

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE MECATRÓNICA

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero en
Mecatrónico e Ingeniera en Mecatrónica*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
CARGA CON SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE
LÁMINAS DE METAL PARA LA EMPRESA
CEPEDA”**

AUTORES:

DAVID STEVEN BARRERA JUCA

DAYANNA LISSETH RAMOS MOSCOSO

TUTOR:

ING. MARCO ESTEBAN AMAYA PINOS MS.C

CO-TUTOR:

ING. MÓNICA ALEXANDRA ROMERO SACOTO MS.C

CUENCA – ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, David Steven Barrera Juca con documento de identificación N° 0105917454 y Dayanna Lisseth Ramos Moscoso con documento de identificación N° 0604540237 manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGA CON SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE LÁMINAS DE METAL PARA LA EMPRESA CEPEDA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero en Mecatrónica e Ingeniera en Mecatrónica*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2021.



David Steven Barrera Juca.

C.I: 0105917454



Dayanna Lisseth Ramos Moscoso.

C.I: 0604540237

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGA CON SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE LÁMINAS DE METAL PARA LA EMPRESA CEPEDA”**, realizado por David Steven Barrera Juca y Dayanna Lisseth Ramos Moscoso obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, octubre del 2021.



Ing. Marco Esteban Amaya Pinos, MsC.

C.I: 0102263480

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, David Steven Barrera Juca con documento de identificación N° 0105917454 y Dayanna Lisseth Ramos Moscoso con documento de identificación N° 0604540237, autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE CARGA CON SELECCIÓN AUTOMÁTICA DE LÁMINAS DE METAL PARA LA EMPRESA CEPEDA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, octubre del 2021.



David Steven Barrera Juca.
C.I: 0105917454



Dayanna Lisseth Ramos Moscoso.
C.I: 0604540237

Dedicatoria

A Dios, por brindarme salud y fuerza para seguir adelante cada día descubriendo nuevos caminos que me permitirán ser un gran profesional y una gran persona, y a la vez por ayudarme a culminar esta etapa tan importante.

A mis padres David y Alexandra, por brindarme todo el apoyo necesario tanto económicamente como emocional, por estar siempre a mi lado pendiente de mi salud y bienestar, por darme un amor incondicional y sobre todo por inculcarme valores que me permitieron crecer tanto personal como profesionalmente.

A mi hermano Santiago, por motivarme a ser cada día mejor, apoyarme a su manera y sobre todo por brindarme su cariño y aprecio.

A mis amigos, por permitirme compartir con ellos los éxitos y fracasos y a su vez, me han brindado su amistad y confianza dentro y fuera de la institución en estos años de estudio.

David Barrera Juca.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres, por haberme apoyado desde el comienzo hasta el final de esta etapa tan importante, estando conmigo en todo momento precautelando mi salud y bienestar.

Agradezco a mi tutor Ing. Marco Amaya, el cual con su paciencia, conocimiento y consejos nos ha guiado y apoyado durante la elaboración de nuestro proyecto de titulación.

Agradezco a mi cotutora Ing. Mónica Romero, por haberme impartido sus conocimientos, los cuales han sido un pilar fundamental dentro de esta etapa académica.

Agradezco a mi amiga y compañera Dayanna Ramos, por todo el apoyo brindado en cada etapa que hemos compartido dentro y fuera de la institución, llegando a formar un gran equipo y fortaleciendo una gran amistad.

Agradezco a todos los docentes y laboratoristas de la Universidad Politécnica Salesiana, por compartir sus experiencias y conocimientos, que me han permitido llegar a ser una gran persona y un gran profesional.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por haberme acogido durante estos años de estudio como segundo hogar, por formarme como un excelente profesional lleno de valores y principios.

David Barrera Juca.

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación está dedicado a mis padres: Danilo y Betty, por su amor, trabajo y sacrificio que realizaron en todos estos años, gracias a ellos he logrado culminar mi carrera profesional.

A mi hermano César por ser ese impulso a ser mejor cada día, por estar siempre presente, acompañándome y por el apoyo moral que me brindo a lo largo de esta etapa de mi vida.

De igual manera dedico este trabajo a mis compañeros, con quienes pasé un largo período de estudio y sacrificio, lo que nos permitió fortalecer el vínculo de amistad y compañerismo.

A cada una de mis mejores amigas del colegio que son como mis hermanas, gracias por ser ese ejemplo de perseverancia, por trasmitirme su alegría y formar parte de muchos momentos cruciales en vida.

Dayanna Lisseth Ramos Moscoso.

Agradecimientos

Agradezco a mis padres quienes me han ayudado y apoyado a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a mi tutor Ing. Marco Amaya, por haberme orientado con rectitud y paciencia, ayudándome a finalizar este proyecto con éxito.

Agradezco a mi cotutora Ing. Mónica Romero, por sus conocimientos y consejos que fueron fundamentales para el desarrollo y ejecución del proyecto.

Agradezco a mi compañero y amigo David Barrera, por su paciencia y apoyo en la realización de este proyecto de titulación, y a su vez por cada etapa vivida que gracias a ellos se demostró que hacemos un gran equipo.

A cada uno de los docentes y laboratoristas de la Universidad Politécnica Salesiana, por brindarnos cada uno de sus conocimientos y ser un apoyo crucial para realizar este proyecto.

Dayanna Lisseth Ramos Moscoso.

Resumen

El presente proyecto de titulación se basa en la solución de un problema puntual dentro de la línea de producción de la empresa CEPEDA. Dentro de esta se define el diseño de un sistema de transporte de carga de láminas de metal. El objetivo principal de este proyecto está enfocado en la movilización de la materia prima a diferentes estaciones de manufactura, buscando reducir complicaciones para el operario al momento de trasladarse, de igual manera mejora su manipulación y a su vez reducir el tiempo del flujo del proceso de transporte de la materia prima, inclusive puede mejorar la seguridad evitando accidentes.

El trabajo en primera instancia determina las condiciones iniciales del sistema de transporte de carga, en función de una revisión bibliográfica y los requerimientos de la empresa, con el fin de determinar la opción más viable teniendo un equilibrio de costo y calidad. Una vez establecidos los parámetros y condiciones iniciales, se realiza el diseño y modelado del mismo, cada uno soportado por conceptos de mecánica de materiales, diseño mecánico, electrónica digital, de potencia y teoría de control. Adicionalmente, se procede a realizar el proceso de simulación por elementos finitos para la verificación del diseño planteado, y a su vez el funcionamiento requerido. Finalmente, se presenta un análisis de costos de fabricación de manera que en cada uno de los rubros que conforman el sistema como son materiales, mano de obra, costos indirectos, utilidad y gastos imprevistos.

El resultado obtenido es un sistema mecatrónico, que por medio de una botonera ubicada en el panel de control se ingrese a través de un pulso una señal digital para que el mecanismo de elevación actúe provocando la elevación de la mesa de carga. La elevación del sistema dependerá de la altura de los estantes y de igual forma la maquinaria. El sistema obtenido es sencillo de utilizar, y puede ser empleado por los operarios sin necesidad de un instructor.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Cesión de Derechos de Autor	I
Certificación	II
Declaratoria de Responsabilidad	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	IV
Dedicatoria	VI
Agradecimientos	VII
Resumen	VIII
1. Introducción.	1
2. Problema.	1
2.1. Antecedentes.	1
2.2. Importancia y alcances.	1
2.3. Delimitación.	2
2.3.1. Delimitación Geográfica.	2
2.3.2. Delimitación Temporal.	3
2.4. Problema General.	4
2.5. Problemas Específicos.	4
3. Objetivos.	5
3.1. Objetivo General.	5
3.2. Objetivos Específicos.	5
4. Hipótesis.	6
4.1. Hipótesis General.	6
4.2. Hipótesis Específicas.	6
5. Matriz de consistencia lógica.	6

6. Operacionalización de variables.	8
7. Marco Teórico.	9
7.1. Introducción de la Empresa CEPEDA CIA LTDA.	9
7.1.1. Diagrama de flujo la materia prima.	9
7.1.2. Materia Prima.	11
7.1.3. Características de la materia prima.	11
7.2. Sistemas de transporte.	11
7.3. Tipos de sistemas de transporte.	12
7.3.1. Montacargas.	12
7.3.2. Apilador Eléctrico.	12
7.3.3. Gatas Hidráulicas.	14
7.3.4. Mesa elevadora de tijera.	15
7.4. Motor Eléctrico.	18
7.4.1. Tipos de motores eléctricos.	18
7.5. Sistemas de control.	19
7.5.1. Requisitos de un sistema de control.	19
7.5.2. Configuración de sistemas de control.	20
8. Marco Metodológico.	21
8.1. Establecimiento de los parámetros iniciales del sistema de transporte de carga.	21
8.1.1. Dimensionamiento del espacio físico.	21
8.1.2. Dimensionamiento del producto.	23
8.1.3. Medidas antropomórficas del operario.	23
8.1.4. Cantidades de materia prima a transportar.	24
8.2. Propuesta del diseño del sistema de transporte de carga.	25
8.2.1. Bocetos planteados.	25
8.2.2. Tabla de ponderación.	27
8.2.3. Materiales del sistema mecánico.	29
8.2.4. Selección de rodillos.	32
8.2.5. Dimensionamiento del sistema mecánico.	35
8.2.6. Cálculo de esfuerzos de las partes críticas del sistema mecánico.	38
8.2.7. Resultado del modelamiento del sistema de transporte de carga.	41
8.2.8. Selección y dimensión del motor.	48
8.2.9. Selección y dimensión de la batería.	54

8.2.10. Selección de sensores.	57
8.2.11. Diseño mecánico propuesto.	63
8.2.12. Diseño electrónico propuesto.	64
8.2.13. Diseño de control propuesto.	69
8.3. Análisis de costos del sistema de transporte de carga.	78
9. Resultados.	83
9.1. Resultados del diseño del sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal.	83
9.2. Resultado de la simulación del diseño de control para el sistema de transporte de carga.	85
10. Conclusiones.	87
11. Recomendaciones.	89
Referencias	92
ANEXOS	93

Lista de Tablas

1.	Cronograma de actividades planteado.	4
2.	Matriz de consistencia lógica.	7
3.	Operacionalización de las variables.	8
4.	Características de la materia prima utilizada para la carrocería del autobús.	11
5.	Montacargas.	12
6.	Apilador eléctrico.	13
7.	Apilador eléctrico liviano.	13
8.	Apilador eléctrico liviano.	14
9.	Apilador con mecanismo de cadena.	14
10.	Estibador manual.	15
11.	Estibador eléctrico tipo tijera.	15
12.	Estibador eléctrico tipo tijera.	15
13.	Mesa elevadora en forma de tijeras.	16
14.	Estibador eléctrico tipo tijera.	16
15.	Mesa elevadora de tornillos ADE.	17
16.	Mesa elevador de tijera.	17
17.	Estibador eléctrico tipo tijera.	17
18.	Cantidades de láminas de metal.	25
19.	Tabla de ponderación.	28
20.	Tabla de selección de materiales.	29
21.	Tabla de elementos.	31
22.	Características del rodillo de bolas.(Anexo 5)	33
23.	Variación de las dimensiones del sistema de elevación.	37
24.	Parámetro del tornillo de potencia.	52
25.	Datos del conjunto moterreductor.	54
26.	Tabla comparativa de baterías.	56
27.	Diferencias entre sensores de posición.	58
28.	Características del encoder lineal (Anexo 9).	59
29.	Características del fin carrera.	61
30.	Características del transductor de fuerza de compresión (Anexo 10).	62
31.	Dirección de entradas PIC 16f1939 (Anexo 12).	65
32.	Direcciones de salida del PIC 16f1939 (Anexo 7).	66
33.	Parámetros del motor DC.	75

34.	Efecto de incrementar las ganancias de un PID.	77
35.	Costos directo de materiales y equipos.	79
36.	Costo Directo de Mano de Obra	82
37.	Costo Total.	82

Lista de Figuras

1.	Croquis de la ubicación de la empresa.	2
2.	Vista frontal de la empresa CEPEDA.	3
3.	Logo de la empresa.	9
4.	Diagrama de flujo de láminas de metal.	10
5.	Motor AC.	18
6.	Motor DC.	19
7.	Sistema de lazo abierto de control.	20
8.	Sistema de lazo cerrado de control.	21
9.	Área destinada para el sistema.	22
10.	Distribución de la planta.	23
11.	Medidas antropomórficas.	24
12.	Boceto con mecanismo de elevación por medio de columnas.	26
13.	Boceto con mecanismo de elevación por tijeras.	26
14.	Boceto con mecanismo de elevación por cremallera.	27
15.	Rodillo de bolas.	32
16.	Rodillo metálico recubierto.	34
17.	Conexión entre mesa de la máquina y mesa del sistema de carga.	34
18.	Vista del sistema de transporte de carga en reposo.	35
19.	Vista lateral del sistema de transporte de carga en sus dimensiones máximas.	36
20.	Gráfico referencial de la Tabla 23.	38
21.	Área transversal del torillo.	39
22.	Área transversal del buje.	39
23.	Diagrama de cuerpo libre de esfuerzo cortante del tornillo.	40
24.	Área en contacto del buje.	41
25.	Modelado del sistema de transporte de carga.	42
26.	Resultados de la calidad de malla, obtenido del sistema de transporte de carga.	43
27.	Resultados de la métrica Jacobiano, obtenido del sistema de transporte de carga.	43
28.	Deformación total obtenida del sistema de transporte de carga.	44
29.	Esfuerzo de Von Mises obtenido del sistema de transporte de carga.	45
30.	Factor de seguridad obtenido del sistema de transporte de carga.	45
31.	Factor de seguridad a fatiga obtenido del sistema de transporte de carga.	46
32.	Deformaciones obtenidas de los elementos más críticos del sistema de transporte de carga.	47

33.	Esfuerzo de Von Mises obtenido de los elementos más críticos del sistema de transporte de carga.	48
34.	Diagrama de cuerpo libre del sistema de carga.	49
35.	Diagrama de cuerpo libre de la plataforma.	50
36.	Diagrama de cuerpo libre de la barra EA.	51
37.	Dimensiones del conjunto motorreductor.	54
38.	Batería Voltem.	56
39.	Cargador monofásico 24V 60A.	57
40.	Encoder lineal.	59
41.	Fin carrera 3SE5.	60
42.	Transductor modelo F1814.	62
43.	Diseño Propuesto.	63
44.	Diagrama bloques electrónico del sistema propuesto.	64
45.	Esquema del regulador de voltaje.	65
46.	Circuito electrónico de la parte de mando.	67
47.	Ruteado del circuito electrónico.	69
48.	Modelo electromecánico de un motor DC con imanes permanentes.	71
49.	Eje, Reductora y caja del motor DC.	73
50.	Diagrama de bloques de la planta sin considerar el controlador.	75
51.	Respuesta transitoria del sistema sin implementación del controlador.	76
52.	Diagrama de bloques de la planta considerando el controlador.	77
53.	Respuesta transitoria de la planta considerando la implementación del controlador.	78
54.	Diseño Propuesto.	84
55.	Funcionamiento del diseño de transporte propuesto.	85
56.	Respuesta transitoria de la planta considerando la implementación del controlador vs sin controlador.	86

1. Introducción.

Las empresas carroceras son numerosas en el Ecuador, las cuales se encuentran ubicadas en distintas provincias del país, como por ejemplo: Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Azuay, Tungurahua, siendo esta última provincia donde se concentra la mayor cantidad de las empresas con dicha actividad, (El Universo, 2016).

La fabricación de carrocerías metalmecánicas en la provincia de Tungurahua, Ambato representa el 70 % del mercado nacional, según la Cámara de la Pequeña Industria de Tungurahua (Capit), dentro de este porcentaje se encuentra la industria CEPEDA con sus 51 años de trascendencia, (Carrocerías Cepeda, 2021; El Comercio, 2004).

En la actualidad, la industria carrocera ha evolucionado notablemente, con relación al servicio y al producto, el cual mediante la innovación busca un mejoramiento continuo con el fin de desarrollar nuevos diseños y un óptimo flujo de producción entre las diferentes estaciones de manufactura. En donde, el proceso de construcción metalmecánico de un autobús empieza con la recepción de materia prima a la planta, donde se realiza su respectivo tratamiento y pueda ser clasificado en las áreas que sea requerida, (Jaque Puca y Morales Llumán, 2010; Pazmiño y Dután, 2009).

2. Problema.

2.1. Antecedentes.

El transporte de láminas de metal presenta diferentes complicaciones para el operario al momento de trasladarlas a diferentes estaciones de manufactura dentro de la empresa, produciendo inconvenientes en su manipulación debido al tamaño y peso de estos elementos. En algunos casos se llega a producir accidentes laborales, y a su vez conlleva al aumento del tiempo en el flujo del proceso de transporte de la materia prima en las diferentes estaciones de trabajo, lo cual genera retrasos en el proceso de ensamble debido a la falta de la materia prima en las diferentes líneas de producción.

2.2. Importancia y alcances.

El proceso de fabricación de estructuras de autobuses de la empresa CEPEDA requiere la manipulación directa de la materia prima (láminas metálicas), las cuales poseen un tamaño y

peso considerable, estos tienen que ser asimilados por los operarios al momento del traslado a las diferentes estaciones de trabajo, generando una fatiga en el personal y riesgos laborales durante el proceso de traslado del material. Por lo expuesto, se ve la necesidad de desarrollar un diseño eficiente de un sistema de transporte con selección automática de láminas de metal que automatice la manipulación de los elementos al momento de su traslado mejorando los tiempos de producción y minimizando los tiempos muertos durante el flujo de los componentes en la línea de producción.

2.3. Delimitación.

2.3.1. Delimitación Geográfica.

El presente trabajo de titulación se desarrolló en la empresa CEPEDA, ubicada en ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, entre las calles José Peralta y Pompilio Llona, cuya ubicación se muestra en la figura 1 y su vista frontal en la figura 2.

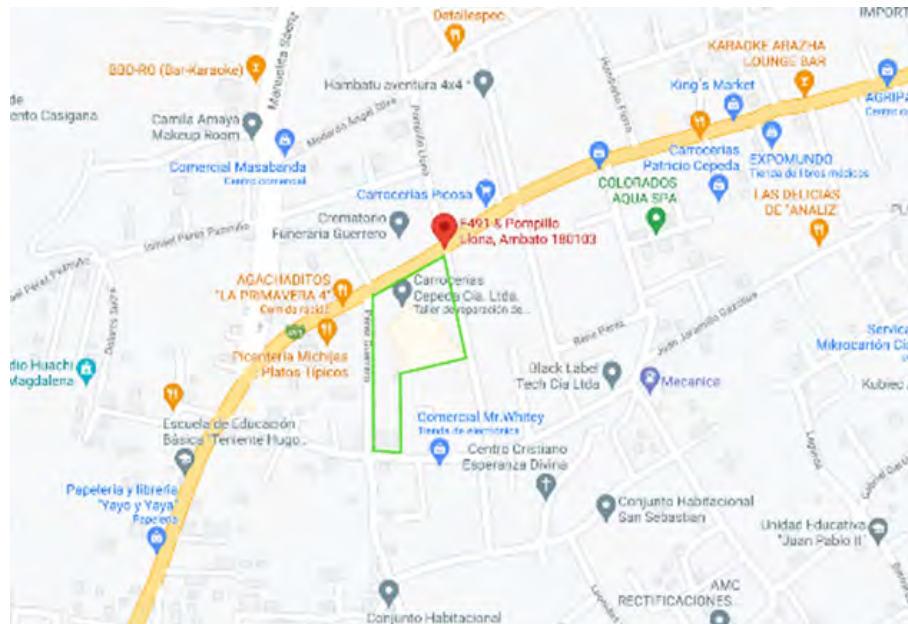


Figura 1: Croquis de la ubicación de la empresa.

Fuente: Google Maps.



Figura 2: Vista frontal de la empresa CEPEDA.

Fuente: Google Maps.

2.3.2. Delimitación Temporal.

El trabajo de titulación se realizó en el año 2021, en un tiempo de 6 meses de acuerdo con el cronograma de actividades mostrado en la tabla 1:

Tabla 1: Cronograma de actividades planteado.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES A DESARROLLARSE																										
Objetivo Especifico	Actividades a desarrollar	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Horas
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Establecer los parámetros de diseño de transporte de carga con selección automática de láminas de metal para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA	• Revisión bibliográfica.	X	X																						20	
	• Recopilación de información.		X	X																					20	
	• Sintetización de información.				X																				10	
	• Establecer parámetros de diseño.					X	X																		20	
Plantear el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA	• Realizar propuestas del diseño mecánico.					X	X	X	X																50	
	• Establecer propuestas de diseño electrónico					X	X	X	X																40	
	• Priorización y selección de los diseños efectuados.									X	X	X													30	
	• Diseño mecánico del sistema de transporte de carga.												X	X	X	X									60	
Verificar el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	• Plantear un sistema de control para un sistema de transporte de carga.																	X	X	X				30		
	• Verificar las variables establecidas																				X	X		40		
Analizar los costos de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	• Analizar los costos de implementación del diseño propuesto.																						X	X	40	
	Redactar el documento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	50	
TOTAL DE HORAS																										410

Fuente: Autores.

2.4. Problema General.

- ¿Es posible diseñar un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, mediante el uso de un software especializado para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?

2.5. Problemas Específicos.

- ¿Se podrá establecer los parámetros de diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la en la empresa CEPEDA?
- ¿Es posible plantear el diseño de un sistema de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?

- ¿Es posible verificar el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?
- ¿Es posible analizar los costos de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?

3. Objetivos.

3.1. Objetivo General.

- Diseñar un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal mediante el uso de un software especializado, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.

3.2. Objetivos Específicos.

- Establecer los parámetros de diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.
- Plantear el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.
- Verificar el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.
- Analizar los costos de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.

4. Hipótesis.

4.1. Hipótesis General.

- El diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal mediante el uso de un software especializado mejorará el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.

4.2. Hipótesis Específicas.

- El diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal influenciará en el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.
- Plantear el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, favorecerá el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.
- El diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal ayudará en el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.
- El análisis de costo de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal aportará en el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.

5. Matriz de consistencia lógica.

Tabla 2: Matriz de consistencia lógica.

MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
¿Es posible diseñar un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal mediante el uso de un software especializado, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?	Diseñar un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal mediante el uso de un software especializado, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	El diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal mediante el uso de un software especializado, mejorará el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	-VI: Diseño -VD1: Distancia -VD2: Tiempo -VD3:Seguridad	Diseño mecánico y de control de un sistema de transporte Traslado de materiales
ESPECÍFICOS ¿Se podrá establecer los parámetros de diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?	ESPECÍFICOS Establecer los parámetros de diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	ESPECÍFICOS El diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, influenciará en el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	-VI: Diseño -VD1: Distancia -VD2: Tiempo -VD3:Seguridad	Planchas galvanizadas (desde punto de vista comercial)
¿Es posible plantear el diseño de un sistema de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?	Plantear el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	Plantear el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, favorecerá el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	-VI: Diseño -VD1: Distancia -VD2: Tiempo -VD3:Seguridad	Medio de transporte de materiales
¿Es posible verificar el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?	Verificar el diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	El diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, ayudará en el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	-VI: Diseño -VD1: Distancia -VD2: Tiempo -VD3:Seguridad	Manufactura
¿Es posible analizar los costos de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA?	Analizar los costos de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, para el traslado en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	El análisis de costo de implementación del diseño de un sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal, aportará en el traslado, seguridad y tiempo en las diferentes estaciones de manufactura en la empresa CEPEDA.	-VI: Diseño -VD1: Distancia -VD2: Tiempo -VD3:Seguridad	Costo de fabricación del equipo

Fuente: Autores.

6. Operacionalización de variables.

Tabla 3: Operacionalización de las variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO MECÁNICO					
Dimensiones	Definiciones	Indicador	Magnitud	Instrumento de medición	
Sistema de transporte	Definición conceptual: Sistema que permite transportar personas o cosas de un lugar a otro. Antonio Miravete (2009)	Largo	Metros (m)	Flexómetro	
	Definición operacional: Máquina o unidad de transporte móvil que efectúa los desplazamientos de las cargas entre las estaciones de trabajo.	Ancho			
		Alto			
Material de la estructura	Definición conceptual: Estructura conformada por un conjunto de partes unidas entre sí formando un solo cuerpo con el fin de soportar los efectos de la fuerza que actúa en el mismo. Kalpakjian (2008)	Peso	Kilogramos (kg)	Ficha técnica del material	
		Resistencia	Pascales (Pa)	Ficha técnica del material	
	Definición operacional: Material utilizado para la estructura del diseño tomando en cuenta sus propiedades físicas.	Densidad	kg/cm ³		
		Espesor	Milímetros (mm)	Calibrador	
Material a transportar	Definición conceptual: Láminas de metal con diferentes propiedad químicas y físicas. Kalpakjian (2008)	Largo	Metros (m)	Flexómetro	
		Ancho			
	Definición operacional: Material que se traslada de una estación de manufactura a otra.	Espesor	Milímetros (mm)	Calibrador	
		Peso	Kilogramos (kg)	Balanza	
Sistema de elevación	Definición conceptual: Elementos o mecanismos para el desplazamiento vertical con o sin carga. Antonio Miravete (2009) Definición operacional: Mecanismo para efectuar un movimiento vertical.	Altura máxima	metros (m)	Flexómetro	
		Altura mínima			
Capacidad de carga	Definición conceptual: Cantidad máxima de carga que soporta el sistema mecánico. Beer (2013) Definición operacional: Límite de materia prima que se transporta a diferentes estaciones.	Carga máxima	kilogramos (kg)	Balanza	
		Carga mínima			
Dimensiones del operario	Definición Conceptual: Dimensiones antropométricas del ser humano. Julius Panero (1996) Definición operacional: Factor humano que conlleva las diferentes posturas que toma al operario para la manipulación del sistema de transporte.	Altura	Metros (m)	Flexómetro	
Componentes mecánicos	Definición Conceptual: Elementos que forman parte de una máquina y a su vez permiten su correcto funcionamiento. Groover (2007) Definición operacional: Elementos imprescindibles del sistema de transporte que cumplen una función para lograr un fin específico.	Tornillo de potencia	Torque	Newton metro (Nm)	Torquímetro
			Paso	Milímetros (mm)	Calibrador
			Avance	kilogramo (kg)	Balanza
			Carga		
		Bujes	Diámetro medio de la rosca	Milímetros (mm)	Calibrador
			Diámetro exterior de la rosca		
Diámetro interior					
Diámetro exterior					
Componentes eléctricos		Motores	Resistencia	Ohmios (Ω)	Ficha técnica del motor
			Inductancia	Henrios (H)	
			Corriente	Amperios (A)	
			Torque	Newton metro (Nm)	
			Inercia	kilogramo metro cuadrado (kgm ²)	

Fuente: Autores.

7. Marco Teórico.

7.1. Introducción de la Empresa CEPEDA CIA LTDA.

Es una compañía ecuatoriana que se dedica al diseño, fabricación y comercialización de carrocerías metalmecánicas ubicada en la provincia Tungurahua, Ambato. Durante los últimos 50 años, la industria CEPEDA se ha prestado al servicio del transporte de pasajeros teniendo alrededor de 600 buses en circulación, debido a que se construyen ocho buses por mes cada uno con nuevos diseños, materiales de calidad y avances tecnológicos, de manera que se cumpla la certificación internacional ISO 9001(Carrocerías Cepeda, 2021).



Figura 3: Logo de la empresa.

Fuente: Carrocerías Cepeda (2021).

7.1.1. Diagrama de flujo la materia prima.

Es necesario conocer como la materia prima (láminas de metal) son transportadas entre las diferentes estaciones de manufactura, para así representar de manera sistemática la secuencia de las operaciones que están involucradas en el proceso de fabricación de la carrocería de un autobús, como se indica en la figura 4.

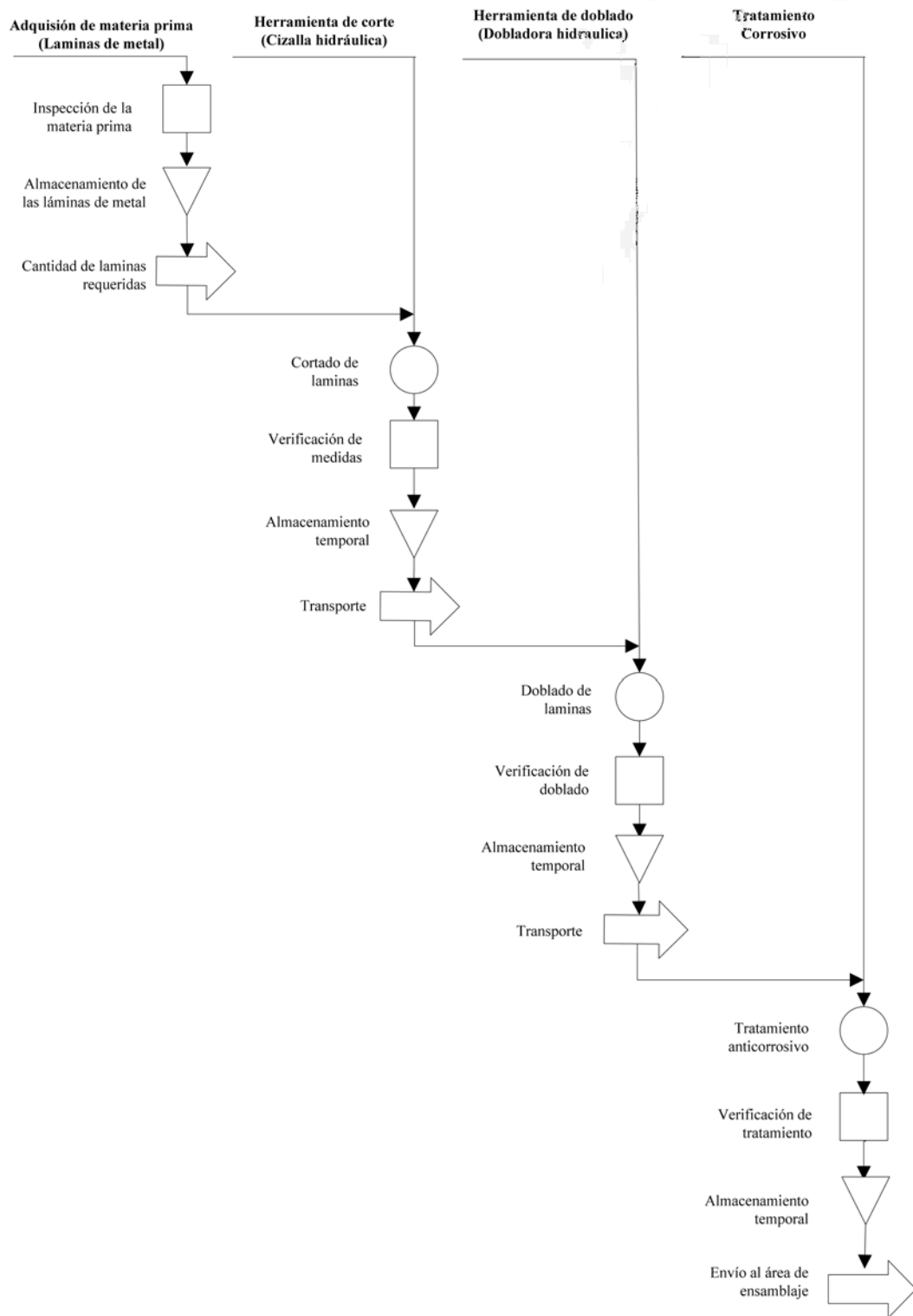


Figura 4: Diagrama de flujo de láminas de metal.

