3150	OQT 1000	10616	151	9140	130	300
3250	OQT1000	11670	166	10264	146	340
4363	OQT 1000	12655	180	11249	160	375
4130	WQT 1100	8929	127	8015	114	260
4130	Estirado en Frio	8577	122	7381	105	248
4340	Estirado en Frio	8577	122	7381	105	248

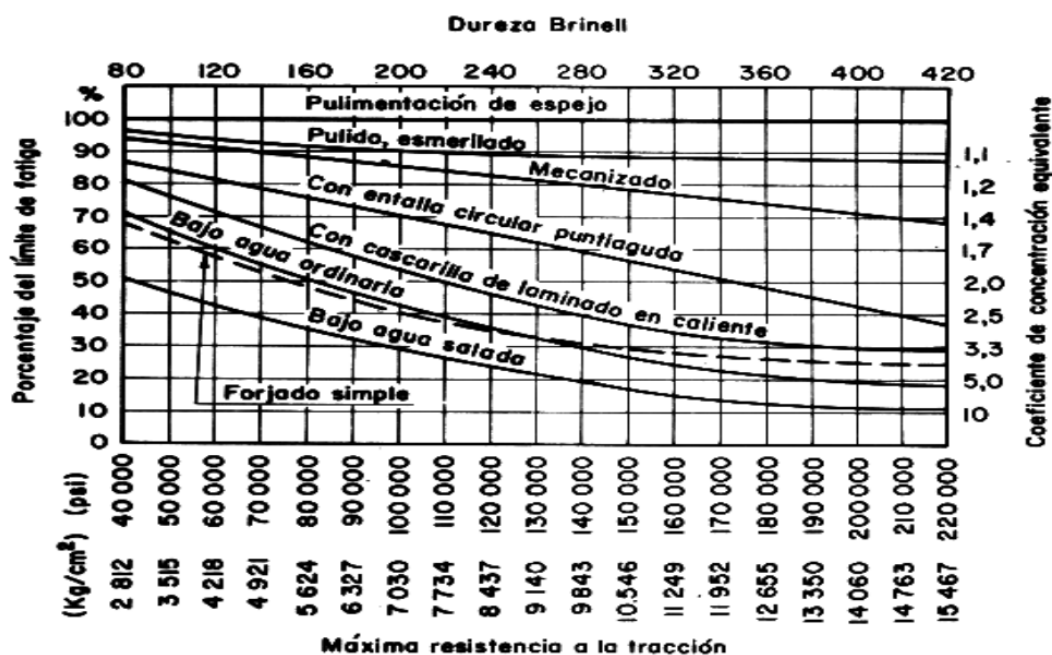
Tomado del documento diseño de ejes escrito por Ing. Guillermo Bavaresco

Cb: Factor de ajuste por temperatura.

- Cb = 1 Temperatura ambiente
- Cb = 0.8 Temperatura entre 100 °C y 200 °C
- Cb = 0.6 temperaturas. > 200 °C.

Cs: Es el factor de ajuste por superficie este depende de la fabricación del eje este se puede calcular con la tabla que aparece en la figura 50.

Figura 81 Tabla para calcular el porcentaje límite de fatiga



Tomado del documento diseño de ejes escrito por Ing. Guillermo Bavaresco

Para usar la tabla, se utiliza la máxima resistencia (Su) y se entrelaza con la curva de superficie luego se lee el valor de Cs hallado.

Cr: Factor de Confiabilidad funcional

$$Cr = 1 - AB$$

- $A=0,076$ para aceros
- B =rata de supervivencia, se calcula con la siguiente tabla:

Figura 82 tabla para calcular rata de supervivencia

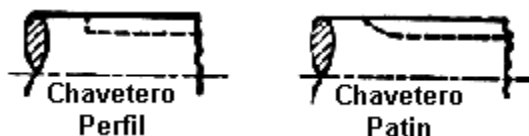
50%	$B = 0$	95%	$B = 1.6$
67%	$B = 0.44$	99%	$B = 2.3$
84%	$B = 1.0$	99.99%	$B = 3.7$
90%	$B = 1.3$		

Tomado del documento diseño de ejes escrito por Ing. Guillermo Bavaresco

C_o : Factor de ajuste por esfuerzos residuales

- $C_o = 1.3$ (Material laminado o estirado en frío).
- $C_o = 1$ (Materiales con tratamientos térmicos de Normalizado o Recocido)

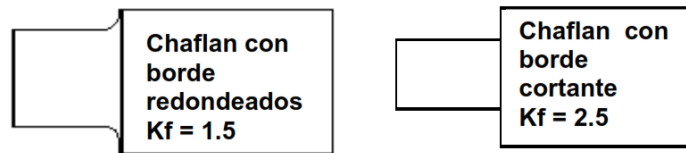
A continuación, calculamos el factor de concentración de esfuerzos (K_f) este valor varia del tipo de soporte que sujete a los componentes del eje.

Figura 83 K_f para cuñas y chaveteros

Tipo Chavetero	K_f Flexión	K_f Torsión
Perfil	1.6	1.3
Patín	1.3	1.3

Tomado del documento diseño de ejes escrito por Ing. Guillermo Bavaresco

Figura 84 Kf para chaflanes de hombros



Tomado del documento diseño de ejes escrito por Ing. Guillermo Bavaresco

Anexo 13 diseño del eje de transmisión de potencia

- Material:

Para diseñar el eje mecanizado se eligió acero AISI 4340 estirado frio se eligió este material debido a que tiene un alta resistencia y tenacidad, son usados en la industria para la construcción de engranajes y ejes de maquinaria pesada e industrial.

- Dimensiones engranajes, motor

D conducido: 90 cm

D conductor: 30 cm

Angulo acople conductor:

Motor: 55 KW

Velocidad eje

Temperatura eje: Ambiente (25° C)

Confiabilidad: 90 %

Factor de seguridad (N): 3

velocidad del eje: 12 RPM

Características del material AISI 4340 estirado en frío se toman de la figura 81.

$$S_y = 7381 \frac{Kgf}{Cm^2}, \quad S_u = 8577 \frac{Kgf}{Cm^2}, \quad BHN = 248$$

Cálculo resistencia fatiga (S_n)

$$S_n = c_b \cdot c_s \cdot c_r \cdot c_o \cdot S_n'$$

$$S_n' = 0,5 \cdot S_u = 4288,5 \frac{Kgf}{Cm^2}$$

$$c_b = 1 \text{ (temp amb)}$$

$$c_s = 0,82 \text{ (figura 50)}$$

$$c_r = 1 - 0,076 \cdot 1,3 = 0,9$$

$$c_o = 1,3 \text{ (estirado en frío)}$$

$$S_n = 1 \cdot 0,82 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 4288,5 = 4114,38 \frac{Kgf}{Cm^2}$$

Cálculo del torque del piñón con la ecuación 9

$$T = \frac{KW \cdot 974}{n} = \frac{55 \cdot 974}{12} = 4464,16 \text{ Kgf} \cdot m = 446416 \text{ Kgf} \cdot cm$$

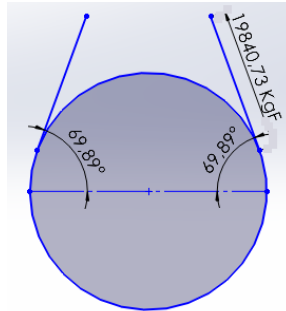
Torque producido por el engranaje conductor es igual al torque del piñón el conductor recibe la potencia y luego es redirigida al engranaje Conducido. únicamente la parte del eje compuesta entre piñón y conductor está sometida al torque, desde el conductor hacia el extremo no existe torque.

Cálculo de las fuerzas radiales y tangenciales sobre el eje.

Primero calculamos la fuerza de flexión (F_f) producida por la cadena y piñón conducido B utilizando la ecuación 12.

$$F_f = \frac{T}{(D/2)} = \frac{446416 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{74,98 \text{ cm}} = 5953.8 \text{ Kg}$$

Fuerzas actúan sobre piñón conducido



Con la fuerza de flexión y el Angulo de entre el piñón y la cadena calculamos las componentes en X y Y

$$F_{FXB} = 5953.80 * \text{Cos}(69,89) = 2047,05 \text{ KgF} \leftarrow$$

$$F_{FYB} = 5953.80 * \text{Sen}(69,89) = 5590,82 \text{ KgF} \downarrow$$

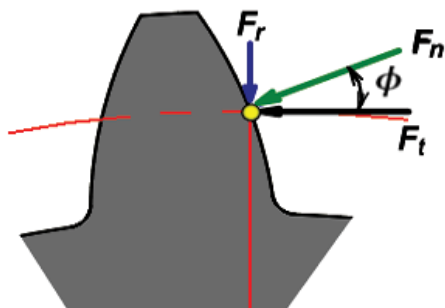
Cálculo de fuerzas sobre el engranaje A utilizando la ecuación de fuerza tangencial (10) y fuerza radial (11).

$$F_t = \frac{T}{(D/2)} = \text{Fuerza tangencial (10)}$$

$$F_r = F_t \cdot \tan(\theta) = \text{Fuerza radial (11)}$$

El Angulo de presión para este caso es de 20° en la siguiente figura se muestra como aplican estas fuerzas

Figura 85 Fuerzas actúan sobre piñón



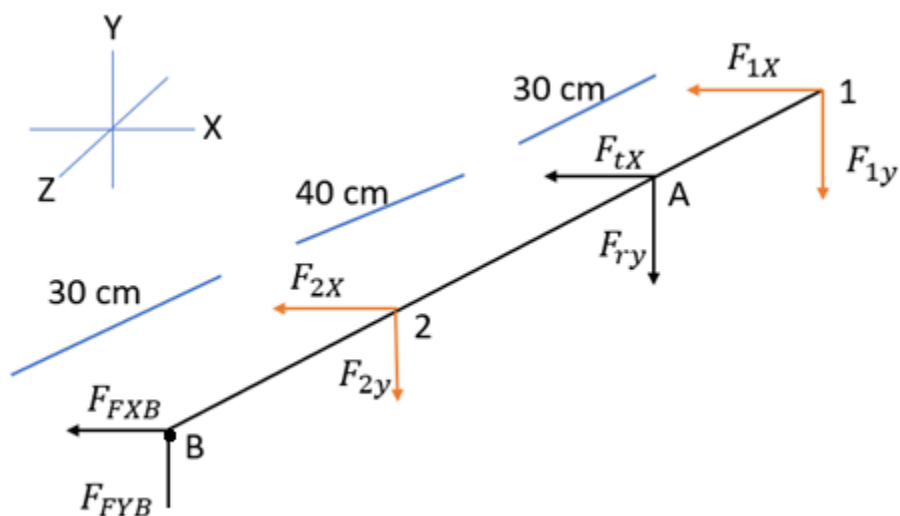
Tomado del documento diseño de ejes escrito por Ing. Guillermo Bavaresco

$$F_{tx} = \frac{T}{(D/2)} = \frac{446416}{15} = 29761.06 \text{ KgF} \leftarrow$$

$$F_{ry} = F_t \cdot \text{Tan}(\theta) = 29761.06 * \text{Tan}(20) = 10832.13 \text{ KgF} \downarrow$$

Con las fuerzas calculadas sobre el piñón y engranaje procedemos a realizar el diagrama de cuerpo libre (ver figura 56) para calcular las reacciones sobre los rodamientos.

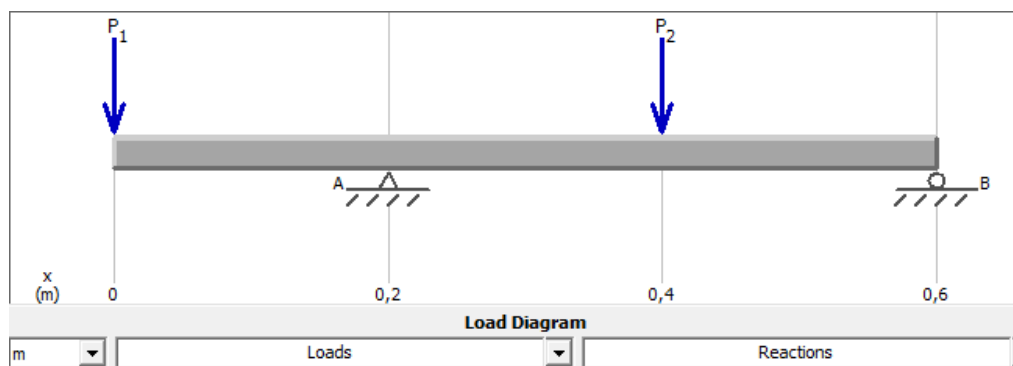
Figura 86 Fuerzas actuantes sobre el eje



A continuación, se procede a hallar las fuerzas sobre los apoyos, el diagrama de corte y de momento en los planos Y-Z y X-Z usando el programa MDsolid.

