



Diseño e implementación de un sistema mecatrónico para el control de inventario y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web

Open-Source para la empresa TAIMEC CIA. LTDA.

Salazar Vaca, Juan Carlos

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica

Msc. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

02 de febrero del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL CONTROL DE INVENTARIO Y MONITOREO DE ENTRADA Y SALIDA DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZANDO UN SERVIDOR WEB OPEN SOURCE PARA LA EMPRESA TAIMEC CIA. LTDA.**”, fue realizado por el señor **Salazar Vaca, Juan Carlos**, el cual ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 02 de febrero del 2022



Firmado electrónicamente por:
ANDRES MARCELO
GORDON GARCES

.....
Msc. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

C.C.: 180369880-0

COPYLEAKS

TESIS_Juan Carlos Salazar.pdf

Scanned on: 14:57 February 8, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	519
Words with Minor Changes	288
Paraphrased Words	265
Ommited Words	0



Firmado electrónicamente por:

**ANDRES MARCELO
GORDON GARCES**

.....
Msc. Gordón Garcés, Andrés Marcelo

C.C.: 180369880-0



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Salazar Vaca, Juan Carlos** con cédula de ciudadanía N° 1716529589, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL CONTROL DE INVENTARIO Y MONITOREO DE ENTRADA Y SALIDA DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZANDO UN SERVIDOR WEB OPEN SOURCE PARA LA EMPRESA TAIMEC CIA. LTDA."**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 02 de febrero del 2022

Salazar Vaca, Juan Carlos

C.C.: 171652958-9



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Salazar Vaca, Juan Carlos**, con cédula de ciudadanía N°1716529589, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL CONTROL DE INVENTARIO Y MONITOREO DE ENTRADA Y SALIDA DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES UTILIZANDO UN SERVIDOR WEB OPEN SOURCE PARA LA EMPRESA TAIMEC CIA. LTDA."**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 02 de febrero del 2022

Salazar Vaca, Juan Carlos

C.C.: 171652958-9

Dedicatoria

Dedico el siguiente trabajo de titulación a mis padres y hermanos, quienes me han ayudado en todas las etapas de mi vida y formación académica. A mis familiares quien me han dado una mano para alcanzar mis sueños y metas. A mis amigos y enamorada los cuales me motivaron a no rendirme y brindarme su ayuda cuando más lo necesitaba.

Juan Carlos

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a mis padres José Salazar y Yolanda Vaca por la salud, educación y felicidad que me han brindado a lo largo de mi vida, han hecho un gran trabajo. A mis hermanos José Julián y María Gabriela, por brindarme sabiduría, risas y momentos inolvidables. Agradezco a mis tíos y abuelos por cuidar de mí y estar atentos en todo momento en mi trayectoria académica. Mis amigos Erick, Andrés, Polo, Ronnie y Mishell quienes me han brindado su ayuda para seguir adelante. A mi enamorada Brigitte por su comprensión, ayuda y hacer de Latacunga un lugar especial. Finalmente agradezco a la Empresa TAIMEC y a mi tutor académico por darme la oportunidad de cumplir este maravilloso sueño.

Juan Carlos

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido	3
Autoría de responsabilidad	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras	13
Resumen.....	16
Abstract	17
Generalidades	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema	20
Descripción resumida del proyecto.....	21
Justificación e importancia.....	22
Objetivos	23
<i>Objetivo general.....</i>	24
<i>Objetivos específicos.....</i>	24

Hipótesis	24
Fundamentación e Investigación Teórica.....	25
Introducción.....	25
Banda Transportadora.....	25
<i>Definición y Funcionamiento</i>	25
<i>Bandas Transportadoras en la Industria</i>	26
<i>Ventajas y Desventajas</i>	26
Arquitectura LAMP.....	27
<i>Definición</i>	27
<i>Categorización</i>	27
Arquitectura Cliente-Servidor.....	28
Almacenamiento de Datos	29
<i>Definición</i>	29
<i>Importancia</i>	29
<i>Tipos de Almacenamiento de Datos Empresariales</i>	30
<i>Gestores de Bases de Datos Usados Mundialmente</i>	31
Codificación de Barras Bidimensionales.....	32
Front End.....	34
<i>Definición</i>	34
<i>Importancia en Sitios Web</i>	34
Back End.....	35

<i>Definición</i>	35
<i>Importancia en Sitios o Aplicaciones Web</i>	35
Automatización de Procesos Industriales	36
<i>Importancia de la Automatización Industrial</i>	36
Revolución Industrial	37
<i>Definición</i>	37
<i>Origen</i>	38
<i>Causas</i>	38
<i>Características de la Revolución Industrial</i>	38
<i>Industrial 4.0</i>	39
<i>Internet de las Cosas (IoT)</i>	40
Estado Actual de la Técnica	40
Diseño de la Banda Transportadora	43
Generalidades	75
Implementación del Subsistema Mecánico	76
<i>Construcción de la Banda Transportadora</i>	76
Implementación del Subsistema Electrónico	81
<i>Construcción del tablero eléctrico</i>	81
<i>Construcción del circuito electrónico</i>	82
<i>Esquema Eléctrico</i>	84
Implementación del Subsistema Control	84

<i>Instalación de la arquitectura LAMP</i>	85
<i>Implementación de la Aplicación Web</i>	87
Desarrollo del código del Sistema mecatrónico	95
<i>Conexión mediante protocolo SSH Raspberry Pi</i>	95
<i>Programación de la Tarjeta de Control</i>	99
Manual de usuario	99
Pruebas y Resultados	100
Validación de Hipótesis	100
<i>Hipótesis</i>	100
<i>Variables de la investigación</i>	100
<i>Comprobación de la hipótesis</i>	100
<i>Comprobación de Hipótesis utilizando Chi- Cuadrado</i>	103
Conclusiones	107
Recomendaciones	108
Bibliografía	110
Glosario de términos	115
Anexos	117

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Secciones de conductores, instalación y aislamiento.</i>	60
Tabla 2	<i>Equivalencias MM - AWG</i>	60
Tabla 3	<i>Temperatura de los conductores de cobre y aluminio</i>	61
Tabla 4	<i>Criterios para controlador del sistema (1 lo mejor, 0 lo peor.)</i>	63
Tabla 5	<i>Selección del controlador del sistema (3 lo mejor, 1 lo peor.)</i>	63
Tabla 6	<i>Calificaciones de la selección del controlador.....</i>	64
Tabla 7	<i>Especificaciones Técnicas Raspberry Pi 3B+</i>	65
Tabla 8	<i>Especificaciones Técnicas Módulo Relé</i>	66
Tabla 9	<i>Especificaciones Técnicas Convertidor bidireccional TTL</i>	67
Tabla 10	<i>Ranking de servidores web más utilizados.</i>	67
Tabla 11	<i>Criterios para el Servidor Web del Sistema (1 lo mejor, 0)</i>	68
Tabla 12	<i>Selección del controlador del sistema (3 lo mejor, 1 lo peor.)</i>	69
Tabla 13	<i>Calificaciones del Servidor Web.</i>	69
Tabla 14	<i>Selección del Servidor Web.</i>	69
Tabla 15	<i>Presupuesto del Sistema Mecatrónico.</i>	73
Tabla 16	<i>Tiempos de salida de equipos pedidos por trabajadores.....</i>	101
Tabla 17	<i>Tiempos de salida de herramientas utilizando el sistema MCT.102</i>	

Índice de figuras

Figura 1	<i>Modelo Cliente Servidor.....</i>	28
Figura 2	<i>Código QR.....</i>	32
Figura 3	<i>Código BIDI.....</i>	33
Figura 4	<i>Código Datamatrix.....</i>	34
Figura 5	<i>Automatización Industrial.....</i>	37
Figura 6	<i>La Cuarta Revolución Industrial.....</i>	39
Figura 7	<i>Internet de las Cosas (IoT).....</i>	40
Figura 8	<i>Fabricación y etiquetado de inyectores BOSCH.....</i>	41
Figura 9	<i>Transporte y ensamblado de inyectores BOSCH.....</i>	42
Figura 10	<i>Cara superior e inferior del armazón.....</i>	44
Figura 11	<i>Simulación estática banda transportadora.....</i>	45
Figura 12	<i>Simulación estática del tambor con su respectivo eje.....</i>	46
Figura 13	<i>Análisis de tensiones en las patas soldadas del armazón.....</i>	47
Figura 14	<i>Especificaciones de la viga "G".....</i>	50
Figura 15	<i>Simulación de desplazamientos de la banda transportadora.....</i>	49
Figura 16	<i>Calculadora de rodamientos.....</i>	50
Figura 17	<i>Fórmula para calcular la fuerza tangencial de los rodillos.....</i>	51
Figura 18	<i>Lonas sintéticas o termoplásticas.....</i>	54
Figura 19	<i>Dimensiones del motorreductor SEW WA20/T DRS71S4.....</i>	55
Figura 20	<i>Dimensiones de chavetas mediante la norma DIN 6885.....</i>	56
Figura 21	<i>Contactador Schuh ca7-9-10.....</i>	58

Figura 22	<i>Método de instalación de referencia.....</i>	59
Figura 23	<i>Selección de la tarjeta controladora.....</i>	64
Figura 24	<i>Bases de datos más utilizadas en 2021</i>	70
Figura 25	<i>Diseño preliminar del sistema mecatrónico.....</i>	72
Figura 26	<i>Arquitectura General del Sistema Mecatrónico.</i>	75
Figura 27	<i>Generación del código G y corte de las piezas a utilizar</i>	76
Figura 28	<i>Cortadora Plasma CNC Hypertherm 105.....</i>	77
Figura 29	<i>Soldadura del rodillo con su respectivo eje y donas</i>	78
Figura 30	<i>Soldadura de estabilizadores, tambores y chumaceras.....</i>	78
Figura 31	<i>Soldadura de las Patas al Armazón.....</i>	79
Figura 32	<i>Mecanizado del tambor para acoplar el motorreductor trifásico .</i>	79
Figura 33	<i>Aplicación del “Primer” y de los colores empresariales.....</i>	80
Figura 34	<i>Finalización del subsistema mecánico</i>	81
Figura 35	<i>Construcción del tablero eléctrico.....</i>	82
Figura 36	<i>Esquema del circuito electrónico.</i>	82
Figura 37	<i>Circuito electrónico para el control automático de la banda.</i>	83
Figura 38	<i>Ensamble del Subsistema Electrónico.</i>	84
Figura 39	<i>Instalación del servidor web Apache.</i>	85
Figura 40	<i>Instalación del gestor de base de datos MariaDB.....</i>	85
Figura 41	<i>Instalación del lenguaje de programación de alto nivel PHP</i>	86
Figura 42	<i>Instalación de la herramienta PhpMyAdmin.....</i>	87
Figura 43	<i>Inicio de sesión del sistema mecatrónico.</i>	87

Figura 44	<i>Interfaz De Inicio Del Sistema Mecatrónico.....</i>	88
Figura 45	<i>Gestión de inventario de equipos y herramientas.....</i>	89
Figura 46	<i>Gestión de consumibles y materiales</i>	90
Figura 47	<i>Gestión de empleados</i>	91
Figura 48	<i>Formulario de usuarios del sistema mecatrónico.....</i>	92
Figura 49	<i>Formulario de salida de materiales del sistema mecatrónica</i>	93
Figura 50	<i>Interfaz del control de la banda transportadora.....</i>	94
Figura 51	<i>Diseño de etiquetas.....</i>	94
Figura 52	<i>Creación del archivo ssh.....</i>	96
Figura 53	<i>Instalación de la Extensión Remote – SSH.....</i>	97
Figura 54	<i>Conexión a un Host para realizar la conexión remota</i>	97
Figura 55	<i>Conexión remota al Raspberry Pi 3B+</i>	98
Figura 56	<i>Últimos pasos para la configuración del protocolo ssh.</i>	98
Figura 57	<i>Conexión con la base de datos mediante php.</i>	99
Figura 58	<i>Comparativa de frecuencias observadas.</i>	103
Figura 59	<i>Tabla de distribución de chi-cuadrado crítico.....</i>	104
Figura 60	<i>Tabla de frecuencias esperadas de salida de herramientas.....</i>	105
Figura 61	<i>Chi-cuadrado calculado.</i>	106

Resumen

En el presente trabajo de titulación se ha diseñado e implementado un sistema mecatrónico para el control de inventario y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales en la bodega de la empresa TAIMEC utilizando un servidor web open source llamado Apache con el fin de almacenar en una base de datos llamada MariaDB, las herramientas, equipos y consumibles que se encuentren en inventario, del mismo modo se enviarán reportes para que puedan ser publicados hacia los superiores de la empresa. Este sistema está integrado por una cinta transportadora que suministra los materiales a la bodega, una aplicación web que se encarga de almacenar y gestionar el movimiento que se encuentre en la bodega a través de la arquitectura LAMP, el cual utiliza una licencia libre. Además, se ha desarrollado una interfaz sencilla e intuitiva, que permite el ingreso y salida de los materiales adquiridos por la empresa, el cual la aplicación web también generará una identificación para que sea más fácil el reconocimiento y etiquetado de los materiales. Con el fin de reducir tiempos muertos, de producción y mantenimiento. Al ser un sistema de bajo costo abre las puertas para futuras mejoras e investigaciones en el área de la automatización.

Palabras clave:

- **ARQUITECTURA LAMP**
- **CINTA TRANSPORTADORA**
- **BASE DE DATOS**
- **APLICACIÓN WEB**
- **SERVIDOR WEB**

Abstract

In the present titling work, a mechatronic system has been designed and implemented for inventory control and input and output monitoring of tools and materials in the warehouse of the TAIMEC company using an open-source web server called Apache in order to store in a database called MariaDB, the tools, equipment and consumables that are in inventory, in the same way reports will be sent so that they can be published to the superiors of the company. This system is made up of a conveyor belt that supplies the materials to the warehouse, a web application that is responsible for storing and managing the movement found in the warehouse through the LAMP architecture, which uses a free license. In addition, a simple and intuitive interface has been developed, which allows the entry and exit of the materials acquired by the company, which the web application will also generate an identification to make it easier to recognize and label the materials. In order to reduce downtime, production and maintenance. Being a low-cost system, it opens the doors for future improvements and research in the area of automation.