Fuente: Autores.

7.1.2. Materia Prima.

La materia prima garantiza a las carrocerías que tengan un ciclo de vida elevado, considerando que los autobuses necesitan circular a tiempo completo durante años, por lo que generalmente para su elaboración se utiliza en gran parte acero galvanizado (A-36 según ASTM) ya que a más de permitirle mayor resistencia a la corrosión presenta buenas propiedades mecánicas (Jordán Hidalgo y Bonilla Borja, 2018).

7.1.3. Características de la materia prima.

Existen diversos tipos de láminas metálicas que se utilizan al realizar la estructura, forrado y ensamble del autobús, entre ellas se tiene: laminas galvanizadas, corrugadas y negras como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Características de la materia prima utilizada para la carrocería del autobús.

LAMINA	FACTORES					
	ESPESOR (mm)	PESO (kg)	CANTIDADES MAXIMAS	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN(MPa)	ELONGACIÓN (%)	DENSIDAD (g/cm ³)
GALVANIZADA	0,9	21,03	15	400-550	20-23	7.85
	1,4	32,72	10	400-550	20-23	7.85
	1,9	44,40	16	400-550	20-23	7.85
CORRUGADA	2	53,70	6	400-550	20	3.97
	1	23,37	15	400-550	20	7.85
NEGRA	2	46,74	6	400-550	20	7.85
	3	70,11	5	400-550	20	7.85
	4	93,48	4	400-550	20	7.85
	5	116,85	3	400-550	20	7.85

Fuente: Autores.

Las dimensiones estándar por considerar según la norma NTE INEN 115 es de 1220 mm x 2440 mm para cada una de las láminas.

7.2. Sistemas de transporte.

Un sistema, máquina o unidad de transporte es el elemento móvil que efectúa los desplazamientos con cargas entre las estaciones o puntos determinados del recorrido, logrando a su vez cargar o descargar automáticamente (Antonio Miravete, 2009). El mismo sirve para transportar utilería, materiales, piezas mecánicas, etc. Existen varios métodos que nos permiten movilizar o transportar materiales, considerando diferentes factores con el fin de agilizar el trabajo de los operadores y a su vez mejorar la eficiencia en el proceso de manufactura (Ruda Rafael, 2015).

7.3. Tipos de sistemas de transporte.


En la industria automotriz, existen diferentes tipos de sistemas de transporte para la movilización de materia prima hacia diferentes estaciones ubicadas en la empresa, los sistemas más utilizados son:

- Montacargas.
- Apiladores Eléctricos.
- Gatas Hidráulicas.
- Mesa elevadora de tijera.

7.3.1. Montacargas.

Un montacargas estándar es una herramienta que se utiliza dentro de las industrias para transporte de materiales, herramientas, etc. Una de las principales características es la capacidad de levantar gran capacidad de peso a grandes alturas, (Gowan, 1961; Hansl y colaboradores, 2002; James Edmund Corbett, 1999). En su parte frontal posee una plataforma que por medio de guías metálicas permite que se eleve, las mismas son diseñadas para adaptar diferentes tipos de objetos que se requiere ser movilizándolo (ARTOLAZABAL, 2012; Espinosa David y Molina Anghelo, 2017). A continuación, en la tabla 5, se muestran las características de un montacargas estándar.

Tabla 5: Montacargas.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	1500 kg
	Altura libre de elevación	0.14m
	Altura de mástil cerrado	2.120 m
	Bateria	24V-60Ah
	Velocidad de elevación (Carga / Sin carga)	260 / 400 mm/s


Fuente: HYSTER (2020); MÉNDEZ CHAVEZ (2007).

7.3.2. Apilador Eléctrico.

Es un sistema parecido al que se mencionó anteriormente, el cual posee diferencias como la capacidad de carga, combustible, mantenimiento, costos de las herramientas, etc. En las tablas 6, 7, 8 y 9 se indica diferentes tipos de apiladores.

- Apilador eléctrico.


Tabla 6: Apilador eléctrico.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	1.5 t
	Elevación libre	1.875 m
	Altura máxima de elevación	5.415 m
	Altura máxima de mástil extendido	6.060 m
	Ancho total	1.04 m
	Batería	24 V – 350 Ah
	Potencia de motor de elevación	3 kw

Fuente: Dynalserg (2020).

- Apilador eléctrico liviano.


Tabla 7: Apilador eléctrico liviano.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad de carga nominal	1.5 t
	Altura máxima de elevación	3000 mm
	Altura mínima de elevación	1600 mm
	Dimensiones	1716x800x2030 mm
	Tamaño de la horquilla	1070x100x40 mm
	Combustible	Eléctrico
	Potencia de motor de elevación	2.20 kw DC

Fuente: Dynalserg (2020).

- Apilador con mecanismo de cadena.


Tabla 8: Apilador eléctrico liviano.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad de carga nominal	500 kg
	Altura máxima de elevación	1600 mm
	Altura mínima de elevación	786 mm
	Dimensiones	1716x800x2030 mm
	Tamaño de la horquilla	1070x100x40 mm
	Combustible	Eléctrico
	Potencia de motor de elevación	0.7 kw

Fuente: Hangzhou Noelift Equipment (2017).

- Apilador con mecanismo de cadena.

Tabla 9: Apilador con mecanismo de cadena.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad de carga nominal	2000 kg
	Altura máxima de elevación	2000 mm
	Altura mínima de elevación	85 mm
	Dimensiones	1716x800x2030 mm
	Tamaño de la horquilla	1070x100x40 mm


Fuente: Hangzhou Noelift Equipment (2017).

7.3.3. Gatas Hidráulicas.

Las gatas hidráulicas son una de las más utilizadas dentro de las industrias y de igual forma fuera de ellas, por su facilidad de manejo, posee un tamaño óptimo para diferentes tipos de usos, facilidad para la movilización y a su vez gran capacidad de carga, el costo es bajo y necesita poco mantenimiento (Espinosa David y Molina Anghelo, 2017). Existen diferentes sistemas de elevación en la industria automotriz siendo los las utilizados las columnas electrohidráulicas y columnas electromecánicas, como se indica en las tablas 10, 11 y 12.

- Estibador Manual.


Tabla 10: Estibador manual.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	5000 Lbs
	Altura máxima de elevación	0.1 m
	Altura mínima de elevación	0.25 m
	Largo	1.5 m

Fuente: ADE-WERK (2021).

- Estibador eléctrico tipo tijera.


Tabla 11: Estibador eléctrico tipo tijera.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	1500 kg
	Altura máxima de elevación	800mm
	Altura mínima de elevación	85 mm
	Potencia del motor de elevación	12V

Fuente: CROWN (2020); Logistral (2021).

- Levante eléctrico tipo tijera.

Tabla 12: Estibador eléctrico tipo tijera.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	1000 kg
	Altura máxima de elevación	1150mm
	Altura mínima de elevación	800 mm

Fuente: ADE-WERK (2021).

7.3.4. Mesa elevadora de tijera.


Es un sistema que realiza un desplazamiento únicamente vertical, uno de sus mayores usos es para alcanzar personas a zonas inaccesibles, o a su vez elevar equipos, materiales de

trabajo desde la parte baja hacia la alta. El funcionamiento de este sistema en su mayoría es electrohidráulico, obteniendo de esta forma fiabilidad y seguridad para el operario (Andrade, 2012).

Se muestra a continuación en las tablas 13, 14, 15, 16 y 17 diferentes tipos de mesas elevadores con mecanismos de tijeras.

- Mesa elevadora de tijera.

Tabla 13: Mesa elevadora en forma de tijeras.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	350 kg
	Altura máxima de elevación	1150mm
	Altura mínima de elevación	800 mm
Dimensiones	0.91 x 0.5m	

Fuente: ADE (2019).

- Mesa elevadora de tijera.


Tabla 14: Estibador eléctrico tipo tijera.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	1500 kg
	Tipo	Estacionaria
Mecanismo	De tijera	

Fuente: CROWN (2020).

- Mesa elevadora de tornillos ADE.


Tabla 15: Mesa elevadora de tornillos ADE.

	PARÁMETRO	RANGO
	Capacidad	1500 kg
	Tipo	Estacionaria
	Mecanismo	De tijera

Fuente: Direct Industry (2021).

- Mesa elevadora de tijera.

Tabla 16: Mesa elevador de tijera.

	PARÁMETRO	RANGO
	Accionamiento	1000 kg
	Tipo	1150mm
	Mecanismo	800 mm
	Carga	0.91 x 0.5m
	Altura máxima	7000mm

Fuente: Flexlift Hubgeräte GmbH (2020); Novodinámica (2021).

- Mesa elevadora extraplana estándar.

Tabla 17: Estibador eléctrico tipo tijera.

	PARÁMETRO	RANGO
	Plataforma superior	Forma U
	Elevación máxima	1400 mm
	Carga	1200 kg
	Motor	1.5 C.V

Fuente: KRAUS (2008).

7.4. Motor Eléctrico.

Es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica a través de un campo magnético. Sus partes principales llegan a ser el estator y el rotor (Burbano Jaime, 2018). La elección del motor es un punto clave, por lo que es necesario conocer cada una de sus características. Según NEMA (National Electrical Manufacturers Association), los motores se dividen en motores de corriente continua (DC) y motores de corriente alterna (AC).

7.4.1. Tipos de motores eléctricos.

■ Motores AC.

La corriente cuya magnitud y dirección cambian periódicamente se denomina motor de corriente Alterna (CA) como se indica en la 5, su forma de onda es una onda sinusoidal, por lo que su velocidad está limitada por la frecuencia de esta. (Burbano Jaime, 2018).

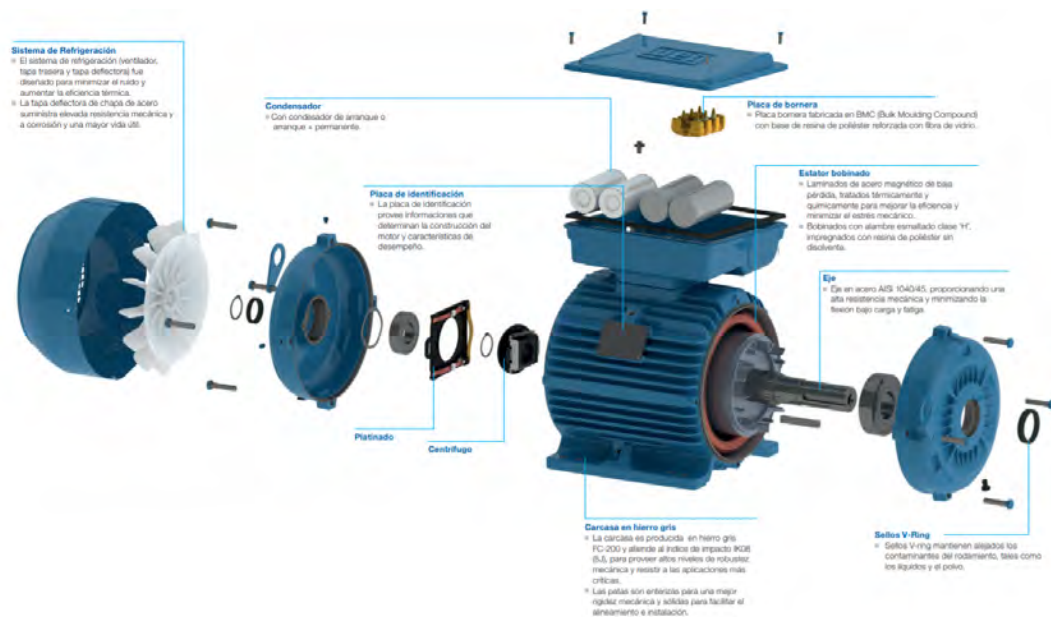


Figura 5: Motor AC.

Fuente: WEQ (2020).

■ Motores DC.

Los sistemas de alimentación de corriente continua (DC) como se indica en la figura 6 son comunes en automóviles, camiones y aviones. Se define como una máquina compacta con excelentes características dinámicas, apta para diversas aplicaciones (WEQ, 2020).



Figura 6: Motor DC.

Fuente: Transtecno.

7.5. Sistemas de control.

Un sistema o proceso de control se compone de un grupo de elementos o dispositivos interrelacionados y organizados que operan con objetivos específicos. A través del control, tiene como objetivo monitorear, gestionar y lograr el cambio gradual, buscando siempre el comportamiento deseado. Es decir, se puede observar el comportamiento de la señal de salida frente a la variación de la señal de entrada (Norman Nise, 2015).

7.5.1. Requisitos de un sistema de control.

El control ideal debería poder alcanzar el punto de ajuste inicial, es decir, alcanza sus objetivos a partir de: (Varela, 2014)

- Garantizar la estabilidad y, particularmente, ser robusto frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser lo más eficiente como sea posible.
- Ser fácil de implementar y que pueda ser comandado en tiempo real.

7.5.2. Configuración de sistemas de control.

- **Lazo Abierto.**

Sistema en los cuales la señal de salida no tiene ningún efecto sobre la acción de control, es decir, un sistema de control de lazo abierto no se retroalimenta con la entrada, como se indica en la figura 7. Por lo tanto, la señal de salida no afecta al funcionamiento del sistema, por el contrario, su exactitud del sistema estará acorde a la calibración del dispositivo (Varela, 2014).

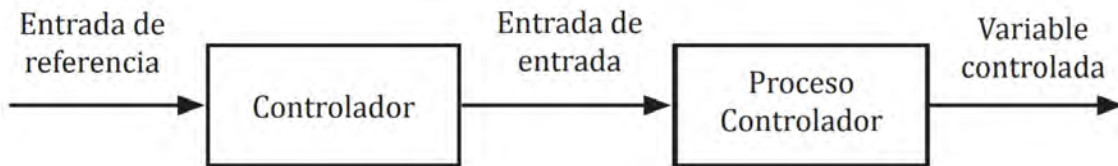


Figura 7: Sistema de lazo abierto de control.

Fuente: Benjamin C. Kuo (1996).

Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no llega a realizar la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas (Katsuhiko Ogata, 2010).

Con base en el contexto anterior, este tipo de control suele aparecer en equipos con control secuencial, donde no hay ajuste variable, por el contrario, la operación se realiza de manera determinada (Torres Jaime y Chanoluisa Shirley, 2015).

- **Lazo Cerrado.**

En esta configuración de control en lazo cerrado, la señal de salida deberá ser retroalimentada y comparada con la señal de entrada como se indica en la figura 8 teniendo efectos sobre la acción de control, con el objetivo de corregir el error o desviación que pueda presentarse (Varela, 2014).

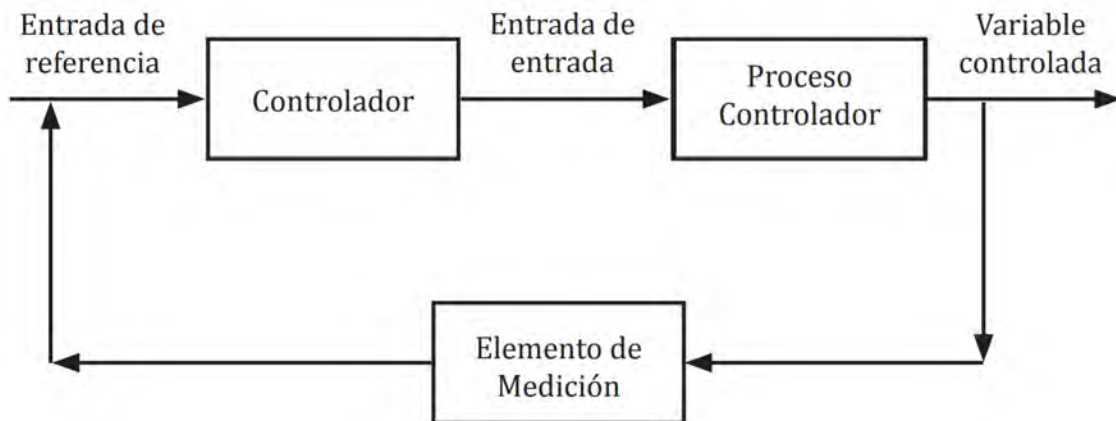


Figura 8: Sistema de lazo cerrado de control.

Fuente: Benjamin C. Kuo (1996).

Una de las principales ventajas de esta configuración es que es insensible a las interferencias, es decir, permite corregir los efectos de las interferencias introducidas en el sistema. Por lo tanto, tomando como referencia el sistema de lazo abierto, su complejo sistema hace que la señal sea más precisa, pero su costo de implementación también aumenta.

8. Marco Metodológico.

8.1. Establecimiento de los parámetros iniciales del sistema de transporte de carga.

8.1.1. Dimensionamiento del espacio físico.

Se debe reconocer el espacio físico donde se moverá el sistema de transporte de carga. En este caso especial, la empresa cuenta con una señalización correspondiente, y el sistema debe circular en él, como se observa en la figura 9.



Figura 9: Área destinada para el sistema.

Fuente: Autores.

El ancho destinado para la movilización del sistema que cuenta en la empresa es de 1350 mm, este parámetro es fundamental ya que el sistema a diseñar no debe exceder esta medida. El área sombreada que se muestra en la figura 10, representa de manera general el espacio destinado para la circulación del sistema a cada una de las estaciones de manufactura, cuyo ancho máximo es el anteriormente mencionado.

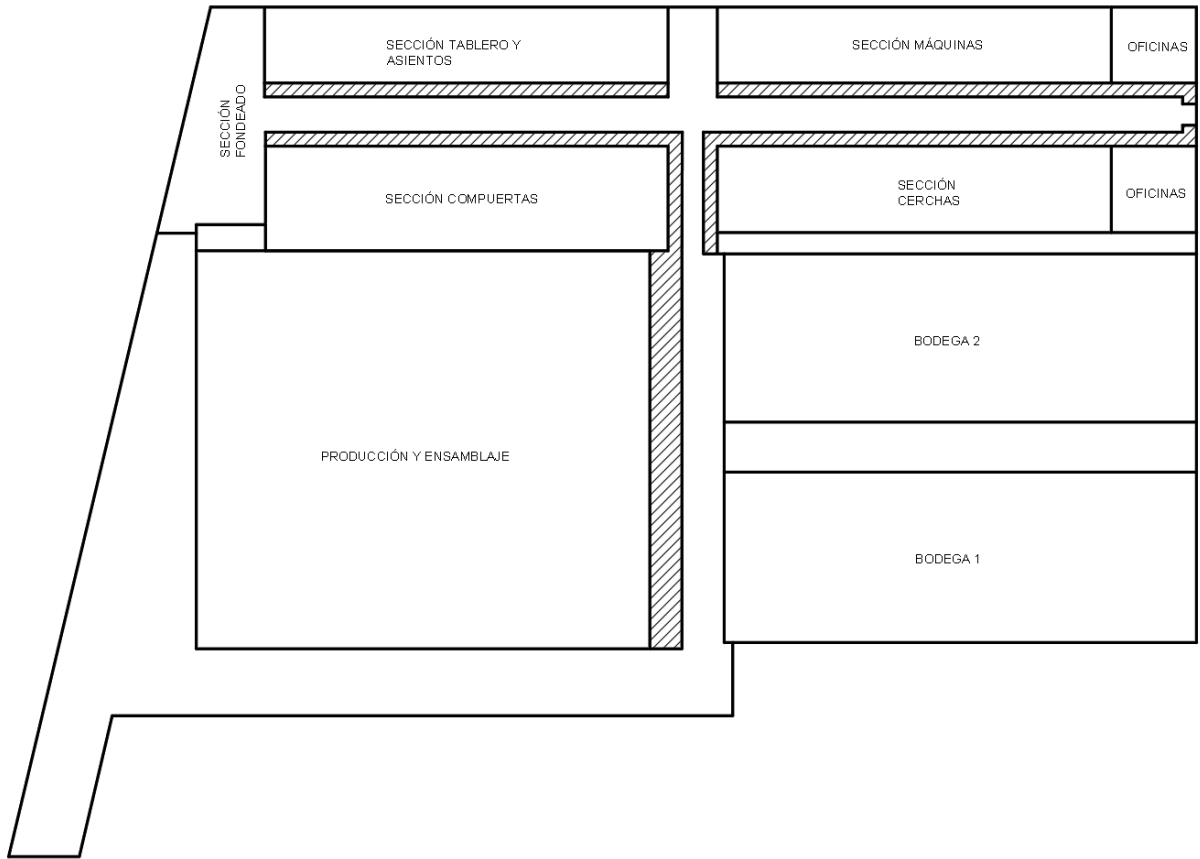


Figura 10: Distribución de la planta.

Fuente: Autores.

8.1.2. Dimensionamiento del producto.

Tomando el contexto anterior, el ancho del sistema no debe exceder los 1350 mm. Asimismo, otro factor a considerar es el tamaño de las láminas de metal que se utiliza para fabricar el autobús, que en este caso es de 1220 mm X 2440 mm. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el uso del equipo es esporádico, con horarios de uso frecuente, y al mismo tiempo permanece estacionario, por lo que sistema de este tamaño ocupará un área muy grande cuando esté en uso. Por lo que se realiza un diseño modular de modo que se pueda extender cuando necesite ser usado o retraerse en caso contrario.

8.1.3. Medidas antropomórficas del operario.

Para el diseño del sistema de transporte se consideró el factor humano, que conlleva las diferentes posturas que toma el operario al utilizar el mismo, de manera que la postura no

influya de manera negativa en su salud mientras ocupa el dispositivo, como se indica en la figura 11.

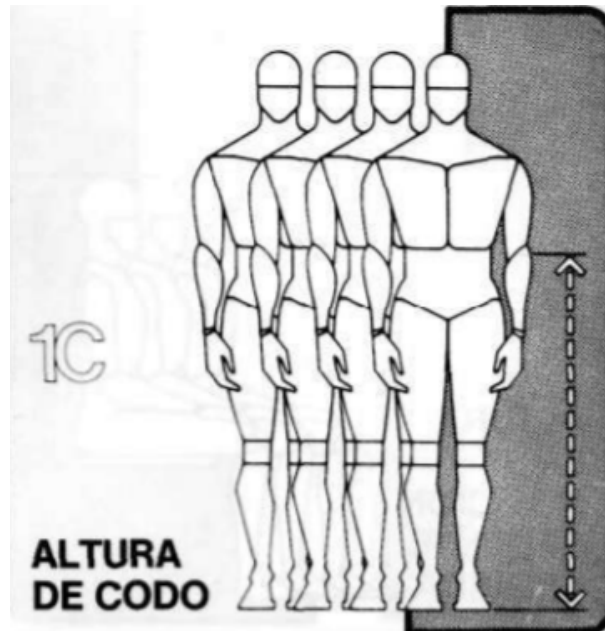


Figura 11: Medidas antropométricas.

Fuente: Julius Panero (1996).

En la norma INEN 1646 hace referencia a las diferentes posturas antropométricas con sus respectivas medidas referenciales, dentro de ellas se considera la distancia entre la superficie (piso) y el codo del operario, cuya medida se encuentra entre 950 mm a 1100 mm (INEN, 2015), tomando en cuenta que dicha distancia se requiere para el diseño del mango del sistema de transporte de carga.

8.1.4. Cantidades de materia prima a transportar.

Otro factor que es necesario tomar en cuenta, es la cantidad de láminas que son transportadas de una estación de manufactura a otra, puesto que está directamente ligado al peso máximo que soporta el sistema. Se muestra en la tabla 18 cada uno de los datos mencionados.

Tabla 18: Cantidades de láminas de metal.

LAMINA	ESPESOR (mm)	PESO (kg)	CANTIDADES MÁXIMAS	CARGA MÁXIMA (kg)
GALVANIZADA	0.9	21.03	15	319.5
	1.4	32.72	10	327.2
	1.9	44.40	6	266.4
CORRUGADA	2	53.70	6	322,2
NEGRA	1	23.37	15	350.25
	2	46.74	6	280.44
	3	70.11	5	350.55
	4	93.48	4	373.92
	5	116.85	3	350.55

Fuente: Autores.

8.2. Propuesta del diseño del sistema de transporte de carga.

8.2.1. Bocetos planteados.

Se plantea diferentes bocetos con el fin de seleccionar el mejor mecanismo que permita satisfacer una necesidad específica. Considerando que el sistema o producto final sea funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, y que pueda fabricarse y comercializarse. Para cada uno de dichos bocetos se realiza una ponderación como se muestra en la tabla 19, en la cual se considera diferentes parámetros y criterios con el fin de optar por el diseño que mejor características obtenga.

- **Boceto del sistema de transporte con mecanismo de elevación por columnas.**

En la figura 12, se presenta un mecanismo de elevación por medio de dos columnas, el cual posee dos soportes que pueden recorrer transversalmente, de manera que se puede abrir en forma de V y apoyar sobre las mismas las láminas metálicas. El mecanismo de regulación de altura se realiza de manera hidráulica a través de un actuador lineal.

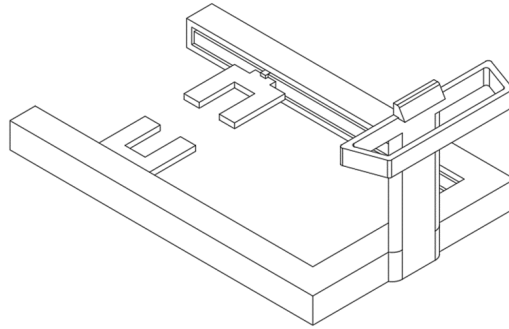


Figura 12: Boceto con mecanismo de elevación por medio de columnas.

Fuente: Autores.

■ **Boceto del sistema de transporte con mecanismo de elevación por tijeras.**

La figura 13, presenta un sistema con un mecanismo de elevación por medio de tijera, la mesa de trabajo donde se asienta las láminas metálicas está dividida en dos, donde la parte posterior tiene un actuador lineal que permite que tome un ángulo de inclinación para que las láminas puedan resbalarse. Cabe mencionar que tiene a los lados seguros que permiten que las láminas se encuentren centradas.

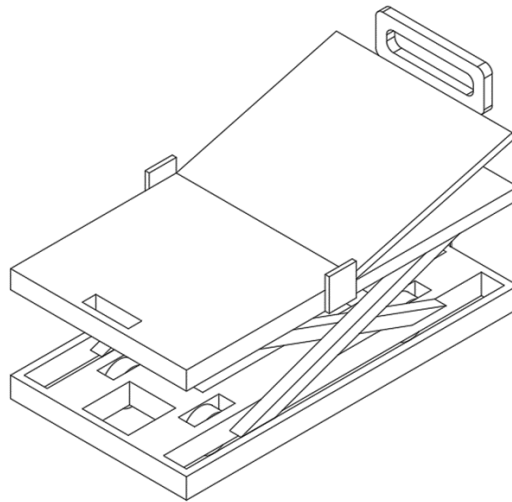


Figura 13: Boceto con mecanismo de elevación por tijeras.

Fuente: Autores.

■ **Boceto del sistema de transporte con mecanismo de elevación por medio de**

cremallera.

Como se puede apreciar en la figura 14, se presenta un sistema con un mecanismo de elevación por medio cremallera, la mesa de trabajo donde se asienta las láminas metálicas tiene un imán que permite que las láminas una vez colocadas sobre la mesa se adhieren a esta.

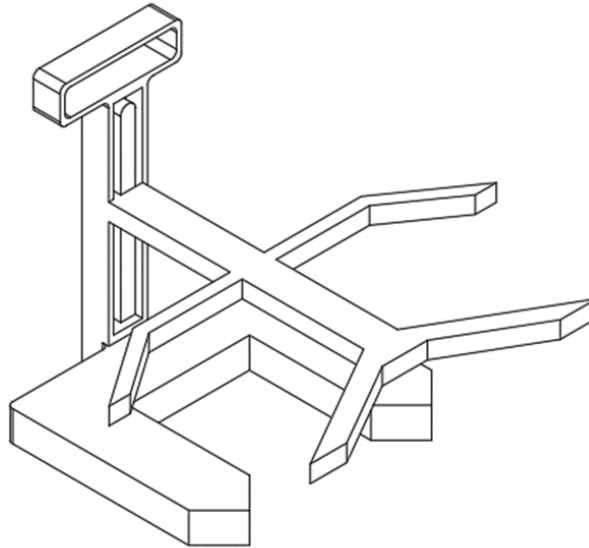


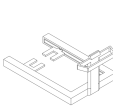
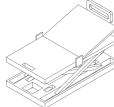
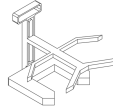
Figura 14: Boceto con mecanismo de elevación por cremallera.