- Plano Y-Z

Figura 87 Diagrama de fuerzas plano Y-Z



Las fuerzas obtenidas en el punto 1 y 2 fueron:

$$F_{2Y} = 13535,4 \text{ KgF}$$

$$F_{1Y} = 2569,8 \text{ KgF}$$

Figura 88 Diagrama de corte plano Y-Z

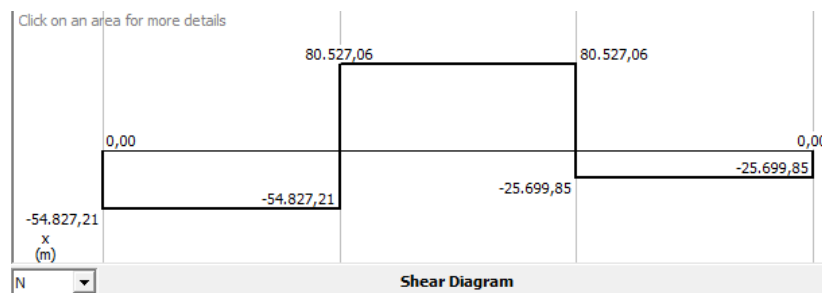
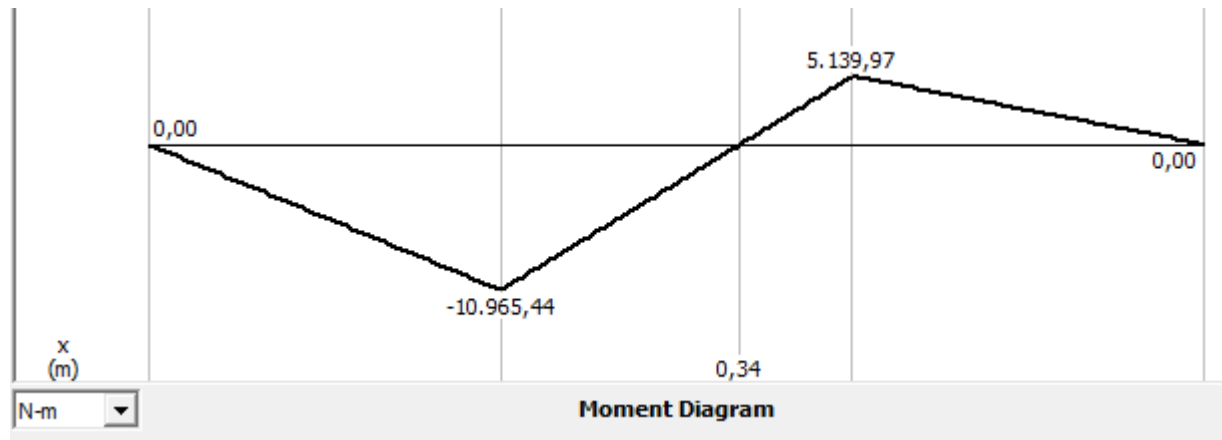


Figura 89 Diagrama de momento plano Y-Z

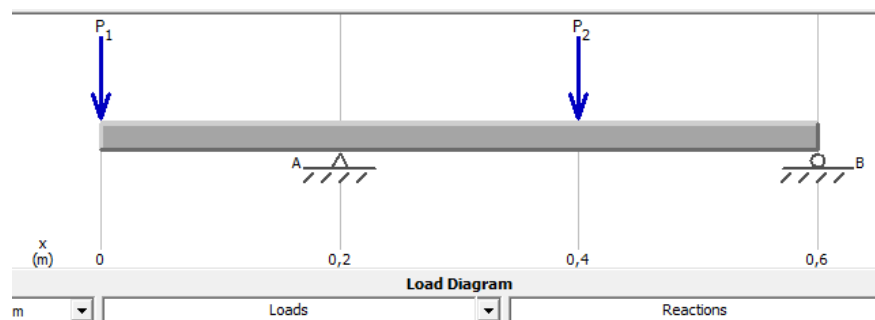


$$M_2 = -111\,812 \text{ KgF} \cdot \text{Cm}$$

$$M_1 = 52\,413 \text{ KgF} \cdot \text{Cm}$$

- Plano X-Z

Figura 90 Diagrama de fuerzas plano X-Z



Las fuerzas obtenidas en el punto 1 y 2 son:

$$F_{2X} = 17604 \text{ KgF}$$

$$F_{1X} = 13589 \text{ KgF}$$

Figura 91 Diagrama de corte plano X-Z

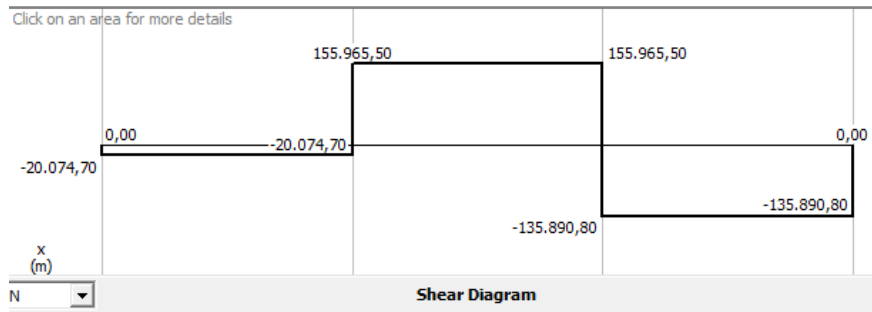
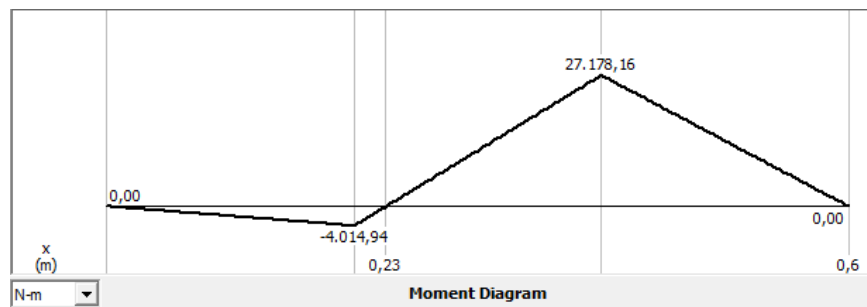


Figura 92 Diagrama de momento plano X-Z

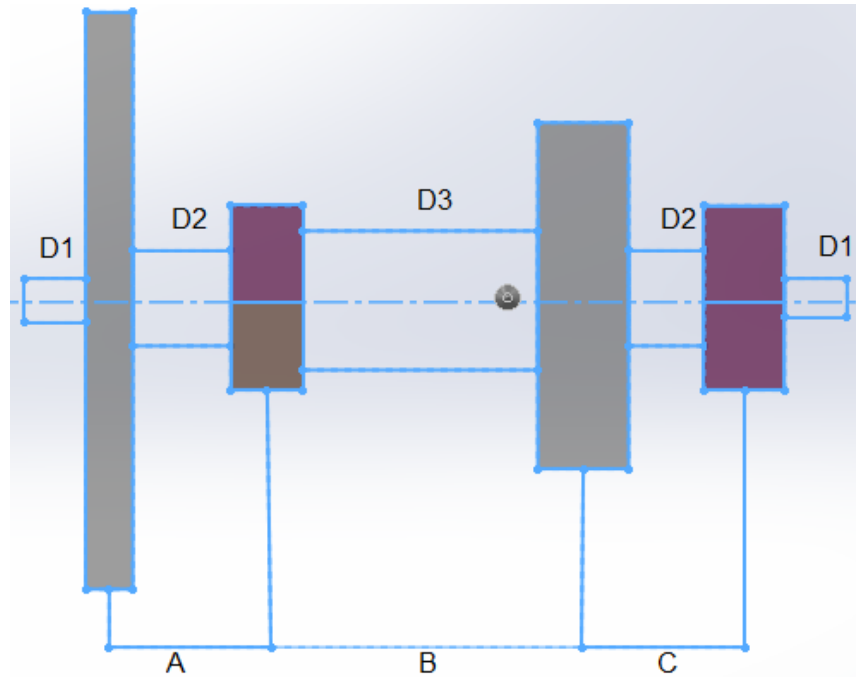


$$M_2 = -40\,942 \text{ KgF} \cdot \text{Cm}$$

$$M_1 = 277\,138 \text{ KgF} \cdot \text{Cm}$$

Con los datos obtenidos procedemos a calcular los diámetros para el eje:

Figura 93 Esquema eje y sus componentes



Diámetro punto B

Se usa la ecuación 21 en esta sección el momento es cero por lo que no hay fuerza sobre este

$$D = \left[10,19N \left[\left(\frac{Kf Mmax}{Sn} \right)^2 + 0,694 \left(\frac{T}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$D = \left[10,19(N) \left[0,694 \left(\frac{T}{Sy} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

$$D = \left[10,19 * 3 \left[0,694 \left(\frac{446416Kgf * cm}{7381 \frac{Kgf}{Cm^2}} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} = 11,55 Cm = 4,54 in$$

Diámetro punto 2

Se usa la ecuación 21 en esta sección el momento es afectado por las fuerzas que transmiten los engranajes por lo cual se usa la ecuación completa, los bordes de los hombros del eje tienen un chaflán redondeado por lo cual $K_f=1.5$

$$D = \left[10,19N \left[\left(\frac{K_f M_{max}}{S_n} \right)^2 + 0,694 \left(\frac{T}{S_y} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3}$$

Para hallar el momento máximo usamos la combinación de los momentos usando la magnitud de ambos, en el punto 2 de los planos Y-Z y X-Y esto se calcula a continuación

$$M_{max} = \sqrt{M_{Y-Z}^2 + M_{X-Y}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(111812)^2 + (40942)^2} = 119072,1 \text{ KgF} * \text{Cm}$$

$$K_f = 1.5$$

$$s_n = 4114.38 \frac{\text{Kgf}}{\text{Cm}^2}$$

$$D = \left[10,19 * 3 \left[\left(\frac{1.5 * 119072,1 \text{ KgF} * \text{Cm}}{4114.38 \text{ KgF} / (\text{Cm}^2)} \right)^2 + 0,694 \left(\frac{446416 \text{ KgF} * \text{cm}}{7381 \frac{\text{Kgf}}{\text{Cm}^2}} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} = 12,6 \text{ cm} = 4.96 \text{ in}$$

Diámetro punto A

El diámetro se calcula usando la ecuación completa el momento máximo será la magnitud de ambos momentos el K_f será de 1.5 por el chaflán en la esquina del eje

$$M_{max} = \sqrt{M_{Y-Z}^2 + M_{X-Y}^2}$$

$$M_{max} = \sqrt{(52413)^2 + 277138^2} = 282050 \text{ KgF} * \text{Cm}$$

$$Kf = 1.5$$

$$s_n = 4114.38 \frac{Kgf}{Cm^2}$$

$$D = \left[10,19 * 3 \left[\left(\frac{1.5 * 282050,7 \text{ KgF} * Cm}{4114.38 \text{ KgF} / (Cm^2)} \right)^2 + 0,694 \left(\frac{446416 \text{ KgF} * cm}{7381 \frac{Kgf}{Cm^2}} \right)^2 \right]^{1/2} \right]^{1/3} = 15,18 \text{ cm} = 5,97 \text{ in}$$

Diámetro punto 1

No hay momento por torque ni por flexión, por lo cual, el diámetro en esta sección depende del diámetro interno del rodamiento que soporte una carga radial igual a la resultante (Fr) de las reacciones en los planos X-Z y Y-Z

$$R_1 = \sqrt{R_{1x}^2 + R_{1y}^2}$$

$$R_1 \sqrt{13535^2 + 2569,3^2} = 16248,74 \text{ KgF} = 159,25 \text{ KN}$$

Según la carga calculada se procede a seleccionar el tipo de diámetro del eje con respecto a la chumacera por medio del catálogo de SKF.