Keywords:

- **LAMP ARCHITECTURE**
- **CONVEYOR BELT**
- **DATABASE**
- **WEB APPLICATION**
- **WEB SERVER**

Capítulo I

1. Generalidades

1.1. Introducción

Las organizaciones recopilan datos de múltiples fuentes, y su capacidad de recopilar esa información está aumentando gracias a los dispositivos de internet de las cosas (IoT), todos esos datos deben almacenarse de manera segura y accesible. (HostDimeBlog, 2020)

Los sistemas de almacenamiento de datos tienen una gran relevancia a nivel empresarial y se consideran como una de las mayores aportaciones que ha dado la informática a las empresas. En la actualidad cualquier organización que se valore, por pequeña que sea, debe contar con una Base de Datos, ya que una gestión adecuada permitirá una eficacia, rapidez y agilidad en los procesos empresariales. (datacentric , 2015)

Por ello el siguiente sistema mecatrónico ayudará a la empresa TAIMEC a controlar la recepción de materiales comprados, realizando un inventario y monitoreo de manera eficaz. Así se garantizará la protección, el almacenamiento de datos y el bajo coste de utilizar mano de obra para transportar materiales gracias a la cinta transportadora.

1.2. Antecedentes

El transporte de materiales, herramientas, materia prima y diversos productos fue un tema que presenta un reto en el ingenio del hombre. Para ello se han

desarrollado diversas formas como el transporte de cintas o bandas transportadoras por la razón que esos elementos no son muy complejos y su funcionamiento es muy práctico, en condiciones de trabajo presentan pocos problemas mecánicos y de mantenimiento. Su principal objetivo es recibir un producto de forma continua para llevarlo a su destino.

En el año 1795 se utilizaron las primeras bandas transportadoras para el transporte de materiales para elementos de materia prima como el carbón, madera y relacionados con la industria minera, sus elementos principales era una banda que normalmente se fabricaba de cuero y se deslizaba por encima de una tabla, gracias a ello se conseguía mover cantidades grandes de material de manera eficiente. (Molinero Cía. Ltda., 2020)

Por otro lado, uno de los recursos valiosos de las empresas es la información que estas manejan, constantemente se busca la necesidad de mejorar las condiciones empresariales y de mejorar en los procesos de la industria, esto ha determinado que las empresas dependan mucho de la tecnología, con esto surge la necesidad de renovar sistemas de almacenamiento o inventarios, digitalizar registros de actividades y automatizar procesos.

En el caso de servidores web está estrechamente ligado al físico informático británico Tim Berners-Lee, en 1989 sugirió el intercambio de información en el CERN (Organización Europea para la investigación Nuclear) con el motivo de realizar un sistema de hipertexto más fácil y rápido. Con la ayuda de Robert Cailliau en 1990, presentaron su primer servidor web llamado "CERN HTTPD", asimismo surgió el primer navegador web y los elementos básicos de internet como HTML y HTTP. (IONOS,

2019)

Para aumentar la eficiencia estructural del tratamiento electrónico de los datos, por la década de los 60 se ha ido construyendo el concepto de base de datos como una capa intermedia entre un software y una aplicación. Así la idea formar un sistema de base de datos electrónicos se ha ido solidificando como una de las innovaciones más relevantes para el almacenamiento de información de una empresa. (IONOS, 2019)

1.3. Planteamiento del problema

La empresa TAIMEC CIA. LTDA debido al impacto económico que ha dejado el COVID-19 en el Ecuador, actualmente no dispone de un sistema de recepción de materiales y control de inventario, en el cual consiste en recibir grandes pedidos de herramientas de mantenimiento, consumibles y equipos.

La bodega de la empresa cuenta con más de 100 herramientas y equipos, las cuales se dividen en 3 tipos de categorías: consumibles, herramientas de mantenimiento y equipos. Los consumibles son herramientas que se desgastan a medida que se usan como por ejemplo los electrodos, discos de corte, brocas, etc. Materiales o herramientas de mantenimiento son herramientas que necesita el personal técnico de la empresa como por ejemplo dados, pinzas de electrodos, taladro, brocas, etc. Por último, están los equipos, los cual son sumamente costosos como por ejemplo las soldadoras de plasma, motores trifásicos industriales, equipos domóticos, inversores, PLC, entre otros.

Luego el bodeguero recibe los materiales y realiza un inventario de manera manual para después llevarlo a una hoja de cálculo. Al momento de requerir el personal técnico dichos materiales, el bodeguero debe imprimir una hoja de registro en la cual el personal anota su nombre, fecha y material solicitado. Han ocurrido malentendidos

donde dichos registros desaparecen, de igual manera las herramientas cuyo valor económico es elevado.

Esto ha perjudicado a la economía de la empresa, viendo la necesidad de implementar un sistema que facilite el proceso de adquisición de datos, una estación de control de entrada y salida de herramientas y materiales. Y por último el monitoreo de inventario que se encuentra en la bodega de manera remota con una aplicación web, pero dichos servicios de bases de datos o softwares que se encuentran en el mercado están con un coste mensual. Por ello se han visto a la necesidad de un tesista que cumpla con los alcances requeridos.

1.4. Descripción resumida del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema mecatrónico para el control de inventario y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales en la bodega de la empresa TAIMEC utilizando un servidor web Open Source que permita almacenar en una base de datos los productos o materiales que se encuentren en inventario y pueda ser visualizado por los superiores de la empresa.

Se llevará un inventario de los insumos que se encuentran en la bodega, finalizado esto se realizará una investigación bibliográfica para determinar los parámetros de diseño del sistema mecatrónico en la cual abarcará: selección de materiales de la banda transportadora, sistema electrónico, aplicación web, bases de datos, entre otros. Determinando cual solución abaratará costos y se ajuste a las necesidades de la empresa.

Para el cumplimiento de dicho objetivo se plantea en primera instancia una banda transportadora que permita el paso de material desde el camión de descarga hasta la bodega y viceversa, para la identificación de cada material se los unirá por categorías y cada herramienta tendrá un código.

Para el ingreso de materiales el bodeguero con la ayuda de la aplicación web almacenará los productos que vayan entrando a la bodega en su respectiva categoría, estos productos se almacenarán en una base de datos. Si el personal gerencial desea observar los movimientos se están realizando en el inventario lo puede realizar de manera remota o mediante reportes diarios.

Cuando el personal técnico desee las herramientas, tendrán que solicitar al bodeguero, el bodeguero escaneará la herramienta y la identificación del solicitante, esa información se registrará en la aplicación web, indicando la hora y fecha de la actividad. Así se mantendrá un registro de cada movimiento que se esté realizando en la bodega.

Finalizado el proyecto se realizarán pruebas de validación de hipótesis planteada para determinar la factibilidad del sistema mecatrónico si cumple o no con los requisitos o alcances que propuso la empresa TAIMEC.

1.5. Justificación e importancia

Llevar un inventario de manera manual de materiales costosos que adquiera una empresa puede ser delicado por posibles pérdidas y malentendidos en la cual la importancia de implementar un sistema mecatrónico para el control de inventario y

monitoreo de datos permitirá una mejor organización en la entrada y salida de insumo para el personal de la industria.

Implementando el sistema mecatrónico, la adquisición de los materiales se realizará mediante una banda transportadora con su respectiva lógica cableada. En la salida de material, el personal técnico deberá solicitar al bodeguero el modelo específico de la herramienta o material de acuerdo con la necesidad de trabajo asignado, el bodeguero verifica su identidad, luego revisaría en la base de datos la disponibilidad en el servidor web, escanearía el producto deseado y lo entregaría al personal técnico.

Todos los movimientos que se realicen en la bodega serán registrados en la base de datos con una aplicación web, donde permitirá un control de personal y materiales. Gracias a la implementación de un servidor web la gerencia visualizará en cualquier lugar los reportes en tiempo real de la bodega permitiendo así un control de inventario fiable, rápido y eficiente.

El sistema mecatrónico ayudará a la empresa TAIMEC a controlar la recepción de materiales comprados y realizar inventarios de manera eficaz. Evitando la pérdida de herramientas y materiales el cual normalmente ocurre, así se garantizará la protección, el almacenamiento de datos y el bajo coste de utilizar mano de obra para transportar los materiales.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

- Diseñar e implementar un sistema mecatrónico para el control de inventario y monitoreo de datos utilizando un servidor web open source para la empresa TAIMEC Cía. Ltda.

1.6.2. Objetivos específicos

- Investigar y recolectar información sobre servidores web open source, bases de datos, monitoreo remoto y bandas transportadoras.
- Etiquetar cada herramienta mediante un código de identidad para el óptimo uso de la aplicación web.
- Diseñar y construir una cinta transportadora para el control de entrada y salida de herramientas y materiales.
- Programar una aplicación web para crear una interfaz gráfica donde se proporcionará los movimientos del inventario.
- Generar un sistema de reportes diario de las actividades ocurridas en la bodega.
- Realizar pruebas de funcionamiento para validación de hipótesis.

1.7. Hipótesis

¿El diseño e implementación de un sistema mecatrónico permitirá el control y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source?

Capítulo II

2. Fundamentación e Investigación Teórica

2.1. Introducción

En el presente capítulo se explican los conceptos utilizados para el desarrollo de este sistema mecatrónico de control de inventario y monitoreo a través de un servidor web open source.

El transporte de materiales, herramientas, materia prima y diversos productos fue un tema que presenta un reto en el ingenio del hombre. Para ello se han desarrollado diversas formas como el transporte por cintas o bandas transportadoras con la razón que dichos elementos no son muy complejos y su funcionamiento es muy práctico.

Por otro lado, el almacenamiento de datos es uno de los recursos más valiosos para las empresas, constantemente se busca la necesidad de mejorar reducir tiempo y automatizar procesos. Esto ha determinado que las empresas busquen la necesidad en recurrir con frecuencia a la tecnología para mejorar los inventarios, digitalizar las actividades y automatizar procesos.

2.2. Banda Transportadora

2.2.1. *Definición y Funcionamiento*

La banda transportadora es el elemento flexible encargado de transportar los materiales desde el punto de carga de la cinta hasta el otro extremo donde se realiza la descarga del material transportado. Existen numerosos tipos de bandas transportadoras

en el mercado, cada uno adaptado al tipo de material a transportar y de las condiciones de trabajo de la cinta. (Ingemecánica, s.f.)

Su funcionamiento básicamente consiste en hacer girar dos tambores adherido a una cinta flexible mediante el accionamiento de un motor, permitiendo el desplazamiento del producto de un lugar a otro. Dichos elementos descansan sobre una estructura llamada bastidor el cual sirve de soporte y de guía. (Fuentes Ocejo, 2017)

2.2.2. Bandas Transportadoras en la Industria

En las empresas siempre se ha buscado la eliminación de tiempo de producción, esto ha llevado a buscar herramientas que permitan una productividad lineal y constante ya que según (Molinero, 2020) indica: “Las Bandas Transportadoras han permitido la automatización de los sistemas de transporte de productos y materias prima haciendo que la producción sea mucho más eficiente y se ha convertido en factor crucial para los tiempos en la línea de producción”.

2.2.3. Ventajas y Desventajas

a. Ventajas

- Capacidad de cubrir grandes distancias
- Capacidad de adaptarse y operar en diferentes terrenos y ambientes
- Adaptable con ángulos de inclinación según la necesidad que requiera la aplicación
- Reduce la mano de obra
- No altera el producto transportado
- Fácil mantenimiento e intercambiabilidad de piezas dependiendo de la aplicabilidad

b. Desventajas

- Al ser lineal el transporte puede detener toda la producción.

- Para su funcionamiento es necesario energía eléctrica.

2.3. Arquitectura LAMP

2.3.1. Definición

Se denomina LAMP a un grupo de software de código libre que se instala normalmente en conjunto para habilitar un servidor para alojar sitios y aplicaciones web dinámicas. Su acrónimo se basa en el sistema operativo Linux con un servidor web Apache, el almacenamiento de datos se almacena como una base de datos MySQL o MariaDB y con contenido dinámico es procesado por PHP. (López, 2017)

2.3.2. Categorización

- **Linux**

Es un sistema operativo semejante a Unix, de código abierto y desarrollado por una comunidad de programadores, es la columna vertebral de la arquitectura LAMP. (Ciberaula, 2019)

- **Apache**

Es uno de los servidores más utilizados del mundo. Sirve a más de la mitad de los sitios web en internet. Ofrece un amplio soporte con su comunidad bien desarrollada. Funciona utilizando HTTP para procesar solicitudes y transmitir información a través de internet. (Reclu IT, 2020)

- **MariaDB**

Es un sistema de gestión de bases de datos derivado de MySQL con licencia GPL (General Public License). Está desarrollado por Michael Widenius (fundador de MySQL) y la comunidad de desarrolladores de software libre. Tiene una alta

compatibilidad con MySQL ya que posee las mismas órdenes, interfaces, Apis y bibliotecas, siendo su objetivo poder cambiar un servidor por otro directamente.