Fuente: Autores.

8.2.2. Tabla de ponderación.

A través de la tabla 19 de ponderación, se puede determinar qué parámetros o criterios se destacan de cada una de las propuestas planteadas anteriormente, es por ello que se opta por esta herramienta la cual permite realizar la selección adecuada entre los diseños propuestos. Para la utilización de la tabla de priorización se considera que 3 es la valoración más baja, 2 como valoración media y 1 como valoración alta.

Tabla 19: Tabla de ponderación.

Parámetros	Ponderación	Alternativas de diseño		
				
		Diseño 1	Diseño 2	Diseño 3
Funcionalidad	0.6	0	1	1
Resistencia / Esfuerzo	0.7	1	1	0
Distorsión / Deflexión / Rigidez	0.5	1	1	0
Desgaste	0.5	1	1	1
Seguridad	0.8	-1	1	-1
Confiabilidad	0.7	0	1	0
Facilidad de Manufactura	0.8	1	1	1
Costo	1	1	0	1
Peso	0.8	0	0	1
Ergonomía	1.1	1	1	1
Tamaño	0.5	1	1	1
Control	0.8	1	1	1
Mantenimiento	0.7	1	1	1
Capacidad de reciclado / recuperación de recursos	0.5	1	1	1
		0	0.6	0.6
		0.7	0.7	0
		0.5	0.5	0
		0.5	0.5	0.5
		-0.8	0.8	-0.8
		0	0.7	0
		0.8	0.8	0.8
		1	0	1
		0	0	0.8
		1.1	1.1	1.1
		0.5	0.5	0.5
		0.8	0.8	0.8
		0.7	0.7	0.7
		0.5	0.5	0.5
Suma ponderada		6.3	8.2	6.5
Valoración final		3	1	2

Fuente: Autores.

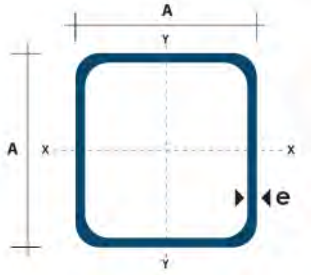
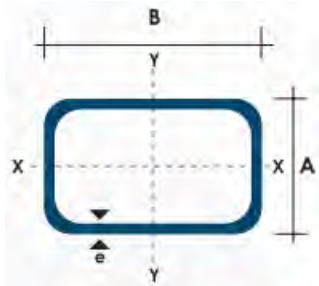
En base a los resultados obtenidos se determina que el mecanismo de elevación por tijera es el más pertinente para la necesidad planteada, puesto que, este se destaca frente a los otros

diseños propuestos permitiendo un mejor transporte de la materia prima entre estaciones de manufactura.

8.2.3. Materiales del sistema mecánico.

Este apartado comprende los materiales seleccionados y utilizados en la estructura, con el objetivo de generar un mecanismo resistente a los esfuerzos a cuales va estar sometido durante su funcionamiento. Con estas consideraciones, el sistema utiliza los siguientes materiales mostrado en la tabla 20.

Tabla 20: Tabla de selección de materiales.

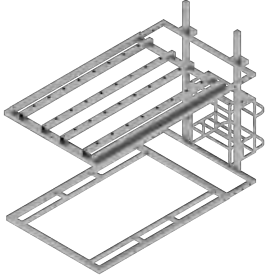






Material	Características	Aplicación	Gráfico
Tubo estructural cuadrado y rectangular galvanizado (Anexo 1 y 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Acero al carbono apto para ser soldado • Norma INEN 2415 • Calidad SAE J 403 1008 • Acabado en acero negro galvanizado • Límite a la fluencia mínima: 270 MPa • Resistencia a la tracción mínima: 310 MPa • Elongación mínima en 50 mm: 25 % 	Montaje de estructuras	 


Platina Estructural (Anexo 3)	<ul style="list-style-type: none"> • Acero laminado en caliente con un tratamiento de recocido • Norma INEN 2215 • Calidad SAE J 403 1008 • Límite a la fluencia mínima: 185 MPa • Resistencia a la tracción mínima: 300 MPa • Elongación mínima en 50 mm: 18 % 	Rieles Tijeras Soportes	
Eje de transmisión (Anexo 4)	<ul style="list-style-type: none"> • Acero de cementación no aleado • Norma AISI 1080 • Resistencia Mecánica: 410-520 N/mm² • Punto de fluencia: 235 (N/mm²) • Elongación Min: 20 % • Dureza Rockwell B: 143 	Piezas exigidas al desgaste	
Eje Bronce SAE 64	<ul style="list-style-type: none"> • Aleación de Bronce Plomo con excelentes características antifricción • Dureza Brinell: 55-70 • Resistencia a la tensión 172 MPa • Punto de fluencia: 83 MPa • Elongación: 8 % 	Partes y piezas sometidas a usos severos. Bujes para alta velocidades y fuertes presiones	

Fuente: Autores.

En base a los materiales seleccionados cada uno cumple un rol fundamental dentro del sistema de transporte de carga, por lo que, a continuación, en la tabla 21 se indica los materiales asignados a cada componente del diseño propuesto.

Tabla 21: Tabla de elementos.

Material	Denominación	Parte
Tubos estructurales cuadrados y rectangulares	Estructura	
Platinas Estructurales	Tijeras	
Platinas Estructurales	Rieles de llantas	
Platinas Estructurales	Soporte para tijeras	
Platinas Estructurales	Soporte para motor	
Platinas Estructurales	Seguro de batería	
Eje de transmisión	Eje de unión	

Eje de transmisión	Ruedas	
Eje de bronce SAE 64	Bujes	

Fuente: Autores.

8.2.4. Selección de rodillos.

Para garantizar la fácil manipulación de la materia prima, en términos de carga y descarga, se considera utilizar rodillos en los laterales y en el centro de la mesa de transporte de láminas.

■ Rodillos de bolas.

Los rodillos que se indican en la figura 15, se ubica en la parte superior de la mesa donde van asentados las láminas metálicas. El sistema utilizado es colocado en diferentes posiciones, esto debido al espacio físico, lo cual garantiza que la lámina se pueda deslizar en todos los sentidos para poder efectuar la carga o descarga de la materia prima.

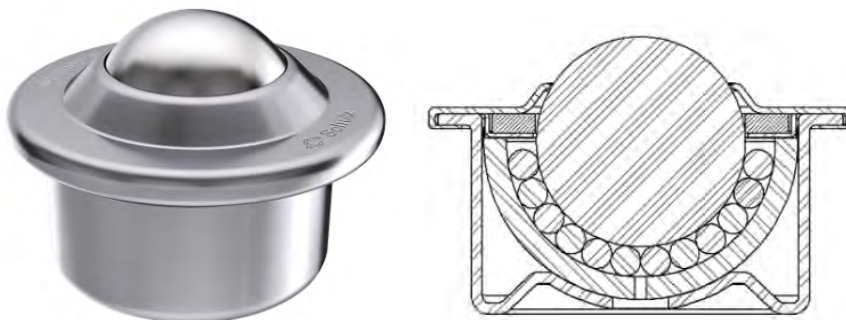


Figura 15: Rodillo de bolas.

Fuente: KAISER + KRAFT.

En la ecuación 1, se muestra como determinar la carga dinámica máxima de un rodillo de bola.

$$Carga_{max} = \frac{Peso_{producto}}{3} \quad (1)$$

Una vez determinada la carga que soportara el mismo, se obtiene el rodillo de bolas con las siguientes características mostradas en la tabla 22.

Tabla 22: Características del rodillo de bolas.(Anexo 5)

Parámetro	Valor
<i>Diámetro de la bola (mm)</i>	22
<i>Carga útil (kg)</i>	150
<i>Material de la bola</i>	acero (100Cr6)
<i>Altura total (mm)</i>	30.5
<i>Diámetro de la carcasa (mm)</i>	36
<i>Velocidad máx. (m/s)</i>	2
<i>Diámetro del borde (mm)</i>	45
<i>Altura de montaje (mm)</i>	10
<i>Peso (kg)</i>	0.13

Fuente: KAISER+KRAFT.

- **Rodillos metálicos.**

Los rodillos metálicos utilizados y dependiendo del material a transportar, pueden tener una funda de goma para amortiguar el impacto, como se muestra en la figura 16. Este tipo de rodillos se utilizan principalmente en áreas de carga y otros lugares susceptibles a golpes o vibraciones (Anexo 6).

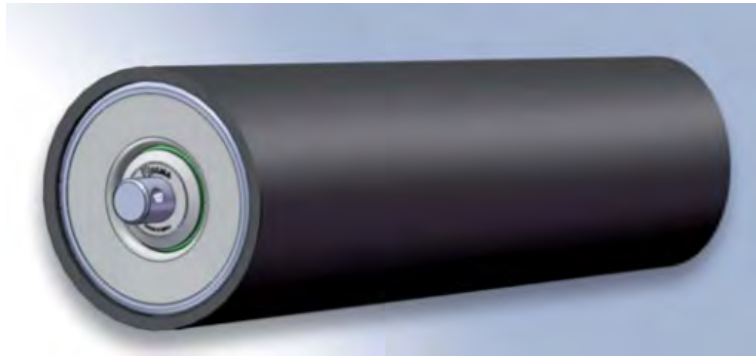


Figura 16: Rodillo metálico recubierto.

Fuente: ULMA CONVEYOR.

Como se mencionó anteriormente, los rodillos son fundamentales para facilitar la carga y descarga de la materia prima (láminas de metal) en un solo sentido, sin embargo, es fundamental que exista un enlace entre el sistema de transporte y los estantes o diferente maquinaria. Por esta razón se opta por colocar en los laterales rodillos metálicos ya que son utilizados para mantener a las láminas de metal dentro del área determinada o requerida, figura 17.

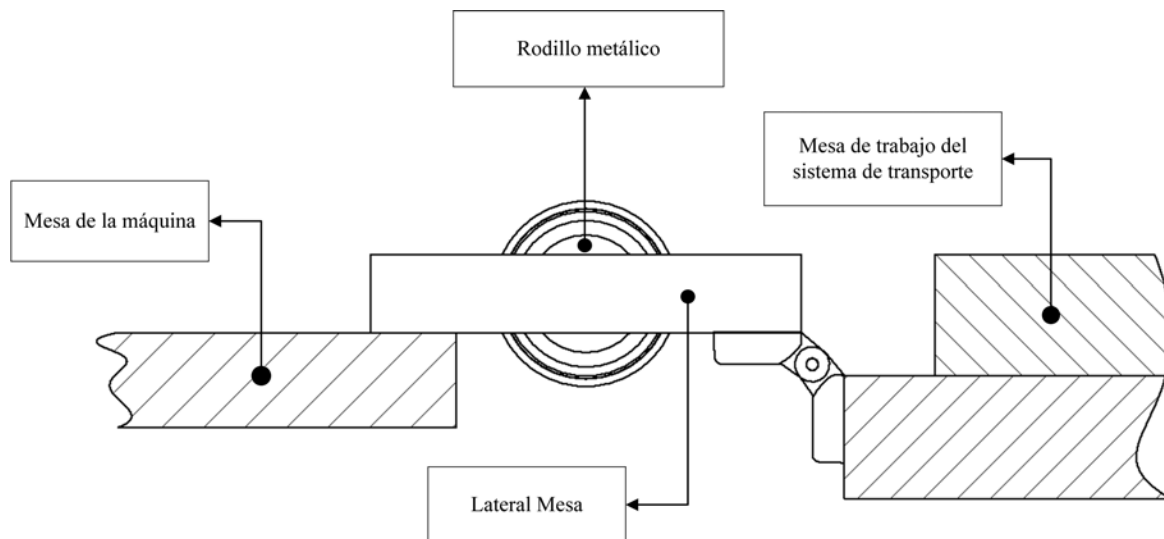


Figura 17: Conexión entre mesa de la máquina y mesa del sistema de carga.

Fuente: Autores.

8.2.5. Dimensionamiento del sistema mecánico.

Para el diseño propuesto se debe considerar los parámetros dimensionales y geométricos de las láminas de metal que se va a transportar de una estación de manufactura a otra, es por ello que la mesa de trabajo debe ser de 1220 mm x 2440 mm, de la misma forma el sistema propuesto debe alcanzar una altura máxima 1500 mm y una altura mínima de 600 mm (Anexo 7). De esta forma, se obtiene un sistema como se muestra en la figura 18, esta representa una vista superior del sistema cuando no está uso, mientras que en la figura 19 es la representación de la vista lateral donde se indica la altura y longitud máxima que alcanza el sistema. Un aspecto que se destaca, son las medidas antropomórficas estándar para el dimensionamiento del mango del sistema.

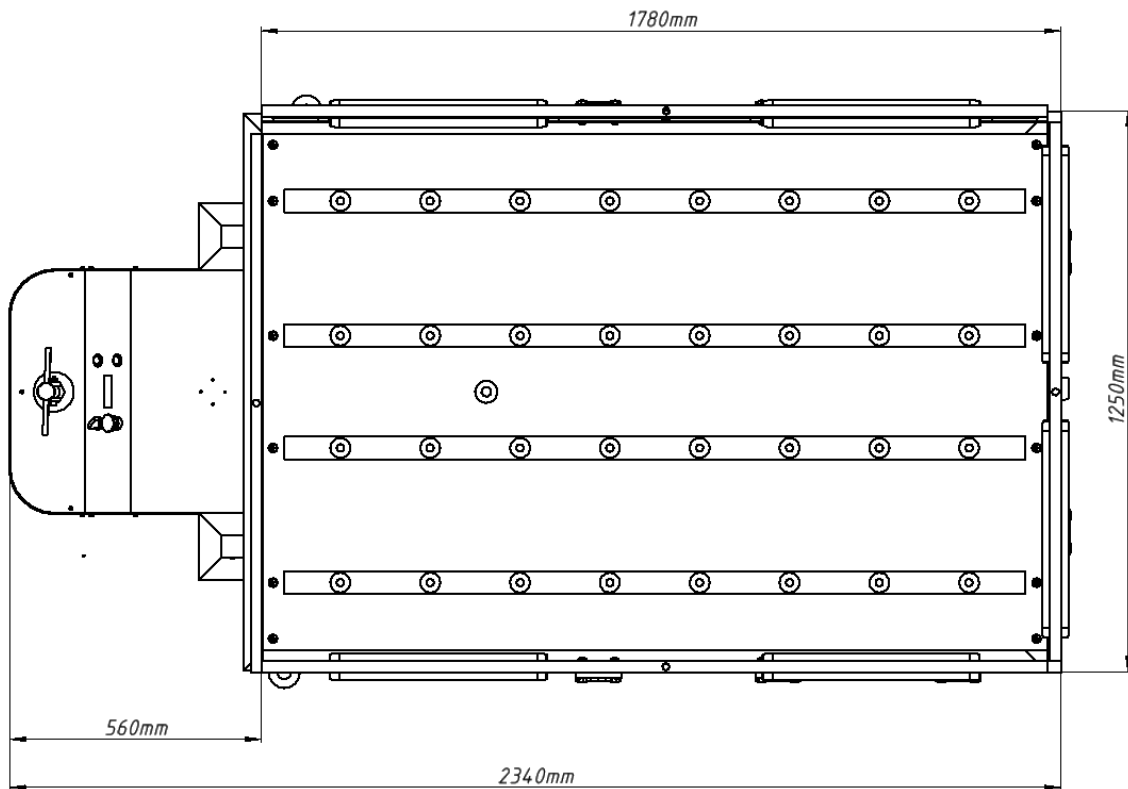


Figura 18: Vista del sistema de transporte de carga en reposo.

Fuente: Autores.

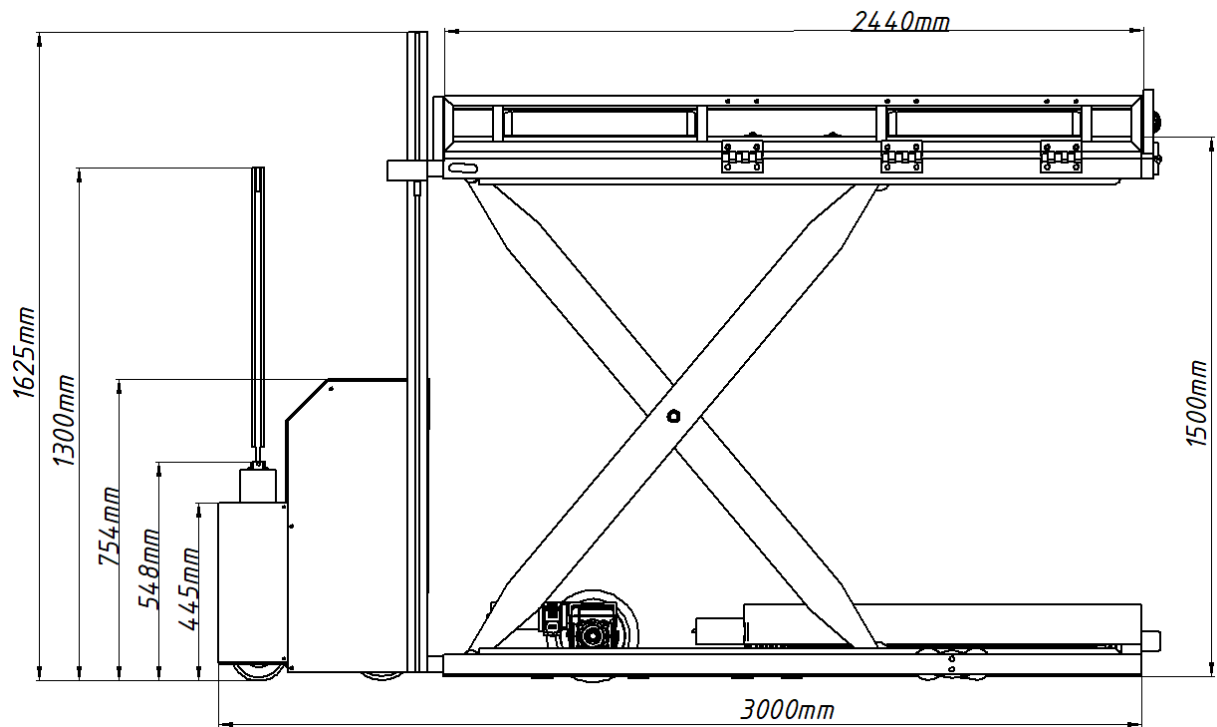


Figura 19: Vista lateral del sistema de transporte de carga en sus dimensiones máximas.

Fuente: Autores.

La tabla 23, muestra la variación de las dimensiones del sistema de elevación, tomando en cuenta el ángulo de elevación, esto permite obtener las diferentes dimensiones como la altura de la estructura desde la superficie, altura de elevación de las tijeras y la distancia entre las tijeras considerando que la longitud de las tijeras (L), es igual a 1580 mm.

Tabla 23: Variación de las dimensiones del sistema de elevación.

Ángulo de elevación (α)[°]	Distancia horizontal entre tijeras. (b)[mm]	Altura de elevación de las tijeras (H1)[mm]	Altura de la estructura desde la superficie. (H)[mm]
10.9	1,551.49477	298.7708	448.7707999
16.6	1,514.14967	451.38762	601.3876205
22.9	1,455.47294	614.815841	764.8158412
28.6	1,387.2131	756.333136	906.3331355
34.3	1,305.23531	890.371157	1,040.371157
41.9	1,176.01224	1,055.17544	1,205.175438
46.6	1,085.59827	1,147.98798	1,297.98798
51.9	974.916683	1,243.35733	1,393.357335
54.3	921.995114	1,283.09197	1,433.091972
58.7	820.840197	1,350.04495	1,500.044952

Fuente: Autores.

Como se puede observar en la figura 20, se representa las denominaciones que posee el sistema de transporte.

En donde:

- α = Ángulo de elevación
- L = Longitud de las tijeras
- b = Distancia entre las tijeras
- H = Altura de la estructura desde la superficie
- H1 = Altura de elevación únicamente de las tijeras

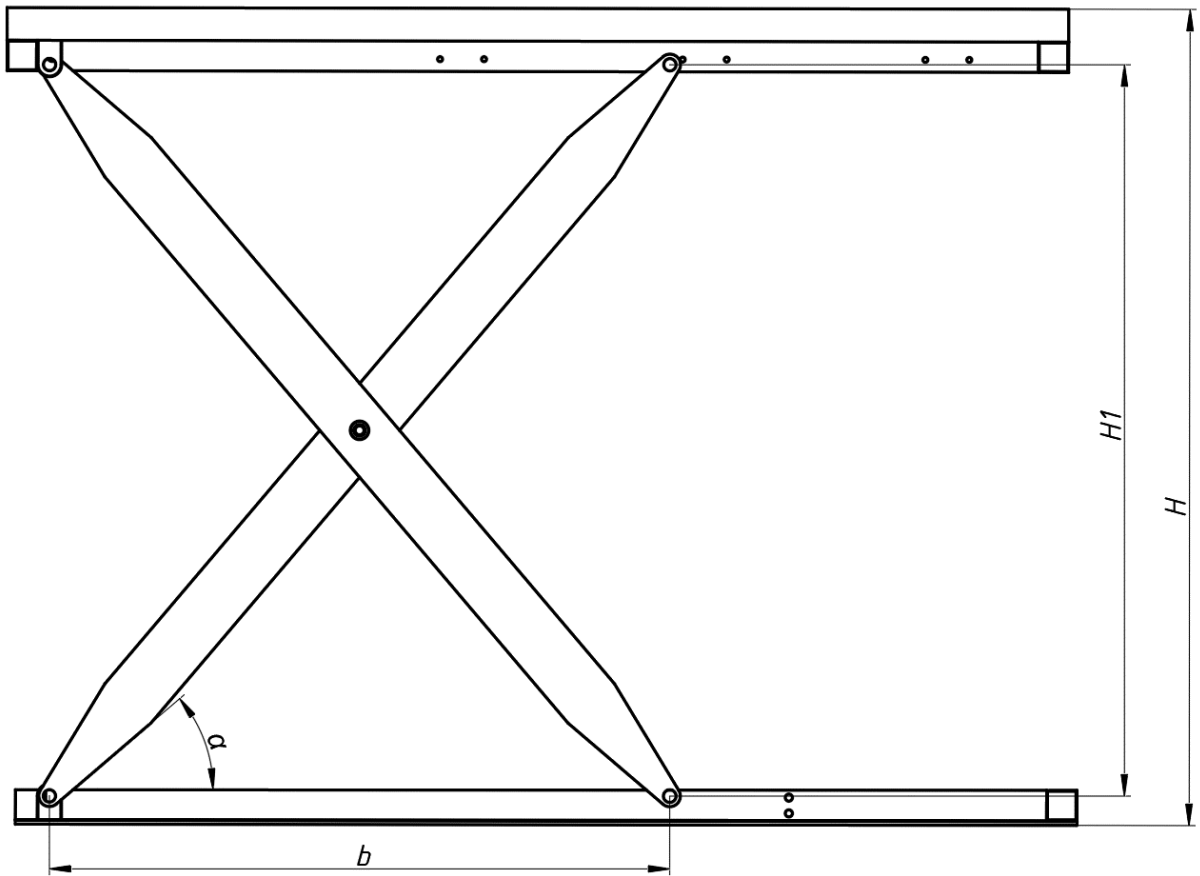


Figura 20: Gráfico referencial de la Tabla 23.

Fuente: Autores.

8.2.6. Cálculo de esfuerzos de las partes críticas del sistema mecánico.

El esfuerzo de aplastamiento se produce cuando un objeto es apoyado por otro, es la tensión de compresión que se genera entre dos objetos en contacto con la superficie, por lo cual en el sistema de transporte de carga posee los esfuerzos de aplastamiento más críticos en los soportes y bujes del sistema, (Budynas y colaboradores, 2019).

- Esfuerzo de aplastamiento del tornillo en los soportes inferiores y superiores.

En la figura 21 observamos el área transversal del tornillo, donde:

$\sigma =$ Esfuerzo de aplastamiento (Pa)

$F =$ Fuerza (N)

$A =$ Área transversal del tornillo (m^2)

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

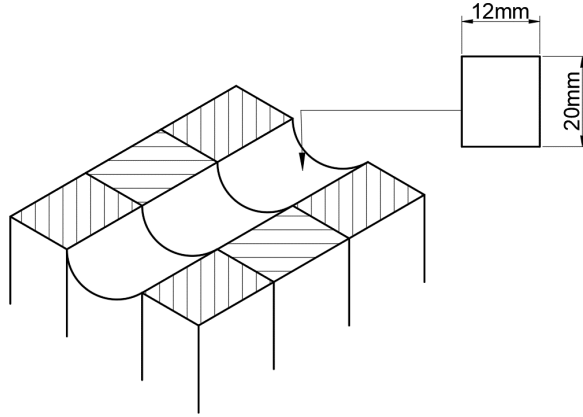


Figura 21: Área transversal del torillo.

Fuente: Autores.

$$\sigma = \frac{2450N}{0,020m \cdot 0,012m}$$

$$\sigma = 10,208MPa$$

- Esfuerzo de aplastamiento del tornillo en los bujes ubicados en las tijeras del sistema que se indica en la figura 22.

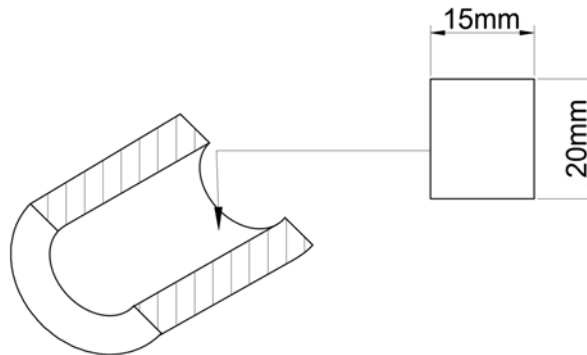


Figura 22: Área transversal del buje.

Fuente: Autores.

$$\sigma = \frac{490N}{0,020m \cdot 0,015m}$$

$$\sigma = 16,333MPa$$

El esfuerzo cortante se define como la relación entre la fuerza y el área donde se produce el deslizamiento. Se produce por fuerzas que actúan paralelas al plano contra ellas, se las conoce también como el esfuerzo tangencial o de cizallamiento (Beer, 2013).

- Cortante del tornillo en los soportes inferiores y superiores que se muestra en la figura 23.

$$\tau = \text{Esfuerzo cortante (Pa)}$$

$$F = \text{Fuerza (N)}$$

$$A = \text{Área transversal del tornillo (m}^2\text{)}$$

$$\tau = \frac{F}{4 \cdot A} \tag{3}$$

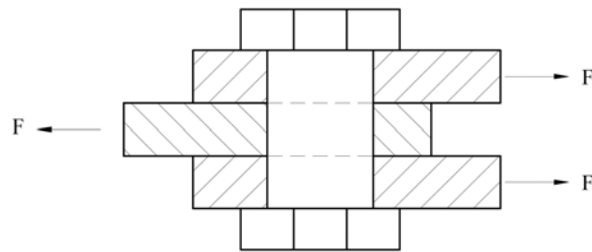


Figura 23: Diagrama de cuerpo libre de esfuerzo cortante del tornillo.

Fuente: Autores.

$$\tau = \frac{2450N}{4 \cdot \pi \cdot (0,020)^2}$$

$$\tau = 48741201,32189Pa$$

- Cortante del tornillo en los bujes ubicados en las tijeras del sistema que se muestra en la figura 24.

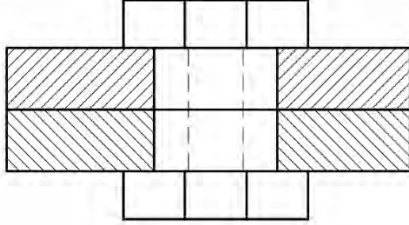


Figura 24: Área en contacto del buje.

Fuente: Autores.

$$\tau = \frac{4900N}{4 \cdot \pi \cdot (0,0020)^2}$$

$$\tau = 97482402,64378Pa$$

Los diferentes esfuerzos generados en el tornillo y en el buje en las condiciones críticas no llegan a superar los esfuerzos admisibles del material empleado, por lo que tanto el tornillo como el buje no sufrirá una deformación crítica durante el proceso de carga y descarga del sistema de transporte de carga.

8.2.7. Resultado del modelamiento del sistema de transporte de carga.

En este apartado se analiza por medio elementos finitos el sistema de transporte de carga al momento de estar sometido a cargas máximas; para lo cual mediante el software ANSYS se va a determinar el comportamiento de la maquina desde el punto de vista de los esfuerzos y deformación con el fin de garantizar condiciones óptimas y seguras del funcionamiento en puntos crítico del sistema, tales como tijeras, soportes superiores y soportes inferiores.

En la figura 25 se muestra el modelo que se va a utilizar para la simulación.

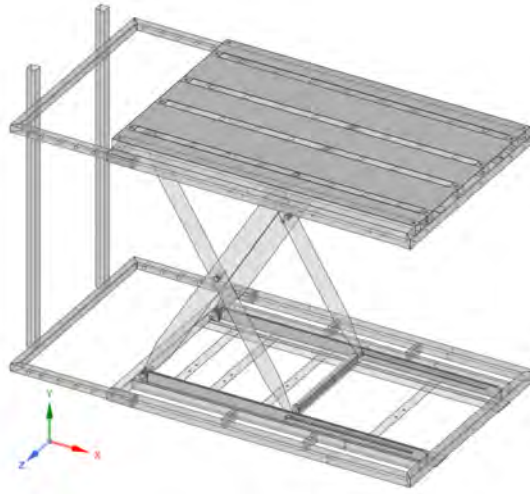


Figura 25: Modelado del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

Para validar los resultados es necesario constatar si el planteamiento matemático converge. La calidad del mallado obtenido por medio del software de simulación es de 82,226 % que se muestra en la figura 26. Este valor se puede validar por medio de diferentes métricas, una de ellas es la relación del Jacobiano que indica la calidad de la malla, mientras este número tenga un valor de 1 significa que la malla es la adecuada, por el contrario, al tener valores negativos o mayores la malla es ineficiente, en la simulación efectuada se tiene un valor de 1.05, como se muestra en la figura 27.