La chumacera seleccionada fue una con soporte de pie con rodamiento de rodillo, debido a que estas resisten mayores cargas radiales y están diseñados para operar con cargas más elevadas que los rodamientos de bolas. En la figura 64 se observa la chumacera P4BE 115M-TRB-STH que fue la seleccionada

Figura 94 Catalogo SKF selección de chumacera

Designación	Diámetro del eje	Dimensiones de la unidad				Capacidad de carga básica		Velocidad límite	
		Ancho	Altura del centro	Distancia del tornillo	Longitud	dinámica	estática		
	d_a [mm]	t_d	A [mm]	H [mm]	J [mm]	L [mm]	C [kN]	C_0 [kN]	[r/min]
P4BE 407-TRB-STH	112.713		117.475	120.65	342.9	422.275	454	735	1300
P4BE 408-SRB-SRE	114.3		117.475	120.65	350.838	422.275	408		1900
P4BE 408-SRB-SRH	114.3		117.475	120.65	350.838	422.275	408		1900
P4BE 408-TRB-STH	114.3		117.475	120.65	342.9	422.275	454	735	1300
P4BE 115M-TRB-STH	115		117.475	120.65	342.9	422.275	454	735	1300
P4BE 125M-TRB-STH	125		130.175	139.7	393.7	469.9	618	1040	1150
P4BE 415-SRB-SRH	125.4		130.175	139.7	398.463	469.9	547		1650

Tomado de catálogo online SKF

A continuación, se muestra los diámetros calculados, así como la figura de la distribución de estos:

Tabla 15 Diámetros calculados en el eje

Diámetro punto B	11,5 cm
Diámetro punto 2	12,7 cm
Diámetro entre 2 y A	16 cm
Diámetro punto A	15.24 cm
Diámetro punto 1	11,5 cm

La chumacera ubicada en el punto 2 se seleccionó mediante el catálogo de SKF ver figura

Figura 95 Catálogo SKF selección de chumacera

Designación	Diámetro del eje	Dimensiones de la unidad				Capacidad de carga básica		Velocidad límite	
		Ancho	Altura del centro	Distancia del tornillo	Longitud	dinámica	estática		
	d_a [mm]	$\uparrow \downarrow$	A [mm]	H [mm]	J [mm]	L [mm]	C [kN]	C_0 [kN]	[r/min]
P4BE 415-SRB-CLE	125.413		130.175	139.7	398.463	469.9	758	930	2 600
P4BE 415-SRB-CLH	125.413		130.175	139.7	398.463	469.9	758	930	2 600
P4BE 415-SRB-CRE	125.413		130.175	139.7	398.463	469.9	758	930	1 550
P4BE 415-SRB-CRH	125.413		130.175	139.7	398.463	469.9	758	930	1 550
P4BE 415-SRB-SRE	125.413		130.175	139.7	398.463	469.9	547	801	1 650
P4BE 415-TRB-STH	125.413		130.175	139.7	393.7	469.9	618	1 040	1 150
P4BE 500-TRB-STH	127		130.175	139.7	393.7	469.9	618	1 040	1 150

Tomado de catálogo online SKF

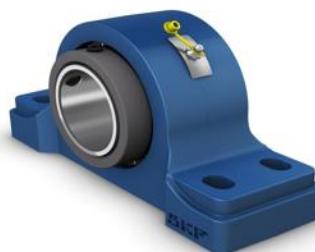
Figura 96 Características chumacera P4BE

Dimensiones

Diámetro del eje	127 mm
Altura del centro (soporte de pie)	139.7 mm
Ancho total del soporte	130.175 mm
Distancia del centro entre los orificios para tornillos	393.7 mm
Diámetro de los tornillos de fijación	22.225 mm
Ancho del rodamiento, total	184.15 mm

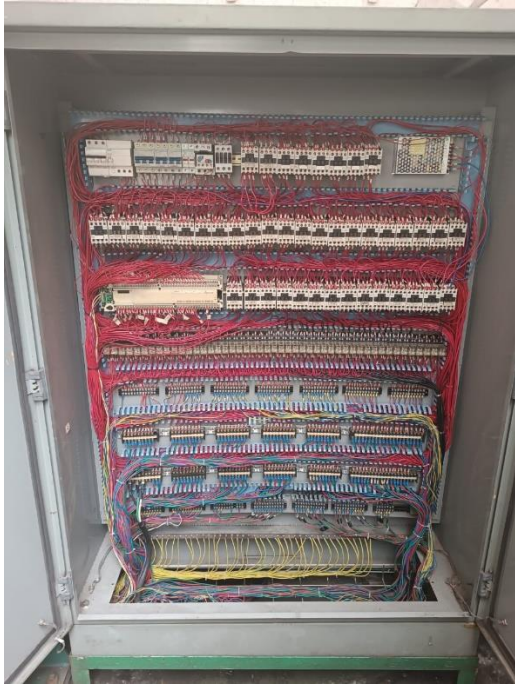
Rendimiento

Capacidad de carga dinámica básica	618 kN
Capacidad de carga estática básica	1 040 kN
Velocidad límite	1 150 r/min



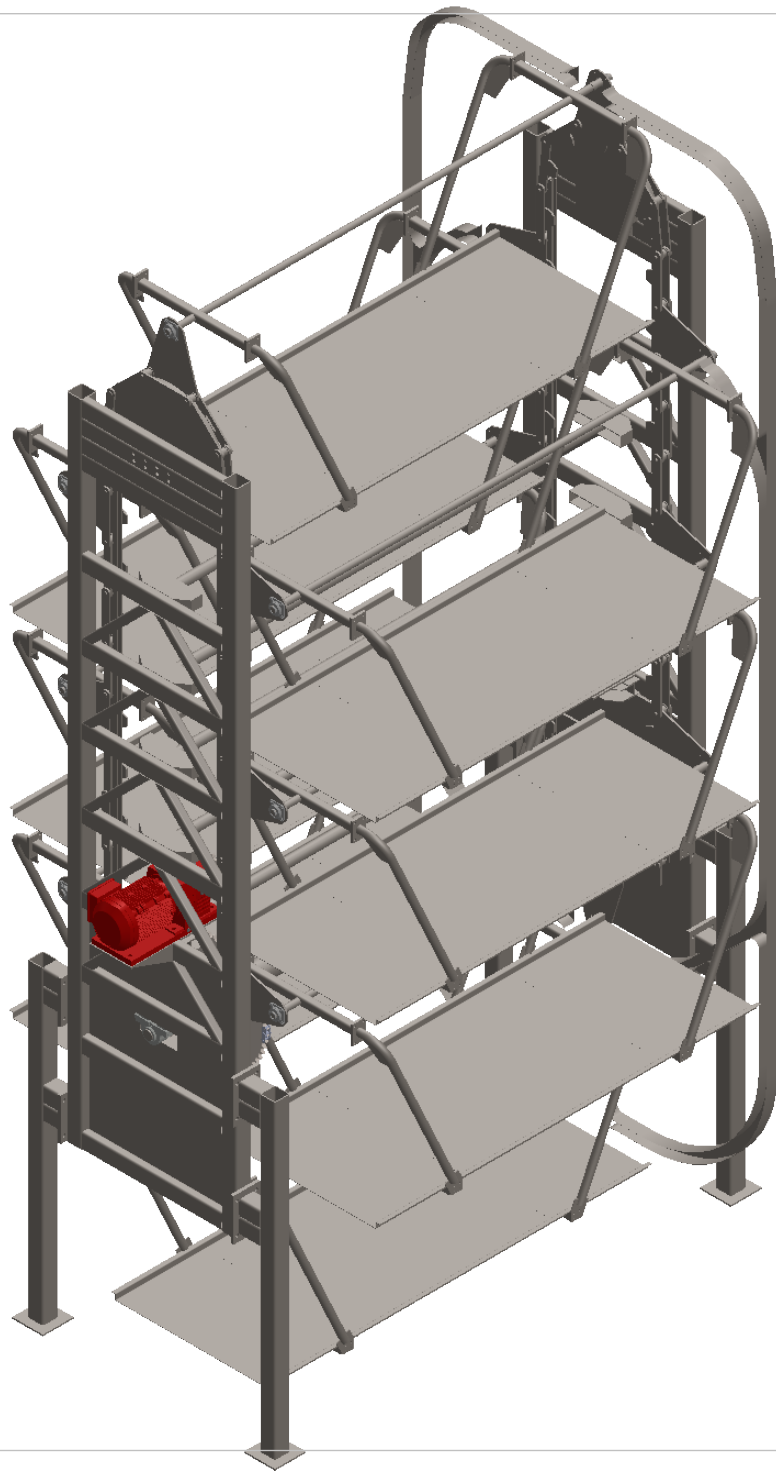
Tomado de catálogo online SKF

Anexo 14 sistema de parqueo la canasta





Anexo 15 planos sistema de parqueo vertical tipo carrusel



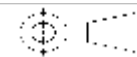
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:75

UNIDADES: MM

A4

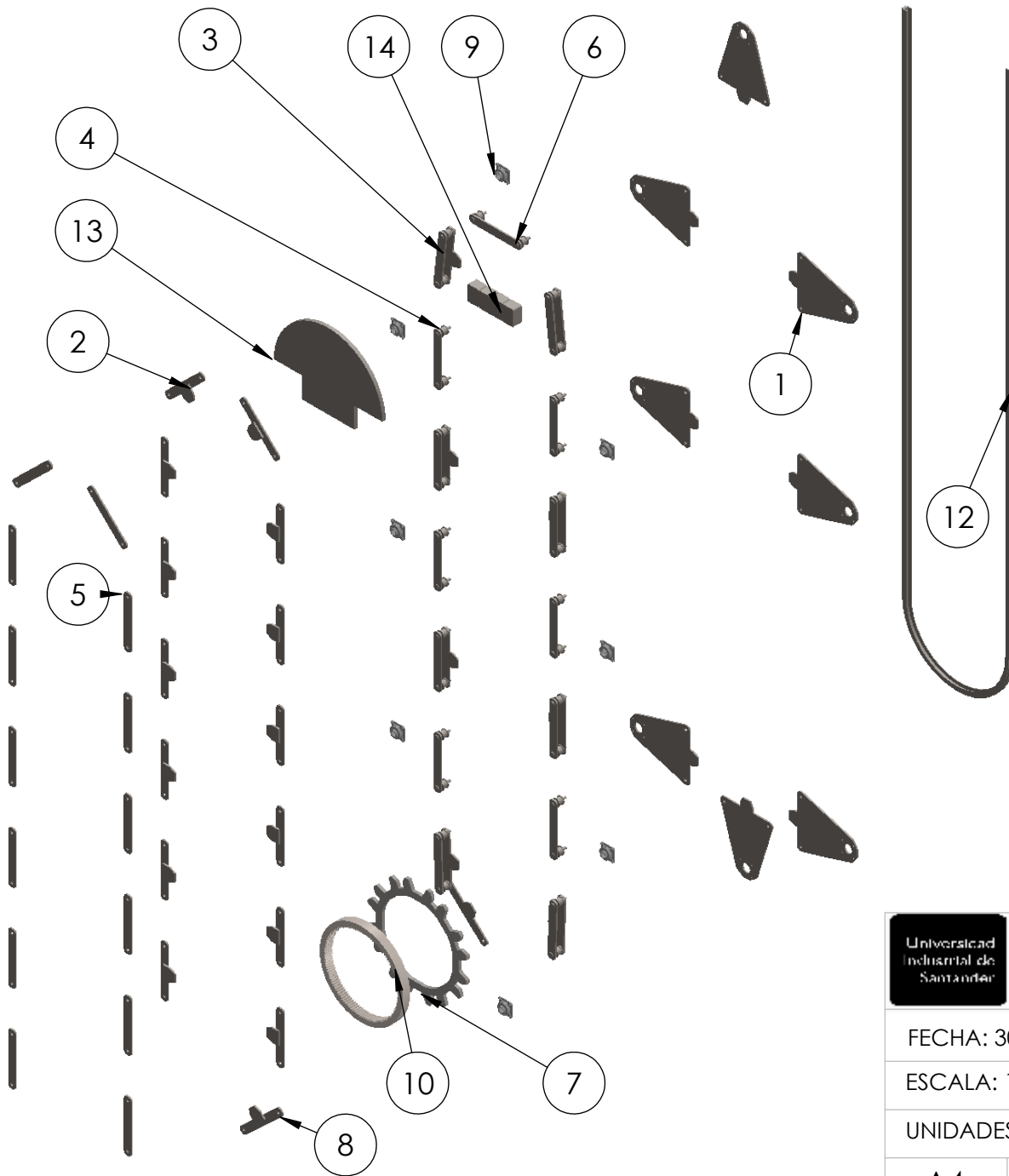


TITULO: VISTA ISOMETRICA SISTEMA DE PARQUEO VERTICAL TIPO CARRUSEL

AUTOR: JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISA: ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 1/22



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	AGARRE EJES	8
2	ESLABON 2	14
3	ESLABON 1	8
4	rodillo unir eslabones	30
5	ESLABON 3	29
6	pasador de eslabones	30
7	dientes cadena	1
8	ESLABON ADICIONAL	2
9	1485N9	8
10	ISO - Internal spur gear 8M 120T 20PA 100FW --- S120S1100OD 1.0AF	1
12	guia vertical	1
13	guia circular	1
14	SOPORTE GUIA	4