- **PHP**

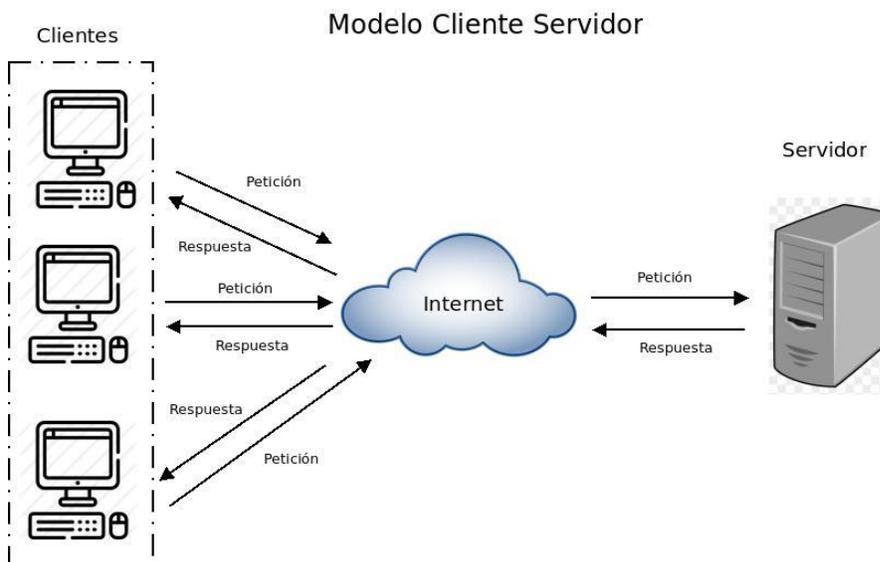
Se trata de un lenguaje de programación de uso general de código del lado del servidor originalmente diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Es el módulo más popular de Apache entre las computadoras que utilizan Apache como servidor web. Permite la conexión a diferentes servidores de bases de datos tanto SQL como NoSQL tales como MySQL, PostgreSQL, Oracle, SQLite, etc.

2.4. Arquitectura Cliente-Servidor

Según (Schiaffarino, 2019) menciona que “En esta arquitectura el cliente suele ser estaciones de trabajo que solicitan varios servicios al servidor, mientras que un servidor es una máquina que actúa como depósito de datos y funciona como un sistema gestor de base de datos.” Por lo tanto, es un modelo antiguo pero que en la actualidad se sigue utilizando por su confiabilidad y versatilidad.

Figura 1

Modelo Cliente Servidor



Nota. Representa a la arquitectura o modelo el cual diversos dispositivos se conectan a una página web para adquirir información que posee el servidor mediante el método de petición y respuesta. El servidor posee una base de datos para gestionar todos los movimientos que se genere dentro de una empresa dependiendo de la aplicación web.

Tomado de (Schiaffarino, 2019)

2.5. Almacenamiento de Datos

2.5.1. Definición

Las organizaciones recopilan datos de múltiples fuentes, y su capacidad de reunir toda esa información está aumentando gracias a los dispositivos del internet de las cosas (IoT), todos esos datos se almacenan de manera segura y accesible en una base de datos para guardar los movimientos que se genere dentro de una empresa (Eulises Ortiz, 2020).

2.5.2. Importancia

Las Bases de Datos tienen una gran relevancia a nivel empresarial y se consideran como una de las mayores aportaciones que ha dado la informática a las empresas. En la actualidad cualquier organización que se precie, por muy pequeña que sea, debe contar con una base de datos ya que las principales utilidades que esta ofrece son las siguientes.

- Agrupar y almacenar todos los datos de la empresa en un único lugar.
- Facilitar que se compartan los datos entre los diferentes miembros de la empresa.
- Evitar la redundancia y mejorar la organización de la agenda

Si una base de datos se gestiona adecuadamente, la organización obtendrá

diferentes ventajas. Aumentará su eficiencia en la obtención de datos y recursos, habrá trabajos que se realicen con mayor rapidez y agilidad debida a la simplificación de estos disminuyendo el uso de softwares anticuados para la gestión de información empresarial. (datacentric , 2015)

2.5.3. Tipos de Almacenamiento de Datos Empresariales

Según (HostDimeBlog, 2020) son cuatro los tipos de almacenamiento para la gestión de empresas, los cuales son.

- En las instalaciones (On-premise)

Involucra servidores que son propiedad y están administrados por la propia organización. Para empresas más grandes, estos servidores podrían estar ubicados en un centro de datos privados, el cual consiste en un puñado de máquinas ubicadas en una sala de datos dedicada en una oficina.

- Nube Pública

Para muchas empresas pequeñas y medianas, puede que no tenga mucho sentido invertir en hardware costoso para almacenar datos. La migración de todas sus operaciones de datos va dirigidos a un proveedor de nube pública ya sea a través de una estrategia de elevación y cambio o una migración más especializada, ya que puede ofrecer una gran versatilidad y otros beneficios.

- Nube privada

Para las empresas que no pueden permitirse correr riesgos, las implementaciones de nube privada a través de un centro de datos virtualizado ofrecen niveles de seguridad mucho mayores, especialmente cuando se combinan con protocolos de cifrado. En muchos sentidos, las nubes privadas son una forma de colocación, solo que no hay hardware.

Los servidores virtualizados pueden ofrecer a las empresas todos los beneficios de los equipos físicos, a la vez que son mucho más fáciles de mantener. Los nuevos enfoques de la arquitectura de red, como los híbridos y las nubes múltiples, pueden almacenar datos confidenciales en nubes privadas seguras y, al mismo tiempo, aprovechar la potencia informática.

2.5.4. Gestores de Bases de Datos Usados Mundialmente.

Según (ComparaSoftware SPA, 2021) los gestores de bases de datos más usados mundialmente en el ámbito empresarial son.

- Mongo DB

Plataforma de base de datos NOSQL moderna, propósito general líder, diseñada para liberar el poder del software y los datos para los desarrolladores y las aplicaciones que construyen.

- Azure SQL Server

SQL server es un sistema de administración de base de datos relacionales desarrollado por Microsoft como un servidor de base de datos, diseñado para almacenar y recuperar diferentes solicitudes.

- PostgreSQL

Es un potente sistema de base de datos relacional de objetos abiertos que utiliza y amplía el lenguaje SQL combinado con muchas características que almacenan y escalan de forma segura las cargas de trabajo de datos más complicadas.

- MySQL

Producto informático de larga data, MySQL es un reconocido sistema de base de datos operaciones. Podría decirse que es uno de los más utilizados en lo que se refiere, fue adquirido por la empresa de Oracle y han generado una partición de licencia

libre llamada MariaDB para mantener su popularidad con la comunidad.

- Oracle CDM in the Cloud

Ofrece capacidades excepcionales de administración de datos de clientes en una plataforma SaaS basada en suscripciones. CDM Cloud es una solución simple, rápida y escalable para empresas que manejen una gran capacidad de datos.

2.6. Codificación de Barras Bidimensionales

La codificación en barras ha sido utilizada como un modo de etiquetado e identificación de diversos productos como alimentos, medicinas, bancos, medicinas, herramientas, etc. En la actualidad existen tres principales formatos de códigos bidimensionales QR, el BIDI y Datamatrix. Los cuales son leídos mediante un programa lector específico, sea un teléfono móvil, un lector industrial o cualquier dispositivo móvil. En (MicroPlanet, 2021) se describirá cada tipo de código bidimensional.

- Código QR: gratuito y muy extendido

De la abreviación Quick Response, es la evolución de los códigos de barras unidimensionales. Fue creado en 1994 por una compañía japonesa Denso Wave, subsidiaria de Toyota, el cual fue utilizado para codificar y detectar rápidamente los caracteres en los productos creados. Presenta tres cuadros en las esquinas que permiten detectar la posición del código al lector.

Figura 2

Código QR



Nota. Representa al código QR más utilizado en todo el mundo. Tomado de

(MicroPlanet, 2021).

- Código BIDI: privados y de código cerrado

Códigos de menor capacidad de almacenamiento y más complejos de reconocer y leer que los QR. Creados por empresas de telefonía móvil, con la finalidad de realizar propaganda de sus productos. Y, posteriormente intentando cada una imponer su propio código en el mercado.

Figura 3

Código BIDI



Nota. Representa al código BIDI, los cuales son privado y difíciles de leer ya que posee un código cerrado y fue impuesto por empresas de telefonía como Movistar. Tomado de (MicroPlanet, 2021).

- Código Datamatrix: tamaño mínimo, trazabilidad asegurada y alta capacidad de información.

Matriz de datos de dos dimensiones que permite contener una gran cantidad de información, decodificable de manera mucho más rápida y segura. El lugar donde más se usa este tipo de códigos es en piezas pequeñas como el papel, plástico, metal, vidrio, etc. Utilizado en sectores industriales como en las áreas de automoción, la microelectrónica y el farmacéutico.

Figura 4

Código Datamatrix



Nota. Representa al código Datamatrix con gran capacidad de información y rápida lectura, tomado de (MicroPlanet, 2021).

2.7. Front End

2.7.1. Definición

Es la parte de una aplicación que interactúa con los usuarios, es conocida como el lado del cliente. Básicamente es toda la interfaz gráfica cuando se accede a un sitio web o aplicación web: tipo de letra, colores, adaptación para distintas pantallas, efectos del ratón, teclado, movimientos, desplazamientos, efectos visuales, etc. Este conjunto crea facilidades para que el usuario interactúe de la manera más cómoda posible.

(Stefaniak, 2019)

2.7.2. Importancia en Sitios Web

Fundamentalmente un sitio web o aplicación web se divide en dos partes, las cuales son el Front End y el Back End. Ninguna es más importante que la otra ya que las dos se unen para generar una página web segura, agradable y de fácil interacción para el usuario.

El Front End se desarrolla, principalmente, a través de tres lenguajes: HTML (HyperText Markup Language) el cual es la columna vertebral de los sitios web, CSS (Cascading Style Sheets) brinda estilos, controla el aspecto y presentación del sitio. Y

JS (Javascript) transforma una página estática en dinámica como despliegues de menú. Cada uno de estos lenguajes es esencial para generar un sitio web exitoso. (Izquierdo, 2019)

2.8. Back End

2.8.1. Definición

Se define como la capa de acceso a datos de un software o cualquier dispositivo, que no es directamente accesible por los usuarios, además contiene la lógica de la aplicación que maneja dichos datos. El Back End también accede al servidor, que es una aplicación especializada que entiende la forma como el navegador solicita las cosas. (Chapaval, 2017)

2.8.2. Importancia en Sitios o Aplicaciones Web

Según (NAXER, 2021) explica la importancia de utilizar el Back End en los sitios y aplicaciones web los cuales explica en los siguientes puntos.

- Ofrece seguridad a los sitios web

El Back End ofrece mecanismos de seguridad a los usuarios durante su navegación, esto brinda seguridad a los usuarios cuando realizan transacciones bancarias al momento de comprar o vender productos mediante sitios web y así que sus datos no se pierdan al momento de haber una intrusión externa.

- Permite que los usuarios puedan acceder a la información que soliciten

El Back End es el responsable que los usuarios puedan acceder a diversas informaciones, como es el caso cuando tienen cuentas registradas al ingresar a un sitio web. Esto es fundamental para los negocios y empresas ya que se ofrecen sus productos y/o servicios a través de una página web y así darán una mejor experiencia al usuario.

- Ayuda a que las páginas webs sean más ligeras

El Back End optimiza los recursos para que un sitio web o aplicación sea más ligera por medio limitaciones de tiempo cuando un usuario se queda mucho tiempo en el sitio web, esto permite que la red no se sature y se obtenga una fluidez y velocidad al momento de navegar por el sitio web.

2.9. Automatización de Procesos Industriales

La automatización de procesos industriales es la aplicación de máquinas y equipos de tecnología (Software y Hardware), que sean capaces de llevar todo tipo de procesos de producción, selección y control de manera autónoma, es decir, con la misma participación de personal humano posible. Con lo cual se busca controlar labores mecánicas que requieran mucho esfuerzo y personal. (EDS ROBOTICS, 2020)

2.9.1. Importancia de la Automatización Industrial

Para (EDS ROBOTICS, 2020) los principales beneficios o ventajas de automatizar procesos industriales son:

- Reducción de costes

Los sistemas de automatización industrial son rentables en cuanto a retorno de inversión, operan únicamente con gastos de mantenimiento que pueden ser planificados y realizan actividades que, en otras circunstancias, requeriría de mucho personal humano.

- Productividad

Mientras más tamaño y cadencia de producción tenga una fábrica, más costosos son los tiempos muertos. Los equipos no suelen poseer horarios de descanso frecuentes y sus curvas de productividad no decaen con el tiempo, ofrecen eficiencia en

todo el transcurso de su funcionamiento, lo que es una gran ventaja.

- Seguridad de la planta

Muchos procesos industriales acarrear consigo actividades de riesgo para la seguridad del personal humano. Tener la capacidad de acudir a herramientas tecnológicas que puedan llevar a cabo este tipo de tareas a gran velocidad y sin errores es un punto clave para disminuir tiempos.

Figura 5

Automatización Industrial



Nota. Representa a la importancia de la automatización de procesos industrial para llevar una armonía al momento de sobrellevar una industria o empresa. Tomado de (IZ@RO , 2019)

2.10. Revolución Industrial

2.10.1. Definición

Se define como el proceso de profundas y controversiales transformaciones económicas, sociales, culturales y tecnológicas que se desarrolló entre 1760 y 1840.

2.10.2. Origen

Tuvo su origen en Inglaterra, donde se daban unas condiciones políticas, socioeconómicas y geográfica adecuadas. La máquina de vapor fue la base sobre la que se asentó todo el desarrollo que vino propiciado como consecuencia de la Revolución Industrial. Ese invento fue posible gracias a algunos elementos, como la existencia de combustibles como el carbón o el hierro.

2.10.3. Causas

Según (Belén & López, 2016) las causas más importantes de la primera revolución industrial fueron las siguientes:

- Causas Políticas

Por una parte, la Revolución burguesa del siglo XVII había triunfado, dándose con ello la abolición del sistema feudal. El sistema que se basaba en una monarquía que había desechado el absolutismo que se daba en otros países europeos.

- Causas Socioeconómicas

La importancia de una abundante mano de obra. Las innovaciones que se produjeron en el campo permitieron un aumento de productividad que significó la producción de más alimentos. Este proceso se conoció como la revolución agrícola, dando como resultado un aumento de la población.