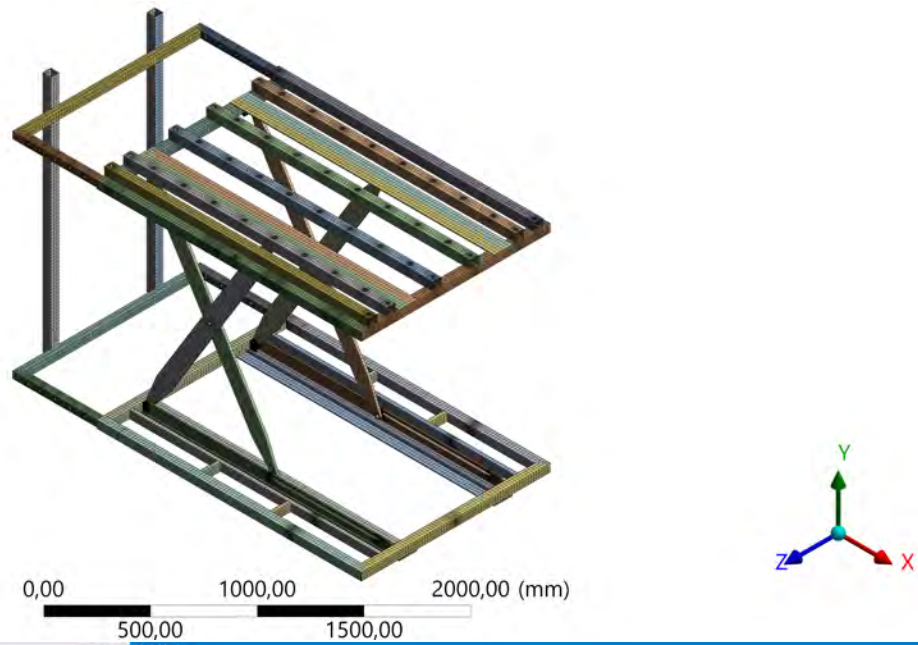


Figura 26: Resultados de la calidad de malla, obtenido del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

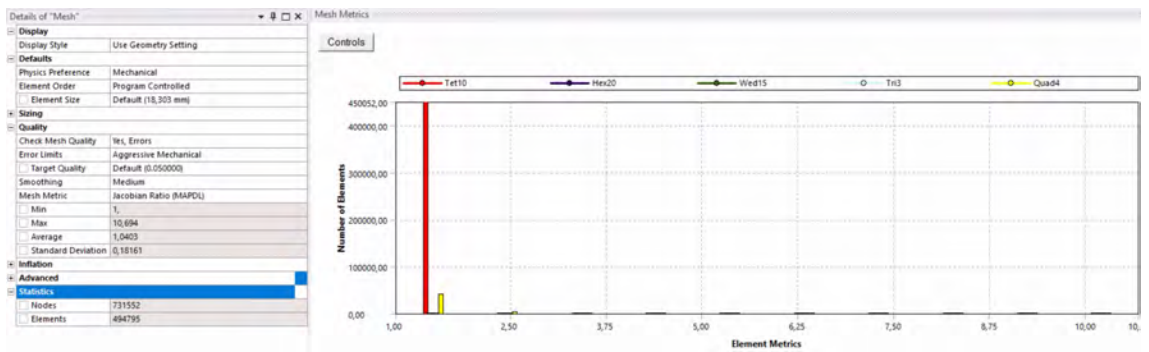


Figura 27: Resultados de la métrica Jacobiano, obtenido del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

La deformación total del sistema modelado al estar sometido a los esfuerzos aplicados, como se muestra en la figura 28, el valor obtenido es de 3.1076 mm, el cual se considera como un valor admisible. El sistema analizado soporta los esfuerzos al cual se encuentra sometido.

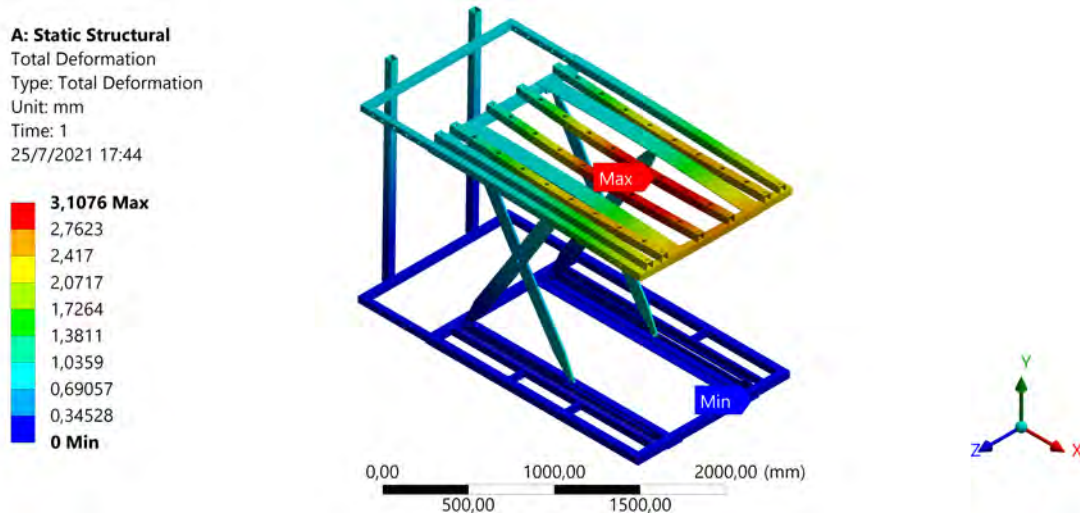


Figura 28: Deformación total obtenida del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

Otro aspecto importante es la resistencia que tiene el elemento al estar sometido a la carga máxima que en este caso es de 4900 N que equivale a 500 Kg, se aplica el criterio de Von Mises, en el cual se tiene como resultado un valor máximo de 1136.7 MPa, como se muestra en la figura 29, pero al analizar dicha figura se puede identificar que el punto en donde se encuentra el esfuerzo máximo es muy específico si se compara con puntos aledaños al mismo, por lo que se concluye que es un nodo anómalo generado durante el proceso de mallado, con esta consideración y al realizar la comparación con el valor de la material en este caso acero estructural, el mismo posee una resistencia mayor a la obtenida, el cual se dice que el material resiste al esfuerzo al cual se encuentra sometido.

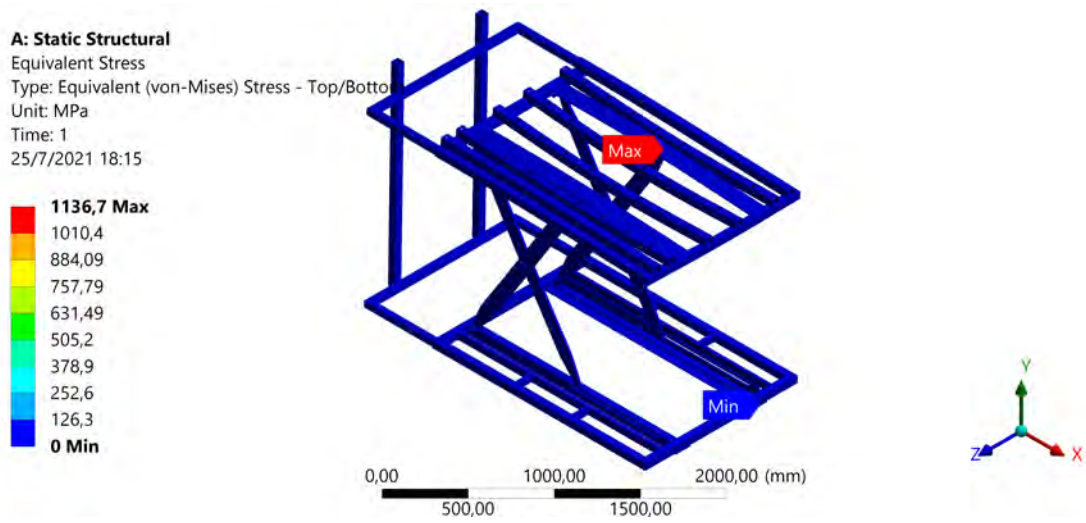


Figura 29: Esfuerzo de Von Mises obtenido del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

El factor de seguridad obtenido del sistema con respecto a la carga bajo la cual se encuentra sometido, se indica en la figura 30, se debe considerar que en el nodo anómalo mencionado anteriormente se obtiene un valor mínimo de 0.21994, mientras que en el resto de la maquina posee un valor de 15, concluyendo que el sistema diseñado puede soportar 15 veces la carga aplicada.

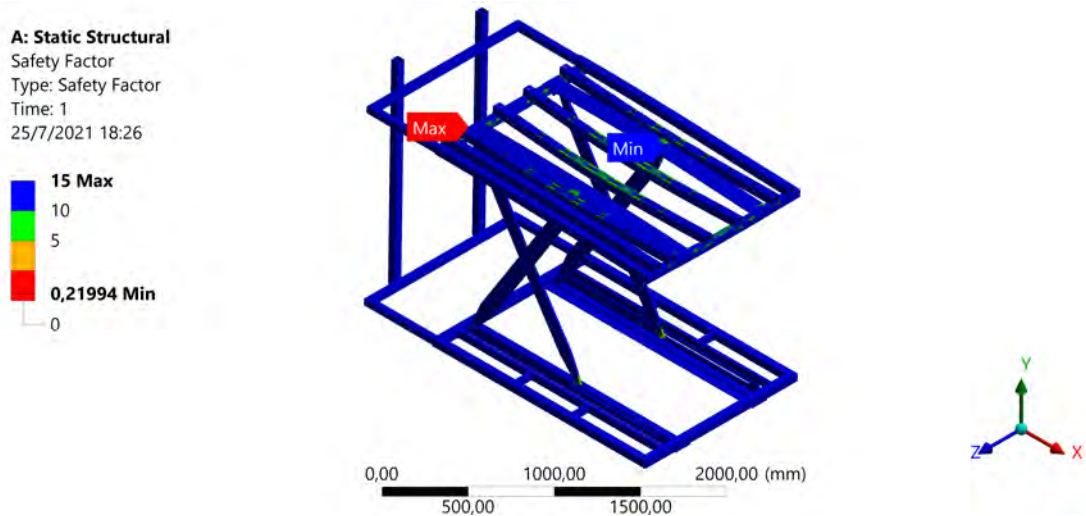


Figura 30: Factor de seguridad obtenido del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

El factor de seguridad a fatiga obtenido del sistema con respecto al esfuerzo que se

encuentra sometido constantemente, como se muestra en la figura 31, indica si la estructura fallará debido a cargas cíclicas. El valor mínimo obtenido es de 0.075834 (nodo anómalo) y en su mayor parte un valor de 15, concluyendo que el sistema diseñado puede soportar 15 veces cargas cíclicas y la estructura diseñada no tendrá fallas.

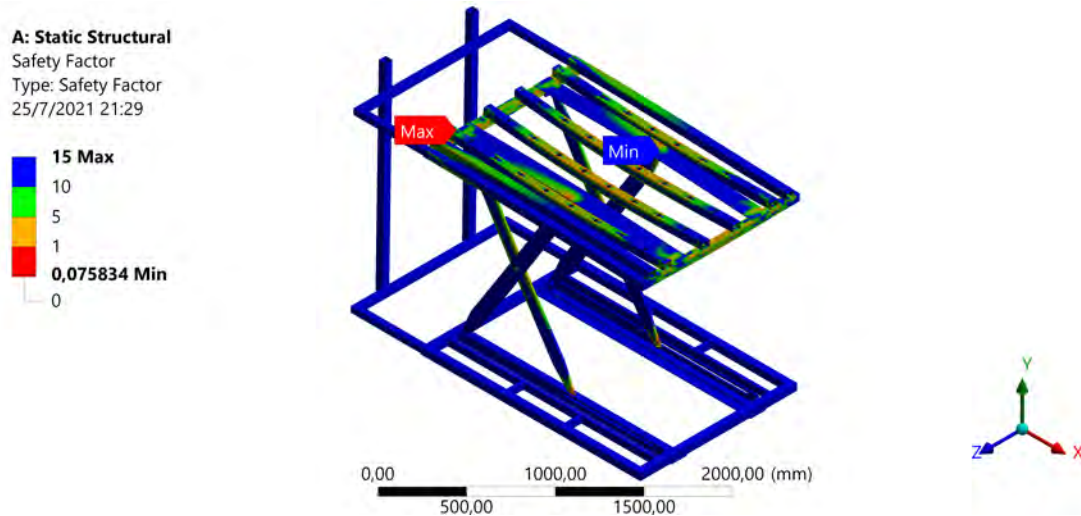
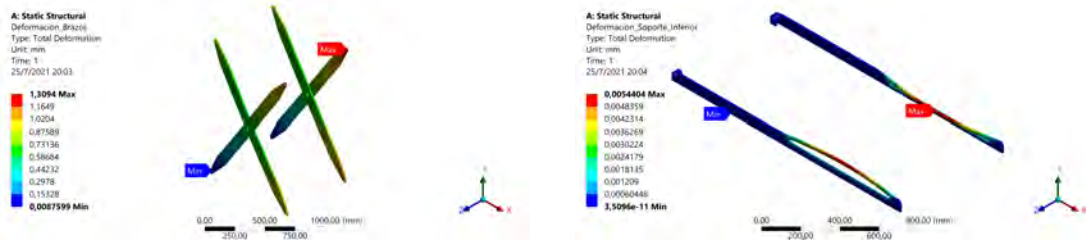


Figura 31: Factor de seguridad a fatiga obtenido del sistema de transporte de carga.

Fuente: Autores.

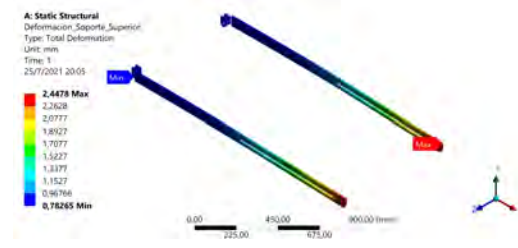
Se realiza el análisis de esfuerzos de las partes más críticas del sistema de transporte de carga, tales como las tijeras, y los soportes inferiores y superiores del mismo.

La deformación total para los elementos más críticos del sistema al estar sometido a los esfuerzos aplicados como se muestra en la figura 32, se considera los siguientes: las tijeras con un valor obtenido de 1.3094 mm, indicado en la figura 32a, los soportes inferiores con un valor obtenido de 0.0054404 mm como se indica en la figura 32b, y los soportes superiores con un valor obtenido de 2.4478 mm, mostrado en la figura 32c, el cual se considera como valores admisibles, es decir, los elementos críticos analizados soportan los esfuerzos al cual se encuentran sometidos.



(a) Deformación de las tijeras.

(b) Deformación soporte inferior.

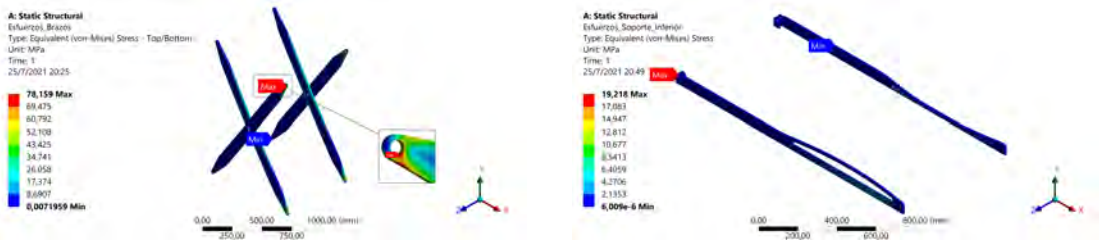


(c) Deformación soporte superior.

Figura 32: Deformaciones obtenidas de los elementos más críticos del sistema de transporte de carga.

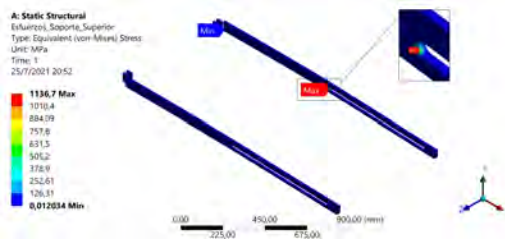
Fuente: Autores.

Se aplica el criterio de Von Mises en los elementos más críticos del sistema al estar sometido a la carga máxima como se muestra en la figura 33, en el cual se tiene como resultado un valor máximo en las tijeras de 78.159 MPa, indicado en la figura 33a, los soportes inferiores con un valor obtenido de 19.218 MPa, expuesto en la figura 33b, y los soportes superiores con un valor obtenido de 1136.7 MPa, mostrado en la figura 33c. Al analizar dicha figura se puede identificar que el punto en donde se encuentran el esfuerzo máximo es muy específico, si se compara con puntos aledaños al mismo, por lo que se concluye que es un nodo anómalo generado durante el proceso de mallado, con esta consideración y al realizar la comparación con el esfuerzo de fluencia del material, en este caso acero estructural, el mismo posee una resistencia mayor a la obtenida, de modo que el material resiste al esfuerzo al cual se encuentra sometido.



(a) Esfuerzo de Von Mises en tijeras.

(b) Esfuerzo de Von Mises en el soporte inferior.



(c) Esfuerzo de Von Mises en el soporte superior.

Figura 33: Esfuerzo de Von Mises obtenido de los elementos más críticos del sistema de trasporte de carga.

Fuente: Autores.

8.2.8. Selección y dimensión del motor.

El motor es una de las partes principales del sistema de trasporte de carga, debido a que es el encargado de efectuar los movimientos principales tanto para el ascenso y descenso de la mesa de trabajo, además del movimiento del sistema de una estación de trabajo a otra.

Teniendo en cuenta el contexto anterior, se procedió a efectuar los cálculos que se describen en este apartado, con el objetivo de obtener y garantizar que el motor que se seleccionado pueda brindar dichas características. Es por ello que se realiza el cálculo en función de la carga máxima y la posición más crítica del sistema.

En función del diagrama de cuerpo libre del sistema de carga mostrado en la figura 34, se realiza una sumatoria de momentos en B, como se indica en la ecuación 4, y a su vez se obtiene el valor de b mediante trigonometría.

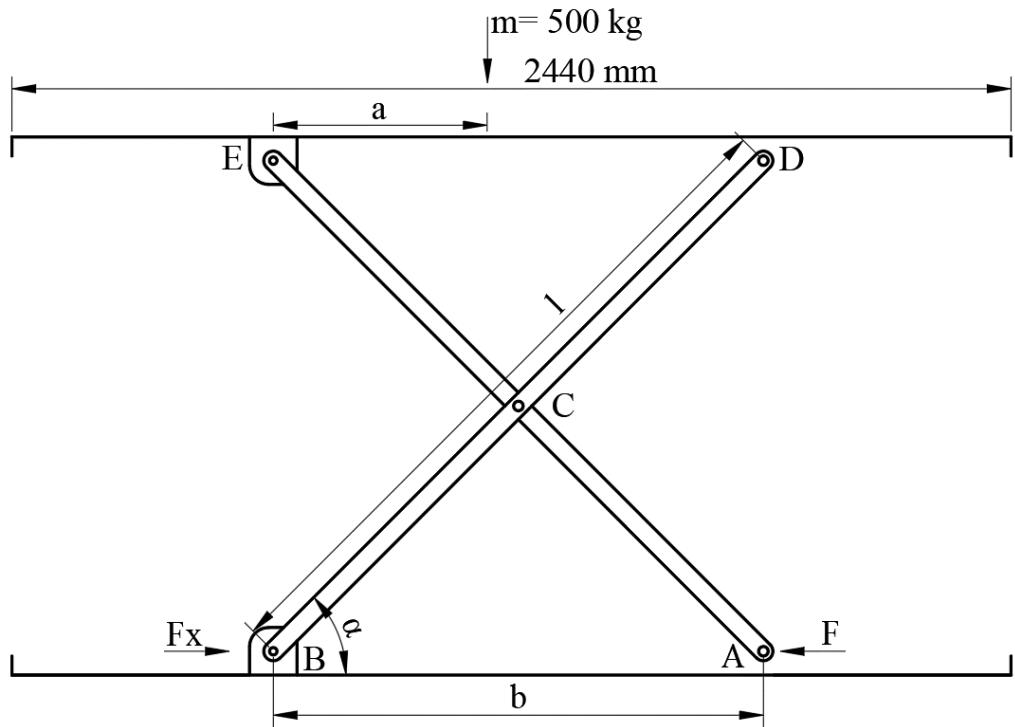


Figura 34: Diagrama de cuerpo libre del sistema de carga.

Fuente: Autores.

$$\sum M_B = 0 \quad (4)$$

$$-Mg \cdot a + N \cdot b = 0$$

$$-Mg \cdot a + N \cdot L \cos \alpha = 0$$

$$-(500)(9,81)(410,457) + N \cdot (820,913) = 0$$

$$N = \frac{(500)(9,81)(410,457)}{(820,913)}$$

$$N = 2450N$$

Posteriormente, se realiza una sumatoria de fuerzas en Y, como se indica en la ecuación 5, de esta manera se obtiene:

$$\sum F_y = 0 \quad (5)$$

$$N - Mg + F_y = 0$$

$$F_y = Mg - N$$

$$F_y = (500)(9,81) - 2450$$

$$F_y = 2450N$$

De la misma forma, se realiza el diagrama de cuerpo libre de la plataforma que se muestra en la figura 35.

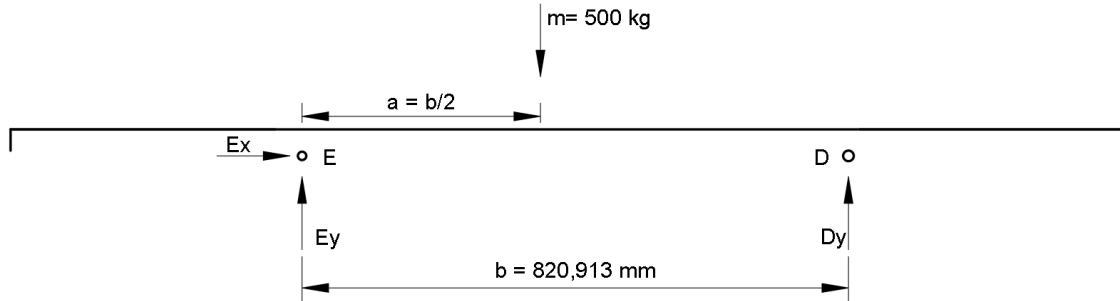


Figura 35: Diagrama de cuerpo libre de la plataforma.

Fuente: Autores.

Se realiza una sumatoria de momentos en el punto E, como se indica en la ecuación 6, obteniendo:

$$\sum M_E = 0 \quad (6)$$

$$-Mg \cdot a + D_y \cdot b = 0$$

$$-(9,81m/s^2)(500Kg)(410,457mm) + D_y \cdot b = 0$$

$$D_y = \frac{(500Kg)(410,456mm)(9,81m/s^2)}{820,913mm}$$

$$D_y = 2450N$$

Asimismo se realiza una sumatoria de fuerza en con respecto a Y, como se indica en la ecuación 7:

$$\sum F_Y = 0 \quad (7)$$

$$E_y - D_y + Mg = 0$$

$$E_y = Mg - D_y$$

$$E_y = (500Kg)(9,81m/s^2) - 2450N$$

$$E_y = 2450N \quad (8)$$

Finalmente, se realiza el diagrama de cuerpo libre de la barra EA, que se muestra en la figura 36.

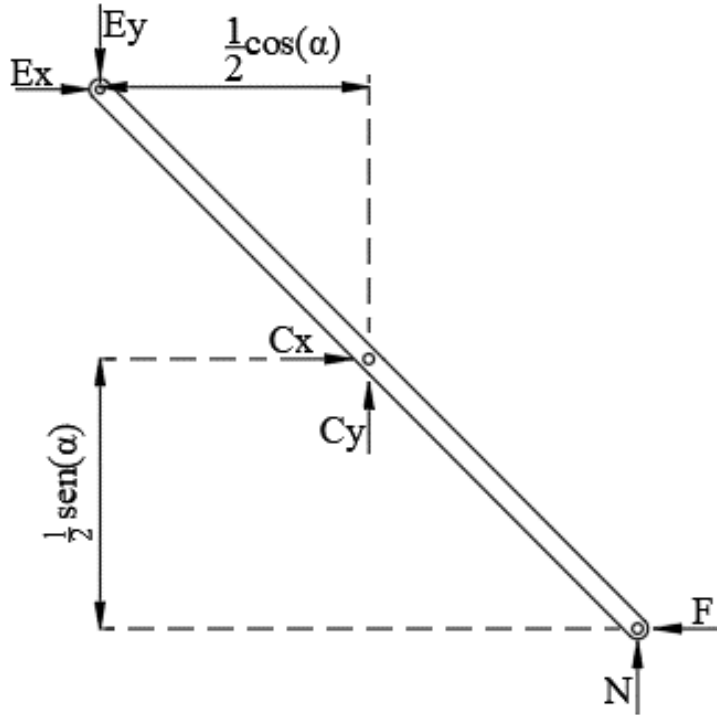


Figura 36: Diagrama de cuerpo libre de la barra EA.

Fuente: Autores.

Por medio del diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 36, se realiza sumatoria de momentos en C, indicado en la ecuación 9, se obtiene:

$$\sum M_C = 0 \quad (9)$$

$$E_y \cdot \frac{1}{2} \cos(\alpha) + N \cdot \frac{1}{2} \cos(\alpha) - F \cdot \frac{1}{2} \sin(\alpha) = 0$$

$$(2450N)(410,457mm) + (2450N)(410,4557mm) - F \cdot (675mm) = 0$$

$$F = \frac{2011239N \cdot mm}{675mm}$$

$$F = 2979,61N = 2,979kN$$

Todos los datos anteriormente calculados son necesarios puesto que son las situaciones más críticas del sistema, de esta forma se puede obtener el torque de subida indicada en la ecuación 10 y de bajada en la ecuación 11.

Donde:

- T_R = Par de torsión, medido en $N \cdot m$
- F = Fuerza aplicada, medido en N
- dm = Diametro medio, medido en m
- f = Coeficiente de fricción
- l = Avance
- T_L = Par torsión de bajada, medido en Nm

$$T_R = \frac{F \cdot dm}{2} \left(\frac{l + \pi f dm}{\pi \cdot dm - fl} \right) \quad (10)$$

$$T_L = \frac{F dm}{2} \left(\frac{\pi f dm - l}{\pi dm + fl} \right) \quad (11)$$

Para la aplicación de las ecuaciones 10 y 11 se utilizan los siguientes parámetros, mostrados en la tabla 24.

Tabla 24: Parámetro del tornillo de potencia.

Tornillo de Potencia		
Fuerza	F	2979,61 N
Diámetro Exterior	D	25 mm
Diámetro Medio	dm	23,25 mm
Paso	p	3,3
Avance	l	6.6
Coeficiente de fricción	f	0,09
Numero de entradas		2

Fuente: Autores.

Con estos parámetros se reemplaza en las ecuaciones 10 y 11, consiguiendo los siguientes resultados:

$$T_R = 6,31178N \cdot m$$

$$T_L = 0,000968N \cdot m$$

Como se puede observar, el torque necesario para dimensionar el motor debe ser de $6,31178N \cdot m$, de igual forma el torque de bajada da un valor de $0,0009678N \cdot m$, lo cual indica que es auto bloqueante, sin embargo, se debe garantizar que la eficiencia de este sistema sea considerable, es por ello mediante la ecuación 12 se determina este parámetro:

Donde:

- e = Eficiencia global al elevar la carga, medida en %
- T_R = Par de torsión, medido en $N \cdot m$
- F = Fuerza aplicada, medido en N
- l = Avance

$$e = \frac{F \cdot l}{2\pi T_R} \quad (12)$$

$$e = 0,4958 = 49,59\%$$

Los motores de corriente alterna (AC), pueden ser aplicables en el sistema de transporte de carga, sin embargo, se debe considerar que el sistema se traslada de una estación de manufactura a otra e implementar un sistema con un motor de corriente alterna conlleva la implementación de un inversor de giro, puesto que las fuentes de corriente alternan están conectadas a la red eléctrica. Otro aspecto que se tomó en cuenta son los pares que brinda un motor de corriente continua (DC), obteniendo buenos resultados, así mismo la velocidad que es un factor importante debido a que en la distribución de planta se encuentra un espacio limitado y que constantemente se encuentran operarios en las diferentes estaciones, operar a velocidades bajas permitirá un mejor control del sistema y a su vez reducirá accidentes.

La marca Transtecno dentro de su catálogo presenta motores de imanes permanentes que pueden ser de 12V o 24V con opción de freno, pares de arranque elevados y a su vez puede ser acoplados a un conjunto motorreductor sinfín de doble reducción DC, estos presentan las siguientes características, tabla 25.

Tabla 25: Datos del conjunto motoreductor.

ECMM 070/030/040	
<i>Potencia</i>	100 W
<i>Velocidad de entrada</i>	3000 RPM
<i>Velocidad de salida</i>	40 RPM
<i>Torque de salida</i>	15 Nm
<i>Factor de servicio</i>	5.5
<i>Ratio</i>	75
<i>Motor</i>	12E/24E

Fuente: Autores.