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

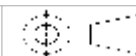
TITULO: EXPLOSIINADO SUBENSAMBLAJE CADENA PRINCIPAL

ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

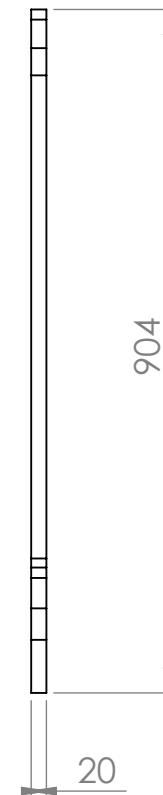
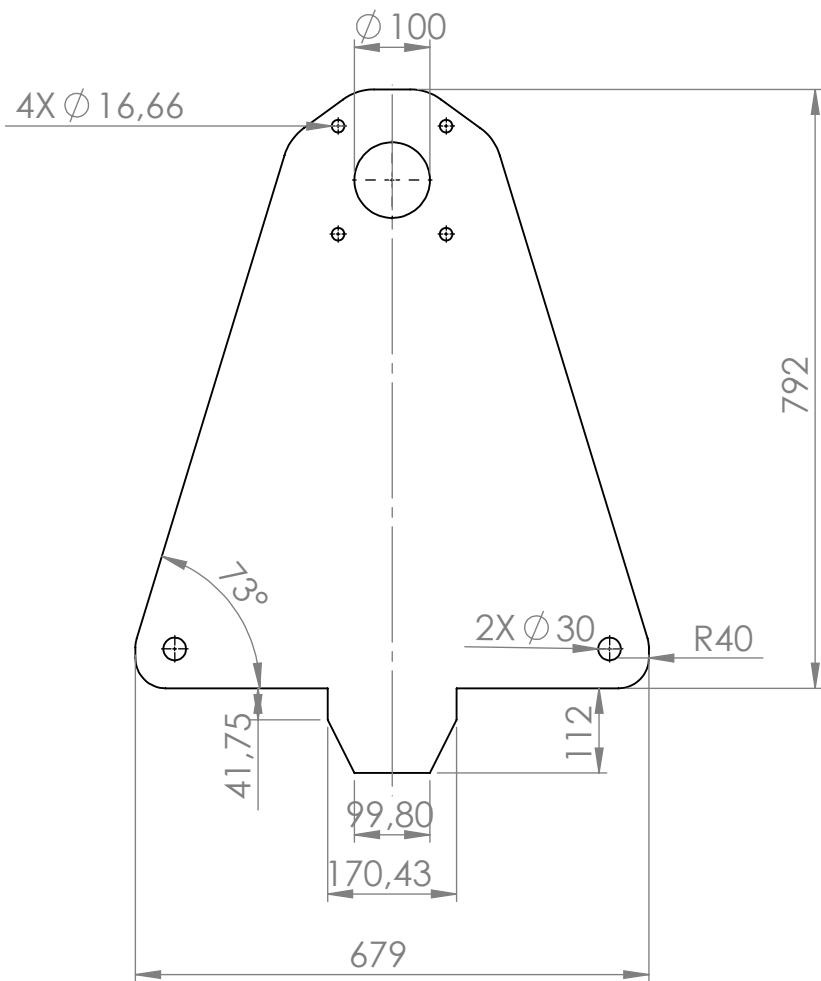
AUTOR: JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

A4



REVISIA: ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 2/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



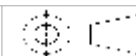
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

ESLABON PRINCIPAL

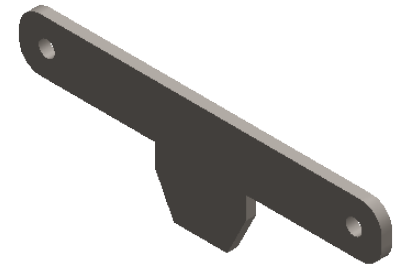
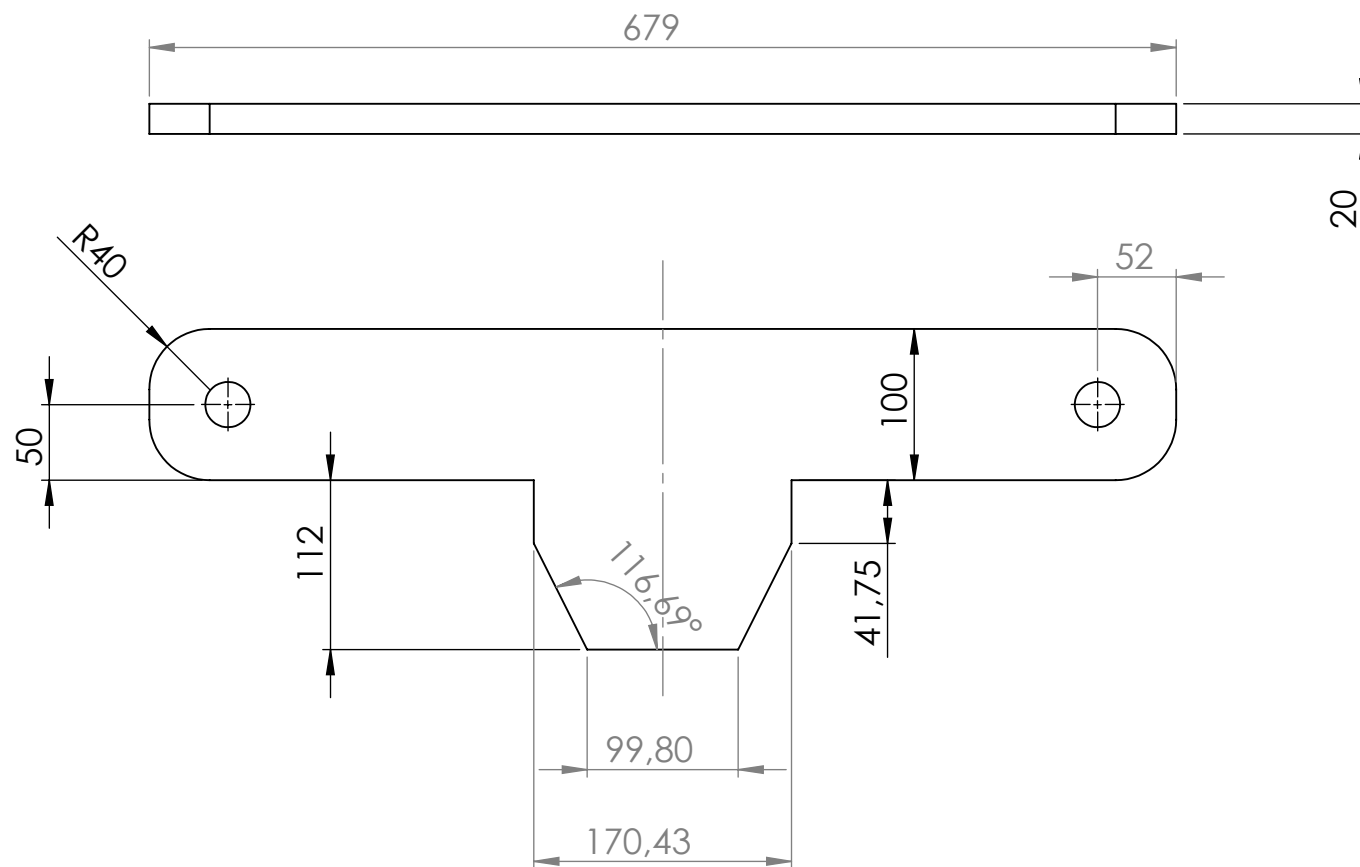
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISIA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 3/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



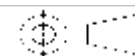
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

ESLABON 2

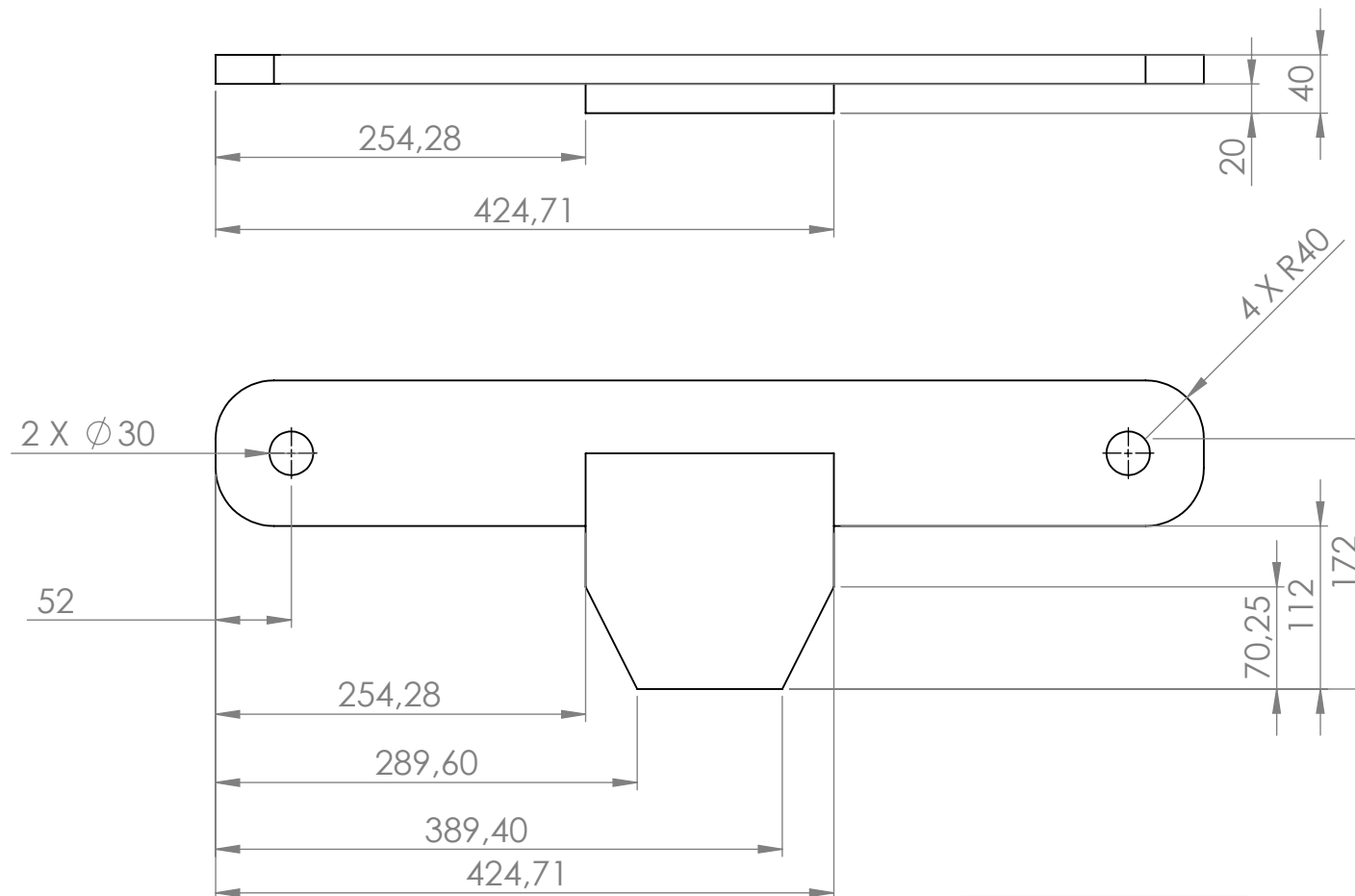
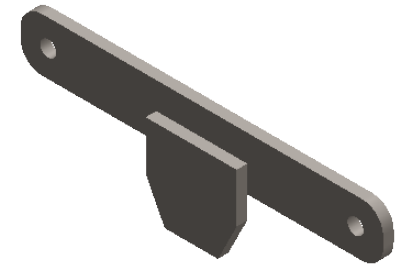
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 4/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

TITULO:

ESLABON 3

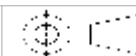
ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