2.10.4. Características de la Revolución Industrial

Según (Belén & López, 2016) en base en las consecuencias, las causas y todo el desarrollo de la Primera Revolución Industrial, se puede establecer las diferentes características.

- Gran aumento en la producción mecanizada.
- Cambios en la estructura social.

- Expansión económica e industrial sin precedentes.
- Incremento de la productividad, gracias al avance de la tecnología.
- Importantes mejoras en los medios de transporte.
- Cambios en el hábito de consumo.
- Transformación de la estructura productiva.
- Transición del sector primario al sector secundario. Sobre todo, textil y metalúrgico.

2.10.5. Industrial 4.0

También llamada industria inteligente, se considera la cuarta revolución industrial y busca transformar a la empresa en una organización inteligente para conseguir mejores resultados de negocio. Se basa la adopción de nuevas tecnologías para la progresiva automatización del proceso productivo. Se trata de realizar procesos autónomos como la fabricación aditiva, robótica colaborativa, el internet de las cosas, etc. (CIC Consulting Informático, 2021)

Figura 6

La Cuarta Revolución Industrial



Nota. Representa a la transformación de la industria en la actualizando mediante la

automatización de procesos, tecnología colaborativa y autónoma. Tomado de (CIC Consulting Informático, 2021)

2.10.6. Internet de las Cosas (IoT)

Se define como el proceso que permite conectar elementos físicos cotidianos al internet, desde objetos domésticos comunes como los focos, hasta procesos industriales automatizados y supervisados. Hace referencia a todos los sistemas de dispositivos físicos que reciben y transfieren datos a través de redes inalámbricas con intervención humana mínima.

En el ámbito empresarial permiten mejorar los modelos comerciales y entablar nuevas relaciones con los clientes. No obstante, su implementación presenta ciertos desafíos. El volumen de datos que genera un sistema de dispositivos inteligentes (mejor conocido como Big Data) puede volverse abrumador. Integrar el Big Data a los sistemas actuales y establecer un análisis puede resultar complicado.

Figura 7

Internet de las Cosas (IoT)



Nota. Representa a la interconexión de diferentes ámbitos como domésticos, industriales y administrativos. Tomado de (Guijosa, 2018).

2.11. Estado Actual de la Técnica

En la actualidad diversas empresas están innovando para desarrollar y administrar sus procesos de manera eficaz y rápida. Utilizando herramientas y tecnologías como Big Data, la automatización industrial que permiten reducir tiempos de manufactura o de fabricación, por lo que este proyecto de grado se ha referenciado de estas tecnologías para desarrollar un sistema para administrar y automatizar el inventario de una empresa.

Una de las grandes empresas que utilizan un sistema de gestión de base de datos para etiquetar y automatizar sus productos es la empresa BOSCH la cual es líder en la tecnología IoT, movilidad, hogares inteligentes, bienes de consumo y energía, automatización de procesos, entre otros. La empresa BOSCH suele fabricar sus propios productos, etiquetarlos, registrarlos en una base de datos y venderlos mundialmente como se aprecia en la figura 8.

Figura 8

Fabricación y etiquetado de inyectores BOSCH



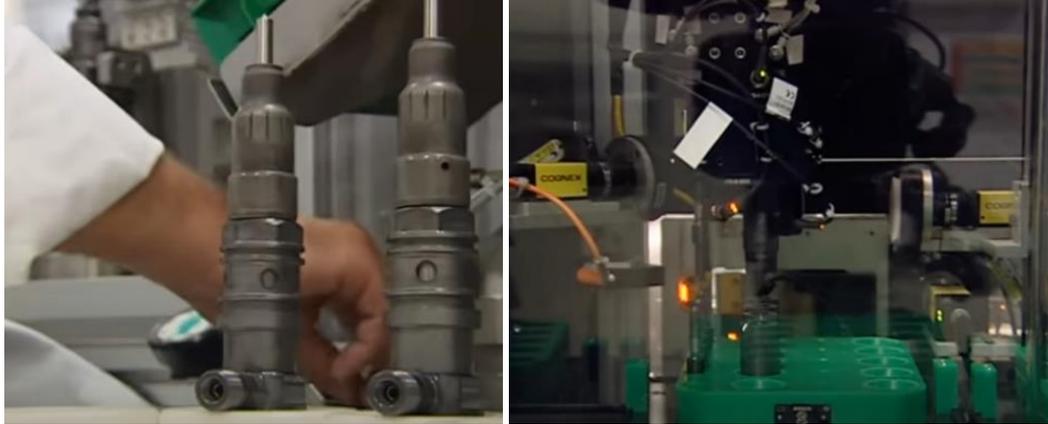
Nota. Representa a la fabricación y etiquetado de los inyectores para llevar un control de inventario de las piezas que han sido creadas en la empresa BOSCH. Tomado de (Welle, 2014)

La empresa BOSCH es una empresa que administra sus propios datos de manera autónoma gracias a las bases de datos para evitar un espionaje industrial, esto

permite llevar un inventario de la fabricación de todos los productos. De igual manera utilizan bandas transportadoras para llevar las piezas fabricadas a diferentes departamentos para su ensamble y producción como se indica en la siguiente figura 9.

Figura 9

Transporte y ensamble de inyectores BOSCH



Nota. Representa al transporte y ensamble automatizado que realiza la empresa BOSCH mediante bandas transportadoras y celdas de manufactura. Facilitando los tiempos de manufactura y producción. Tomado de (Welle, 2014).

Este proyecto de grado se ha referenciado de este sistema para resolver el problema que tiene la empresa TAIMEC, la cual ha pedido que se desarrolle un sistema mecatrónico que administre y monitoree la entrada y salida de herramientas y materiales. Esto permitirá registrar en una base de datos los movimientos de manera rápida y segura, sin preocuparse de que si una herramienta se haya perdido o sustraído de la bodega de la compañía gracias a la tecnología 4.0.

Capítulo III

3. Diseño y Selección de Componentes del Sistema Mecatrónico

En este capítulo se pretende indicar de una manera selectiva los componentes que se usarán en las partes mecánicas, electrónicas y de control para el correcto funcionamiento del sistema mecatrónico, esto dependerá de las condiciones que imponga la empresa, como la reutilización de ciertos componentes como rodamientos, motores o vigas para disminuir económicamente el proyecto de grado.

El proyecto planteado contiene tres subsistemas principales: análisis estático de la banda transportadora, accionamiento de la banda transportadora con sus respectivos contactores y el sistema de control de almacenamiento del inventario de la bodega

Es necesario indicar que el sistema mecatrónico a realizar será de bajo costo, por lo que la selección de los componentes es fundamental para que no exceda el presupuesto de la empresa por lo que la prioridad económica será el diseño de la banda transportadora con su respectivo motor.

3.1. Diseño de la Banda Transportadora

La empresa TAIMEC ha solicitado reutilizar un armazón de una banda transportadora y realizar su respectiva simulación para verificar si va a cumplir con el análisis estático según la carga máxima que ellos soliciten. En la **figura 10** se puede visualizar las caras superior e inferior de la banda transportadora a restaurar.

Figura 10

Cara superior e inferior del armazón



Nota. Representa al armazón a reconstruir para aminorar costos.

Para calcular la estructura de la banda transportadora, la empresa TAIMEC dispone de una licencia de SOLIDWORKS Premium SP0, por lo cual se ha elegido este potente software para verificar su respectivo análisis estático.

3.1.1. Parámetros Iniciales de Diseño

La empresa TAIMEC necesita una banda transportadora que soporte una carga máxima 80 kg y cuya velocidad de la banda sea de 0.33 m/s con un accionamiento directo de una sola dirección del motor para la salida masiva de equipos o herramientas

por motivos de proyectos fuera y dentro de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados. La empresa solicita la reutilización de componentes para disminuir el presupuesto dado.

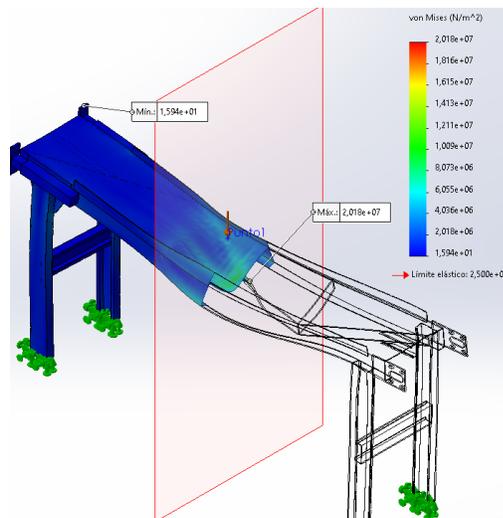
- **Datos iniciales**

Los requerimientos de la empresa para el desarrollo de la banda transportadora son las siguientes:

- Longitud total de extremo a extremo de banda transportadora: 2220 mm
- Altura máxima y mínima de la banda transportadora: 965 mm – 1200 mm
- Velocidad máxima del motorreductor: 0.33 m/s
- Peso por soportar de 70 a 80 kg
- Accionamiento directo de una sola dirección

Figura 11

Simulación estática banda transportadora



Nota. Representa a los esfuerzos máximos que soporta la banda transportadora el cual actúa como una viga empotrada en ambos lados.

3.1.2. Análisis de Tensiones del Armazón

El peso que está soportando el armazón es de 80 kg, el cual la parte media es el punto donde más tensión soportará. No obstante, como se puede apreciar:

$$\sigma_{max} < \text{Límite elástico}$$

$$2,018 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2} \right) < 2,5 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

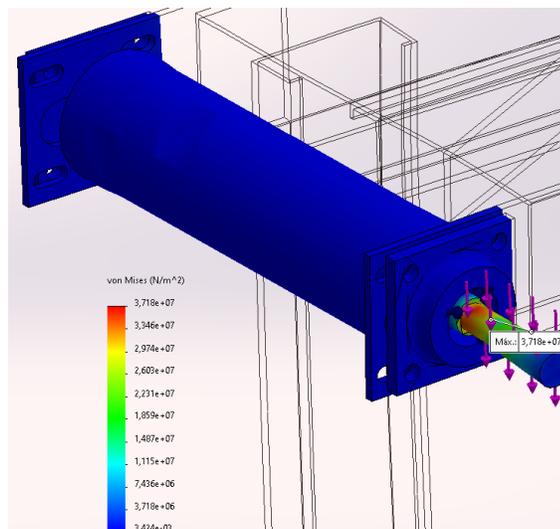
Por lo tanto, el armazón no fallará, el cual se puede emplear uno con menor espesor.

3.1.3. Análisis de Tensiones Debido al Motor

El motor está sujeto al armazón mediante una brida y un eje como soporte de $\varnothing 12.2$ mm. La empresa solicitó utilizar un motor sobredimensionado adquirido para aminorar costos, el cual es un motorreductor SEW de 9 kg, los cálculos para la selección del motor se encontrarán en el apartado 3.2.2.

Figura 12

Simulación estática del tambor con su respectivo eje



Nota. Representa al esfuerzo que actúa el motor sobre el eje conductor

El eje de acero 1018 al soportar una carga de 9 kg su esfuerzo llega a

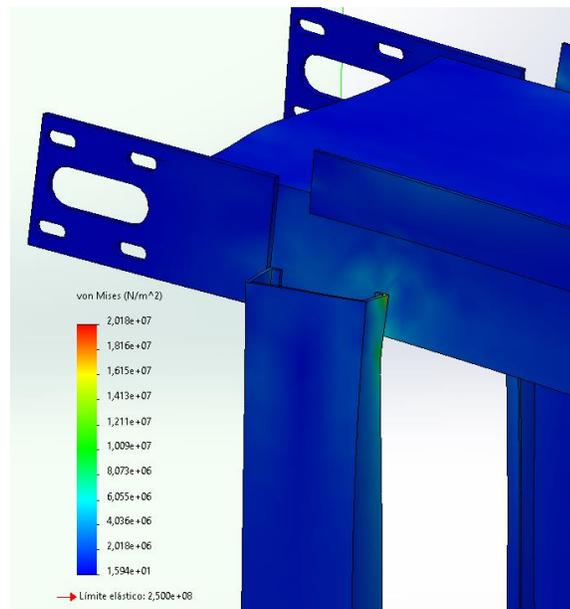
$3.718 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$ siendo inferior al límite elástico de $2.40 \times 10^8 \left(\frac{N}{m^2}\right)$. Dando un factor de seguridad del 5.5, el eje se podría disminuir, pero dependerá del diámetro comercial del motorreductor.

3.1.4. Análisis de Tensiones Obtenidas en las Patas

La empresa TAIMEC recomienda que la sección transversal de la viga sea de tipo G ya que todas sus bandas transportadoras se rigen a la norma CEMA. En la **figura 13** se puede apreciar el cambio de concentración de tensiones, el cual se realizará un cálculo de tensión para determinar el pandeo que puedan tener las patas.

Figura 13

Análisis de tensiones en las patas soldadas del armazón



Nota. Representa a los esfuerzos que actúan en las partes soldadas de las patas de la banda transportadora

A través del software se obtiene una tensión aproximada de $1.816 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2}\right)$

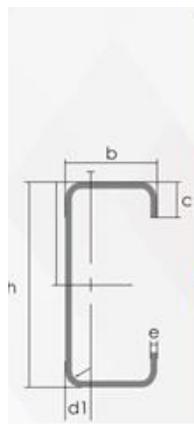
con ella se puede saber la fuerza que está comprimiendo la pata de la banda transportadora.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

En la **figura 14** se indican las especificaciones generales de la viga "G" 100x50x15x3" el cual su sección transversal es 631 mm^2 .