De la misma manera, un factor que se considera para la selección de este conjunto son las dimensiones que presentan en la figura 37.

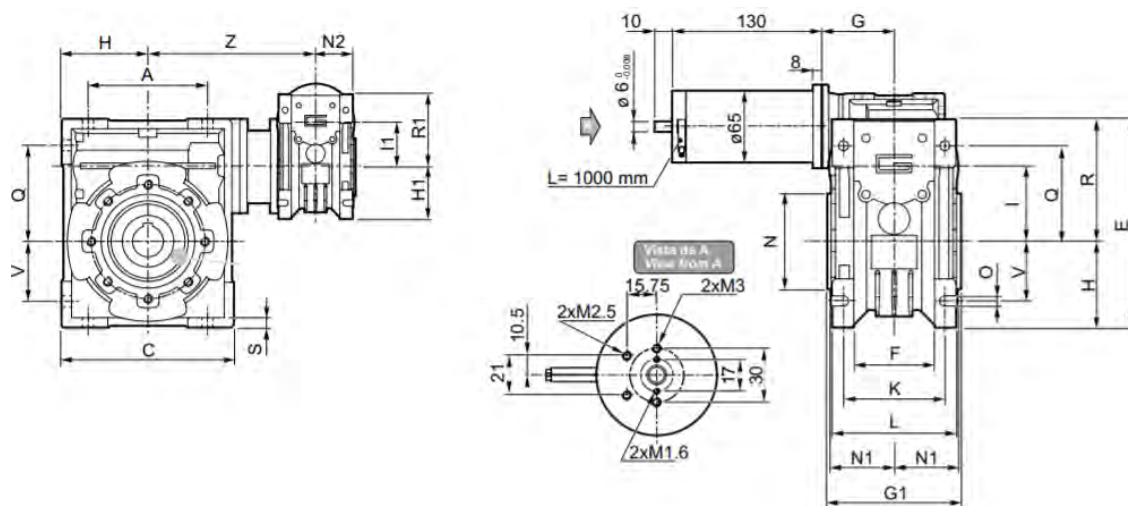


Figura 37: Dimensiones del conjunto motoreductor.

Fuente: Transtecno.

8.2.9. Selección y dimensión de la batería.

En base al motor seleccionado es necesario suministrar el voltaje y corriente adecuado, de manera que el motor funcione en condiciones óptimas. Asimismo, con esta fuente de energía es necesario alimentar los diferentes sensores, así como la placa de control y demás elementos que necesiten un voltaje para su funcionamiento.

Para la selección de las baterías, se recurre a investigar las baterías de las marcas de los distintos montacargas como Jungheinrich, Linde, MIC, STILL, BT, Lifter, Caterpillar o Yale. En base a esta revisión, las baterías utilizadas son baterías de tracción que están compuestas por elementos de 2V de ciclo profundo.

La capacidad de la batería se calcula en función del tiempo que es utilizado, en este caso el uso del sistema de transporte de carga es de aproximadamente 2 horas diarias 6 días a la semana. Por lo que en nuestro caso los elementos de mayor consumo son los motores de elevación y de traslado. Al ser motores de corriente continua se puede calcular por medio de ley de ohm como se indica en la ecuación 13.

Donde:

$$\begin{aligned} I &= \text{Corriente (A)} \\ P &= \text{Potencia (W)} \\ V &= \text{Voltaje (V)} \end{aligned}$$

$$I = \frac{P}{V} \quad (13)$$

$$I = \frac{100W}{24V}$$

$$I = 4,167A$$

El consumo por cada motor de aproximadamente 4.167A, al ser dos motores se requiere 8.334 A. Por lo que se estima que el sistema necesita alrededor de 10A para el correcto funcionamiento comprendiendo que los otros sistemas también requieren un consumo energético.

Las baterías de tracción brindan diferentes tipos de capacidad nominal entre ellas 180Ah, 225Ah y 270 Ah, como se muestra en la tabla 26.

Tabla 26: Tabla comparativa de baterías.

Baterías de tracción			
<i>Voltaje</i>	24 V	24 V	24 V
<i>Capacidad</i>	180 Ah	225 Ah	345 Ah
<i>Peso</i>	153 Kg	192 Kg	270 kg
<i>Tamaño</i>	610 x 193 x 618 mm	643 x 243 x 570 mm	198 x 570x 65 mm

Fuente: Autores.

Como se observa en la tabla 26, al aumentar la capacidad que puede suministrar las baterías aumenta en tiempo en el que el sistema puede ser utilizado en base a la intensidad calculada, sin embargo, seleccionar el que brinda mayor hora de autonomía no implica la mejor elección, puesto que está ligado al peso y costo que aumentan proporcionalmente. Por lo que, se selecciona el de 180Ah que puede brindar 18 horas de autonomía que alcanza para aproximadamente entre 8 y 9 días antes de su carga (Anexo 8).

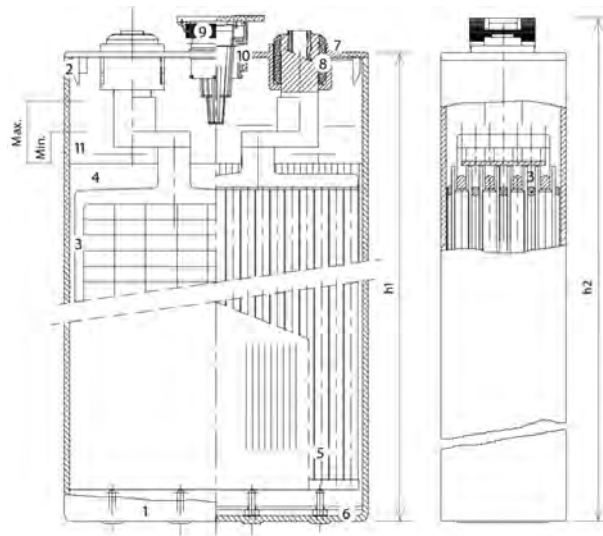


Figura 38: Batería Voltem.

Fuente: Voltem.

Dentro de este apartado es necesario incluir su cargador mostrado en la figura 39, para recuperar la capacidad nominal, por esta razón se incluye la selección del cargador donde el fabricante recomienda para baterías desde 80 a 120 A en C5 un cargador monofásico convencional para baterías industriales de plomo ácido.



Figura 39: Cargador monofásico 24V 60A.

Fuente: GM ELECTRIC.

8.2.10. Selección de sensores.

Los sensores dentro de los sistemas mecatrónicos permiten percibir el entorno y realizar operaciones específicas a través de sus actuadores, es por eso que los factores claves como la ubicación y el peso serán controlados por los sensores instalados en el sistema de transporte de carga.

- **Selección de sensor de posición o posicionamiento.**

Para determinar la posición lineal de un objeto, se puede hacer de diferentes formas, incluidos potenciómetros, LVDT, encoder, magnetismo (efecto Hall) y magnetostrictivos, como se muestra en la tabla 27.

Para seleccionar un sensor de manera adecuada, se requieren algunos criterios, como son el material por detectar, las condiciones de prueba, las condiciones de instalación, las consideraciones ambientales y de seguridad.

Tabla 27: Diferencias entre sensores de posición.

TIPO DE SENSOR	SIN CONTACTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Potenciómetros		Alta precisión Precio reducido	Desgaste importante Sensibles al polvo Sensibles a temperaturas extremas
LVDT		Alta precisión Robustez Poco alterables en entornos hostiles	Precio bastante elevado Voluminosos y pesados
Encoder		Alta precisión Alta resolución	Frágiles Sensibles al polvo Sensibles a las temperaturas extremas
Magnéticos Efecto Hall	X	Robustez Poco alterables frente a los líquidos	Alterables frente a los golpes Alterables frente a interferencias magnéticas y cables eléctricos Histéresis
Magnetostrictivos	X	Robustez Alta precisión en longitudes largas	Alterables frente a los cambios de temperatura Baja precisión en longitudes cortas Precio bastante elevado

Fuente: DIRECT INDUSTRIES.

Entre los parámetros anteriores, se puede encontrar un encoder lineal sin contacto que se mueve a lo largo del eje, debido a su principio de funcionamiento, no habrá desgaste ni mantenimiento. Así mismo, al tener una referencia de detección absoluta no es necesario tener un punto de referencia. Entre sus características se encuentran:

- Longitudes de medida de hasta 4 m.
- Diseño compacto, peso reducido y alta velocidad de proceso.
- Insensible a condiciones del entorno como suciedad o condensación.

Las características eléctricas de un encoder lineal se pueden plasmar la tabla 28.

Tabla 28: Características del encoder lineal (Anexo 9).

<i>Modelo</i>	TTK70-HXA0-K02
<i>Tipo</i>	Encoder lineal
<i>Paso de medición</i>	0.244 μm
<i>Resolución</i>	1 μm
<i>Velocidad del proceso</i>	$<10\text{m/s}$
<i>Precisión del sistema</i>	$\pm 10 \mu\text{m}$
<i>Tensión de alimentación</i>	8VDC
<i>Tipo de conexión</i>	PConector macho, M12, 8 polos
<i>Tipo de protección IP</i>	IP 67

Fuente: Sick.

El sensor mostrado en la figura 40, ayuda a determinar la altura de diferentes estantes, así como la altura de la maquinaria de doblado y corte, para que se pueda ajustar mejor la distancia. La característica del sensor es que es de larga distancia, porque el sensor tradicional puede llegar a los 400 mm, para nuestra situación especial, el cual necesita un rango de distancia para registrar hasta 1500 mm. Al mismo tiempo, la tecnología que utiliza es fácil de calibrar, optimizando el tiempo requerido para esta pieza.

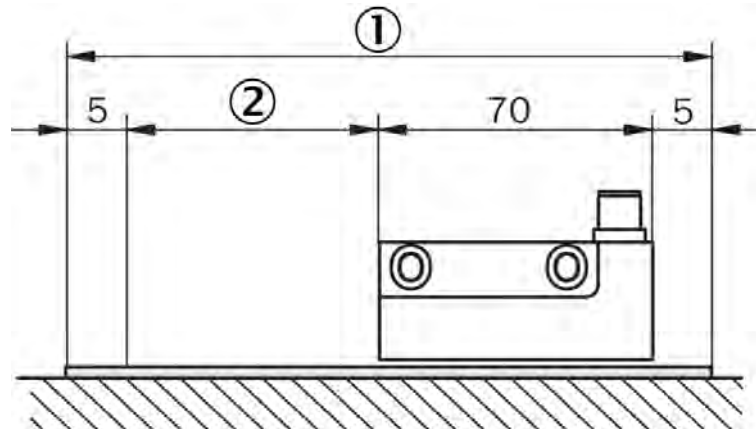


Figura 40: Encoder lineal.

Fuente: Sick.

Al momento que se usa un motor de Corriente continua (CC), restringir sus límites es

fundamental para la seguridad del operador, porque en algunos casos el controlador no puede determinar con precisión mientras lo mantiene girando, por lo que se utilizan sensores electromecánicos o los llamados fin carrera.

El innovador actuador o fin carrera de posición SIRIUS 3SE5, como se muestra en la figura 41, es moderno, compacto, modular y fácil de conectar. Pueden ahorrar tiempo y aumentar la flexibilidad al ser instalados y existe una amplia gama de variantes de interruptores.

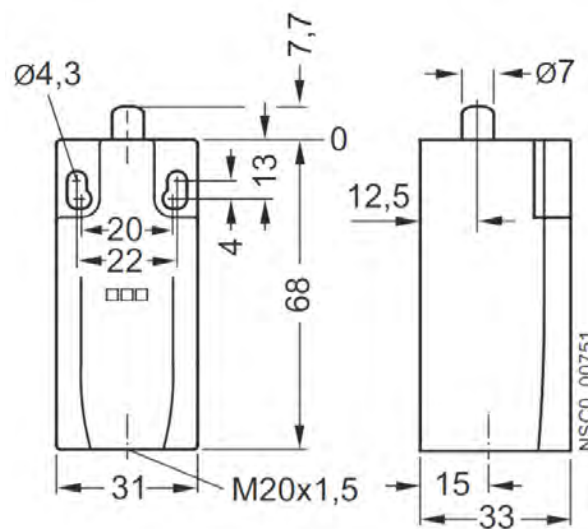


Figura 41: Fin carrera 3SE5.

Fuente: SIEMENS.

Debido al diseño modular del actuador, los usuarios pueden elegir una solución adecuada para su aplicación entre muchas versiones e instalarla ellos mismos en poco tiempo. el mismo se indica sus características en la tabla 29.

Tabla 29: Características del fin carrera.

<i>Nombre</i>	SIEMENS-0CH01-3SE5112
<i>Tipo de sensor</i>	Interruptor de fin de carrera
<i>Clase de cabeza</i>	Palanca R 27mm, roldana de plástico 19
<i>Configuración de salida</i>	NO+NC
<i>Corriente máx. de contactos</i>	10A
<i>Capacidad de carga de contactos CC</i>	3A / 24V CC
<i>Conexión</i>	M20x1,5
<i>Propiedades de conmutadores</i>	Conect. Acción conmutada
<i>Tipo de protección</i>	IP 66

Fuente: SIEMENS.

Este actuador permite garantizar que la distancia que recorrerá las tijeras esté dentro de los límites y que el motor no siga girando cuando ya ha llegado a los límites. Estos interruptores son de fácil uso debido a que, al llegar y tocar la palanca, los contactos NO y NC se cierran y se abren respectivamente.

■ **Sensor de peso (Célula de carga de compresión).**

El peso es un factor importante en el sistema de transporte de carga y debe controlarse para que no supere el nivel establecido y no afecte el comportamiento de otros elementos. Los criterios de selección están asociados con la capacidad máxima, el tamaño y el tipo de conexión que pueden admitir.

Teniendo en cuenta los estándares anteriores, el sensor de fuerza de compresión en miniatura modelo F1814 que se muestra en la figura 42, tiene un rango de medición de hasta 1000 N, que es especialmente adecuado para áreas con requisitos estrictos de espacio de instalación.

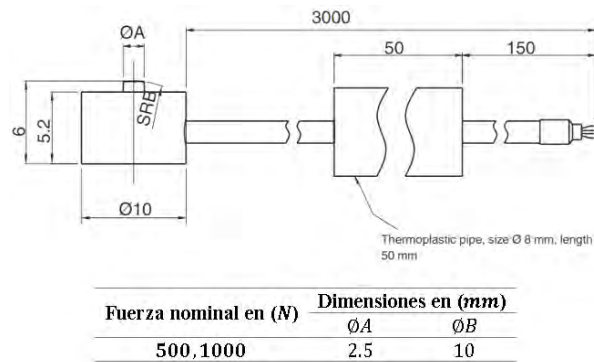


Figura 42: Transductor modelo F1814.

Fuente: WIKA.

Debido a su tamaño muy pequeño, este sensor de fuerza en miniatura está construido de acero inoxidable o aluminio, se puede utilizar en la más amplia gama de aplicaciones industriales como fabricación de equipos, líneas de producción, sistemas de medición y control, ingeniería de precisión y pruebas de materiales. A continuación en la tabla 30 muestra las características de dicho sensor.

Tabla 30: Características del transductor de fuerza de compresión (Anexo 10).

Tipo	F1814
Fuerza	1 kN
Material	Aluminio (Stainless steel)
Peso	0.1 Kg
Dirección de fuerza	Compresión
Conexiones Eléctricas	Salida de cables, hilos libres
	Longitud del cable: 3m
	Diametro del cable: 2 mm
Tipo de protección IP	IP 64

Fuente: WIKA.

El sensor brinda el dato correspondiente al peso, porque es un punto clave en el proceso, por lo que la carga no debe exceder el rango permisible y el material de la estructura no se verán afectados. Este sensor fue elegido por la carga que puede soportar, porque en nuestro proceso la carga máxima sobre la que se trabaja es de 400 Kg, y el rango del sensor puede

llegar a 500 Kg; a su vez el costo de adquisición es relativamente el mejor comparado con sensores que tienen un rango menor.

8.2.11. Diseño mecánico propuesto.

En base a la necesidad planteada se define la propuesta del diseño que se observa en la figura 54, cuyo enfoque radica en el transporte de láminas de metal y a su vez carga y descarga de las mismas a diferentes alturas, tomando en cuenta las dimensiones de las láminas y las alturas que puede alcanzar.

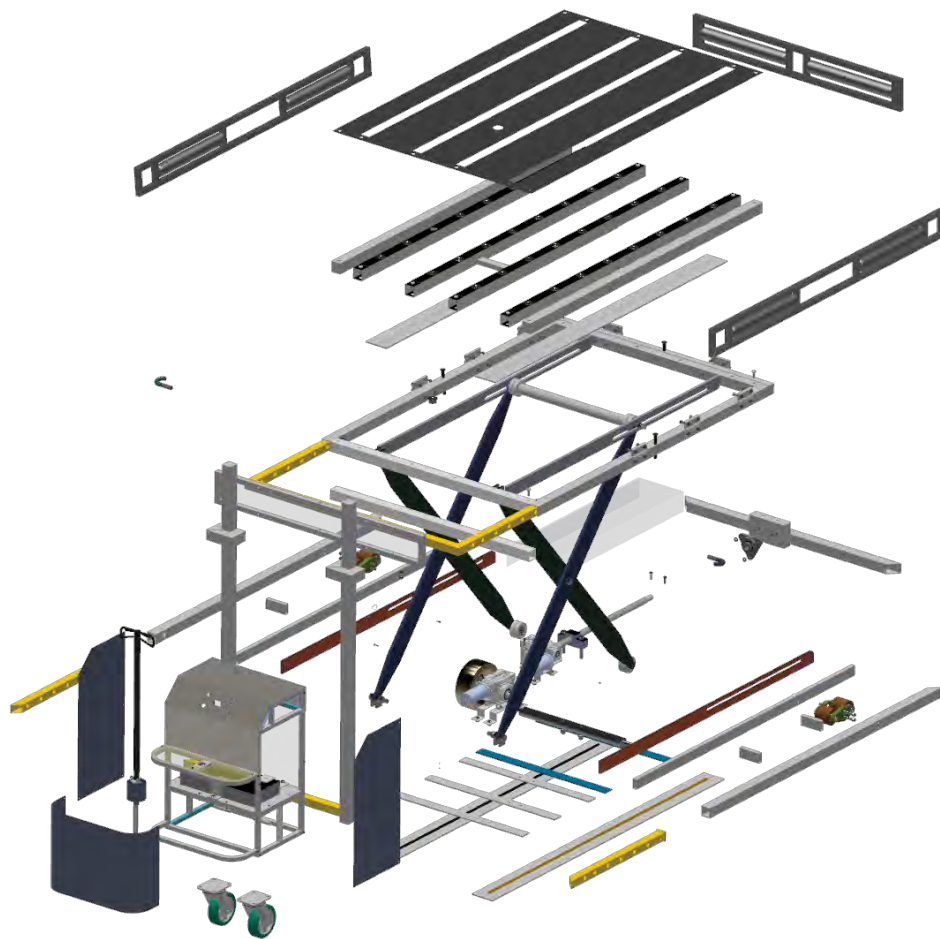


Figura 43: Diseño Propuesto.

Fuente: Autores.

8.2.12. Diseño electrónico propuesto.

El diseño electrónico aplica nuevas estrategias de procesamiento de información mediante el uso de la tecnología, el mismo busca tener un circuito funcional y apto para el diseño propuesto.

Para el diseño electrónico es necesario gestionar las entradas y salidas por medio de una tarjeta electrónica, para ello es necesario definir cómo funciona el sistema, es por ello que se recurre al siguiente diagrama mostrado en la figura 44.

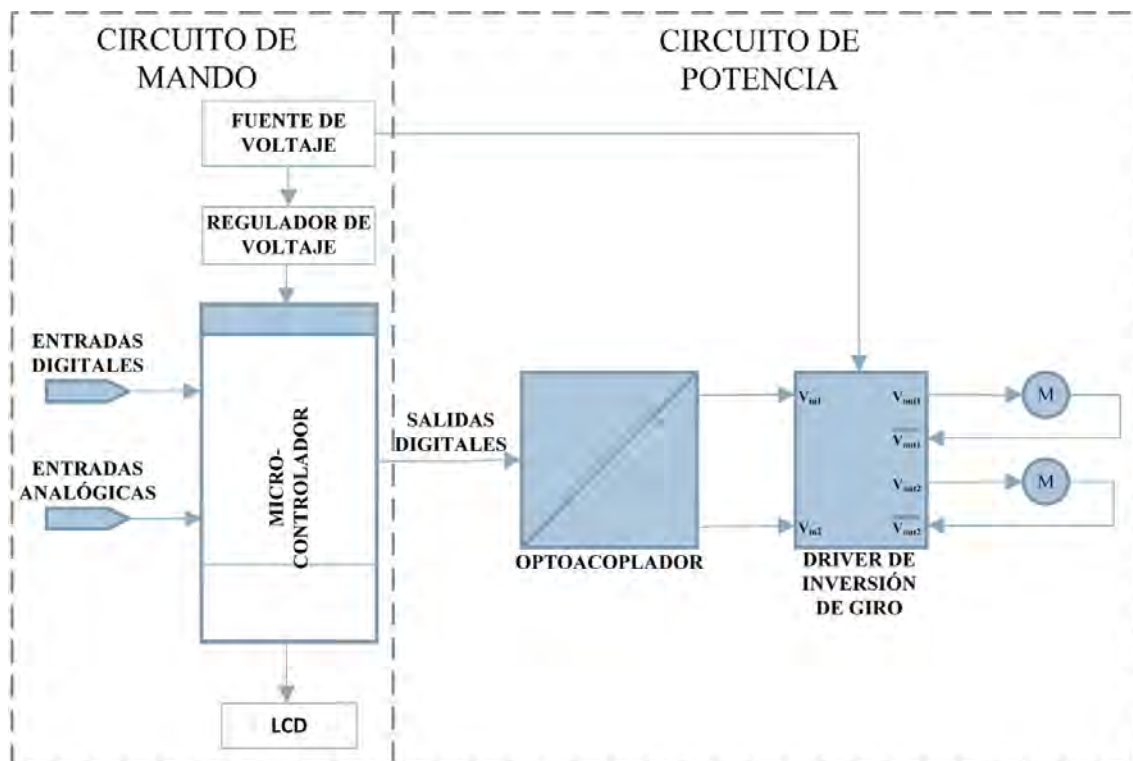


Figura 44: Diagrama bloques electrónico del sistema propuesto.

Fuente: Autores.

Es necesario indicar que el circuito de mando opera a un voltaje de 5V, mientras que en la parte de potencia se maneja un voltaje de 24V-100W. Es por esta razón que se opta por aislar estas 2 secciones por medio de un optoacoplador.

Como ya se mencionó, la parte de mando requiere un nivel de voltaje menor puesto que la mayor parte de componentes operan con un voltaje entre 4.5 y 5V. Teniendo en cuenta que la fuente de alimentación es de 24V, por lo tanto, se recurre a regular el voltaje como se indica

en la figura 45.

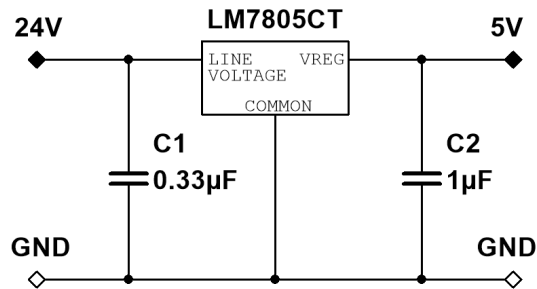


Figura 45: Esquema del regulador de voltaje.

Fuente: Autores.

Dentro del sistema de mando se dispone tanto de entradas analógicas como digitales (Anexo 11), es decir, cada una tiene un pin asignado dentro del microcontrolador como se detalla en la tabla 31.

Tabla 31: Dirección de entradas PIC 16f1939 (Anexo 12).

Denominación	Dirección	Puerto
Sensor de altura	RA1	A
Sensor de peso	RA4	
Boton de paro de Emergencia	RB0	B
Pulsante de subida (M1)	RB1	
Pulsante de bajada (M1)	RB2	
Pulsante de avance (M2)	RB3	
Pulsante de retroceso (M2)	RB4	
Pulsante Selector de Modo	RB5	
Pulsante	RB6	

Fuente: Autores.

Como se observa en la tabla 32, el puerto A es ocupado por las entradas analógicas, en este caso corresponde a los sensores que dispone el sistema de transporte de carga; mientras que el puerto B, corresponde a las entradas digitales provenientes de los pulsantes. De la misma manera, es necesario gestionar las salidas provenientes del microcontrolador.

Tabla 32: Direcciones de salida del PIC 16f1939 (Anexo 7).

Denominación	Dirección	Puerto
Señal para optoacoplador M1	RC0	
Señal para optoacoplador M1	RC1	C
Señal para optoacoplador M2	RC2	
Señal para optoacoplador M2	RC3	
RS (LCD)	D2	
EN (LCD)	D3	
D4 (LCD)	RD4	
D5 (LCD)	RD5	D
D6 (LCD)	RD6	
D7 (LCD)	RD7	

Fuente: Autores.

Dentro de los puertos de salida se dispone el puerto C para la conexión con los optoacopladores, es decir, a partir de estos puertos se emite la señal para que la parte de potencia ejecute determinada acción, teniendo en cuenta que el optoacoplador sirve para aislar la parte de potencia como la de mando; el puerto D está destinado para la interfaz con el usuario por medio de un LCD.

Basado en las tablas 31 y 32, por medio de un software de diseño se genera el circuito electrónico correspondiente a gestión de la parte de mando obteniendo:

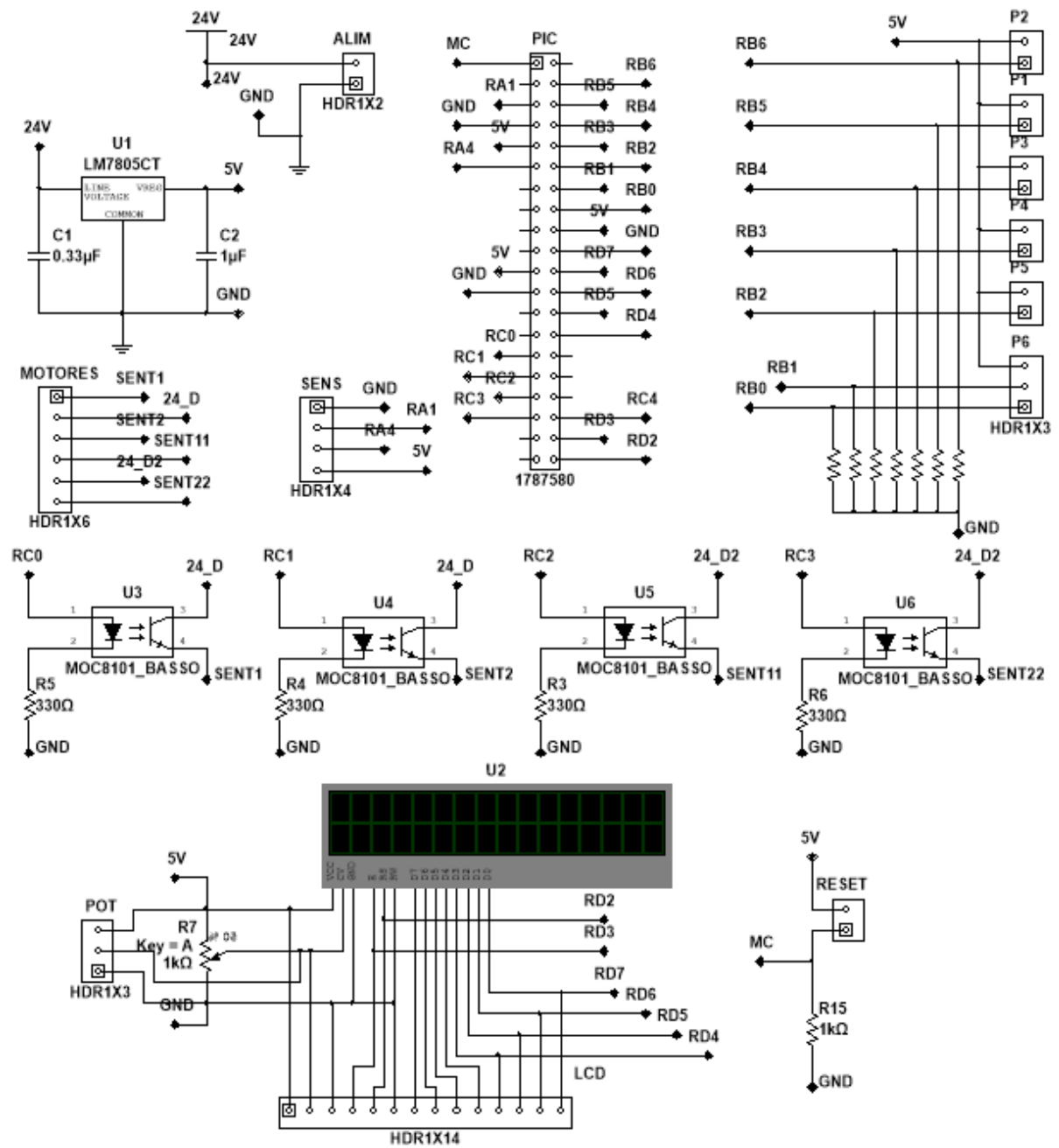


Figura 46: Circuito electrónico de la parte de mando.

Fuente: Autores.

En la figura 46, se observa el circuito electrónico de la parte de mando, que es fundamental para el diseño de la tarjeta electrónica puesto que sobre esta se generan las diferentes rutas de conexión entre los componentes electrónicos.

Como ya se mencionó es necesario un regulador de voltaje que permita reducir la diferencia de potencial para el uso de algunos componentes electrónicos. A partir de esto se generan etiquetas globales con los diferentes entradas y salidas, esto se lo realiza para generar un esquema más ordenado y separado por secciones, pudiendo facilitar la identificación de un componente específico.