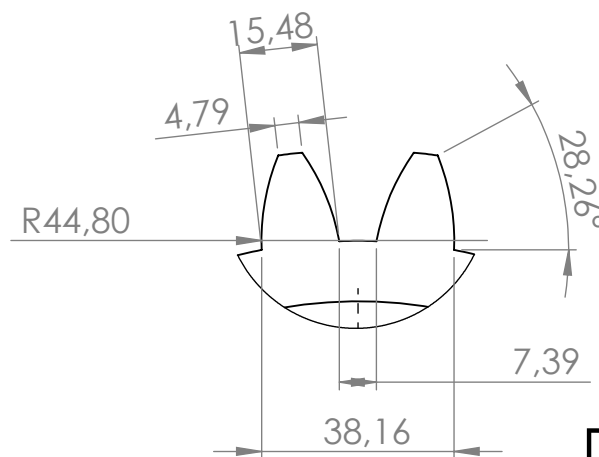
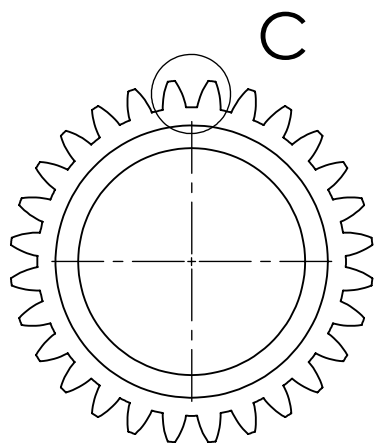
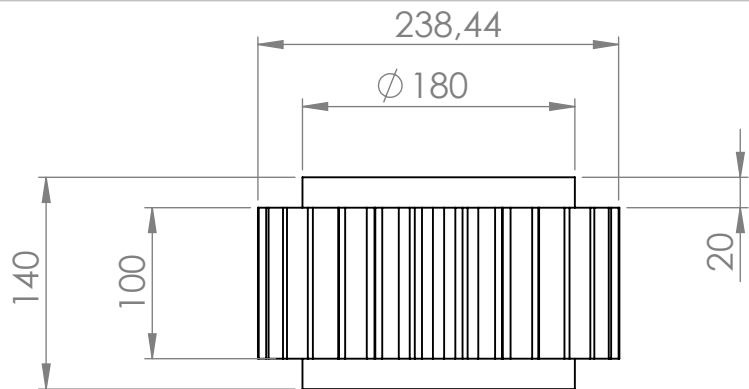
A4



REVISA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 5/22



DETALLE C
ESCALA 2 : 3

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



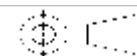
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:5

UNIDADES: mm

A4

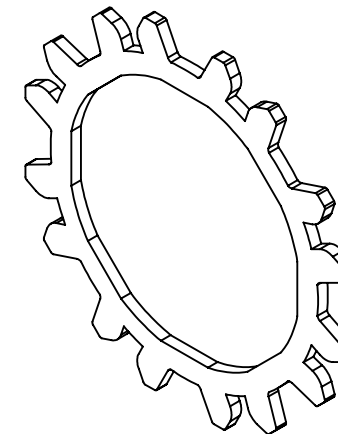
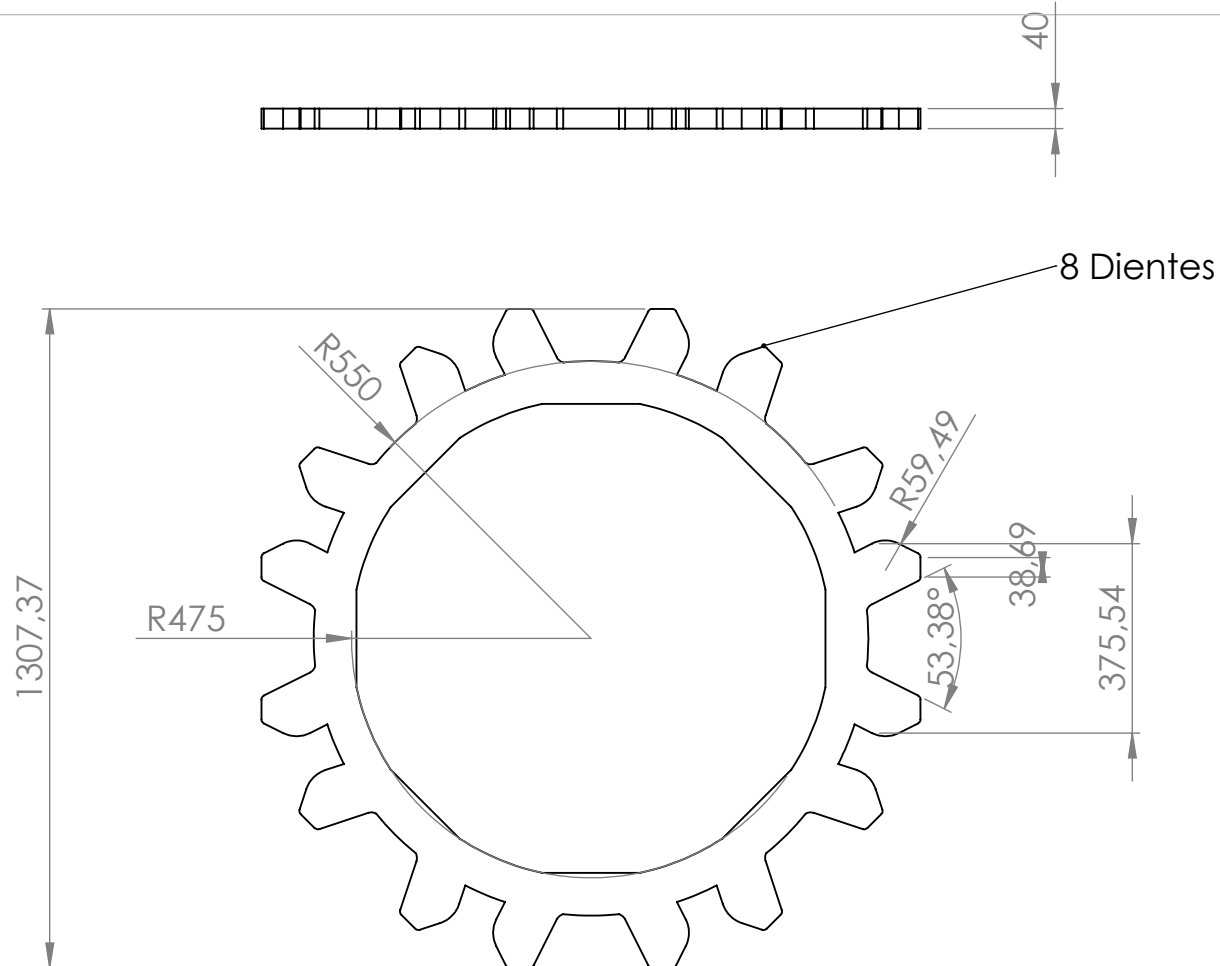


TITULO:
ENGRANAJE CONDUCTOR

AUTOR: JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISÁ:
ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 6/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



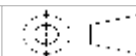
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:15

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

DIENTES CADENA PRINCIPAL

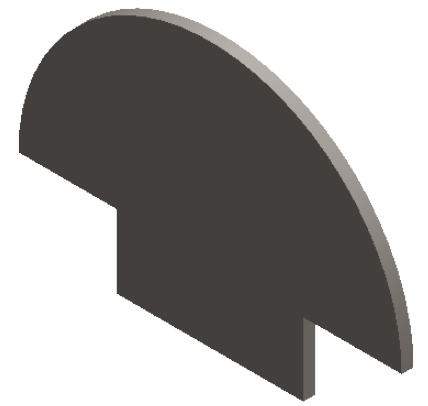
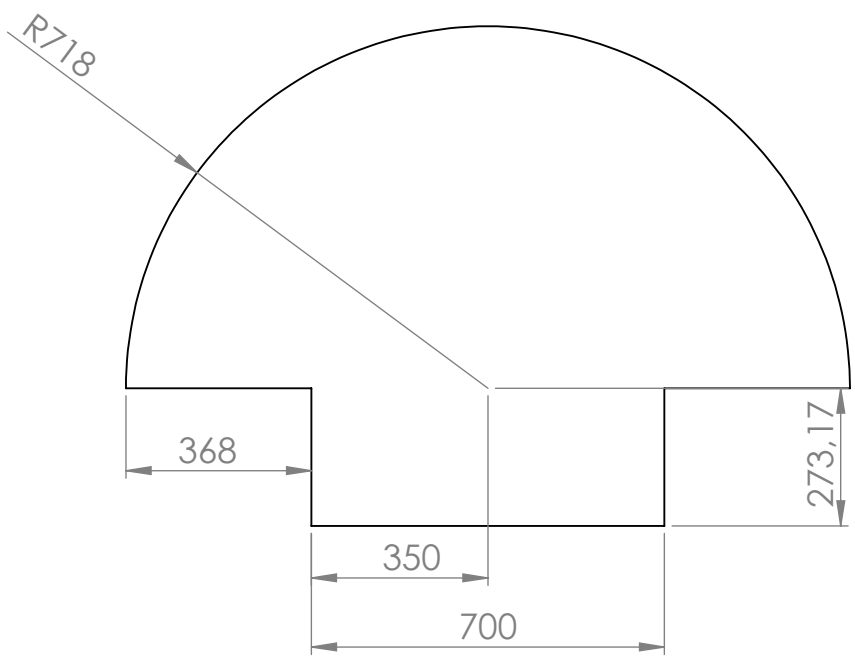
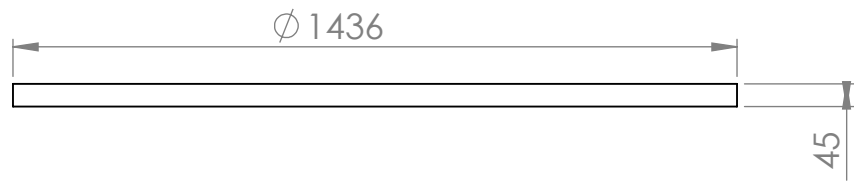
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 7/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



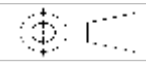
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

SOPORTE GUIA CADENA PRINCIPAL

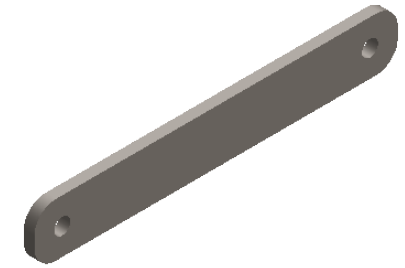
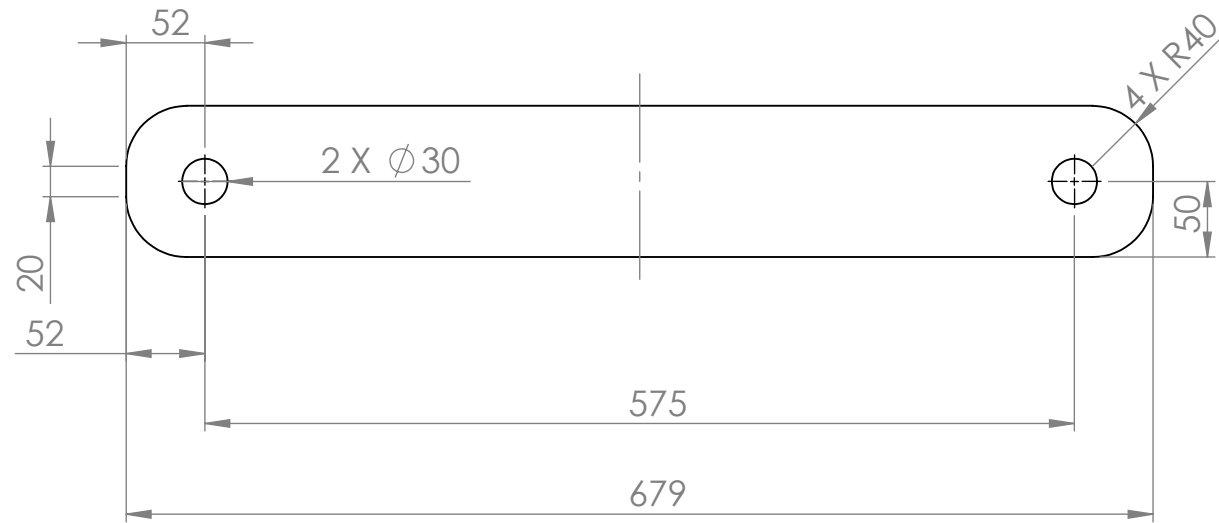
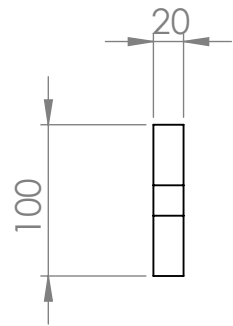
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISIA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 8/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



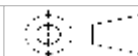
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:5