Figura 14

Especificaciones generales viga "G"



Designación	Dimensiones				Masa Kg/m	A cm ²	d1 cm	Momento de inercia	
	h	b	c	e				ix	ly
	mm	mm	mm	mm				cm ⁴	cm ⁴
G 60x30x10x2	60	30	10	2	1,96	2,54	1,44	14,88	5,28
G 80x40x15x2	80	40	15	2	2,75	3,54	1,46	35,25	8,07
G 80x40x15x3	80	40	15	3	3,95	5,11	1,46	49,04	10,85
G 80x50x15x2	80	50	15	2	3,06	3,88	1,46	41,11	13,55
G100x50x15x2	100	50	15	2	3,38	4,34	1,73	69,24	14,98
G100x50x15x3	100	50	15	3	4,89	6,31	1,72	97,78	20,51
G100x50x15x4	100	50	15	4	6,29	8,15	1,71	122,5	24,85
G100x50x20x4	100	50	20	4	6,60	8,55	1,85	126,7	28,5
G100x50x25x5	100	50	25	5	8,35	10,86	1,98	152,51	36,52
G125x50x15x2	125	50	15	2	3,77	4,84	1,56	116,4	16,16
G125x50x15x3	125	50	15	3	5,48	7,06	1,55	165,5	22,16

Nota. Representa a los diferentes tipos de vigas "G" y sus especificaciones. Tomado de (DIPAC, 2020)

Por lo tanto, se obtiene que:

$$P = 1.816 \times 10^7 \left(\frac{N}{m^2} \right) * 6.31 \times 10^{-4} m^2 = 11458.96 N$$

El siguiente paso es calcular la fuerza crítica que puede llegar a tener el elemento antes que se pandee, por ende, si $P > P_{cr}$ el elemento tiende a pandearse y próximamente a fallar.

$$P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI_{\min}}{L^2}$$

En la **Figura 14** se puede observar el momento de inercia mínimo es 205100 mm^4 , el módulo de elasticidad es 200 GPa . Se sustituye en la fórmula.

$$P_{cr} = \frac{4\pi^2 * \left(200 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right) * 205100 \text{ mm}^4}{(1200 \text{ mm})^2} = 1124586.5 \text{ N}$$

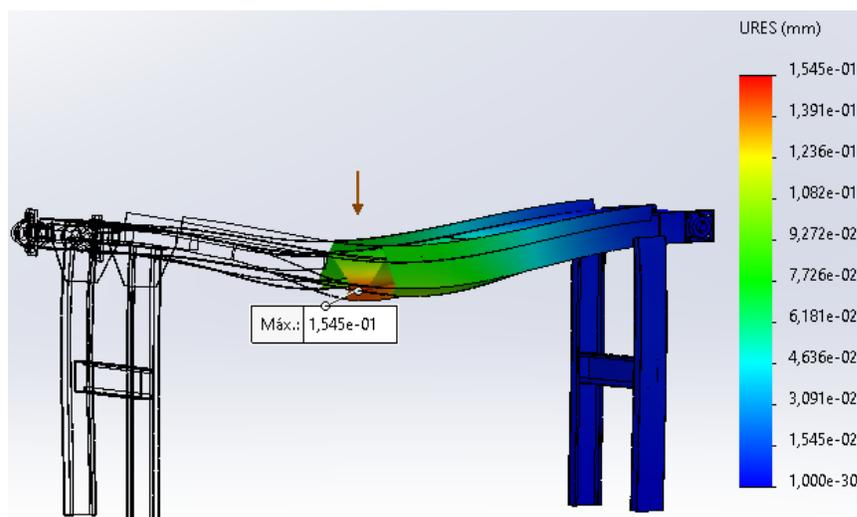
Consecuentemente se determina que $P < P_{cr}$, lo cual significa que las patas soportarán el peso de 80 kg . Obviamente se puede emplear dimensiones pequeñas, pero como se ha mencionado con anterioridad, el diseño de los elementos ha sido elegido y supervisado por la empresa TAIMEC.

3.1.5. Análisis de los Desplazamientos Obtenidos

En el apartado de los desplazamientos la única parte que se somete a un desplazamiento considerable visualmente es la chapa superior del armazón. Como se puede apreciar en la **figura 15** ocurre un desplazamiento no excesivo de 0.154 mm a un peso de 80 kg y con una escala de deformación de $1581,38$.

Figura 15

Simulación de desplazamientos de la banda transportadora



Nota. Representa el máximo desplazamiento en el punto donde se aplica la carga

3.1.6. Rodamientos

Gracias al software SolidWorks dispone de distintas herramientas que pueden ser útiles para el cálculo de rodamientos. Esta herramienta permite calcular la vida útil del rodamiento seleccionado. La empresa TAIMEC ha solicitado reutilizar los rodamientos de pared UCP 205 y de piso UCF 205 cuya denominación de los rodamientos es 6405.

Los datos iniciales para determinar la factibilidad del rodamiento seleccionado son.

- Soportar un peso de 9kg como indica la página 59 del presente libro.
- Resistir las revoluciones por minuto del tambor calculadas en la página 64 del presente libro cuyo valor es 70,89 RPM.

Figura 16

Calculadora de rodamientos.

Calculadora de rodamientos - Rodamiento rígido de bolas 6405

Confiabilidad
L(10) = 90%

Capacidad
 Calculada Introducir capacidad

Calibre 25 mm
Diámetro 80 mm
Nº de bolas 8
Diámetro de bola 16.500000 mm
Capacidad 44688.890711 N

Carga
Carga 88.29 N

Vida básica
Vida en 129677363.780 X 10⁶ revs.
Velocidad 70.89 r/min
Vida en horas 30487930545.0 hrs.

Unidades
 EE.UU. SI

SKF
Rodamiento rígido de bolas

61904
6004
6204
6304
6404
61805
16005
61905
6205
6305
6405

Nota. Representa al cálculo de la vida útil del rodamiento 6405 en base a los datos

iniciales. La carga por soportar se convierte a newtons cuyo valor es de 88.29 y por último se coloca la velocidad que estará sujeta en el rodamiento. Se puede determinar que el rodamiento tiene una vida útil infinita.

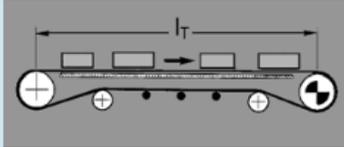
3.2. Diseño Eléctrico de la Banda Transportadora

3.2.1. Cálculo y Selección de Motor

Para la selección de un motor de una banda transportadora, la empresa TAIMEC se rige a los cálculos que recomienda la empresa Forbo Movement Systems el cual está aplicado a la normativa CEMA, el cual para este específico caso de estudio en la **figura 17** propone lo siguiente.

Figura 17

Fórmula para calcular la fuerza tangencial de los rodillos.

$$F_U = \mu_T \cdot g \cdot \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R \cdot g \cdot \left(\frac{m_B}{2} + m_R\right) \quad [N]$$


Nota. La siguiente fórmula permite el cálculo de la fuerza tangencial necesaria para mover cargas asignadas dependiendo su peso en específico. Tomado de (Forbo, 2021)

- Datos iniciales

Peso de la banda = $2.5 \text{ kg}/\text{m}^2$

Ancho de la banda = 0.4 m

Longitud de la banda = 2.2 m

Alto del armazón = 0.1 m

Volumen = ancho * longitud * alto = 0.09 m^3

$\mu_T = 0.33$

$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$m_B = (\text{ancho} * \text{longitud}) * 2 * 1,15 * \text{peso banda} = 5.06 \text{ kg}$$

$$\mu_R = 0.033$$

$$m_R = 5 \text{ kg}$$

$$\text{Diámetro del tambor} = 3,5 \text{ in}$$

- Calcular F_U

El primer paso para determinar la selección de un motor para una banda transportadora es el cálculo de la fuerza tangencial que necesitará el rodillo para mover un determinado peso o carga.

$$F_U = \mu_T * g * \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R * g * \left(\frac{m_B}{2} + m_R\right)$$

$$F_U = 0.33 * \frac{9.81m}{s^2} * \left(80kg + \frac{5.06kg}{2}\right) + 0.033 * \frac{9.81m}{s^2} * \left(\frac{5.06kg}{2} + 5kg\right)$$

$$F_U = 269,6 \text{ N}$$

- Determinar las RPM del tambor o rodillo

Según las necesidades de la empresa ha pedido que el motorreductor tenga una velocidad de $0.33 \frac{m}{s}$. Con ello se obtiene las revoluciones por minuto del tambor motriz.

$$Tambor_{RPM} = \frac{0.33 \left(\frac{m}{s}\right)}{3.5 \text{ in} * \frac{0.0127m}{in}} * 60 = 70.89 \text{ RPM}$$

- Determinar la potencia mecánica de los rodillos o tambor

El siguiente paso es determinar que potencia mecánica será necesaria para el accionamiento de los rodillos.

$$P_m = \frac{P_{tambor}}{0.75} = \frac{F_U * v}{0.75} = \left(\frac{269.6N * \frac{0.33m}{s}}{\frac{1000}{0.75}} \right) = 0.12 Kw = 0.24 HP$$

- Torque de la caja reductora del motor

$$T_{caja} = \frac{P_m * 7026}{Tambor_{RPM} * 2.5} = \frac{0.24 HP * 7026}{70.89 rpm * 2.5} = 58.78 N * m$$

Por lo tanto, para accionar la banda transportadora se necesita un motor superior de 0.24 HP y caja reductora de 58.78 N*m. La empresa TAIMEC ha dispuesto que se use un motorreductor trifásico SEW de 0.25kw el cual cuenta con un torque de 63N*m, para poder disminuir los gastos en el desarrollo del proyecto de grado.

3.2.2. Elección de la Lona

La importancia de realizar una correcta elección de un medio que transporte los materiales que se encuentren en la bodega conllevan los siguientes criterios.

Según el Tipo de Material Que Transportar. Según el tipo de material que transportar se debe emplear un tipo de cinta u otra, ya que esto dependerá de la geometría, peso entre otros. Las lonas más utilizadas son las modulares, modulares con palas e incluso bandas de lona.

Según (Molinero, 2020) cuenta con una amplia gama de bandas sintéticas o termoplásticas con la capacidad de satisfacer las demandas de transporte de productos que ocurren en el ámbito industrial. La versatilidad y facilidad de este tipo de bandas o lonas permiten una manipulación para desenvolverse en varias aplicaciones en todos los sectores productivos.

Figura 18

Lonas sintéticas o termoplásticas.



Nota. Representa a la multifuncionalidad de las bandas o lonas sintéticas o termoplásticas. La empresa TAIMEC se especializa en la construcción de bandas transportadoras ha solicitado utilizar este tipo de banda para transportar el inventario. Tomado de (Molinaro, 2020).

Según el peso por transportar. El peso máximo por transportar determinará si la banda seleccionada anteriormente es funcional y apta para transportar una carga de 80 kg. Por lo tanto, se calcula la fuerza de tracción máxima de la banda mediante la siguiente fórmula obtenida de (Forbo, 2021).

$$F_1 = F_u * C_1$$

Donde la fuerza de tracción máxima de la banda es igual a la fuerza tangencial por su respectivo factor de cálculo de 1.5 ya que se considera como un rodillo casero de acero liso.

$$F_1 = 269,6 N * 1,5 = 404,4 N$$

Según (Forbo, 2021) para que la selección de la lona sea eficaz se compara los datos de la banda calculada para comprobar su validez.

$$\frac{F_1}{b_o} \leq C_2$$

$$\frac{F_1}{b_o} \leq (2 * K_{1\%})$$

Donde la fuerza de tracción máxima de la banda sobre el ancho de la banda debe ser menor o igual al factor de servicio máxima permitida.

$$\frac{404,4 \text{ N}}{400 \text{ mm}} \leq 2 * \frac{5 \text{ N}}{\text{mm}}$$

$$1,011 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \leq 10 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

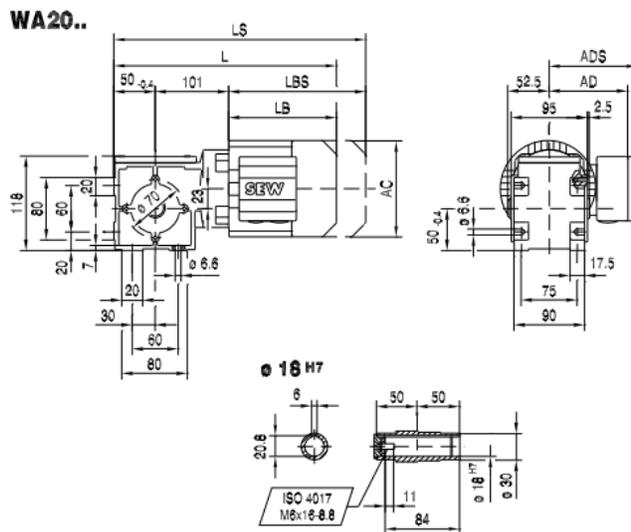
Se puede deducir que la lona soporta perfectamente la fuerza ejercida por el motorreductor de 0,33 kw impuesto por la empresa TAIMEC.

3.2.3. Cálculo de la chaveta

El motorreductor impuesto por la empresa TAIMEC es de la marca SEW EURODRIVE, modelo WA20/T DRS71S4 cuyo diámetro de la caja reductora es 18 mm y un ancho de chaveta de 6 mm como se aprecia en la **figura 19**.

Figura 19

Dimensiones del motorreductor SEW WA20/T DRS71S4.

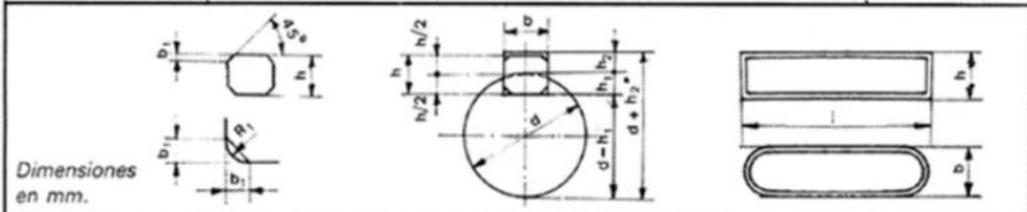


Nota. Representa a las dimensiones y tolerancias requeridas para acoplar un eje y una chaveta y conducir el respectivo movimiento de la banda transportadora. Tomado de (SEW EURODRIVE, 2021).