Dentro de las secciones está la fuente de alimentación y el regulador de voltaje, sensores, entrada y salidas del microcontrolador, salidas hacia los motores, salidas hacia el LCD, entrada por pulsantes y protecciones.

Para el diseño del PCB es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones de diseño (Pareja Aparicio, 2010):

- Para una intensidad de entre 2 a 4 amperios, se recomienda un ancho de pista de 1.5 mm.
- Para una intensidad máxima de 0,5 amperios que usualmente los dispositivos de mando consumen, el ancho es de 0.5 mm.
- La anchura mínima de las pistas de alimentación será de 2 mm.
- Separación mínima entre elementos 0.317 mm.
- El trazado de la pista debe evitar ángulos de 90°.

En base a las consideraciones previamente descritas se procede a distribuir de manera uniforme los componentes electrónicos sobre el PCB, las conexiones de entrada y salida hacia la placa se realizan por medio de borneras.

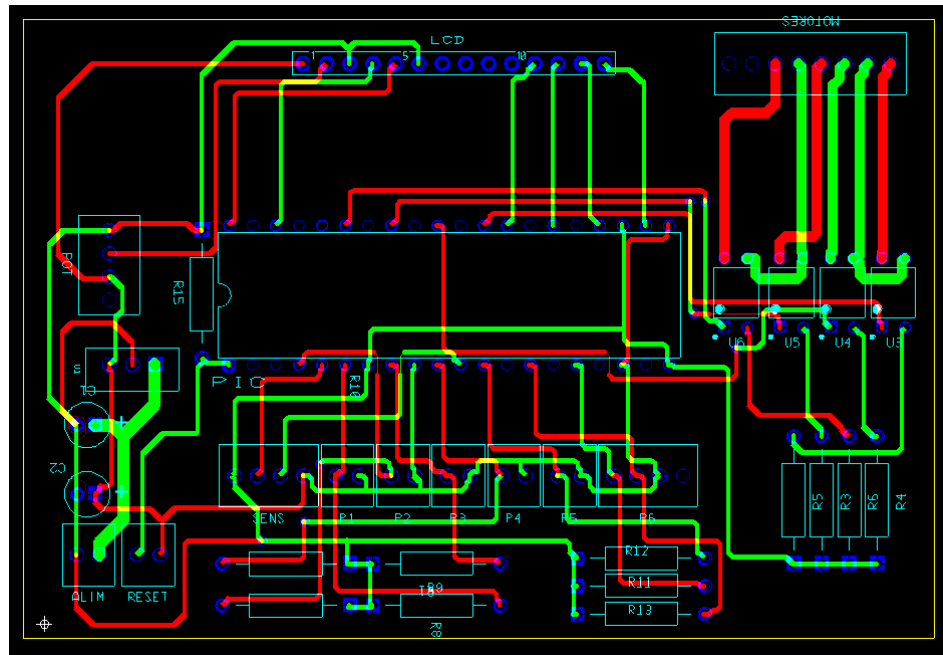


Figura 47: Ruteado del circuito electrónico.

Fuente: Autores.

Como se muestra en la figura 47, el ruteado se lo realiza por medio de dos capas la ruta de color verde es la capa Top (arriba), mientras que la ruta roja es la capa Bottom (abajo). La principal razón para mantener las dos rutas es debido a que los bornes se encuentran la periferia de la placa para facilitar la conexión hacia los diferentes periféricos por medio de cables que estarán acorde de la distancia.

8.2.13. Diseño de control propuesto.

Los sistemas de control permiten aproximarse a las consignas planteadas inicialmente, obteniendo datos fiables en tiempo real. Esto con el fin de evitar problemas y mejorar el funcionamiento del sistema, por lo cual se plantea un sistema de control de velocidad para mejorar el transporte de las láminas de metal por lugares inclinados. Es decir, se estableció un sistema de control de velocidad angular para el aumento del torque al momento que el sistema se traslade por calzadas que poseen un grado de inclinación y evitar así el retroceso de la plataforma.

Para ello es de gran importancia realizar el modelo matemático del motor, que permita simular su comportamiento, por lo cual se considera los parámetros eléctricos y mecánicos

que intervienen en el proceso, (Katsuhiko Ogata, 2010).

■ **Determinación de la función de transferencia de la parte eléctrica del motor.**

Para cada uno de los parámetros eléctricos que se indica en la figura 48 se determina a partir de la ley de Kirchhoff en el cual la suma de los voltajes alrededor de una malla es igual a cero, como se muestra en la ecuación 14.

$$\sum_n V_n = 0 \quad (14)$$

De igual manera se aplica la ley de Ohm para la relación de voltaje de la resistencia, mostrado en la ecuación 15.

Donde:

$$\begin{aligned} V_L &= \text{Voltaje de la resistencia (V)} \\ I &= \text{Corriente (A)} \\ R &= \text{Resistencia()} \end{aligned}$$

$$V_L = I \cdot R \quad (15)$$

En las ecuaciones 16 y 17, se muestran la relación del voltaje que circulan a través de una inductancia tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia (s) respectivamente.

$$V_L = L_a \frac{di}{dt} \quad (16)$$

$$V_L = L_a s I_a(s) \quad (17)$$

El par desarrollado por el motor es proporcional a la corriente del inducido, como se muestra en la ecuación 18. El par de fricción estática al momento que el motor arranca busca impedir el movimiento del eje del motor hasta que la corriente eléctrica supere el valor constante.

$$T_m(s) = k_t \cdot I_a(s) \quad (18)$$

$$I_a(s) = \frac{1}{k_t} T_m(s) \quad (19)$$

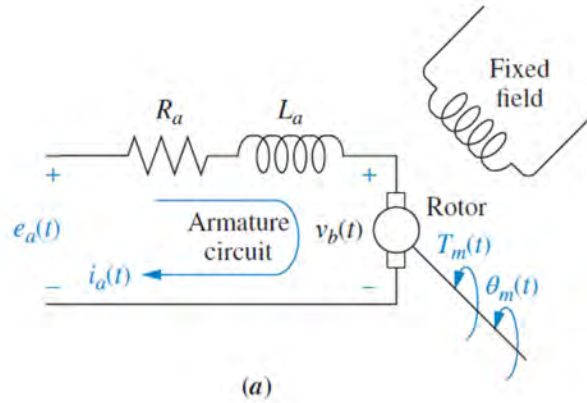


Figura 48: Modelo electromecánico de un motor DC con imanes permanentes.

Fuente: (Norman Nise, 2015).

Aplicando la ecuación 14, se obtiene la ecuación 20.

$$V_{Ra} + V_{La} + V_b(t) - e_a(t) = 0 \quad (20)$$

Reemplazando ecuación 15 y 16 en 20 se obtiene la ecuación 21:

$$i_a(t)R_a + L_a \frac{di_a}{dt} + V_b(t) - e_a(t) = 0$$

$$i_a(t)R_a + L_a \frac{di_a}{dt} = e_a(t) - V_b(t)$$

$$I_a(s)R_a + L_a s I_a(s) = E_a(s) - V_b(s)$$

$$I_a(s)(R_a + L_a \cdot s) = E_a(s) - V_b(s)$$

$$\frac{I_a(s)}{E_a(s) - V_b(s)} = \frac{1}{(R_a + L_a \cdot s)} \quad (21)$$

Control del par desarrollado por el motor, considerando la perturbación, para lo cual se reemplaza ecuación 19 en 21, y se obtiene la ecuación 22.

Donde:

- R_a = Resistencia de armadura (Ω)
- L_a = Inductancia del bobinado de armadura (H)
- e_a = Fuerza contra electromotriz (V)
- i_a = Corriente de armadura (A)
- T_m = El par desarrollado por el motor ($N \cdot m$)
- k_t = Constante de proporcionalidad del par motor ($N \cdot m/A$)

$$\frac{\frac{1}{k_t} T_m(s)}{E_a(s) - V_b(s)} = \frac{1}{(R_a + L_a \cdot s)}$$

$$\frac{T_m(s)}{E_a(s) - V_b(s)} = \frac{1}{(R_a + L_a \cdot s)} \cdot k_t \quad (22)$$

Para encontrar las constantes de proporcionalidad eléctricas de la función de transferencia del motor se utiliza en la ecuación 23.

$$\frac{k_t}{R_a} = \frac{T_{stall}}{e_a}$$

$$k_t = \frac{T_{stall}}{e_a} \cdot R_a \quad (23)$$

■ **Determinación de la función de transferencia de la parte mecánica del motor.**

Para cada uno de los parámetros mecánicos se determina el modelo CVS (Coulomb plus Viscous Static friction), la misma cuenta de tres componentes como se muestra en la figura 49. El par de fricción seca o fricción de coulomb τ_{fc} , el par de fricción viscosa τ_{fv} y el par de fricción estática τ_{fs} , como se muestra en la ecuación 24, Chiasson (2005).

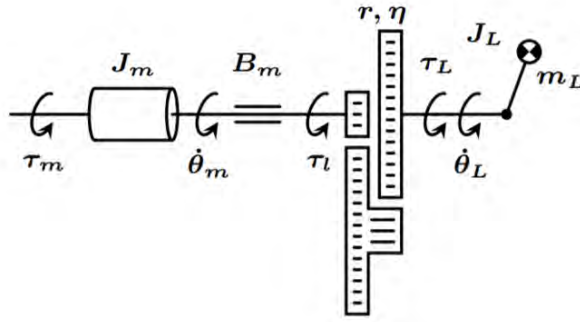


Figura 49: Eje, Reductora y caja del motor DC.

Fuente: (Chiasson, 2005).

La ecuación mecánica del modelo CVS de fricción del motor DC está dada por:

$$\tau_f(t) = \tau_{fc}(t) + \tau_{fv} + \tau_{fs} \quad (24)$$

Se reemplaza cada uno de los parámetros que representan las constantes de fricción viscosa, de Coulomb y estática respectivamente, tomando en cuenta un modelo de fricción, incluyendo de Stribeck que se produce a velocidades angulares cercanas al cero, (Astrom, 2006).

El modelo de fricción permite plantear la ecuación mecánica del motor DC la misma está dada por la ecuación 25:

$$T_m(t) = J_m \ddot{\theta}_m(t) + B_m \dot{\theta}_m(t) + T_c(t) \quad (25)$$

Donde:

- $\ddot{\theta}_m$ = Velocidad angular del motor
- J_m = Momento de inercial del rotor (kgm^2)
- B_m = Contante de fricción viscosa
- T_c = Par de carga ($N \cdot m$)
- T_m = Par desarrollado por el motor ($N \cdot m$)
- K_b = Constante de proporcionalidad del par torsor ($\text{V}/(\text{rad}/\text{S})$)
- i_a = Corriente de armadura (A)

Tomando en cuenta la ecuación 25 y 26 anteriormente mencionadas se obtiene la relación de la parte eléctrica y mecánica de un motor DC.

$$T_m(t) = J_m \ddot{\theta}_m(t) + B_m \dot{\theta}_m(t) + T_c(t)$$

$$K_b i_a(t) = J_m \ddot{\theta}_m(t) + B_m \dot{\theta}_m(t) + T_c(t)$$

$$K_b i_a(t) - T_c(t) = J_m \ddot{\theta}_m(t) + B_m \dot{\theta}_m(t)$$

$$K_b i_a(t) - T_c(t) = J_m \frac{d\omega(t)}{dt} + B_m \omega(t)$$

$$K_b I_a(s) - T_c(s) = J_m \cdot s \cdot \omega(s) + B_m \omega(s)$$

$$K_b I_a(s) - T_c(s) = \omega(s) [J_m \cdot s + B_m]$$

$$\omega(s) = \frac{1}{J_m \cdot s + B_m} [K_b I_a(s) - T_c(s)] \quad (26)$$

■ **Diagrama de la planta completa y diseño del controlador.**

Se considera los parámetros del sistema eléctricos y mecánico del motor DC, se obtiene el modelo completo del sistema, como se muestra en la figura 50. Las ecuaciones 27, 28 y 14, representan el planteamiento en función de la corriente, torque y de la velocidad angular del motor DC, teniendo como entradas del sistema el voltaje de armadura y el torque de la carga.

Al aplicar la transformada de Laplace, las ecuaciones del modelo quedan expresadas como se muestra en las ecuaciones 27, 28 y 29.

$$I_a(s) = \frac{1}{(R_a + L_a \cdot s)} [E_a(s) - V_b(s)] \quad (27)$$

$$T_m(s) = \frac{k_t}{(R_a + L_a \cdot s)} [E_a(s) - V_b(s)] \quad (28)$$

$$\omega(s) = \frac{1}{J_m \cdot s + B_m} [K_b I_a(s) - T_c(s)] \quad (29)$$

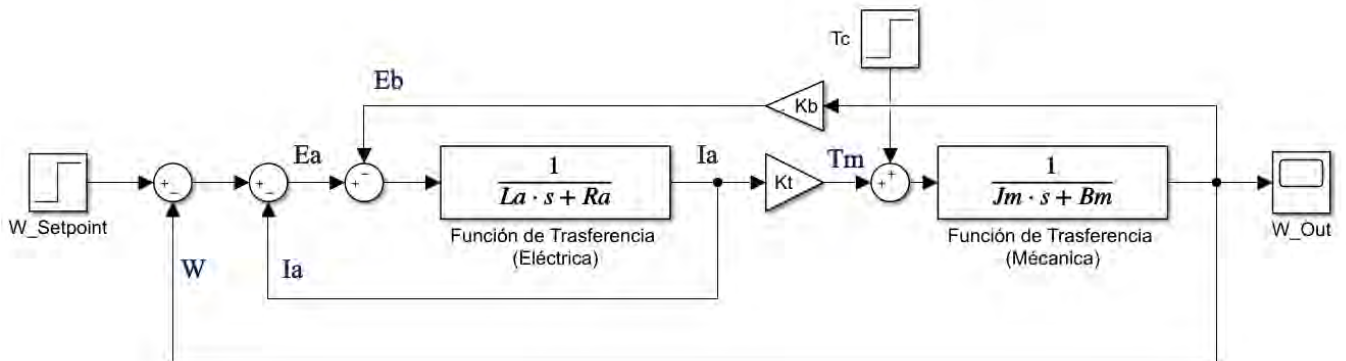


Figura 50: Diagrama de bloques de la planta sin considerar el controlador.

Fuente: Autores.

En la tabla 33, se muestra los parámetros calculados y obtenidos mediante la ficha técnica del motor DC utilizado. Se enfatiza que estas ecuaciones son modelos de referencia, una vez encontrados todos los parámetros se pueden modificar alrededor de estos valores para generar un mejor ajuste.

Tabla 33: Parámetros del motor DC.

Parámetros	Simbolo	Motor DC
Resistencia de Armadura	R_a	0.6Ω
Inductancia de Armadura	L_a	1.5 mH
Inercia del motor	J_m	0.00018 kgm^2
Constante de fricción viscosa	B_m	0.022 Nms
Constante de proporcionalidad	K_t	0.75 Nm/A
Constante de proporcionalidad	K_b	$1/75 \text{ V}/(\text{rad/S})$

Fuente: Transtecno.

Mediante la figura 51, y al reemplazar cada uno de los parámetros del motor DC en la

planta, se puede observar la respuesta transitoria del sistema sin controlador, obteniendo un sobrepaso de 12.10 % y un tiempo de establecimiento de 0.023 segundos.

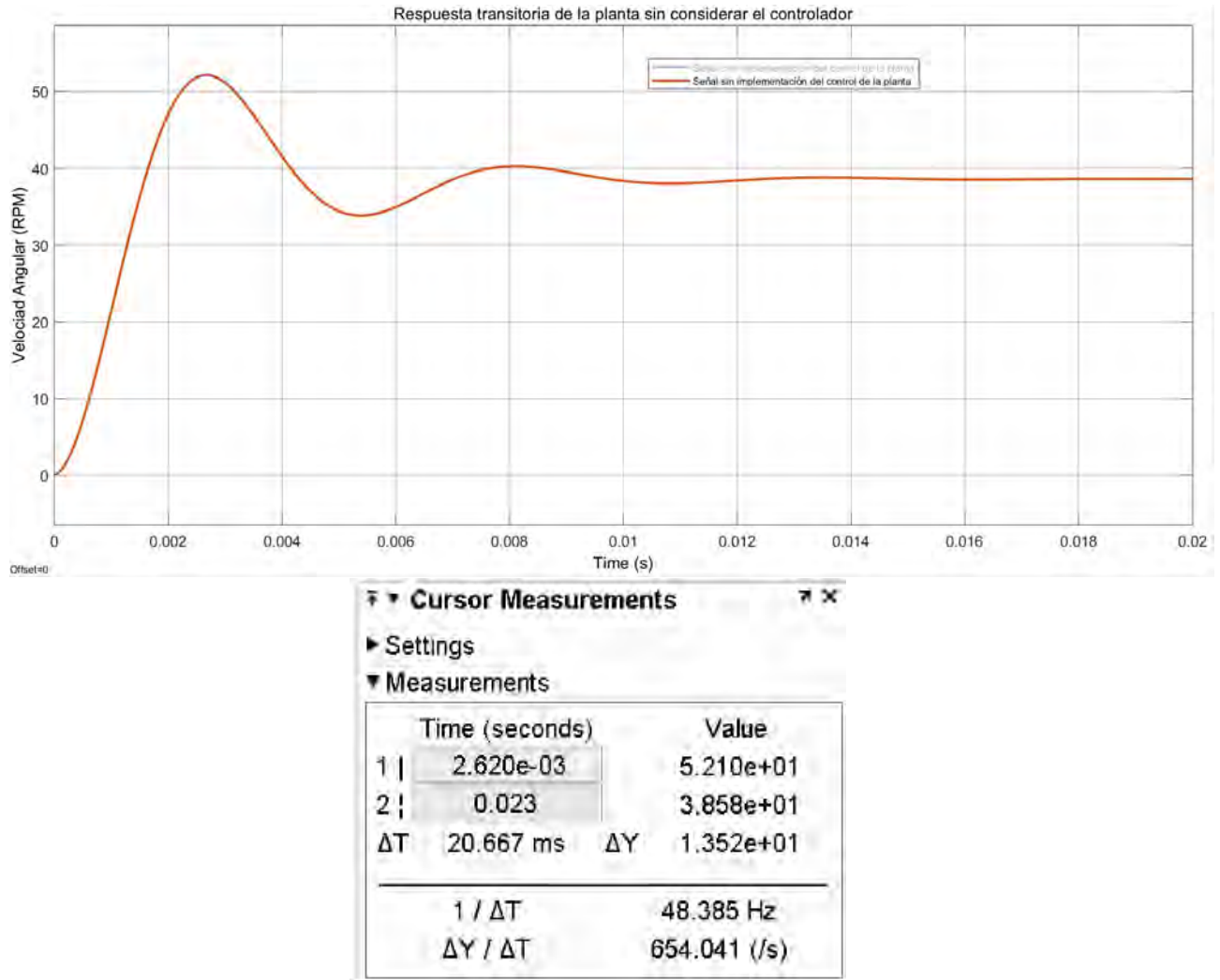


Figura 51: Respuesta transitoria del sistema sin implementación del controlador.

Fuente: Autores.

Para la sintonización de cada uno de los controladores se utiliza la función TUNE de la herramienta de simulink en matlab, esta aplicación sintoniza de manera automática las ganancias de un controlador para una planta de entrada y salida única, logrando un equilibrio entre rendimiento y robustez.

Además, permite configurar el tipo de controlador, incluyendo las siguientes opciones:

PID, PD y PI. El proceso de ajuste se basa en la linealización del objeto controlado, que puede expresarse como un modelo LTI numérico, una función de transferencia o un modelo en el espacio de estados. Permitiendo basarse en la respuesta dentro del dominio del tiempo o el dominio de la frecuencia. Para realizar la sintonización del controlador se va a utilizar la herramienta de AUTOTUNE que presenta el bloque PID disponible en matlab, pero para ello se debe tener en cuenta el efecto de cada una de las constantes que conforman el controlador, por lo que en la tabla 34 se muestran las características de cada una de estas.

Tabla 34: Efecto de incrementar las ganancias de un PID.

Ganancia PID	Porcentaje de sobrepaso	Tiempo de establecimiento	Error en estado estable
Incrementar K_P	Incrementa	Impacto mínimo	Decrece
Incrementar K_I	Incrementa	Incrementa	Estado zero -Error de estado
Incrementa K_D	Decrece	Decrece	Sin impacto

Fuente: Dorf y Bishop (2005).

Para la implementación de los controladores se utiliza un controlador proporcional diferencial (PD) y un controlador proporcional integral (PI), ubicado en cascada en la planta. Mediante la figura 52, se muestra el diagrama de bloques del sistema con un control PD para el control de la corriente y el par de la planta, mientras el control PI para la velocidad angular de la misma, cada uno con una realimentación unitaria.

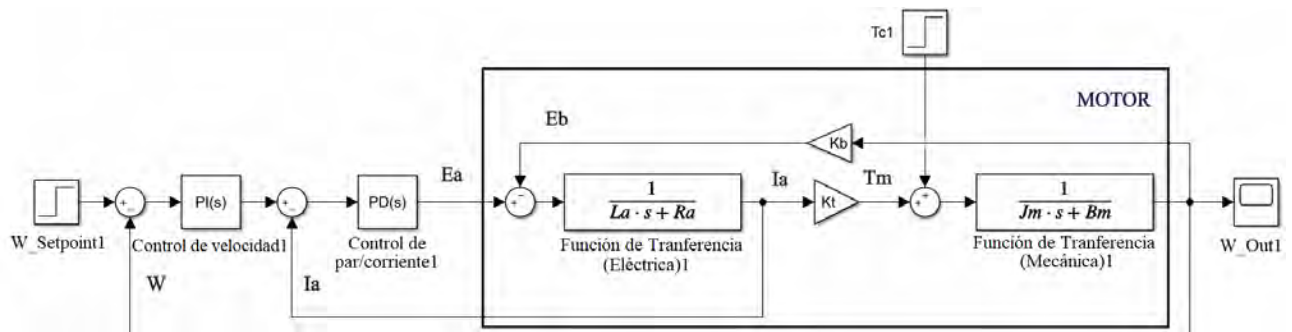


Figura 52: Diagrama de bloques de la planta considerando el controlador.

Fuente: Autores.

Con el fin de verificar el funcionamiento adecuado de la planta, en la figura 53, se muestra la respuesta transitoria de la planta completa. La respuesta transitoria de la planta al implementar el controlador posee un sobrepaso de 6.4% y un tiempo de establecimiento de 0.038

segundos.

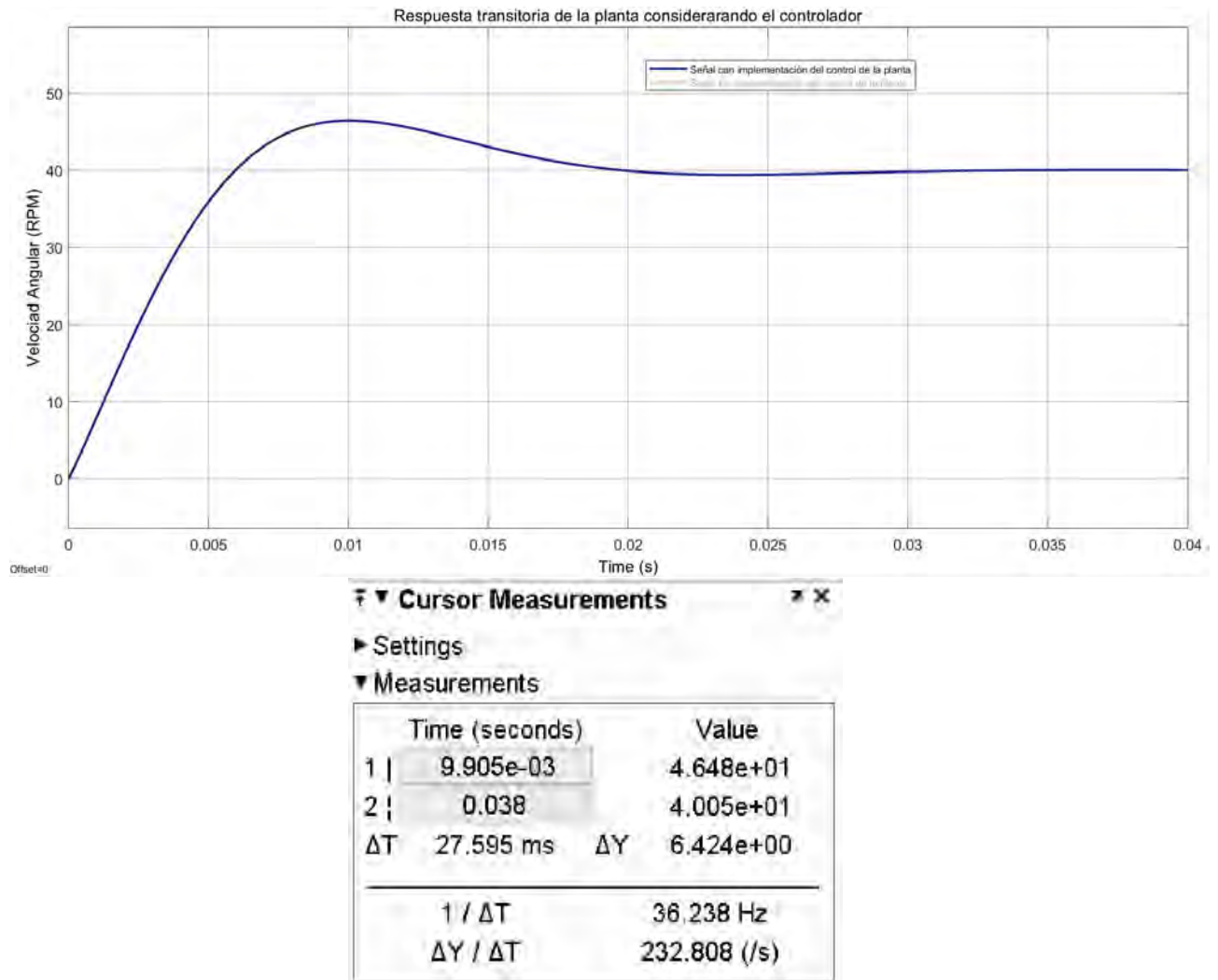


Figura 53: Respuesta transitoria de la planta considerando la implementación del controlador.

Fuente: Autores.

8.3. Análisis de costos del sistema de transporte de carga.

Dentro del análisis de costos se considera los directos e indirectos que conllevan la construcción del sistema de transporte de carga. Los costos directos hacen referencia al costo de la materia prima, costo de mano de obra, costo de alquiler de maquinaria y herramientas (Krajewski y colaboradores, 2013).

Teniendo en cuenta el contexto anterior se presenta la tabla 35, que muestra los costos de la materia prima, mientras que la tabla 36, presenta los costos de manufactura, mano de obra y otros que se encuentren directamente involucrados en el proceso.

Tabla 35: Costos directo de materiales y equipos.

COSTO DIRECTO DE MATERIALES Y EQUIPOS			
CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT	TOTAL
16	Arandela DIN 9021 Ø10 mm	0.05	0.876787
10	Arandela DIN 9021 Ø16mm	0.19	1.942398
9	Tornillo AS 1427 H - Metric M5 x 45	0.21	1.89
1	Baliza	6.70	6.7
1	Bateria de apilador electrico 24V 180Ah	1,039.86	1,039.86
8	Bisagras	4.50	36
1	Cargador Monofásico 60Ah de Batería 24V	346.63	346.63
1	Chumacera	8.50	8.5
2	Crochet de tendeur gauche M20 (Acier)	2.25	4.5
10	Tuerca hexagonal DIN 934 M8	0.14	1.4278
1	Control motor DC, inversor de giro, 50V/60A	14.35	14.35
3m	Eje de transmisión 2'	21.45	21.45
1,8m	Eje de transmisión 4'	27.80	27.8
2	Final de Carrera	29.15	58.292
2	Lamina metálica 1mm	12.30	24.6
1	Lamina metálica 6mm	17.60	17.6
1	BLICKLE Wheel SE 200/25K-SG	104.02	104.017
1	Llanta para el motor	159.19	159.1938
4	BLICKLE Wheel HTH 82x90/20-96K	53.64	214.5712

	MOTOR TRANSTECNO B14		
2	3000RPM 24V 500WS2 T63 EC350,240	788.98	1,577.96
3	Pasador DIN EN 22341 16 x 120	2.77	8.322894
8	Perno de Cabeza Hexagonal M10 x 16	0.56	4.493818
3	Perno de Cabeza Hexagonal M12x70	0.62	1.870819
2	Perno de Cabeza Hexagonal M16x100	2.21	4.424717
8	Perno AS 1110 - Metric M8 x 20	0.30	2.435048
4	Perno AS 1252 - Metric M12 x 50	0.66	2.651318
4	Perno AS 1252 - Metric M12 x 80	0.98	3.925152
4	Perno AS 1427 - Metric M10 x 100	0.88	3.514512
16	Perno AS 1427 - Metric M10 x 45	0.42	6.765648
12	Perno AS 1427 - Metric M10 x 80	0.71	8.489203
5	Perno DIN 6921 M12 x 45	1.20	5.996878
8	Perno DIN 931-1 - M20 x 75	1.88	15.01423
7m	Platinas estructural PLT 100X6	39.60	79.2
7m	Platinas estructural PLT 150X15	42.40	84.8
1m	Platinas estructural PLT 38X12	36.64	36.64
1,5m	Platinas estructural PLT 50X3	12.16	12.16
0,5m	Platinas estructural PLT 50X9	31.40	31.4
11m	Platinas estructural PLT 65X6	30.00	60
8	Pulsantes 22mm	3.80	30.4
8	Rodamiento (BS 292:7204 - 20 x 47 x 14)	4.50	36
2	BLICKLE Fixed castor BH-PATH 200K	83.61	167.2296
6	Rodillos metálicos RM	38.04	228.24
32	Schulz Stanztechnik – Rodillo de bola, acero, Ø22 mm	11.25	360
1	SENSOR DE ALTURA	65.00	65
1	SENSOR DE PESO	85.00	85
16	Tornillos DIN 7985 M10x30	0.20	3.183168
1	Torre semafórica	12.20	12.2

3	Tubo estructural cuadrado 20x20x1,5mm	11.35	34.05
3	Tubo estructural cuadrado 25x25x2mm	15.70	47.1
1	Tubo estructural cuadrado 40x40x3mm	31.29	31.29
3	Tubo estructural cuadrado 50x50x1,5mm	30.50	91.5
3	Tubo estructural cuadrado 50x50x3mm	35.78	107.34
1	Tubo estructural rectangular 50x20x1,5mm	26.35	26.35
1	Tubo estructural rectangular 50x30x2mm	33.90	33.9
8	Tuerca antibloqueante 985 - M20	0.48	3.833584
6	Tuerca antobloqueante DIN985 - M16	0.26	1.56114
2	Tuerca DIN 934 M20	0.20	0.408044
33	Tuerca DIN 934 M10	0.03	1.140942
8	Tuerca DIN 934 M8	0.02	0.166144
9	Tuerca DIN 934 M5	0.01	0.0531
16	Tuerca DIN 934 M12	0.05	0.8496
2	Tuerca DIN 934 M16	0.11	0.212164
TOTAL			5,407.273

Fuente: Autores.