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

ESLABON 4

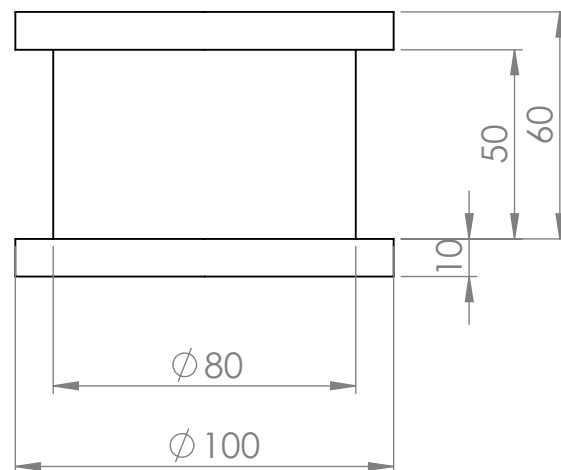
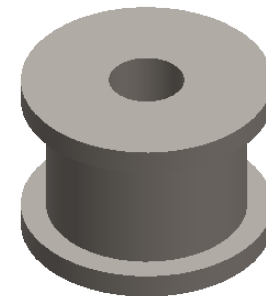
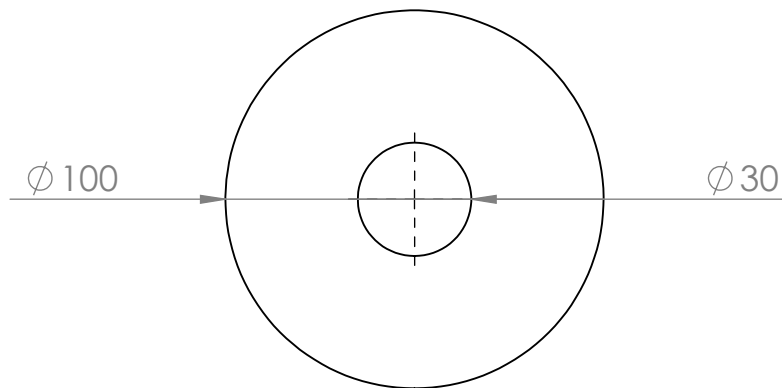
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 9/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



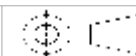
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:5

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

RODILLO

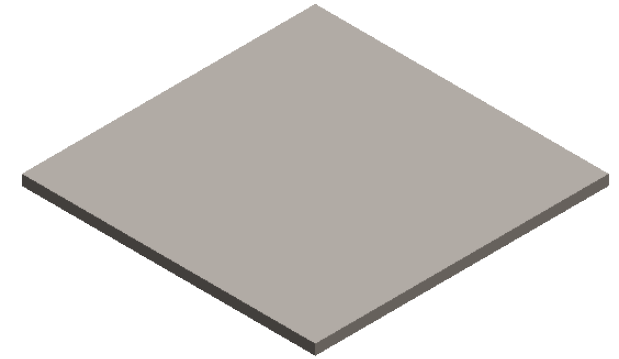
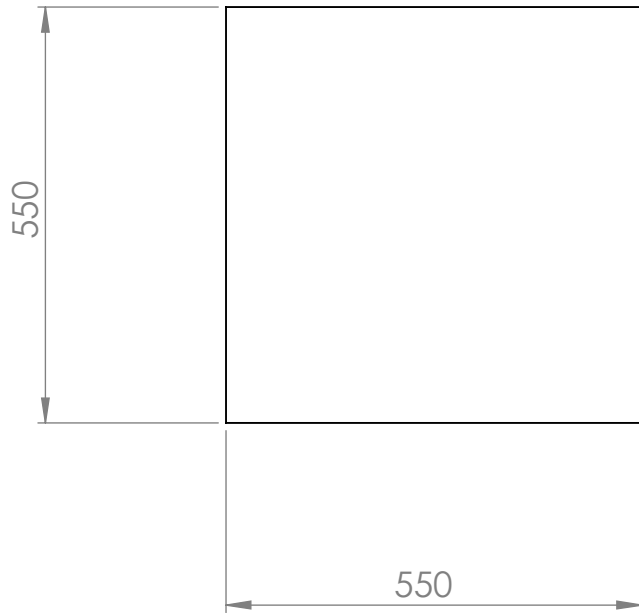
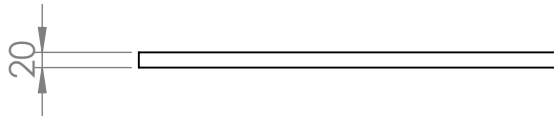
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 10/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

TITULO:

PLACA MOTOR

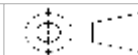
ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

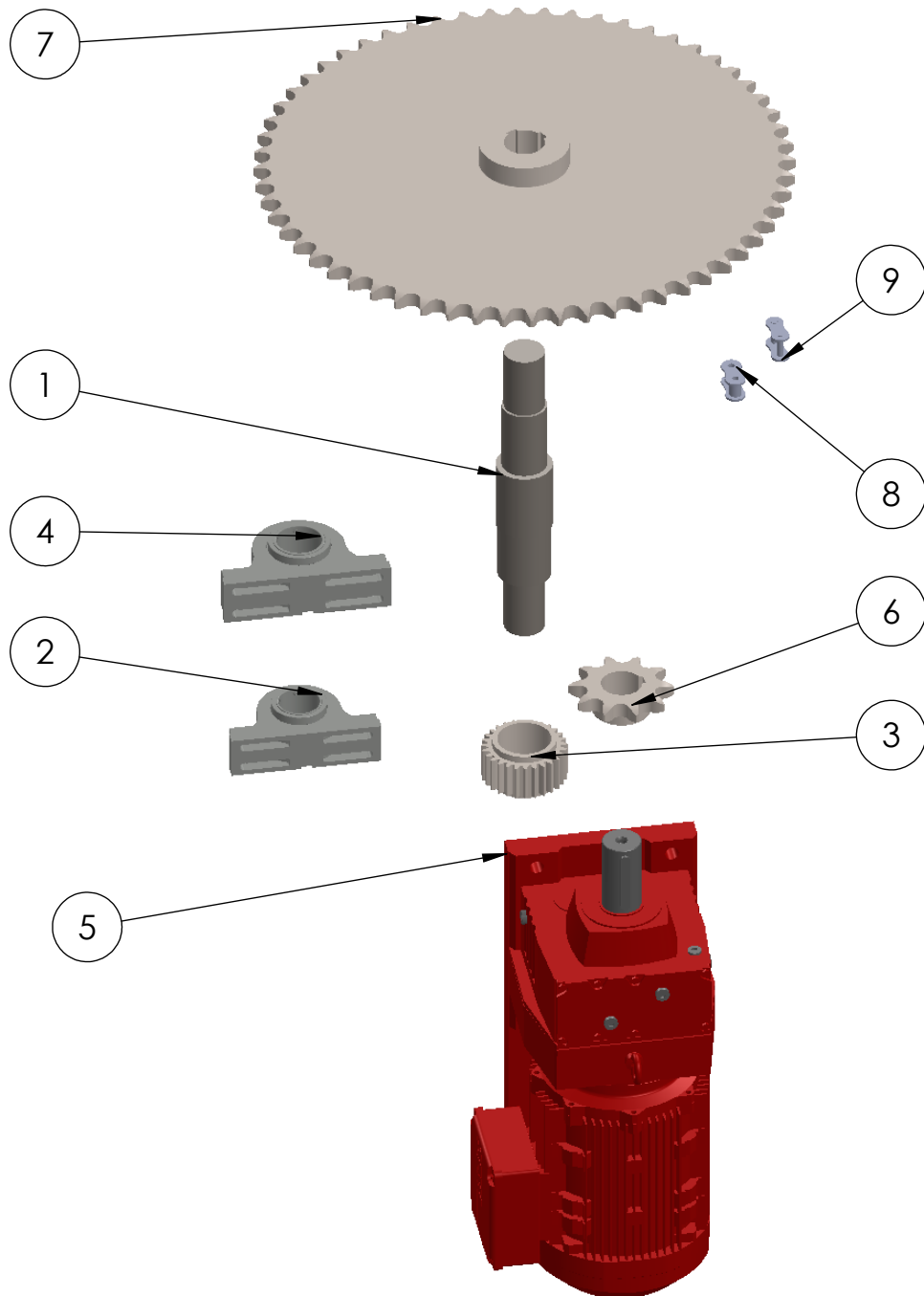
A4



REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 11/22



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	eje transmision	1
2	SKF_P4BE 115M-TRB-STH	1
3	ISO - Spur gear 8M 28T 20PA 100FW --- S28C180H140L150.0 N	1
4	SKF_P4BE 500-TRB-STH	1
5	MOTOR UTILIZADO	1
6	piñon cadena conductor	1
7	piñon cadena conducido	1
8	eslabon a	1
9	eslabon b	1



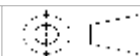
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:20

UNIDADES: MM

A4

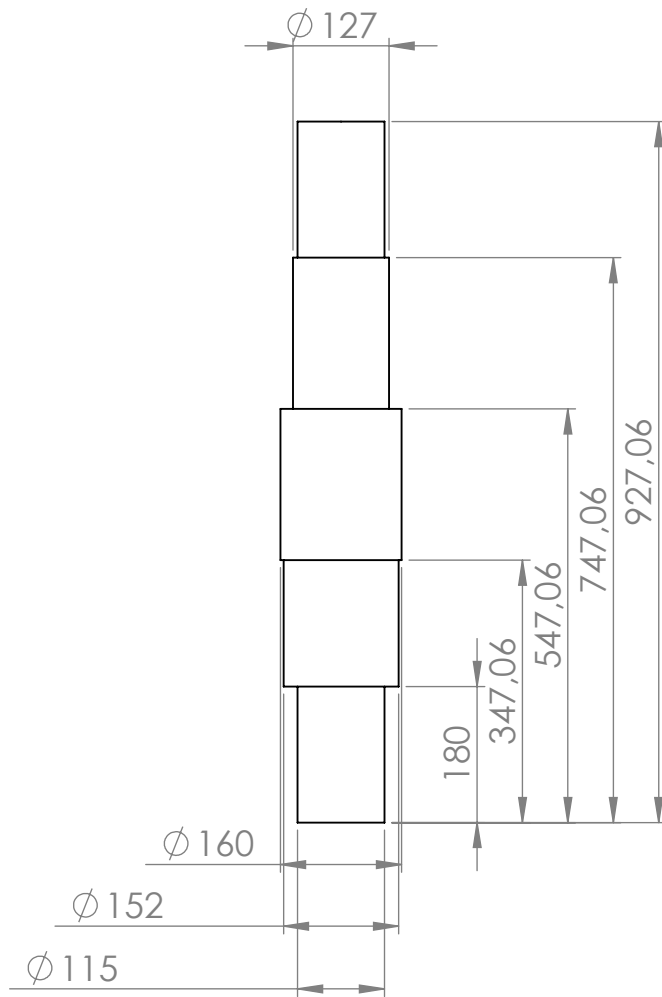


TITULO: EXPLOSIONADO SISTEMA MOTRIZ

AUTOR: JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISIA: ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 12/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

TITULO:

EJE PRINCIPAL

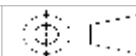
ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

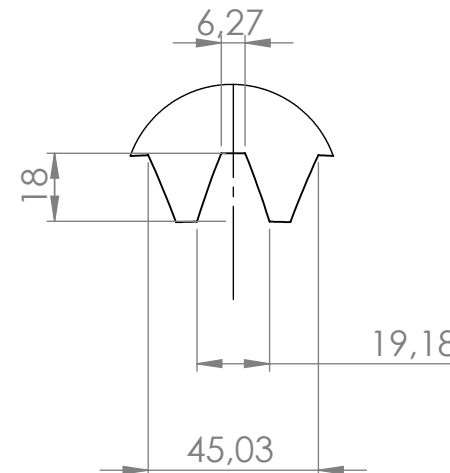
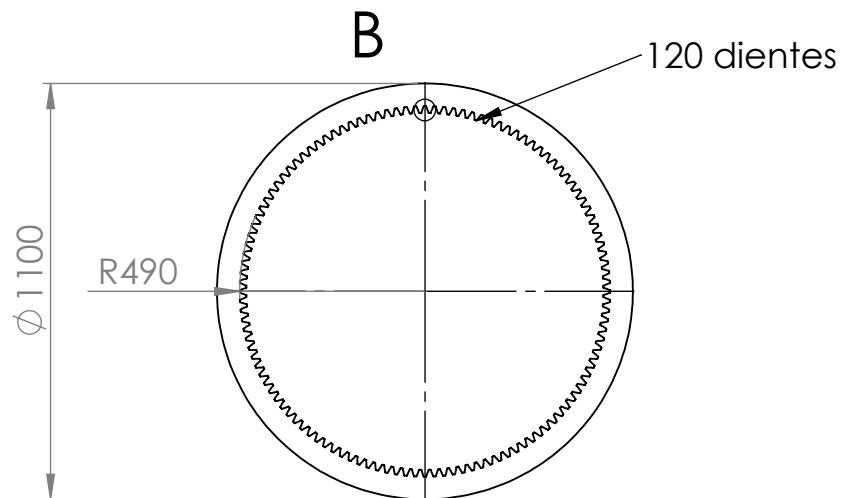
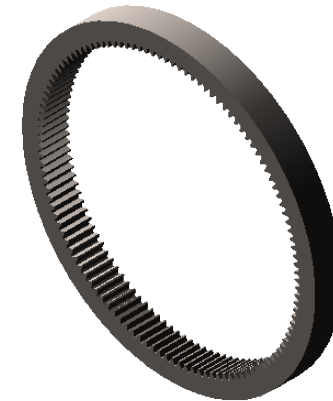
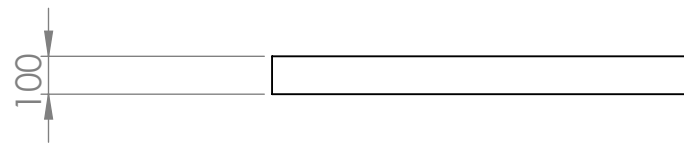
A4



REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 13/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

TITULO:

ENGRANAJE CONDUCIDO

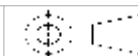
ESCALA: 1:20

UNIDADES: mm

AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

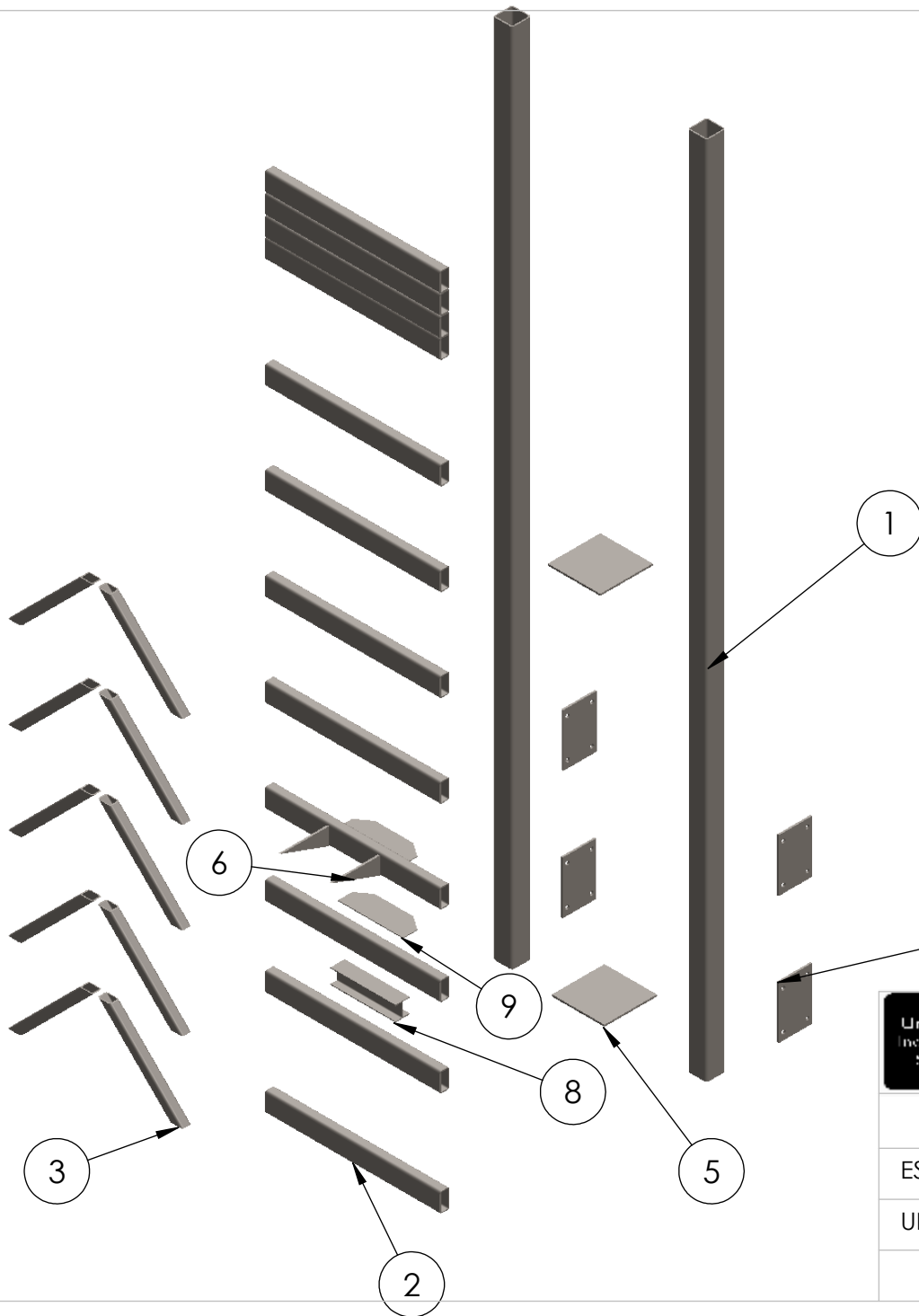
A4



REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 14/22



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	TS203x203x13x7420	2
2	TS203x102x11x1825	12
3	BASE CUADRADA 2.2	10
4	PLACA BASE 1	4
5	PLACA MOTOR	2
6	PLACA MOTOR 2	2
7	PLACA LATERAL	1
8	SOPORTE 5	1
9	SOPORTE 7	2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

TITULO:
EXPLOSIONADO SISTEMA ESTRUCTURAL

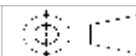
ESCALA: 1:10

AUTOR:
JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

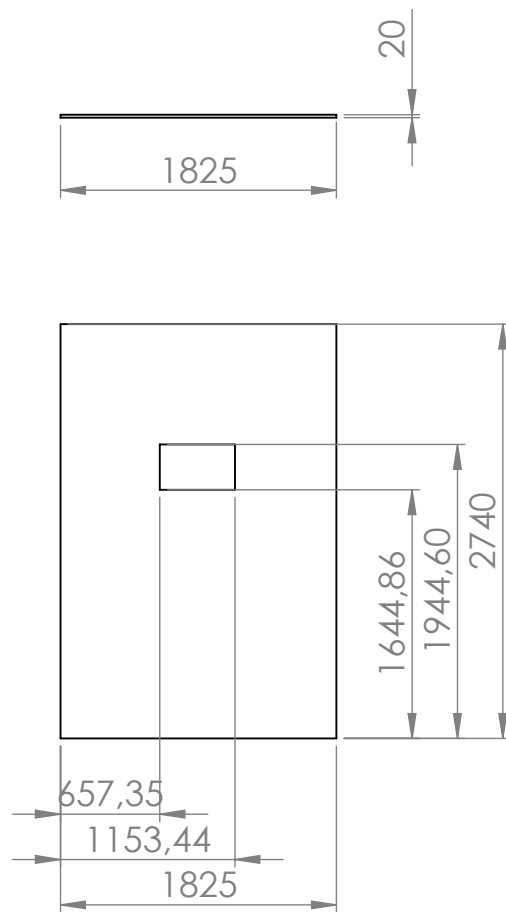
UNIDADES: MM

REVISIA:
ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

A4



HOJA 15/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



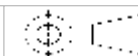
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:20

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

SOPORTE SISTEMA MOTRIZ

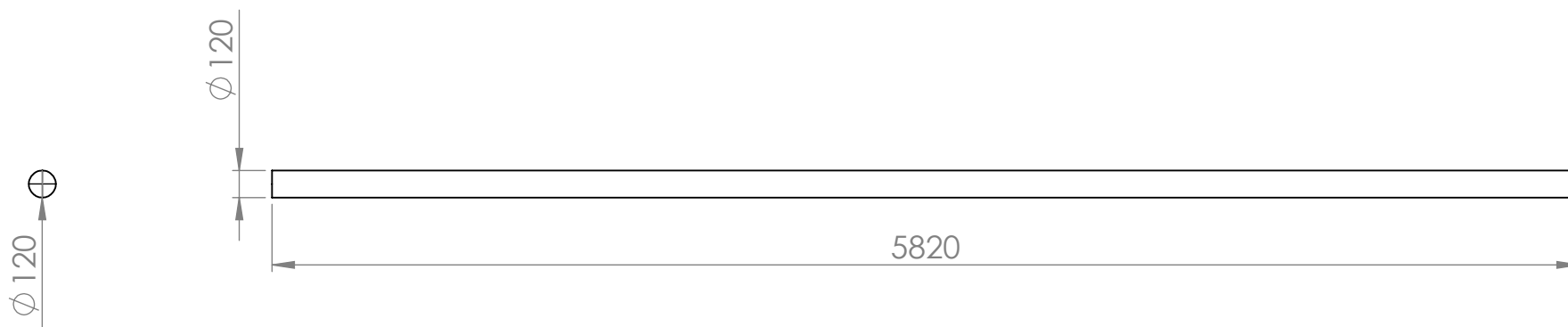
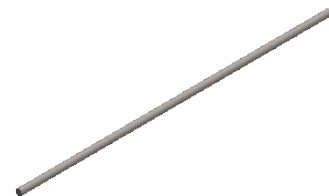
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 16/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



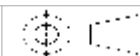
**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE
SANTANDER**

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:30

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

SOPORTE ENTRE ESTRUCTURAS

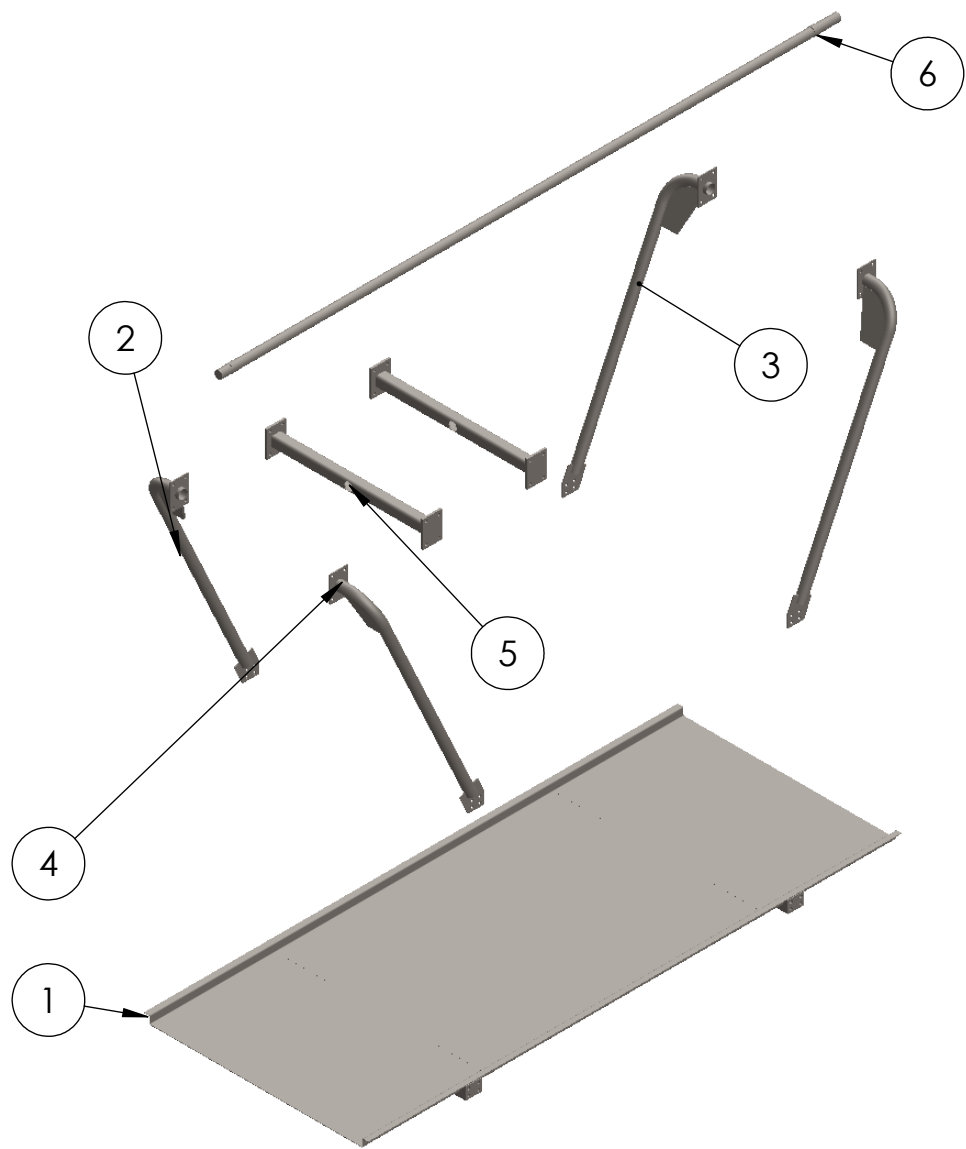
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISÁ:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 17/22