Para determinar las dimensiones largo, ancho y alto de la chaveta se determina mediante la norma DIN 6885, anteriormente el motorreductor tiene una anchura de la chaveta de 6 mm, en la **figura 20** se puede observar que para 6 mm se escoge un alto de 6 mm para un eje entre 17 y 22 mm de diámetro mediante un ajuste normal. La longitud de la chaveta será determinada mediante el momento del motor.

Figura 20

Dimensiones de chavetas mediante la norma DIN 6885



Dimensiones en mm.

CHAVETA								
Sección $b \times h$	Ancho b		Altura h		Chablán b_1		Longitud l	
	Nominal	Toler. $h9$	Nominal	Toler. $h9$ y $h11$	Mínima	Máximo	De...	...a
4 x 4	4	0	4	0	0,16	0,25	8	45
6 x 6	5	-0,030	5	-0,030	0,25	0,40	14	70
	6		0,25		0,40			
8 x 6	8	0	7		0,25	0,40	18	90
10 x 8	10	-0,036	8					

CHAVETERO													
Diámetro del eje d	Sección de la chaveta $b \times h$	Nominal	Ancho b , tolerancia					Profundidad				Chablán R_1	
			Clase de ajuste del enchavetado					Eje h_1		Cubo h_2		Mín.	Máx.
			Libre		Normal		Ajustado	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.		
Más de	hasta		Eje $h9$	Cubo D10	Eje $N9$	Cubo $Js 9$	Eje y cubo pg	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.		
10	12	4 x 4	4				-0,012	2,5		1,8		0,08	0,16
12	17	5 x 5	5	+0,030	+0,078	0	±0,015	-0,042	+0,1	2,3	+0,1	0,16	0,25
17	22	6 x 6	6	0	+0,030	-0,030							
22	30	8 x 7	8	+0,036	+0,096	0		3,5					

Nota. Representa a las dimensiones de las chavetas y chaveteros mediante la norma DIN 6885. Tomado de (DIN 6885, 2018).

Teniendo en cuenta que el rango del largo de la chaveta es de 14 a 70 mm, se ha sugerido crear una chaveta de 60 mm de largo para el acople entre el motorreductor y el eje.

3.2.4. Selección de Componentes para Arranque Directo de Motor Trifásico

- Selección del guardamotor

Datos:

$$P_m = 0,33 \text{ HP} = 0,25 \text{ kW}$$

$$V = 220 \text{ v}$$

$$fp = 0,74$$

$$I = 1,20 \text{ A}$$

$$fs = 1,05$$

$$\eta = 0,72$$

- **Calcular la Corriente Nominal**

Para determinar que guardamotor utilizar primero se calcula la corriente nominal del motor trifásico seleccionado anteriormente.

$$I_n = \frac{P_E}{\sqrt{3} * V * fs} = \frac{\frac{P_m}{\eta}}{\sqrt{3} * V * fs} = \frac{\frac{0.25 * 10^3 \text{ W}}{0.72}}{\sqrt{3} * 220 \text{ v} * 0.74} = 1.23 \text{ A}$$

- **Calcular la Corriente de Servicio**

La corriente de servicio se expresa como la corriente máxima que puede alcanzar un motor trifásico cuando se encuentra con carga. Este dato viene detallado en la placa del motor.

$$I_s = I_n * fs = 1.23 \text{ A} * 1.05 = 1.29 \text{ A} \approx 1.7 \text{ A}$$

Por lo tanto, se selecciona un guardamotor igual o mayor a la corriente de

servicio, comercialmente se encuentran guardamotores desde 1.6 A – 2.5 A.

- **Selección del Contactor**

Para la selección del contactor, este debe ser mayor a la corriente nominal de 1.7 A con esto se garantiza el correcto funcionamiento del accionamiento directo.

$$Sc > I_n$$

Para el control remoto mediante un Raspberry Pi, el contactor deberá tener una bobina de 120 V_{Ac} ya que será conectado mediante un módulo relé con optoacoplador para proteger al microordenador de sobrecargas. Para ello se seleccionó el contactor

Sprecher Schuh ca7-9-10.

Figura 21

Contactor Schuh ca7-9-10.



Nota. Representa al contactor necesario para accionar el motorreductor mediante un relé optoacoplador mediante un pulso de la Raspberry Pi 3B+.

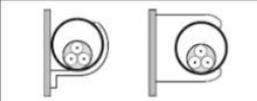
- **Cálculo y Selección del Conductor**

- ***Establecer el Método de Instalación***

Se utilizará la norma UNE-HD 60364-5-52 para saber que método de instalación se empleará del método B2 puesto que se fijará sobre una pared no aislante térmicamente.

Figura 22

Método de instalación de referencia.

	Cable multipolar en un tubo sobre pared de madera o de mampostería, o separado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo ^c	B2
---	---	----

Nota. Según la norma UNE-HD 60364-5-52 existen diferentes tipos de métodos de instalación. Tomado de (UNE-HD 60364-5-52: 2014, 2014).

- **Calcular la sección máxima de corriente admisible**

Anteriormente se ha determinado que la intensidad nominal es $I_n = 1.23A$. A esta intensidad se debe aplicar un factor de corrección del 25% ya que se alimentará un motor trifásico y por seguridad hay que sobredimensionar el cable para el arranque del motor. Por lo tanto, la intensidad con factor de corrección será.

$$I = 1.23 A * 1.25 = 1.54 A$$

La intensidad que pasará por el conductor será de 1.54 A, por ende, en la Tabla 1 se busca primero el método de instalación seleccionado anteriormente con un conductor de cobre, se utilizará un recubrimiento PVC 3 ya que, de tres polos la intensidad deberá ser igual o mayor a la calculada, para ello se ubica en 12,5 A y se determina que la sección será de $1,5 \text{ mm}^2$.

Tabla 1

Secciones de conductores, instalación y aislamiento.

Método de Instalación	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento	Amperaje	Sección mm^2
B2	PVC3	12,5 A	1,5

Nota. La siguiente tabla representa a la relación entre tipo de método de conductores con su respectivo aislamiento y corriente para determinar la sección. Tomado de (UNE-HD 60364-5-52: 2014, 2014).

Comercialmente se puede encontrar mediante sección AWG para ello en la tabla 2 se encuentran las equivalencias de los conductores. Para este caso la sección AWG será de calibre 14.

Tabla 2

Equivalencias MM - AWG

Equivalencia mm - AWG		
Sección mm^2	Sección equivalente en mm^2	Sección AWG
0,75	0,823	18
1,00	1,31	16
1,50	2,08	14

Nota. Representa a las equivalencias de tipos de conductores que se encuentran comercialmente. Tomado de (Vera, 2018).

- Calcular la sección máxima de caída de tensión admisible

El cálculo de sección por caída de tensión para un motor trifásico se debe aplicar la siguiente fórmula.

$$S = \frac{L * P_E}{C * u * V}$$

Para determinar la conductividad del cable se eligió un aislamiento termoestable a una temperatura de 90°C mediante un conductor de cobre, como se indica en la tabla 3 mediante la norma UNE-HD 60364-5-52.

Tabla 3

Temperatura de los conductores de cobre y aluminio.

	Temperatura del conductor		
	20 C	Termoplásticos	Termoestables
		70 C	90 C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

Nota. Representa a la conductividad del cobre y aluminio dependiendo de su temperatura. Tomado de (SectorElectricidad, 2015)

La distancia que estará el tablero al motor será de 3 metros y la caída de tensión será el 5% del voltaje de línea, el cual será de 220v. Por lo tanto, la caída de tensión será:

$$u = 5\% * 220v = 11v$$

Recolectados todos los datos se obtiene la sección del conductor.

$$S = \frac{3 m * 347.22w}{45.49 * 11v * 220v} = 9.49 \times 10^{-3} mm^2 \approx 1.5 mm^2$$

Se selecciona la sección más próxima a la sección calculada. Con estos resultados se justifica usar un cable de sección de **1,5 mm²** para el arranque directo de un motor trifásico de 0.33 KW.

3.3. Diseño Electrónico para el Control de la Banda Transportadora

Para el control de la banda transportadora mediante el internet de las cosas se pueden usar diferentes tarjetas de desarrollo que se encuentran en el mercado por ello es muy importante realizar una buena selección que abarque el menor número de componentes y así abaratar costos. Las tarjetas de desarrollo más usadas son el Arduino, Raspberry Pi, FPGA, Seeeduno, Cubieboard, banana pi, Orange pi, entre otros.

3.3.1. Selección de la Tarjeta de Adquisición de Datos

Con respecto a la selección de componentes electrónicos se lo realizará mediante tablas de doble entrada o comúnmente se conoce como tablas de contingencia con valor ponderado, la finalidad de estas tablas es categorizar criterios o características a las distintas opciones que se presenten en la parte electrónica. Siendo 1 menor y 3 mayor en relación entre la característica y la opción, esto dependerá de la necesidad del problema o del autor, esto evaluará la mejor opción para el sistema mecatrónico a desarrollar. (Demestre, 2014)

Tabla 4

Criterios de evaluación para controlador del sistema (1 lo mejor, 0 lo peor)

Criterio	Precio	Programación	Pines GPIO	Web Server	Versatilidad	Accesibilidad	Software libre	Sumatoria	%	
Precio			0	1	1	1	1	1	5	15
Programación	0			1	1	1	0	1	4	12
Pines GPIO	1	1			1	0	1	0	4	12
Web Server	1	1	1			1	1	1	6	18
Versatilidad	1	1	0	1			1	1	5	15
Accesibilidad	1	0	1	1	1			1	5	15
Software libre	1	1	0	1	1		1		5	15
								Total	34	100

Nota. La tabla indica los criterios a considerar en la selección del controlador del sistema

Tabla 5

Selección del controlador del sistema (3 lo mejor, 1 lo peor.)

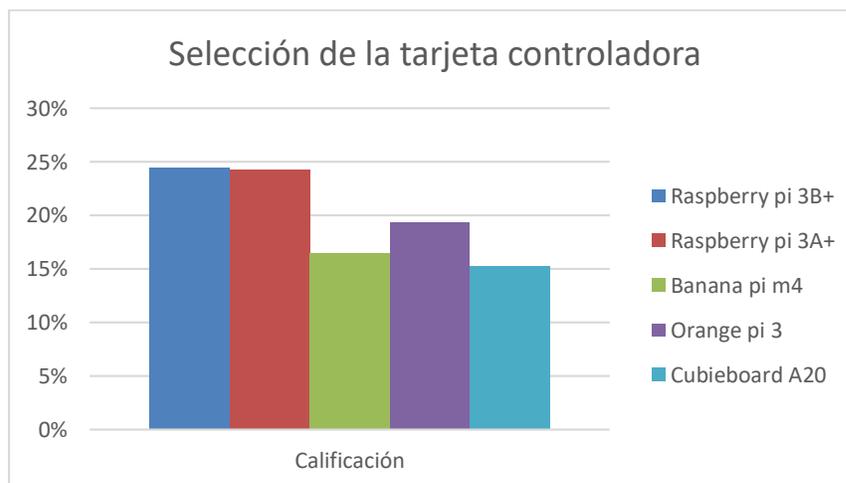
Alternativas	Precio	Programación	Pines GPIO	Web Server	Versatilidad	Accesibilidad	Software libre
Raspberry pi 3b+	2	2	3	3	3	3	3
Raspberry pi 3 ^a +	3	2	3	3	3	2	3
Banana pi m4	1	2	3	2	2	1	3
Orange pi 3	2	2	3	2	3	1	3
Cubieboard A20	1	2	3	2	1	1	3
Σ	9	10	15	12	12	8	15

Nota. La tabla muestra la calificación de los controladores para su selección

Tabla 6*Calificaciones de la selección del controlador*

Criterio	Precio	Programación	Pines GPIO	Web Server	Versatilidad	Accesibilidad	Software libre	Calificación
Raspberry pi 3b+	3%	2%	2%	4%	4%	6%	3%	25
Raspberry pi 3a+	5%	2%	2%	4%	4%	4%	3%	24
Banana pi m4	2%	2%	2%	3%	2%	2%	3%	17
Orange pi 3	3%	2%	2%	3%	4%	2%	3%	19
Cubieboard a20	2%	2%	2%	3%	1%	2%	3%	15

Nota. En la siguiente tabla estadística se selecciona con mejor puntuación a la tarjeta controladora para el sistema de control de inventario y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source. Por ello se toma en cuenta que tenga un web server, una buena accesibilidad en el mercado, una buena versatilidad para su manejo y un excelente precio.

Figura 23*Selección de la tarjeta controladora.*

Nota. Gráfica de calificación de la selección de la tarjeta controladora, la siguiente opción sería la Raspberry pi 3A+ pero como se mencionó anteriormente la disponibilidad en el mercado ecuatoriano es escasa, y el tiempo de desarrollo del proyecto era limitada.

Las tarjetas Raspberry pi han sido una constante controversia en el ámbito industrial, ya que se tiene la impresión de que es un dispositivo para aficionados o una herramienta para fines educativos. Pero según (Galicia, 2019) “La empresa Tembo, por ejemplo, ha trabajado en proyectos de construcción inteligente, actualizaciones de fábrica de la Industria 4.0 y muchas otras aplicaciones de recopilación de datos de sensores que utilizaron Raspberry Pis como el dispositivo Gateway principal.”