Tabla 36: Costo Directo de Mano de Obra

COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA	
DENOMINACIÓN	COSTO
Maquinado de ejes de transmisión, llantas, y bujes	500\$
Instalación del sistema eléctrico	120\$
Instalación del sistema de control	67.30\$
Cortes de láminas y tubos	12.70\$
TOTAL	700\$

Fuente: Autores.

Los costos de producción corresponden al valor total que resulta de la suma de costos directos e indirectos como se indica en la tabla 37.

Los costos indirectos están vinculados al proceso de producción de aquellos factores que contribuyen a obtener el producto final, dentro de este proceso están las máquinas que son utilizadas para la fabricación de las diferentes partes.

Tabla 37: Costo Total.

COSTO	COSTO PARCIAL	COSTO TOTAL
COSTO DIRECTO		6,107.273 \$
Costo de materiales y equipos.	5,407.273 \$	
Costo de mano de obra	700 \$	
COSTOS INDIRECTO		1,221.4546 \$
Indirectos y utilidad 20 %.	1,221.4546 \$	
TOTAL		7,328.7276 \$

Fuente: Autores.

Es necesario, considerar gastos imprevistos es por ello que al valor total se le debe agregar un 5 %, como se indica en la ecuación 30 y 31.

$$Gasto_{imprevisto} = Costo_{total} \cdot 0,05 \quad (30)$$

$$\begin{aligned}
Gasto_{imprevisto} &= 7,328,7276\$ \cdot 0,05 \\
Gasto_{imprevisto} &= 366,436\$ \\
Costo_{final} &= Costo_{total} + Gastos_{imprevistos} \\
Costo_{final} &= 7,328,7276\$ + 366,436\$ \\
Costo_{final} &= 7,695,164\$
\end{aligned}
\tag{31}$$

9. Resultados.

9.1. Resultados del diseño del sistema de transporte de carga con selección automática de láminas de metal.

Al no tener una norma que especifique parámetros técnicos, el diseño del sistema de transporte de carga queda demostrado que se acopla a la necesidad de la empresa, es decir, a una necesidad puntual. El mismo permite tener una mayor facilidad al momento de trasladar la materia prima (láminas de metal) a diferentes estaciones de manufactura, de igual manera reduce accidentes laborales, permite tener un mejor rendimiento y disminución de los tiempos de producción.

El diseño de transporte de carga como se indica en la figura 54, está conformado de un conjunto de sensores, actuadores, señales luminosas, y un panel de mando. Sin olvidar que todo sistema debe estar equipado de paros de emergencia, presente en las actividades que están involucradas, es decir, un paro de emergencia está situado en el panel central, mientras que el otro está ubicado en el mango que le permite direccionar el sistema. Cada uno de ellos se encuentran al alcance del operario.

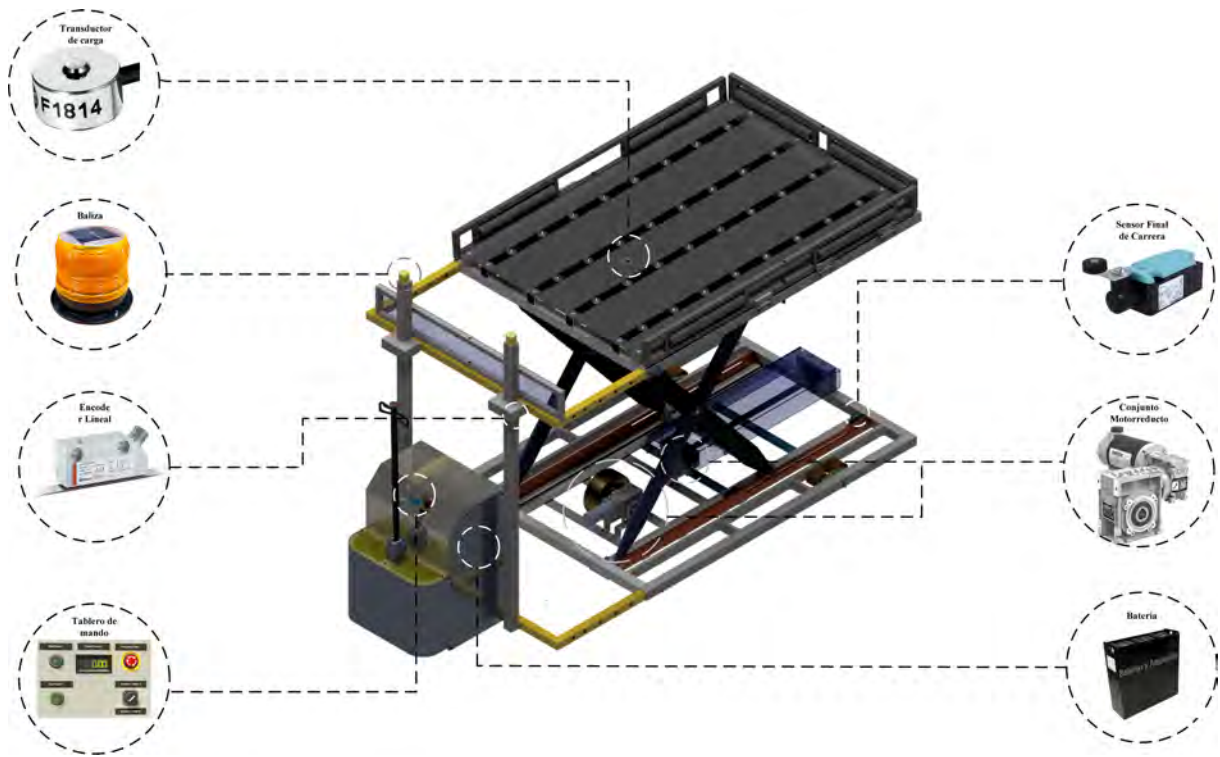


Figura 54: Diseño Propuesto.

Fuente: Autores.

El funcionamiento general del diseño transporte propuesto se detalla en la figura 55:

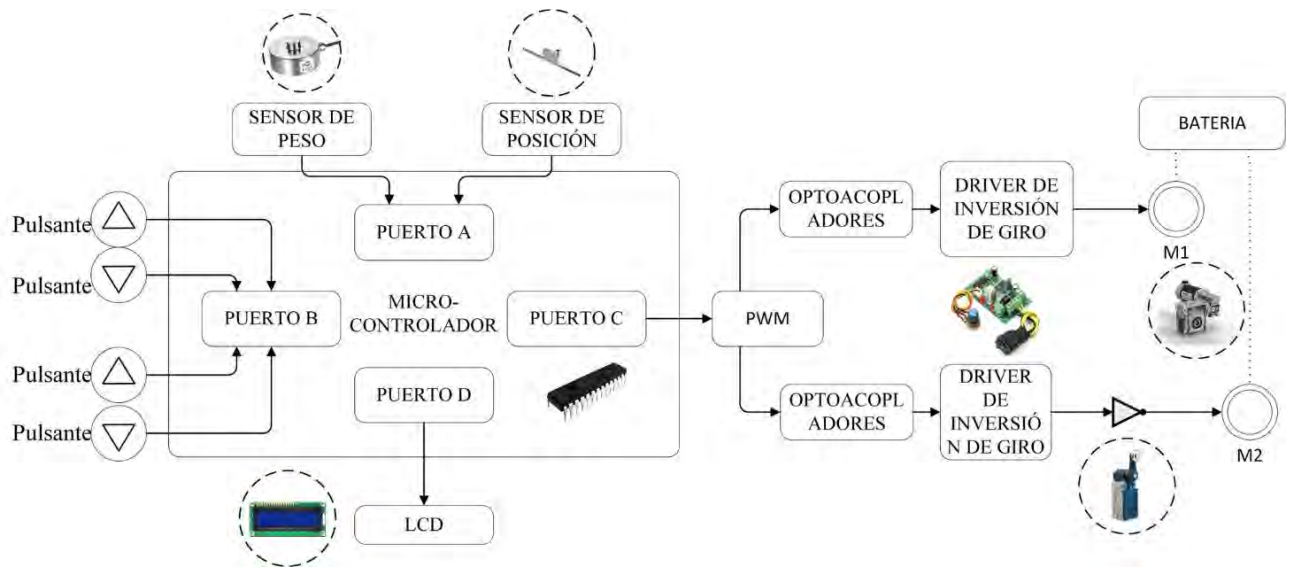


Figura 55: Funcionamiento del diseño de transporte propuesto.

Fuente: Autores.

9.2. Resultado de la simulación del diseño de control para el sistema de transporte de carga.

Para verificar el funcionamiento adecuado del control se considera la respuesta transitoria del modelo matemático del sistema de transporte de carga, considerando la señal de salida tanto con controlador como sin controlador. Como se observa en la figura 56, la señal con controlador al tener implementado un doble lazo de control obtiene una respuesta con un menor sobrepaso, llegando a cumplir uno de los criterios de control, el cual indica que el sobrepaso no debe exceder el 30% del mismo. De igual manera, el tiempo de establecimiento es relativamente buena, es decir, el sistema posee una respuesta rápida, llegando a establecerse rápidamente en caso de un disturbio o perturbación.

- Compensador PI, indicado en la ecuación 32.

$$P + I \frac{1}{s}$$

$$4,773 + 723,4 \frac{1}{s} \quad (32)$$

- Compensador PD, indicado en la ecuación 33.

$$P + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

$$0,0864 + (9,909) \frac{7287,68}{1 + (7287,68) \frac{1}{s}} \quad (33)$$

Como se muestra en la figura 56, en el cual se tiene una respuesta transitoria del sistema considerando la implementación del control tanto PI como PD, se obtiene como entrada una velocidad angular de 40 RPM, obteniendo un sobrepaso y tiempo de establecimientos admisibles, el cual nos brinda una mejor estabilidad del sistema y al mismo tiempo se logra incrementar el ancho de banda con el fin de no tener oscilaciones en la planta del sistema de transporte de láminas de metal.

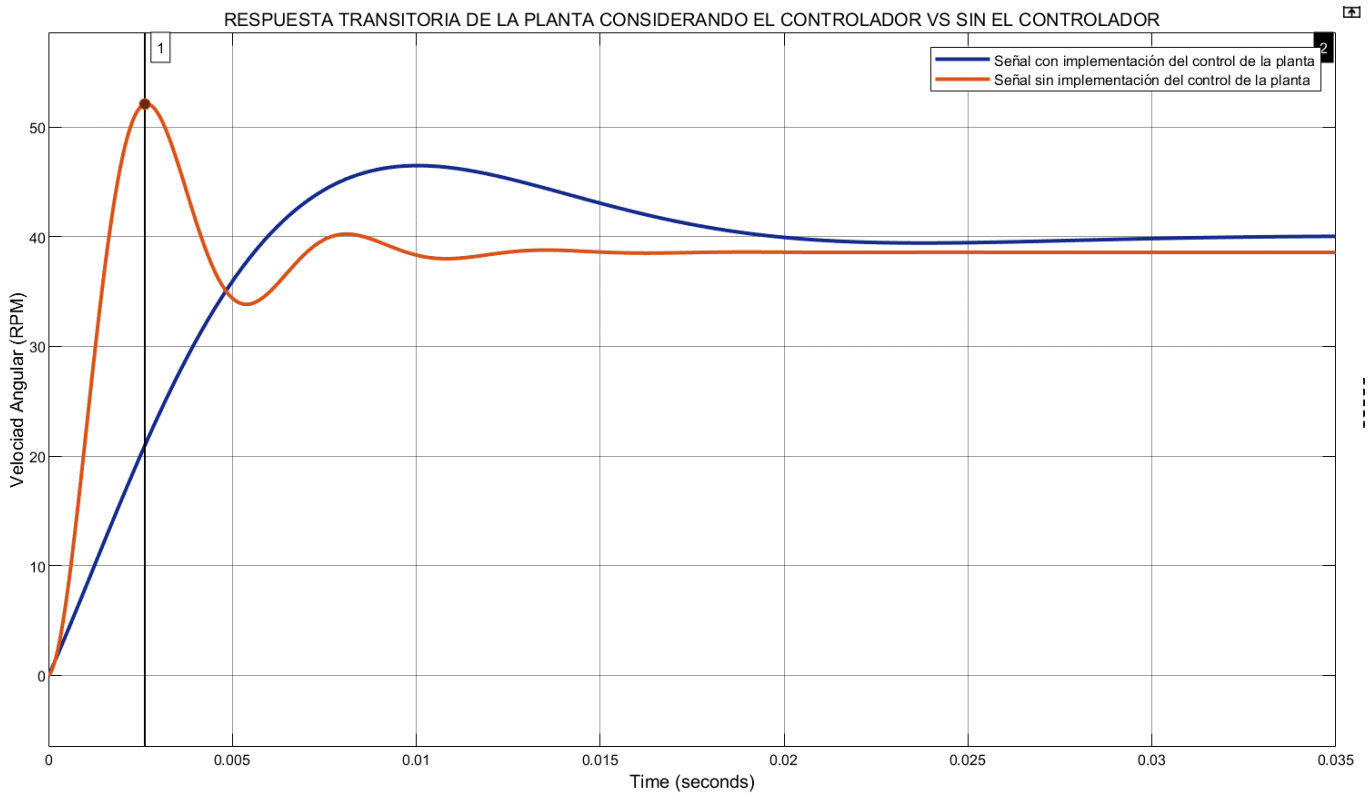


Figura 56: Respuesta transitoria de la planta considerando la implementación del controlador vs sin controlador.

Fuente: Autores.

10. Conclusiones.

- Dentro de la industria carrocera los requerimientos cada vez son mayores, es por ello su funcionamiento debe estar enfocado en solventar las necesidades puntuales o puntos críticos que han sido detectados por la empresa, siendo el transporte de la materia prima uno de ellos. A partir del contexto anterior, un sistema de transporte de carga puede contribuir con la movilización de la materia prima entre una estación de manufactura a otra, con el objetivo de mejorar los tiempos de producción, reducir la cantidad de operarios destinados para esta actividad pudiendo ser reubicados en otras áreas de trabajo.
- Los rangos de operación de altura oscilan entre 600 mm y 1500 mm, pudiendo llegar a las diferentes alturas de los estantes y de las maquinarias, un parámetro a destacar es que se utilizan rodillos de bolas en la mesa de trabajo para una fácil carga y descarga del material.
- Existen normas internacionales que hacen referencia a equipos similares y los clasifican como plataformas elevadoras móviles; la normativa nacional vigente relacionada con este tipo de dispositivo es NTE INEN-ISO 3691-1, la cual está relacionada con carretillas de mantenimiento y es supervisada por Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Dentro de esta norma su aplicación en el sistema de transporte de carga es de manera general, y no especifica detalles técnicos enfocados en seguridad. De esta forma, la mayoría de los factores técnicos considerados son proporcionados por la empresa beneficiaria.
- La identificación de las variables que están involucradas en el proceso es de gran importancia, ya que nos permiten focalizar los criterios y requisitos, siendo estos representados en un diseño mecatrónico que cumple con los criterios ya establecidos, sin embargo, dentro del proceso del diseño, es necesario evaluar las diferentes propuestas que nacen a partir de la necesidad planteada. Un aspecto importante al momento de realizar una propuesta de diseño es considerar que los elementos no presenten una geometría compleja, puesto que su elaboración puede conllevar un costo elevado.
- Las dimensiones del sistema de transporte de carga propuesto pueden resistir las cargas aplicadas tanto del sistema en general, como de las partes críticas. Esto se lo puede validar por medio un software especializado CAE donde se obtiene un factor de seguridad de admisible en gran parte del sistema analizado.
- El sistema de transporte de carga se lo puede dividir en 3 secciones que son fundamentales para el correcto funcionamiento del mismo, dentro de estas se encuentra: diseño mecánico

tanto de la estructura como del mecanismo de utilizado. En el mecanismo de elevación se utiliza un sistema de tijeras que estarán constantemente sometidos a altas cargas. Posteriormente, el sistema de control está enfocado en una interfaz simplificada donde el operario, pueda percibir las variables de proceso como la carga y la posición actual. Adicionalmente, el diseño electrónico es el enlace entre el sistema de control y sistema mecánico llegando a generar los movimientos programados a una velocidad establecida hasta que uno de sus sensores detecte que está en sus límites de trabajo.

- Dentro del planteamiento del modelo matemático es necesario indicar que existen muchos factores que pueden estar presentes dentro del mismo, por lo que se opta por la utilización de un modelo que simplifique los detalles del motor con sus respectivos acoples.
- El control propuesto está enfocado en el suministro de un torque mayor al establecido al momento que el sistema se encuentra en una pendiente sin cambiar la dinámica de funcionamiento, este planteamiento es fundamental debido a que está previsto en caso de retorno de material a una de las perchas o estantes.
- El mantenimiento y soporte técnico es un factor importante, puesto que los diseñadores pueden brindar el soporte correspondiente, sin generar mayores contratiempos como sería el caso de un producto de exportación.
- De la misma forma, al comparar un sistema de transporte similares, denominados carretones en donde sus costos son superiores a los 20000 dólares, cabe recalcar que dichos sistemas son aptos para cargas superiores a las 5 toneladas, sin tomar en cuenta que en algunos casos este no incluye las adecuaciones civiles que se deben realizar al interior de la planta. En nuestro caso nuestro sistema se encuentra delimitado propiamente al espacio de trabajo, sin tener que realizar instalaciones civiles adicionales.
- A pesar de que existen productos con características similares inclusive superiores, a un costo menor que bordea los 5500 dólares, nuestro sistema de transporte de carga está enfocado en una necesidad específica de la empresa beneficiaria, dotándole de los recursos necesarios, sin considerar que el equipo comercial probablemente tenga un costo de producción en serie.
- Finalmente, el costo del sistema de transporte propuesto está alrededor de 7695,14\$, un precio que al ser analizado con productos similares o que brinde el mismo servicio, se

concluye que se encuentra en un rango aceptable, considerando que algunos sistemas son estáticos o no se encuentran dentro del mercado local, adicionalmente en ciertos dispositivos es necesario la adecuación de nuevas instalaciones civiles, llegando a aumentar el costo de los este.

11. Recomendaciones.

- Se recomienda en la operación del equipo considerar el peso y la altura máxima que el sistema puede soportar, puesto al sobrecargar excesivamente el sistema y colocarlo en una altura más alta de lo establecido, requerirá un esfuerzo adicional que fuerza al sistema a operar de manera limitada.
- Para dimensionar un sistema de transporte de carga es aconsejable realizarlo de forma modular, debido a que el sistema en algunos momentos se mantiene estático en una estación de trabajo sin carga y ocupa un espacio muy grande.
- La implementación de dispositivos adicionales que apoyen visual y auditiva a visibilizar el dispositivo mientras está en uso, contribuirá con la seguridad industrial de la empresa.
- Finalmente, se recomienda utilizar sensores que detecten obstáculos cuando el sistema de transporte se encuentre en movimiento, con el objetivo de precautelar la salud de los demás operarios y así mantener los estándares de seguridad industrial.

Referencias

ADE (2019). Screw.

ADE-WERK (2021). Mesa elevadora de tijera .

Andrade, A. (2012). Diseño de un sistema automatizado de movilización de laminas semi-elaboradoras entre el área de metal mecánica y las bodegas en la empresa INDUGLOB S.A.

Antonio Miravete (2009). *Transportadores y Elevadores*. Editorial Reverté.

ARTOLAZABAL, J. (2012). HOISTING DEVICE PROVIDED WITH A MECHANICAL INTERLOCKING SYSTEM.

Astrom, K. J. (2006). *Advanced PID Control*. ISA.

Beer, F. P. (2013). *Mecanica de materiales*. Mexico, D.F. : McGraw-Hill Interamericana.

Benjamin C. Kuo (1996). *Sistemas de control automático*. McGraw-Hill Education.

Budynas, R. G. R. G., Nisbett, J. K., y Shigley, J. E. (2019). *Shigley's mechanical engineering design*. McGraw-Hill Education.

Burbano Jaime (2018). Reparación de una Bicicleta Eléctrica.

Carrocerías Cepeda (2021). La Empresa.

Chiasson, J. N. (2005). *Modeling and high performance control of electric machines*. John Wiley.

CROWN (2020). SERIA PTH 50.

Direct Industry (2021). Mesa elevadora de tijera .

Dorf, R. C. y Bishop, R. H. (2005). *Sistemas de Control Moderno*. 10 ed. edición.

Dynalserg, S. (2020). Mesas elevadoras eléctricas de cadena rígida (MHR).

El Comercio (2004). Provincia de Tungurahua lidera fabricacion de carrocerias en Ecuador con 70

El Universo (2016). Ambato tendrá su primer centro carrocerero.

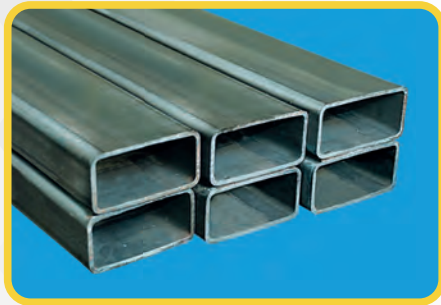
- Espinosa David y Molina Anghelo (2017). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA MOVILIZACIÓN DE AUTOS COLISIONADOS QUE PERMITA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO EN UN TALLER.
- Flexlift Hubgeräte GmbH (2020). Riemenhubtisch RFK:.
- Gowan, W. E. (1961). LIFTING CLAMP .
- Groover, K. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA. ISBN-10: 0-471-74485-9.
- Hangzhou Noelift Equipment (2017). Montacargas amplia de pierna Walkie apiladora elevación eléctrica a horcajadas.
- Hansl, R., Schwingshandl, T., Ensinger, W. y., y Aschauer, H. (2002). Dispositivo de carga y descarga para estanterías.
- HYSTER (2020). J50-60XNL.
- INEN (2015). NTE INEN 1646: DISPOSICIONES ANTROPOMÉTRICAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE MUEBLES . Technical report, Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- James Edmund Corbett (1999). LIFTING DEVICE FOR SLAB, PANEL OR SHEET MATERIALS .
- Jaque Puca, D. G. y Morales Llumán, Á. F. (2010). Propuesta de Reorganización Técnica-Económica de los Procesos de Producción para las Carrocerías: Interprovincial y Bus-Tipo en la Empresa VARMA S.A. de la Ciudad de Ambato.
- Jordán Hidalgo, E. P. y Bonilla Borja, L. G. (2018). Reingeniería del proceso de fabricación de carrocerías bus tipo ca.po.li ix tree en la Empresa Mega Santa Cruz.
- Julius Panero (1996). *LAS DIMENSIONES HUMANAS EN LOS ESPACIOS INTERIORES* . Ediciones G. Gill.
- Kalpakjian, S. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Pearson Educación. ISBN: 970-26-1026-5.
- Katsuhiko Ogata (2010). *INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA* . PRENTICE HALL Hispanoamericana.

- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., y Malhotra, M. K. (2013). *Administracion de operaciones*. Pearson Educacion.
- KRAUS (2008). Scherenhubtisch HTC 2008 .
- Logistral (2021). Estibador Eléctrico Tipo Tijera.
- MÉNDEZ CHAVEZ (2007). SISTEMA ELEVADOR Y POSICIONADOR DE MATERIALES PARA USARSE EN EDIFICACIÓN PARA EL SECTOR, VIVIENDA, TURISMO, INDUSTRIAL, COMERCIAL Y CONSTRUCCIÓN EN GENERAL.
- Norman Nise (2015). *SISTEMAS DE CONTROL PARA INGENIERIA* . Wiley.
- Novodinámica (2021). Mesas Elevadora. Technical report.
- Pareja Aparicio, M. (2010). *Diseño Y Desarrollo De Circuitos Impresos Con KiCAD*. Alfaomega- RC Libros; 1er edición.
- Pazmiño, D. y Dután, V. (2009). Estudio de aceros estructurales para la construcción de carrocerías para buses. Technical report, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Ruda Rafael (2015). ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE OPERACIÓN PARA IZAJE DE CARGA DE LA EMPRESA COLOMBIA CRANE SERVICE RAFAEL RICARDO RUDA SUAREZ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA FACULTAD SECCIONAL DUITAMA 2015.
- Torres Jaime y Chanoluisa Shirley (2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL EN UNA PLANTA DE LLENADO DE TANQUE A ESCALA USANDO UN TRANSMISOR DE NIVEL Y ALGORTIMO PID PARA PRUEBAS EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.
- Varela, J. (2014). "Sistema de Control Automático para el Posicionamiento de una Silla de Ruedas Eléctrica
- WEQ (2020). Motor Eléctrico Monofásico. Technical report, WEQ, Brasil.

ANEXOS

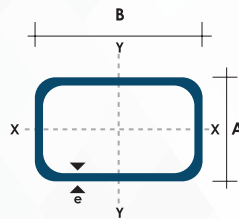
Anexo 1: HOJA DE DATOS DE TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO.

TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR



Especificaciones Generales:

Norma	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o galvanizado
Largo normal:	6.00 m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm x 40mm a 50mm x 150mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 3,00mm



Dimensiones			Peso Kg/m	Área cm ²	Ejes Y-Y			Ejes X-X		
A mm	B mm	Espesor (e) mm			I cm ⁴	W cm ³	i cm	i cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.61	1.30	1.12	0.88	0.88	0.83
20	40	1.5	1.35	1.65	3.26	1.63	1.40	1.09	1.09	0.81
20	40	2.0	1.78	2.14	4.04	2.02	1.37	1.33	1.33	0.79
25	50	1.5	1.71	2.10	6.39	2.56	1.74	2.19	1.75	1.02
25	50	2.0	2.25	2.74	8.37	3.35	1.75	2.80	2.24	1.01
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	1.74	3.99	3.19	0.99
30	50	1.5	1.88	2.25	7.27	2.91	1.80	3.32	2.21	1.21
30	50	2.0	2.41	2.94	9.52	3.81	1.80	4.28	2.85	1.21
30	50	3.0	3.30	4.21	12.78	5.11	1.74	5.66	3.77	1.16
30	70	2.0	3.03	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.48	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	60	1.5	2.29	2.91	14.90	4.97	2.26	7.94	3.97	1.65
40	60	2.0	3.03	3.74	18.08	6.13	2.22	9.81	4.90	1.62
40	60	3.0	4.48	5.41	25.31	8.44	2.16	13.37	6.69	1.57
30	70	1.5	2.34	2.91	18.08	5.17	2.49	4.76	3.17	1.28
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	2.44	5.85	3.90	1.25
30	70	3.0	4.25	5.41	30.50	8.71	2.37	7.84	5.23	1.20
40	80	1.5	2.76	3.74	31.75	7.94	2.91	10.77	5.39	1.70
40	80	2.0	3.66	4.54	37.32	9.33	2.87	12.70	6.35	1.67
40	80	3.0	5.42	6.61	52.16	13.04	2.81	17.49	8.75	1.63
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.99	3.61	25.65	10.26	2.11
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	3.56	35.97	14.39	2.07
50	150	2.0	6.17	7.74	207.45	27.66	5.18	37.17	14.87	2.19
50	150	3.0	9.17	11.41	298.35	39.78	5.11	52.54	21.02	2.15

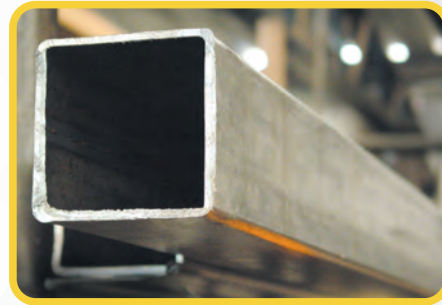
Anexo 2: HOJA DE DATOS TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR.



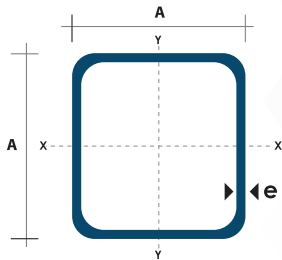
TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

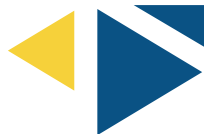
Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1,20mm a 5,00mm



TUBERÍA



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



www.dipacmanta.com

Anexo 3: HOJA DE DATOS PLATINAS.