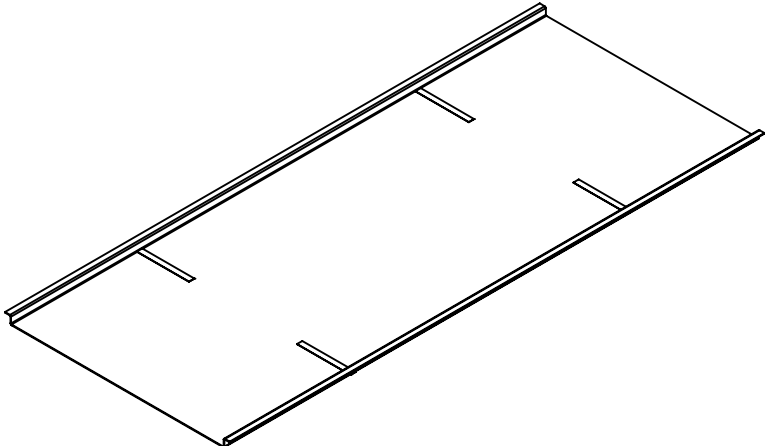
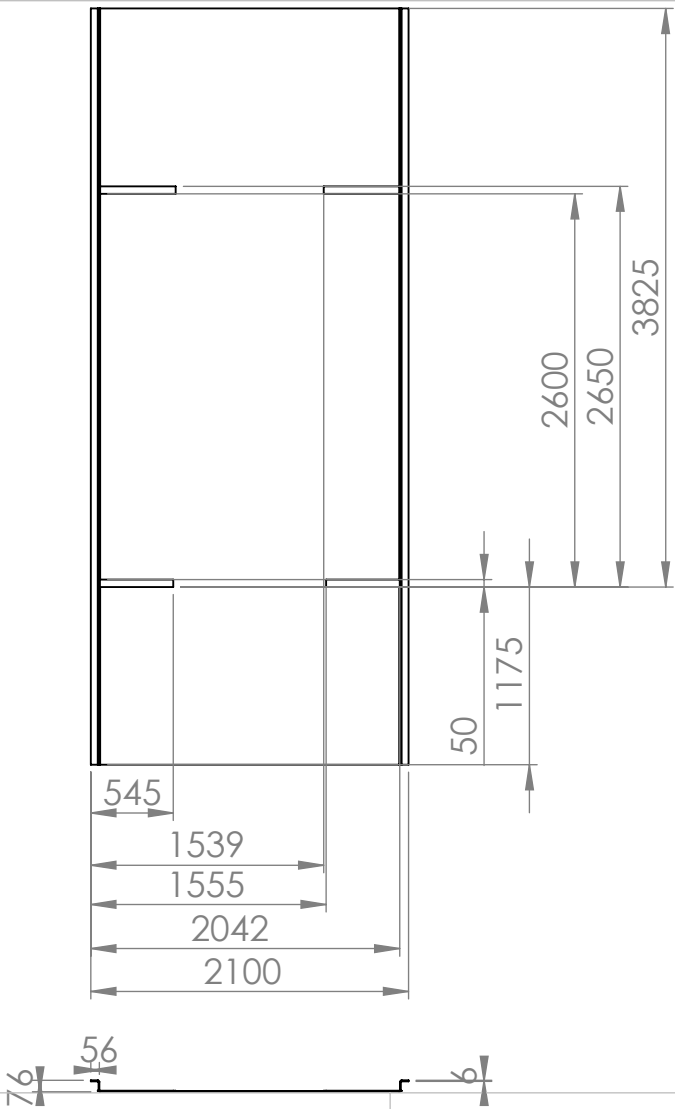


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	base	1
2	soporte lateral 1	2
3	soporte lateral 2 - copia	1
4	soporte lateral 2	1
5	soporte carros	2
6	tubo carros	1



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24	TITULO: EXPLOSIONADO SISTEMA CARGA VEHICULAR	
ESCALA: 1:10	AUTOR: JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS	
UNIDADES: MM	REVISIA:	HOJA 18/22
A4		ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ



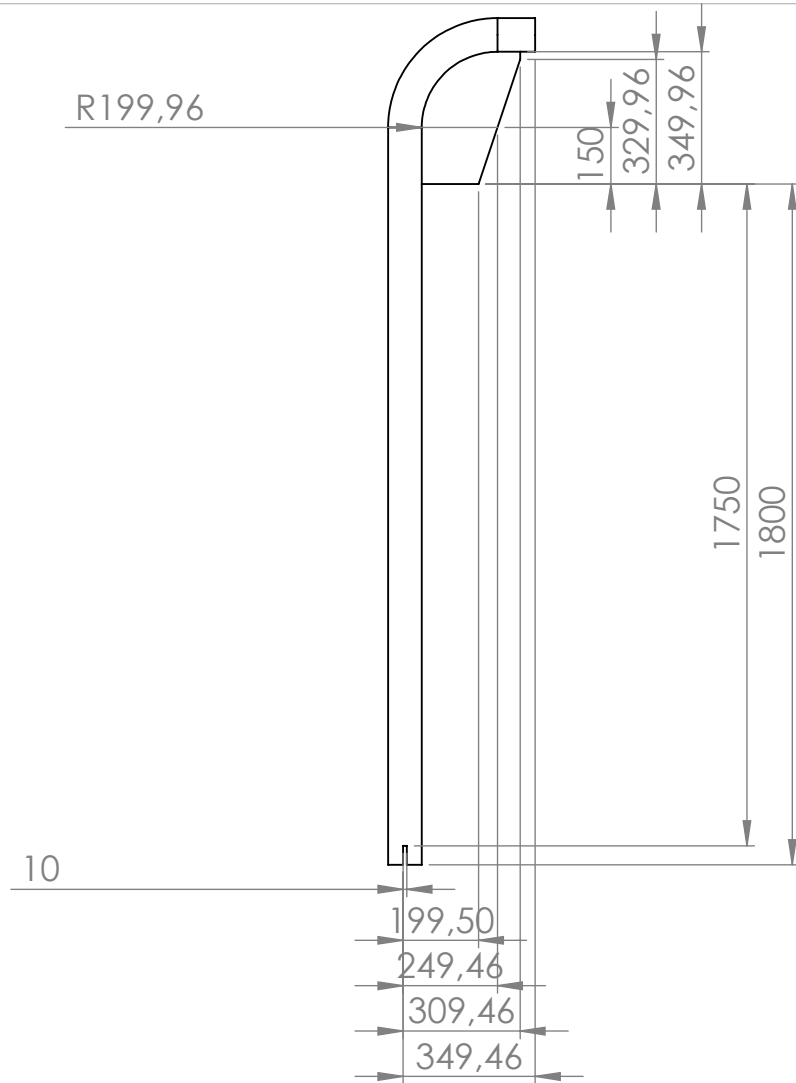
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24
 ESCALA: 1:50
 UNIDADES: mm
 A4

TITULO: PLATAFORMA VEHICULAR
 AUTOR: JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS
 REVIS: ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ
 HOJA 19/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



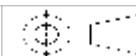
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

SOPORTE PLATAFORMA VEHICULAR

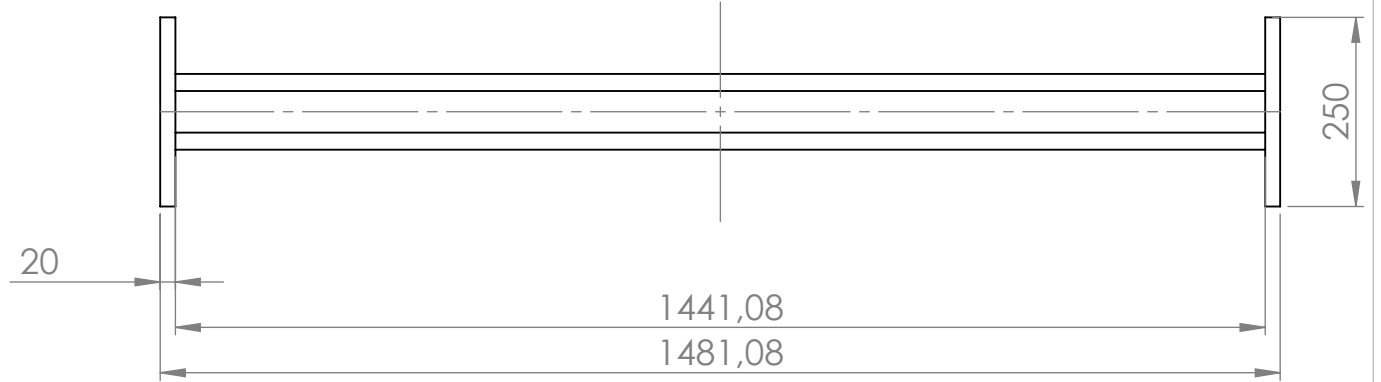
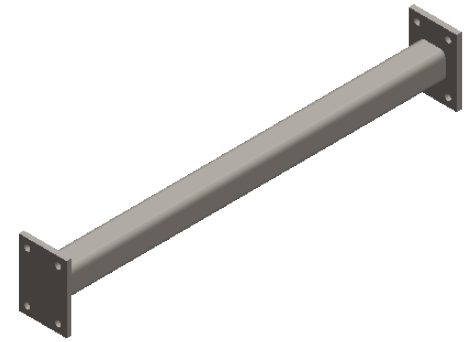
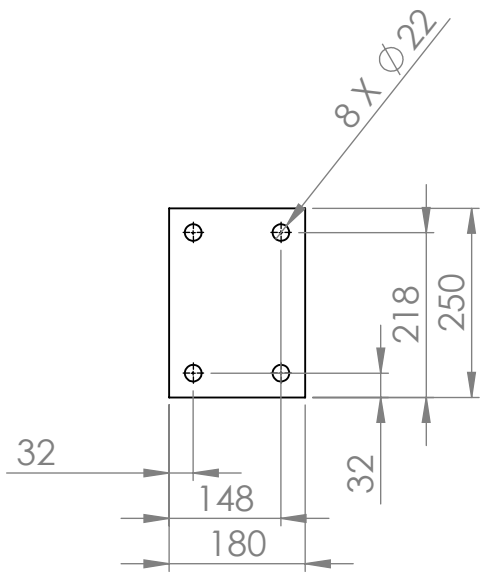
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 20/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



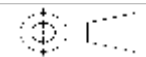
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

ESCALA: 1:10

UNIDADES: mm

A4



TITULO:

SOPORTE 2 PLATAFORMA VEHICULAR

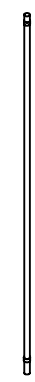
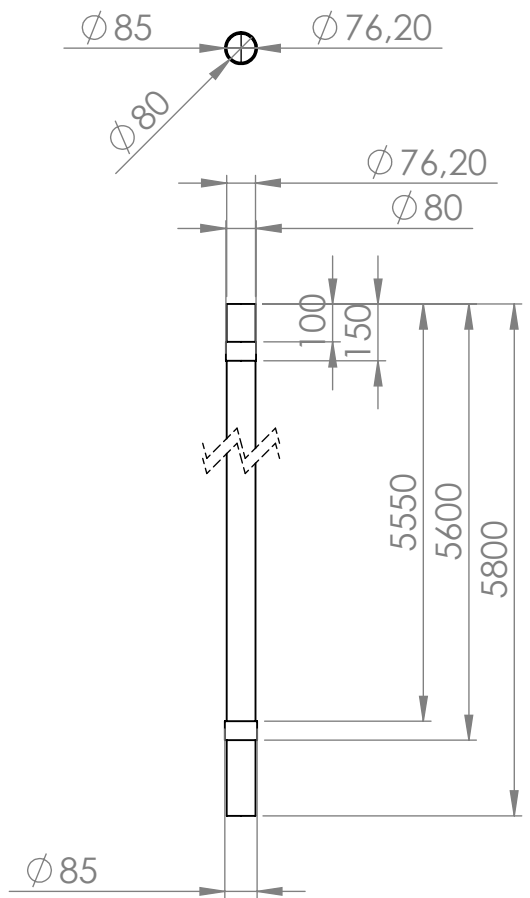
AUTOR:

JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

REVISA:

ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 21/22



DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FECHA: 30/01/24

TITULO:
SOPORTE 3 PLATAFORMA VEHICULAR

ESCALA: 1:15

UNIDADES: mm

AUTOR:
JEFERSSON CARDOZO, SERGIO RIVEROS

A4



REVISÁ:
ING. WILLIAN PINTO HERNANDEZ

HOJA 22/22