Su bajo coste lo posicionó como la tercera marca más vendidas de computadoras, desde precios mínimos de \$5 dólares hasta tarjetas de \$55 dólares. Ya que es mucho más fácil y rentable adquirir una Raspberry pi de \$35 dólares que cumpla con las mismas funciones y especificaciones que un equipo de \$100,000. (Galicia, 2019)

Tabla 7

Especificaciones Técnicas Raspberry Pi 3B+

Modelo	Especificaciones		
Raspberry Pi 3B+	CPU + GPU	Broadcom	BCM2837B0,
		Cortex-A53 (ARMv8) 64-bit	SoC @ 1.4GHz
	Voltaje Operativo	5VDC	
	Pines de entrada/ salidas digitales	40 pines	
	RAM	1GB LPDDR2 SDRAM	
	Wi-Fi + Bluetooth	2.4GHz y 5GHz IEEE	
	Ethernet	Gigabit	Ethernet sobre
		USB 2.0 (300 Mbps)	

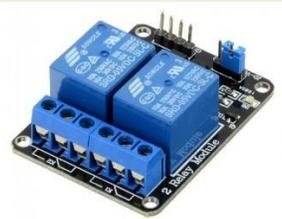
Nota. Características del Raspberry Pi 3B+

3.3.2. Módulo Relé

Para controlar la banda transportadora es necesario de un módulo relé con optoacoplador para proteger la Raspberry pi 3B+ de cualquier inconveniente, los niveles lógicos serán controlados desde el sistema de control de inventario.

Tabla 8

Especificaciones Técnicas Módulo Relé

Modelo	Especificaciones	
	Voltaje de operación	125/250 VAC
	Voltaje de la bobina	5VDC
	Corriente de operación	15/10 A
	Corriente de activación	15 a 20 mA

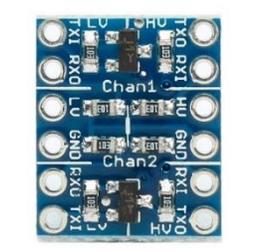
Nota. Características del módulo Relé optoacoplador

3.3.3. Convertidor Nivel Lógico Bidireccional 4 Canales

Unos de los inconvenientes más comunes son los niveles lógicos que posee cada tarjeta en sus salidas digitales ya que suelen ser de 3.3v o 5v. En el caso de la Raspberry Pi 3B+ su nivel lógico alto es de 3.3v. Por ello es necesario un convertidor TTL de 3.3v a 5v para poder controlar los niveles lógicos de encendido y apagado del módulo relé.

Tabla 9

Especificaciones Técnicas Convertidor bidireccional TTL

Modelo	Especificaciones	
	Alto voltaje	5.0 VDC
	Bajo voltaje	3.3 VDC
	Canales de alto voltaje	2 canales de conmutación de alto a bajo voltaje
	Canales de bajo voltaje	2 canales de conmutación de bajo a alto voltaje

Nota. Características del convertidor de nivel lógico

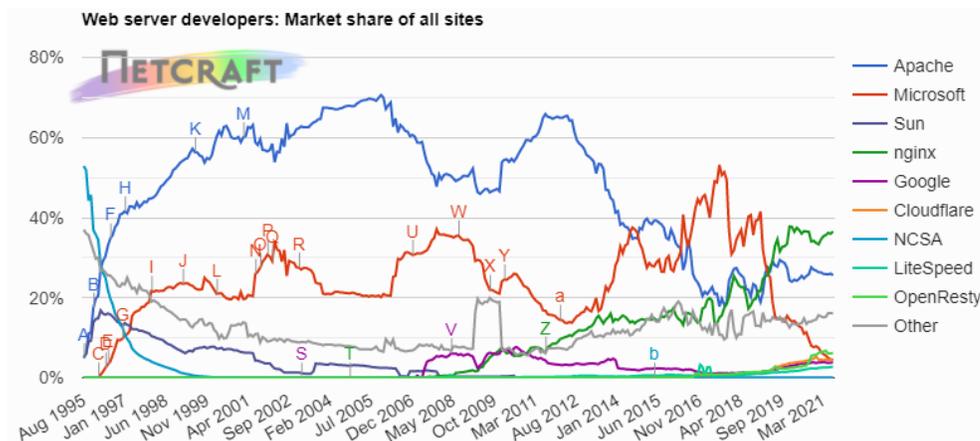
3.4. Diseño del servidor web y aplicación web

3.4.1. Selección del Servidor WEB

En los últimos años los servidores web más populares y usados son NGINX y Apache. El servidor Apache fue lanzado en el año de 1995 y su sucesor NGINX fue en 2004, en la actualidad ambos son usados por grandes compañías Fortune 500 alrededor del mundo. (Jankov, 2021)

Tabla 10

Ranking de servidores web más utilizados.



Nota. En la gráfica se puede apreciar que los servidores más utilizados en el año 2021 son NGINX y Apache. Tomado de (Netcraft, 2021)

Según (Sindhuja , 2021) :“ Los dos servidores web de código abierto más populares (Fuente) que alimentan Internet en la actualidad son el servidor HTTP Apache y NGINX. Más del 50% de los sitios web del mundo se ejecutan en estos dos servidores web [...]”. Del mismo modo para la selección del servidor web se utilizarán tablas de contingencia. Siendo 1 menor y 3 mayor en relación entre la característica y la opción, esto dependerá de la necesidad del problema o del autor.

En la selección de criterio se realiza una relación entre las diferentes características que servirán para la correcta selección del servidor web.

Tabla 11

Criterios para el Servidor Web del Sistema (1 lo mejor, 0 lo peor.)

Criterio	Velocidad	Soporte	Popularidad	Versatilidad	$\Sigma+$	%
Velocidad		0	1	1	2	25
Soporte	0		1	0	1	12.5
Popularidad	1	1		1	3	37.5
versatilidad	1	0	1		2	25
Total					8	100

Nota. En tabla se puede apreciar que la variable que más peso tiene es la “popularidad”

Tabla 12

Selección del Controlador del Sistema (3 lo mejor, 1 lo peor.)

Alternativas	Velocidad	Soporte	Popularidad	Versatilidad
Apache	2	2	3	1
NGINX	3	1	2	3
Σ	5	3	5	4

Nota. Criterios para la selección del servidor web en base a parámetros importantes

Tabla 13

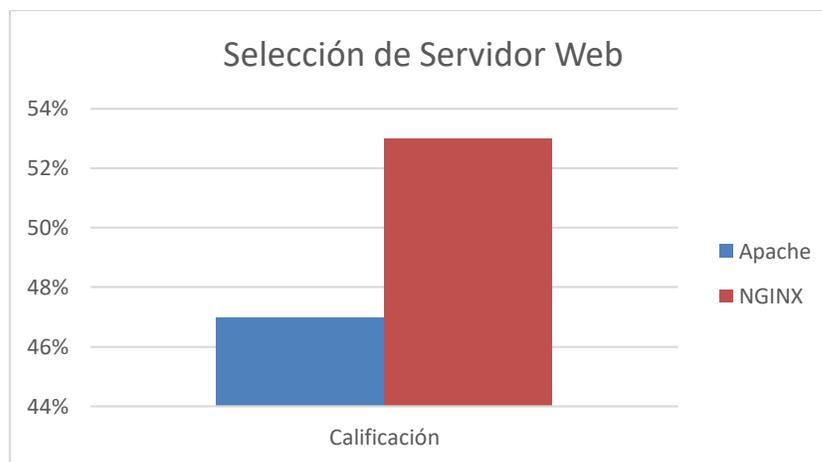
Calificaciones del Servidor Web.

Alternativas	Velocidad	Soporte	Popularidad	Versatilidad	Calificación
Apache	10%	8%	23%	6%	47%
NGINX	15%	4%	15%	19%	53%

Nota. Calificación de los servidores más utilizados alrededor del mundo.

Tabla 14

Selección del Servidor Web.



Nota. Como se puede apreciar el servidor NGINX es el más calificado ya que sobresale

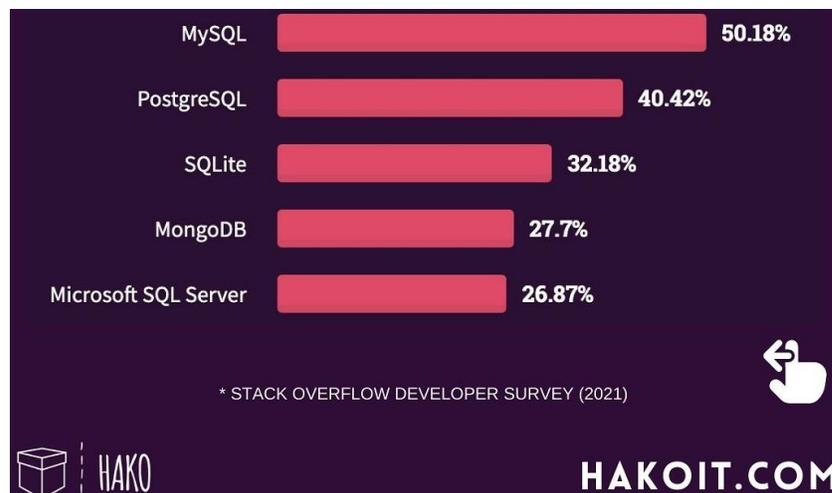
por su velocidad y versatilidad. Pero el servidor Apache tiene más soporte de la comunidad debido a su popularidad, además que para dicho proyecto no se requiere mucho procesamiento como sería el caso de un E-Commerce.

3.4.2. Selección de Base de Datos

Las bases de datos crean, gestionan y administran datos de cualquier tipo. Para la selección de la base de datos se ha tomado en cuenta las bases de datos relacionales o mejor llamadas SQL por su confiabilidad y fácil manejo. En la **figura 24** se expone según STACK OVERFLOW DEVELOPER SURVEY las bases de datos más utilizadas en el 2021. (Stack Overflow, 2021)

Figura 24

Bases de datos más utilizadas en 2021



Nota. En el siguiente gráfico se puede apreciar el top 5 de las bases de datos más utilizadas en 2021 utilizadas por desarrolladores y empresas alrededor del mundo.

Tomado de (HAKO.it, 2021)

MySQL es el gestor de base de datos más utilizado en gran parte de páginas

web y aplicaciones web como software libre ya que se rige bajo la licencia GNU GPL (General Public License) aunque también disponen de licencia empresarial. MariaDB es una derivación de MySQL, esta nace de la adquisición de MySQL por parte de Oracle. Con eso se pretende mantener una herramienta Open Source con las siguientes características. (Marín, 2019)

- Aumento de motores de almacenamiento
- Gran escalabilidad
- Seguridad y rapidez en transacciones

Por lo tanto, se selecciona a MariaDB como gestor de base de datos para el presente proyecto de investigación.

3.4.3. Selección de Lenguaje de Programación para Aplicación Web

Generalmente para realizar desarrollo web se tiene como columna vertebral el lenguaje estructurado HTML. Según (Cobo, 2011) “HTML es un lenguaje de descripción de hipertexto compuesto por una serie de comandos, marcas, o etiquetas denominadas “Tags” que permiten definir la estructura lógica de un documento web”.

- Back-end

En la parte del backend se utilizará el lenguaje PHP por su versatilidad y facilidad, se encuentra valorizado como un lenguaje de alto nivel. Según (PHP Group, 2021) “Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML”

- Front-end

En la parte estética se utilizará el framework (conjunto de herramientas) Bootstrap v4. Según (Lascano, 2020): “ Bootstrap es un framework front-end utilizado para desarrollar aplicaciones web y sitios mobile first, o sea, con un layout que se

adapta a la pantalla del dispositivo utilizado por el usuario”.

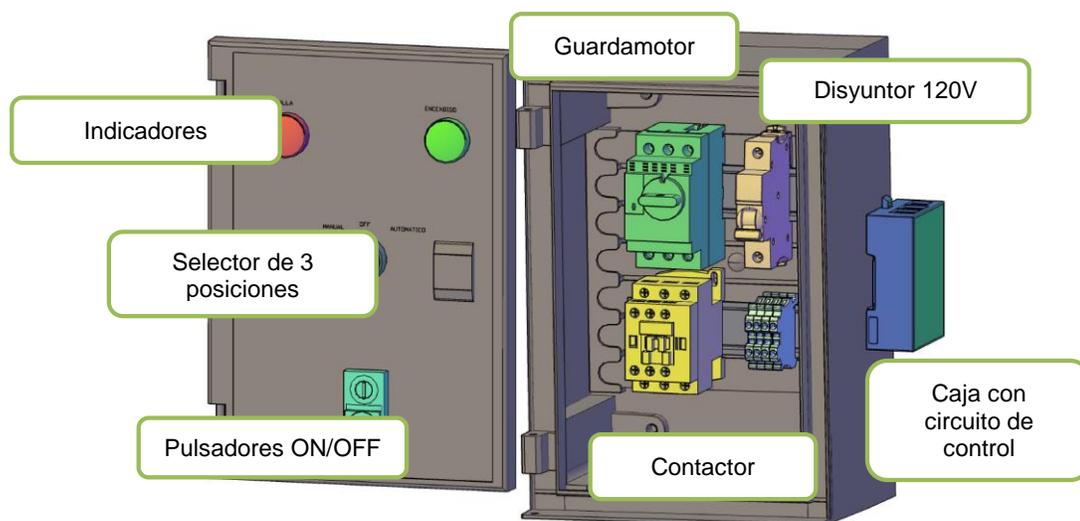
El framework Bootstrap contiene los estilos de javascript y css para asignar características específicas a los elementos de la página. La herramienta CSS contiene archivos necesarios para dar un atractivo a los elementos y una alternativa original. En el caso de javascript se encarga en la ejecución de aplicación de estilo que requieren manipulación interactiva. (Lascano, 2020)

3.5. Diseño Preliminar del Sistema Mecatrónico

Es necesario tener una idea de lo que construirá por lo tanto se ha modelado tanto en Solidworks y Autocad Electrical una idea general de la contronstrucción del sistema Mecatrónico con los componentes que se han seleccionado con anterioridad. En el software de Autodesk se ha utilizado con una licencia estudiantil para realizar el modelado electrico.

Figura 25

Diseño preliminar del sistema mecatrónico.