PERFILES LAMINADOS PLATINAS



Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 115
Calidad:	ASTM A36 - SAE J 403 1008
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Espesores:	3mm a 20mm
Acabado:	Acero negro y galvanizado

PERFILES



Denominación	Dimensiones		Peso		Área
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	A	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00

*Otras calidades, largos y acabados: previa consulta

Anexo 4: HOJA DE DATOS ACERO DE TRANSMISIÓN.

EJES

ACERO DE TRANSMISIÓN

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 1018

Descripción: Es un acero de cementación no aleado principalmente utilizado para la elaboración de piezas pequeñas, exigidas al desgaste y donde la dureza del núcleo no es muy importante.

Aplicaciones: Levas uniones, bujes, pines, pivotes, pernos grado 3.

Largo: 6 mts



EJES

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 05

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

DIMENSIONES

DIÁMETRO

3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

Anexo 5: HOJA DE DATOS RODILLO DE BOLAS .



TRANSPORTE

11 – 14 | Mesas de rodillos de bola

- Las cargas pesadas pueden desplazarse, girarse y orientarse fácilmente
- Ideal para suelos lisos y firmes
- Optimiza el flujo de material en dispositivos de transporte

Altura total: 70 mm. Ø de la bola: 19 mm. Carga útil por bola: 30 kg. Material del tablero de mesa: chapa de acero, galvanizado.

11

Otras anchuras y longitudes de mesa así como mesas de rodillos de bola en modelos especiales a petición.

		11	12	13	14
Anchura de vía	mm	400	500	600	750
Anchura total	mm	440	540	640	790
Ámbito de aplicación		vías de rodillos y de rodillos ligeros	vías de rodillos y de rodillos ligeros	vías de rodillos y de rodillos ligeros	vías de rodillos pesados
División	Longitud				
50 mm	500 mm	Ref. 476 361 6F € 599.-	476 369 6F 749.-	476 377 6F 889.-	476 385 6F 1095.-
50 mm	1000 mm	Ref. 476 365 6F € 1195.-	476 373 6F 1495.-	476 381 6F 1795.-	476 389 6F 2190.-
75 mm	500 mm	Ref. 476 362 6F € 399.-	476 370 6F 499.-	476 378 6F 579.-	476 386 6F 699.-
75 mm	1000 mm	Ref. 476 366 6F € 699.-	476 374 6F 899.-	476 382 6F 1025.-	476 390 6F 1245.-
100 mm	500 mm	Ref. 476 363 6F € 289.-	476 371 6F 329.-	476 379 6F 389.-	476 387 6F 479.-
100 mm	1000 mm	Ref. 476 367 6F € 499.-	476 375 6F 599.-	476 383 6F 699.-	476 391 6F 879.-
125 mm	500 mm	Ref. 476 364 6F € 219.-	476 372 6F 249.-	476 380 6F 299.-	476 388 6F 339.-
125 mm	1000 mm	Ref. 476 368 6F € 369.-	476 376 6F 449.-	476 384 6F 529.-	476 392 6F 619.-



¡Más modelos online!

15 – 26 | Rodillos de bola

- Para trasladar, girar y colocar cargas fácilmente y con poco esfuerzo
- Marcha suave y rodadura precisa
- Velocidad de transporte hasta un máx. de 3 m/s

Material de la carcasa: chapa de acero galvanizado electrolíticamente.

Calcule así el rodillo de bola adecuado en función de la carga:

Peso del producto a transportar / 3 = carga dinámica máx. de un rodillo de bola

A petición también completo de acero inoxidable.

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Modelo de ruedas esféricas	borde	borde	borde	borde, macizo	borde, macizo	borde, macizo	borde, macizo	hundido	hundido	hundido	hundido	hundido
Ø de la bola	mm 15	22	30	15	22	30	45	15	19	25	32	40
Altura total	mm 21	30.5	37	21	30.5	37	53.5	18.5	22	30	36	48.5
Ø de la carcasa	mm 24	36	45	24	36	45	62	22.2	29	38.1	45.5	63
Ø del círculo de orificios	mm							30	35	55.6	58.7	70.2
Ø del borde	mm 31	45	55	31	45	55	75	41.3	49	73	73.8	94.6
Ø de los orificios	mm							3.5	5.1	5.1	5.1	7
Altura de montaje	mm 9.5	10	14	9.5	10	14	19	10.2	10	14.2	16.2	21.2
Orificios de fijación								2	2	3	3	3
Material de la bola												
acero (100Cr6)	Ref. 476 163 6F € 5.29	476 164 6F 9.19	476 165 6F 19.95	476 172 6F 14.49	476 173 6F 19.49	476 174 6F 37.90	476 175 6F 125.-	476 192 6F 9.89	476 193 6F 11.95	476 194 6F 13.95	476 195 6F 17.49	476 196 6F 29.90
acero inoxidable (1.4430)	Ref. 476 169 6F € 9.19	476 170 6F 12.95	476 171 6F 30.90	476 179 6F 19.49	476 180 6F 22.90	476 181 6F 54.90	476 182 6F 159.-	476 202 6F 15.95	476 203 6F 21.90	476 204 6F 24.90	476 205 6F 48.90	476 206 6F 74.90
plástico (POM)	Ref. 476 166 6F € 6.49	476 167 6F 9.89	476 168 6F 28.90	476 176 6F 15.49	476 177 6F 20.90	476 178 6F 48.90		476 197 6F 11.49	476 198 6F 13.49	476 199 6F 19.95	476 200 6F 39.90	476 201 6F 62.90

Envío gratuito en 70.000 artículos

Pedidos 93 467 01 00 / 902 15 16 00

KAISER+KRAFT

171

Anexo 6: HOJA DE DATOS RODILLO METÁLICOS.

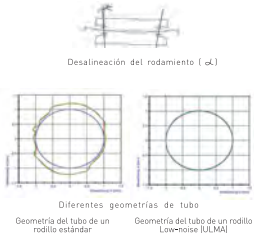
Información técnica

Las variables básicas en el diseño de un rodillo son:

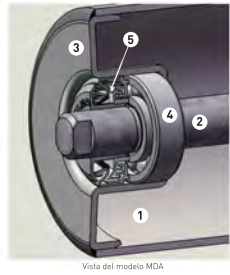
- Selección correcta del diámetro de eje y rodamiento: el eje se apoya en la estructura sobre apoyos libres. El eje, a partir de una determinada carga, flexa haciendo que los rodamientos no trabajen alineados. Desde una desalineación mayor a $0^\circ-10'$ se puede considerar que un rodillo no está bien diseñado.

- Selección de diámetro de tubo para limitar la velocidad rotatoria y el esfuerzo de indentación con la banda. Es necesario, además, seleccionar el tubo con una ovalidad mínima y con un mínimo error de rectitud.

- Tolerancias estrechas de ensamble, para que el rodamiento trabaje de una forma cómoda sin que esté forzado. Perfecta alineación y concentricidad entre componentes.

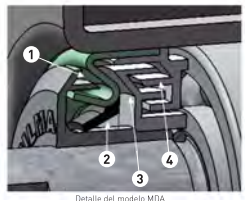


1. Tubo de acero soldado conformado en frío, Material S235JR (otras calidades disponibles) Din 17100 y espesores ISO 1129.
2. Eje fabricado de C15 o C45, Extremos biselados para facilitar el montaje de los rodamientos. Ajuste en la zona de apoyo de rodamiento ISO H6 o j6x.
3. Alojamiento del rodamiento. Se obtienen por embutición, forja o mecanizado dependiendo de las condiciones de trabajo del rodillo. Tolerancia en el ajuste del rodamiento N7-M7.
4. Rodamiento rígido de bolas. Juego interno C3 o C4. Engrasado de por-vida.
5. Obturación patentada. El avanzado diseño del sistema de obturación permite que los rodamientos se mantengan fuertemente protegidos ante incidencias de distintos agentes contaminantes como polvo, agua, etc., a los que pueden estar sometidos los rodillos. El sistema dispone de cuatro barreras de protección que impiden el acceso de contaminantes desde el exterior a cualquier elemento. Asimismo, otro retén posterior protege el rodamiento del efecto de las partículas y condensaciones que pudieran producirse en el interior del rodillo. La geometría del labio retén hace que el aire pueda salir hacia fuera, pero no hacia dentro, debido a la diferencia de presiones. Por otra parte se desliza sobre una superficie de muy baja fricción, haciendo que el rozamiento sea muy bajo y en consecuencia el esfuerzo dinámico del rodillo sea también relativamente bajo.



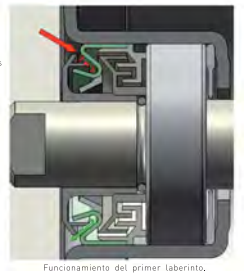
Modelo MDA

1. Primer laberinto. Diseñado para evitar la entrada de contaminantes sólidos y líquidos. Geometría patentada.
2. Retén de contacto. Diseñado para evitar la entrada de contaminantes líquidos y de los sólidos más finos con un rozamiento mínimo, debido a su geometría especial y material del retén. Su geometría permite salidas de flujo de aire debido a los incrementos de presión dentro del rodillo, no así la entrada de aire del exterior, posiblemente contaminado o húmedo.
3. Antecámara del laberinto. Esta cámara está llena de grasa con el fin de atrapar las partículas contaminantes antes de llegar al conjunto de laberintos final.
4. Laberinto interno. Diseñado para la expulsión eficaz de líquidos y sólidos y depositarlos en la antecámara.



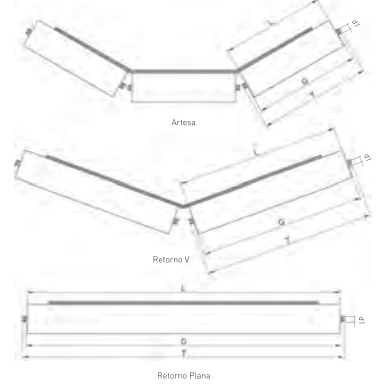
Entrada de contaminantes

Salida de contaminantes



Funcionamiento del primer laberinto.

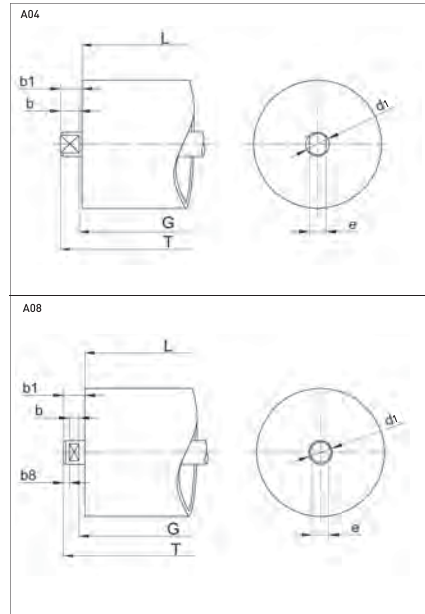
Disposiciones de rodillos



Dimensiones según DIN 15207

Ancho de banda	3 Rollers				2 Rollers				1 Roller			
	L	G	d1-Ø20	d1-Ø20	L	G	d1-Ø20	d1-Ø20	L	G	d1-Ø20	d1-Ø20
400	140	148	186	192	292	298	276	282	500	508	526	532
500	200	208	226	232	315	323	341	347	600	608	626	632
650	250	258	276	282	388	396	414	420	750	758	776	782
800	310	318	341	347	445	453	471	477	900	908	926	932
1000	380	388	406	412	550	558	576	582	1150	1158	1176	1182
1200	445	453	471	477	700	708	726	732	1400	1408	1426	1432
1400	520	528	546	552	800	808	826	832	1600	1608	1626	1632
1600	600	608	626	632	900	908	926	932	1800	1808	1826	1832
1800	670	678	696	702	1000	1008	1026	1032	2000	2008	2026	2032
2000	750	758	776	782	1100	1108	1126	1132	2200	2208	2226	2232
2200	800	808	826	832	1200	1208	1226	1232	2400	2408	2426	2432

Extremos de eje más habituales



Anexo 7: TABLA RESUMEN DE DISEÑO MECÁNICO.

PROPUESTA DE DISEÑO MECÁNICO	
Estructura	
Material Base	Tubos cuadrados y rectangulares
Ancho	1225mm
Altura	600mm
Largo	1750mm extensible hasta 2440mm
Mecanismo de elevación	
Material	Platina Estructural
Mecanismo	Tijeras
Dimensiones	15x100x1850mm
Parámetros de trabajo	
Capacidad máxima	500 Kg
Altura máxima	1550mm
Tornillo de Potencia	
Fuerza	2979,61 N
Diámetro Exterior	25 mm
Diámetro Medio	23,25 mm
Avance	3,3
Número de entradas	2
Rodillo de bolas	
Diámetro de la bola	22 mm
Carga Úril	150 Kg
Material	acero (100Cr6)
Velocidad máx	10 m/s
Diámetro de la carcasa	36 mm

Anexo 8: HOJA DE DATOS BATERÍA.

Motive Power > MARATHON Classic and MARATHON Classic+AIR



Motive Power > MARATHON AQUA and MARATHON AQUA+AIR > Technical Data



MARATHON Classic and MARATHON Classic+AIR

Proven, powerful and reliable

EP2S/EP2B batteries are the ideal energy source for all material handling applications. They can also supply the energy and cycle life required for cleaning machines, tow tractors, mobile lifting platforms, electric road vehicles and electric/hybrid boats.



Technical features

- > Robust lead-acid battery technology with liquid electrolyte
- > Proven tubular plate technology for long cycle life
- > Fully insulated, bolted terminals and connectors
- > DIN and BS sizes according to IEC 60254-2
- > Manufactured in accordance with DIN EN ISO 9001
- > Environmental management in accordance with DIN EN ISO 14001
- > Fully recyclable



Expert tip: +AIR

- Upgrade to MARATHON Classic+AIR!**
- > Air agitation system (EUW) benefits:
 - > Reduces energy and water consumption
 - > Extends service life by reducing chemical stress and temperature rises when charging
 - > Speeds up the charging process and ensures smooth opportunity charging.



6

MARATHON AQUA and MARATHON AQUA+AIR

Technical Data

Type (V/Ah)	Nominal Capacity	Weight	Length (l)	Type (V/Ah)	Nominal Capacity	Weight	Length (l)
Height (mm) 575 mm	(Ah)	(kg)	(mm)	Height (mm) 710 mm	(Ah)	(kg)	(mm)
2EP2S	230 DA	14.5	47	2EP2S	280 DA	17.6	47
2EP2S	280 DA	20.0	55	3EP2S	420 DA	25.0	55
4EP2S	480 DA	35.4	83	4EP2S	580 DA	33.3	83
5EP2S	575 DA	32.4	101	6EP2S	700 DA	40.5	101
6EP2S	690 DA	38.6	119	6EP2S	840 DA	48.2	119
7EP2S	810 DA	44.7	137	7EP2S	960 DA	55.8	137
8EP2S	920 DA	50.8	155	8EP2S	1100 DA	63.8	155

Filled and charged cell weights \pm 5%
Height given \pm 20mm

Specifications for MARATHON EXCELL and MARATHON AQUA

Normal capacity
100 - 1200 Ah
MARATHON EXCELL
230 - 800 Ah
MARATHON AQUA

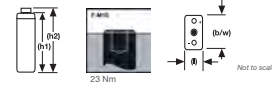
Single cell

Tubular plate

1,500 cycles
acc. to
DIN EN 60254-1/
IEC 60254-1

Recyclable

Dimensions, terminal and torque



19

Anexo 9: HOJA DE DATOS SENSOR DE POSICIÓN.

TTK70S-HXJ0-K02 | TTK70
SISTEMAS LINEALES DE REALIMENTACIÓN DEL MOTOR

TTK70S-HXJ0-K02 | TTK70
SISTEMAS LINEALES DE REALIMENTACIÓN DEL MOTOR



Información sobre pedidos

Tipo	N.º de artículo
TTK70S-HXJ0-K02	1099701

Cinta magnética no incluida en el volumen de suministro
Otros modelos del dispositivo y accesorios → www.sick.com/TTK70



Datos técnicos detallados

Características

Elementos suministrados	Cinta magnética no incluida en el volumen de suministro
--------------------------------	---

Características técnicas de seguridad

Nivel de integridad de seguridad	SIL2 (IEC 61508), SILCL2 (EN 62061) ¹⁾
Categoría	3 (EN ISO 13849)
Índice de demanda máximo	Continua (Señales analógicas)
Performance Level	PL d (EN ISO 13849)
PFH: probabilidad de un fallo peligroso/h	2.02×10^{-8} ²⁾
TM (tiempo de uso)	20 años (EN ISO 13849)
Exactitud orientada a la seguridad	± 25 mm, = ± 1/4 longitud de polo
Paso de medición orientado a la seguridad	0,25 mm

¹⁾ Para más información sobre la configuración exacta de su máquina/instalación, póngase en contacto con su representante de SICK.
²⁾ Los valores indicados hacen referencia a un grado de cobertura de diagnóstico del 90%, que debe alcanzarse mediante el sistema de accionamiento externo.

Rendimiento

Paso de medición	0,244 µm en caso de interpolación de las señales senoidales y cosenoidales con, p. ej., 12 bits
Longitud de medición	≤ 3 920 mm
Resolución	1 µm
Longitud del periodo	1 mm
Velocidad de proceso	≤ 10 m/s. Hasta la cual se puede determinar de forma fiable la posición absoluta 1,3 m/s
Precisión de repetición	< 5 µm
Precisión del sistema	± 10 µm (+20 °C)
Aforo del valor medido	< 10 µm

Interfaz

Interfaz de comunicación	HIPERFACE [®] 2)
Tipo de código	Binario
Memoria disponible	1.792 Byte (E ² PROM 2048)

²⁾ Interfaz SSI descrita en la publicación 8013375.

ENCODERS | SICK

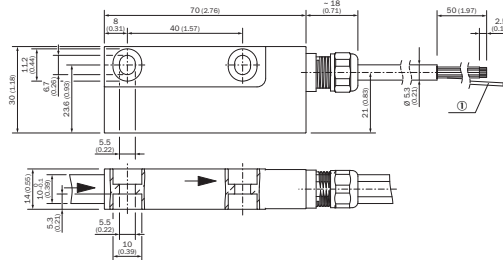
Hoja de datos de producto | 2023.06.21.10-60.05
Sujeto a cambio sin previo aviso

TTK70S-HXJ0-K02 | TTK70
SISTEMAS LINEALES DE REALIMENTACIÓN DEL MOTOR

UNSPSC 16.0901	41111013
----------------	----------

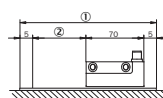
Esquema de dimensiones (Medidas en mm)

Capetal de lectura, cable



© Pantalla

Bedienhinweis



① Longitud de cinta requerida = tramo de medición + 80 mm
② Tramo de medición

ENCODERS | SICK

Hoja de datos de producto | 2023.06.21.10-60.05
Sujeto a cambio sin previo aviso

Datos eléctricos

Tensión de alimentación	7 V DC ... 12 V DC
Tensión de alimentación recomendada	8 V DC
Corriente de servicio	≤ 65 mA (sin carga) ¹⁾
Tipo de conexión	Cable, de 8 hilos, 0,5 m

¹⁾ Durante el proceso de compensación 100 mA aprox.

Datos mecánica

Dimensiones/medidas	Véase el dibujo acotado
Elementos suministrados	Cinta magnética no incluida en el volumen de suministro
Peso	0,08 kg
Materia, cabezal de lectura	Fundición inyectada de zinc

Datos de ambiente

CEM	Según las normas EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3 ¹⁾
Grado de protección	IP67. Con contraconector enchufado (Según IEC 60529)
Rango de temperatura de servicio	-30 °C ... +80 °C
Rango de temperatura de almacenamiento	-40 °C ... +85 °C. Sin embalaje
Humedad relativa permisible	100 %. Admite condensación
Resistencia a choques	30 g, 6 ms (EN 60068-2-27)
Resistencia a las vibraciones	20 g, 10 Hz ... 2.000 Hz (EN 60068-2-6)
Intensidad de campo ambiental máx. permisible	< 3 kA/m ... 4 kA/m (3,8 mT ... 5 mT). Para mantener los valores de precisión ²⁾
Intensidad de campo permitida	< 150 kA/m (< 190 mT), para que la cinta magnética no sufra daños irreversibles

¹⁾ La compatibilidad electromagnética según las normas aplicables queda garantizada cuando el sistema de realimentación del motor se encuentra unido al punto central de tierra del regulador del motor a través de un apantallamiento de cables y se apoye empalmado sobre el potencial del motor a través de la carcasa del encoder. Si se utilizan otros conceptos de apantallamiento, el usuario debe realizar sus propias pruebas.
²⁾ Si aumenta la misma interferencia de campo externo más de 5 µm del valor original (sin interferencias). Este valor se alcanza cuando en el lugar donde se halla el sensor aparece una intensidad de campo de 3 kA/m ... 4 kA/m (3,8 mT ... 5 mT) además de la intensidad de la cinta magnética.

Clasificaciones

ECIRes 5.0	27270705
ECIRes 5.1.4	27270705
ECIRes 6.0	27270705
ECIRes 6.2	27270705
ECIRes 7.0	27270705
ECIRes 8.0	27270705
ECIRes 8.1	27270705
ECIRes 9.0	27270705
ECIRes 10.0	27270705
ECIRes 11.0	27270705
ETIM 5.0	EC002544
ETIM 6.0	EC002544
ETIM 7.0	EC002544
ETIM 8.0	EC002544

ENCODERS | SICK

Hoja de datos de producto | 2023.06.21.10-60.05
Sujeto a cambio sin previo aviso

LO MÁS DESTACADO DE SICK

SICK es uno de los fabricantes líderes de sensores y soluciones de sensores inteligentes para aplicaciones industriales. Nuestro exclusivo catálogo de productos y servicios constituye la base perfecta para el control seguro y eficaz de procesos, para la protección de personas y para la prevención de accidentes y de daños medioambientales.

Nuestra amplia experiencia multidisciplinar nos permite conocer sus necesidades y procesos para ofrecer a nuestros clientes exactamente la clase de sensores inteligentes que necesitan. Contamos con centros de aplicación en Europa, Asia y Norteamérica, donde probamos y optimizamos las soluciones de sistemas específicas del cliente. Todo ello nos convierte en el proveedor y socio en el desarrollo de confianza que somos.

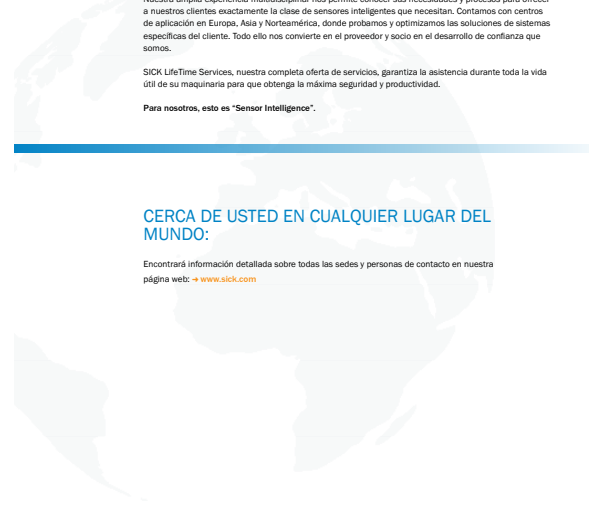
SICK LifeTime Services, nuestra completa oferta de servicios, garantiza la asistencia durante toda la vida útil de su maquinaria para que obtenga la máxima seguridad y productividad.

Para nosotros, esto es "Sensor Intelligence".

CERCA DE USTED EN CUALQUIER LUGAR DEL MUNDO:

Encontrará información detallada sobre todas las sedes y personas de contacto en nuestra página web: → www.sick.com

Hoja de datos de producto



SICK AG | Waldkirch | Germany | www.sick.com

SICK
Sensor Intelligence.

Anexo 10: HOJA DE DATOS TRANSDUCTOR DE PESO.

Force

Compression force transducer Miniature design up to 1,000 N Model F1814



WIKA data sheet FO 51.57

Applications

- Equipment manufacturing, production lines
- Measuring and control systems
- Precision engineering
- Materials testing machinery
- Laboratory

Special features

- Measuring ranges 0 ... 30 N to 0 ... 1,000 N
- Relative linearity error 1% F_{max}
- Stainless steel or aluminium version
- IP65
- Low installation height, easy to install



Miniature compression force transducer, model F1814

Description

The model F1814 miniature compression force transducer, with measuring ranges up to 1,000 N, is particularly suitable for use in areas where installation space is critical.

Due to its very small dimensions and solid construction, this miniature force transducer, manufactured from stainless steel or aluminium, can be used in the widest range of industrial areas, in test facilities and in the laboratory.

Notes

To avoid overloading, it is advantageous to connect the force transducer electrically during assembly and to monitor the measured value.

The measuring force must be introduced through the centre and free of transverse force. When assembling the force transducer, care should be taken that the support surface is flat.

Specifications per VDI/VDE/DKD 2638

Model F1814	
Rated force F_{nom} N	30, 50, 100, 200, 300, 500, 1,000
Relative linearity error d_{lin}	1% F_{nom}
Relative reversibility error v	0.5% F_{nom}
Relative span in unchanged mounting situation b_{sp}	0.5% F_{nom}
Limit force F_L	120% F_{nom}
Breaking force F_B	150% F_{nom}
Material of the measuring body	<ul style="list-style-type: none"> ■ 30 N Aluminium ■ ≥ 50 N Stainless steel
Service temperature range $\theta_{r, a}$	-20 ... +80 °C
Input resistance R_i	1,030 ±80 Ω
Output resistance R_o	1,030 ±80 Ω
Insulation resistance R_{is}	≥ 5,000 MΩ/DC 100 V
Output signal (rated characteristic value) C_{out}	1.0 ±10% mV/V
Electrical connection	Cable G2 × 3,000 mm
Voltage supply	DC 9 V (max. 7 V)
Ingress protection (per IEC/EN 60529)	IP65
Weight	0.1 kg

WIKA data sheet FO 51.57 - 08/2019

Page 1 of 3

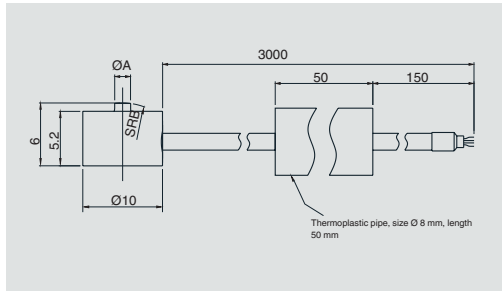


Part of your business

WIKA data sheet FO 51.57 - 08/2019

Page 2 of 3

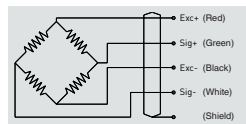
Dimensions in mm



Rated force in N	Dimensions in mm	
	a/A	B
30	1	8
50, 100	1.5	5
200, 300	2	8
500, 1,000	2.5	10

Pin assignment

Electrical connection	
Excitation voltage (+)	Red
Excitation voltage (-)	Black
Signal (+)	Green
Signal (-)	White
Shield	Shield



© 2019 WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG, all rights reserved.
The specifications given in this document represent the state of engineering at the time of publishing.
We reserve the right to make modifications to the specifications and materials.

WIKA data sheet FO 51.57 - 08/2019

Page 3 of 3



WIKA Alexander Wiegand SE & Co. KG
Alexander-Wiegand-Strasse 30
83111 Klingenberg/Germany
Tel. +49 8722 132-0
Fax. +49 8722 132-400
info@wika.com
www.wika.com

Anexo 11: TABLA RESUMEN DE DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.

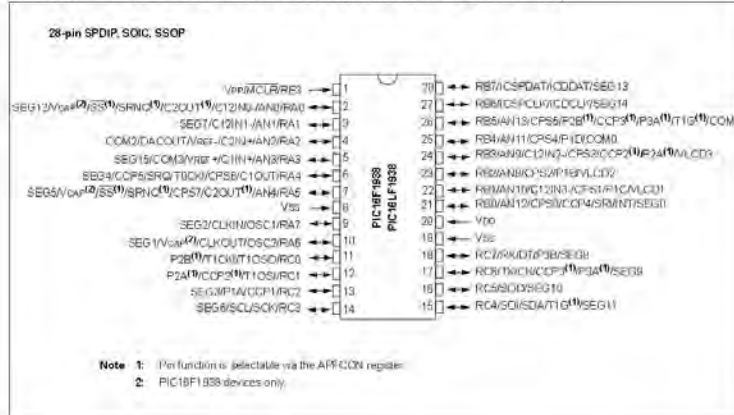
PROPUESTA DE DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	
Suministro de energía	
Batería	24V 1800 Ah
Peso	153 Kg
Cargador	Monofásico 60Ah
Dimensiones	610x193x618mm
Parámetro de operación del motor	
Potencia	100W
Velocidad de entrada	3000 RPM
Velocidad de salida	40 RPM
Torque de salida	15 Nm
Voltaje de operación	12/24V
Sensor de posición	
Modelo	CRD-400N-R
Tipo	Retro-reflectivo
Alcance	0.01 a 4m
Voltaje	10 a 30 VDC
Consumo de corriente	25 mA
Transductor de fuerza de compresión	
Tipo	F1814
Fuerza	1kN
Material	Aluminio (Stainless steel)
Dirección de fuerza	Compresión
Microcontrolador	
Modelo	PIC16F1939
Voltaje-Suministro VCC	1.8 - 5.5V
Número de pines	40
Tipo de oscilador	Interno
Entrada/Salidas	36
Velocidad	32 MHz
Conectividad	I ² C, LINbus, SPI, UART/USART

Dispositivos adicionales	
Driver Inversor de giro	SI
Señalización luminosa	SI (Balizas)
Final de carrera	SI

Anexo 12: HOJA DE DATOS DEL MICROCONTROLADOR.

PIC16(L)F1938/9

Pin Diagram – 28-Pin SPDIP/SOIC/SSOP (PIC16F1938, PIC16LF1938)



CONFIDENCIAL