Nota. Representa a los modelados del sistema eléctrico, electrónico (la cual representa al tablero eléctrico y la caja de control electrónica con sus respectivos elementos seleccionados con anterioridad) y el modelo renderizado de la banda transportadora para el subsistema mecánico.

3.6. Lista de componentes comerciales

Tabla 15

Presupuesto del Sistema Mecatrónico.

ítem	Denominación	Proveedor	Modelo	Cantidad	Precio
1	Motorreductor SEW de 0.33kw	SEW	WA20 DRN71M4/TF	1	\$873,39
2	Lona sintética 5m	MOLINARO		2	\$62,89
3	Chumacera de pared	SKF	UCP205	2	\$17,00
4	Chumacera de piso	SKF	UCF205	2	\$17,00
5	Acero de transmisión 1pulg	DIPAC	AISI 1018	6	\$50,46
6	Tubería cédula 40 de 3pulg	DIPAC	ASTM A53 GRB	6	\$21,42
7	Perfil estructural "G"	DIPAC	ASTM A36	6	\$40,54
9	Tubo cuadrado 40 mm	DIPAC	acero negro	6	\$22,96
10	Tubo cuadrado 50 mm	DIPAC	acero negro	6	\$24,53
11	Paquete de electrodos	INDURA	E6011	1	\$5,99
12	Kit Raspberry Pi	Raspberry	3B+	1	\$100,00
13	Módulo Relé optoacoplador	Electronics	SDR-05VDC	1	\$4,99

14	Convertidor de nivel lógico	Electronics	5vdc - 3,3vdc	1	\$2,50
15	Tablero eléctrico	Coelec	BEACOUPI-0302	1	\$23,40
16	Contactador	Coelec	Sprecher Schuh ca7-9-10.	1	\$68,77
17	Pulsadores ON/OFF 220V	DISMAELEC		1	\$4,99
18	Indicador rojo 220V	DISMAELEC		1	\$1,90
19	Indicador verde 220V	DISMAELEC		1	\$1,90
20	Selector de 3 posiciones	DISMAELEC		1	\$1,40
21	Carril DIN 12" x 1.37"	Coelec		2	\$9,99
22	Cable aws 14 3m	Coelec			\$3,66
23	Impresora térmica	Brother	QW800	1	\$140,00
24	Interruptor termomagnético	Bticino	f81/16 230/400v 16a	1	\$2,65
25	Caja plástica de proyecto	Tecnología Robótica	156x90x60 cm	1	\$8,25
				Total	\$1.510,58

Nota. Representa a la lista de precios de componentes requeridos para realizar el proyecto de grado. Por lo tanto, el valor no excede al monto presupuestado impuesto por la empresa auspiciante.

Capítulo IV

4. Implementación del Sistema Mecatrónico

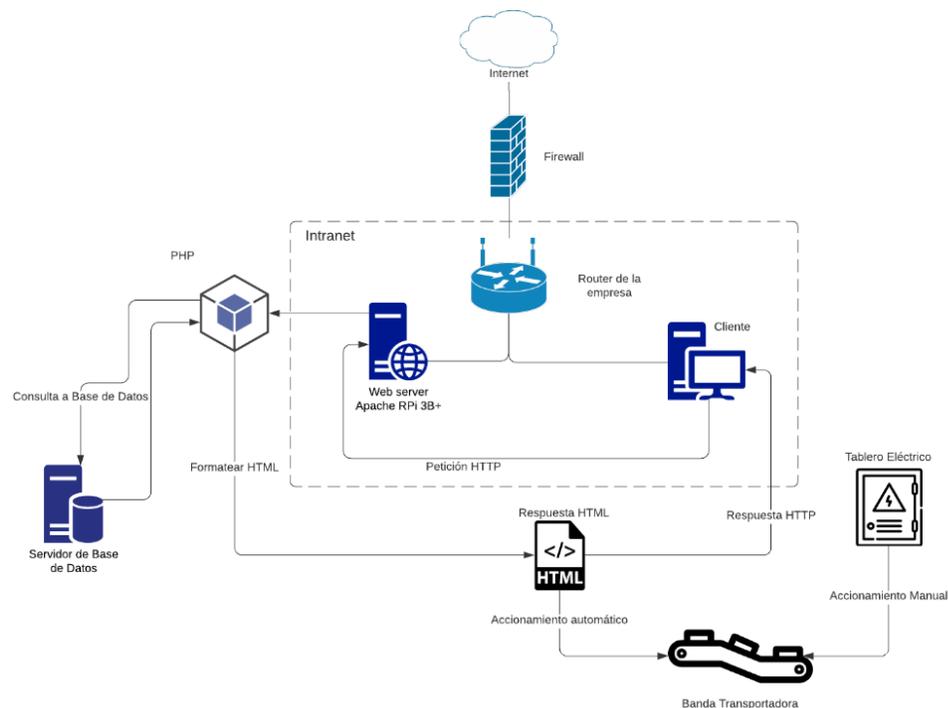
4.1. Generalidades

En el presente capítulo se expone la implementación de los diferentes subsistemas seleccionados anteriormente. El subsistema mecánico se implementará la construcción de la banda transportadora, en el subsistema electrónico se relacionará la parte de potencia con la de control. Por último, el subsistema de control se implementará la aplicación web para administrar la entrada y salida de materiales.

Generalmente la arquitectura del sistema mecatrónico se basará en la red llamada Intranet el cual según (Parres, 2019): “Una intranet es un sistema de red privado que permite compartir recursos entre sus miembros”. Esto será útil para evitar posibles intrusiones no deseadas de usuarios ajenos a la empresa. Como se puede apreciar en la **figura 26** se detalla la arquitectura que tendrá el sistema mecatrónico.

Figura 26

Arquitectura general del sistema mecatrónico.



Nota. Representa a la arquitectura general del sistema el cual se va a desenvolver mediante la red Intranet, la cual gestionará los servidores web y de base de datos para monitorear y controlar la entrada y salida de los equipos que se encuentran en la bodega al igual que el accionamiento de la banda transportadora.

4.2. Implementación del Subsistema Mecánico

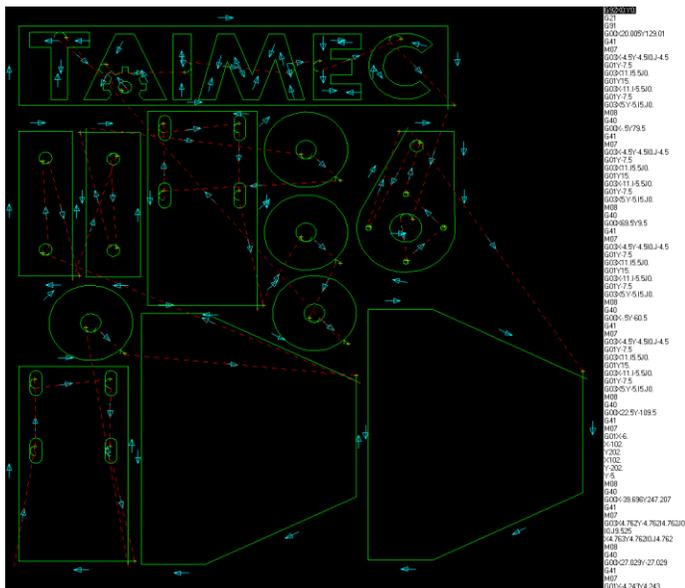
4.2.1. Construcción de la Banda Transportadora

Los planos que se encuentra en el anexo A fueron realizados gracias al software SOLIDWORKS Premium SP0 utilizando la licencia empresarial en la cual se detallan las medidas en milímetros de cada componente para ser cortado y maquinado.

La empresa TAIMEC CIA LTDA cuenta con una cortadora de plasma CNC, con ella se pueden manufacturar piezas con menor costo, gran precisión y rápides. Gracias a esta máquina se pueden cortar piezas como acero y aluminio de hasta 1 pulgada de espesor. Usando el software FastCAM se pudo exportar el código G para ser cortadas en el CNC como indica en la **figura 27**.

Figura 27

Generación del código G y corte de las piezas a utilizar





Nota. Representa las piezas importantes para la construcción de una banda transportadora, una de ellas está las donas para la construcción de los tambores o rodillos. La construcción de estas piezas se lo realizó gracias al equipo de corte de plasma Hypertherm 105 acoplado con un controlador CNC como indica la **figura 28**.

Figura 28

Cortadora Plasma CNC Hypertherm 105



Nota. Representa al equipo de corte CNC y sus especificaciones el cual ayudó a facilitar los tiempos de construcción de la banda transportadora.

Las donas creadas sirven para brindar estabilidad y rigidez al eje de 1 pulgada al momento de ser soldadas al tambor o rodillo, como se puede apreciar en la **figura 29**.

Figura 29

Soldadura del rodillo con su respectivo eje y donas



Nota. Representa al tambor que junto a la lona permitirá el transporte de los objetos.

Un tambor estará acoplado con dos chumaceras de pared UCP 205 y el otro tambor estará fijado con dos chumaceras de piso UCF 205. Así mismo se sueldan y se acoplan los estabilizadores y tensadores como se muestra en la **figura 30**.

Figura 30

Soldadura de estabilizadores, tambores y chumaceras



Nota. Representa al ensamble de los tambores a las chumaceras de pared y piso.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la empresa TAIMEC CIA LTDA

solicitó que se utilice un armazón reciclado para minimizar los costos del proyecto de grado. El siguiente paso fue soldar las patas al armazón como indica la **figura 31**.

Figura 31

Soldadura de las Patas al Armazón



Nota. Representa a la soldadura de las patas al armazón para brindar estabilidad y rigidez

Para poder acoplar el eje con el motor trifásico se mandó a tornearse el tambor a 19.05 mm, con esto se acoplará el motorreductor con una chaveta y así permitir el movimiento de la banda transportadora como se aprecia en la **figura 32**.

Figura 32

Mecanizado del tambor para acoplar el motorreductor trifásico



Nota. Representa al ensamble del eje con el motorreductor, el motor estará sujeto

mediante una brida, esto permitirá que el motorreductor no gire y se mantenga firme.

Para pintar la banda transportadora se necesita de una capa de pintura en escala de grises para que adhiera bien la pintura principal el cual en este caso serán los colores de la empresa, en la **figura 33** se aplica este producto en toda la banda transportadora.

Figura 33

Aplicación del "Primer" y de los colores empresariales



Nota. Representa a la banda transportadora lista para ser pintada a los respectivos colores principales de la empresa.

Lo siguiente a realizar fue pintarle con los colores que la empresa solicitó, seguido a ello se ha acoplado el motorreductor, las chumaceras, los tambores y la colocación de la lona, dando por terminado la implementación del subsistema mecánico como se puede apreciar en la **figura 34**.

Figura 34

Finalización del subsistema mecánico



Nota. Representa a la finalización del subsistema mecánico colocando las respectivas chumaceras, motorreductor, los tambores y la lona.

4.3. Implementación del Subsistema Electrónico

4.3.1. Construcción del tablero eléctrico

Adquiridos los componentes previamente calculados se comienza a realizar el tablero eléctrico que permitirá el accionamiento directo del motorreductor trifásico de 220V. Para ello es necesario de un guardamotor, un selector de tres posiciones, dos luces pilotos, un disyuntor y un contactor de 120V. cómo se indica en la **figura 35**.

Figura 35

Construcción del tablero eléctrico.



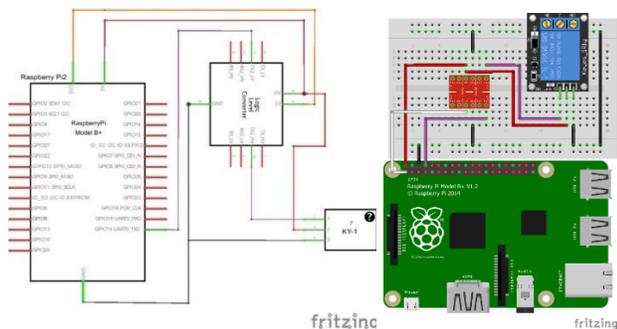
Nota. Representa a la construcción del tablero eléctrico con su respectivo rotulado para el accionamiento directo del motorreductor trifásico de 220V.

4.3.2. Construcción del circuito electrónico

Con los componentes electrónicos seleccionados mediante la tabla de contingencia se prosigue a realizar un esquema del circuito electrónico que permitirá el control automático de la banda transportadora mediante la aplicación web que se hablará en el próximo apartado. En la **figura 36** se detalla las conexiones de los componentes necesarios.

Figura 36

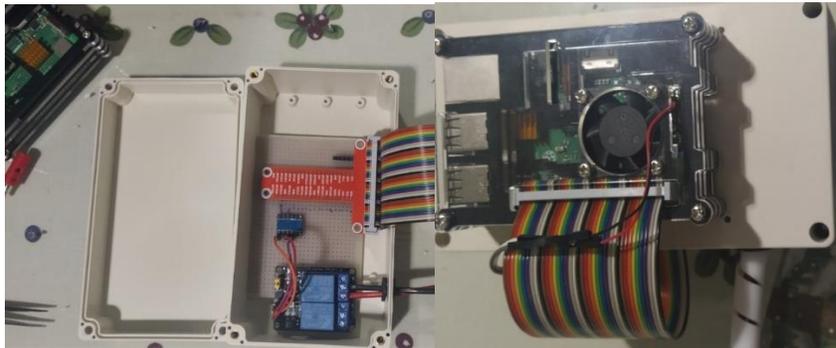
Esquema del circuito electrónico.



Nota. Representa a las conexiones de manera gráfica y esquemática del sistema electrónico. El relé optoacoplador se conectará a la bobina del contactor que se encuentra en el tablero eléctrico y así realizar un control automáticamente en la aplicación web. Con las debidas verificaciones se procede a realizar el circuito físico para controlar la banda transportadora como muestra en la **figura 37**.

Figura 37

Circuito electrónico para el control automático de la banda transportadora.

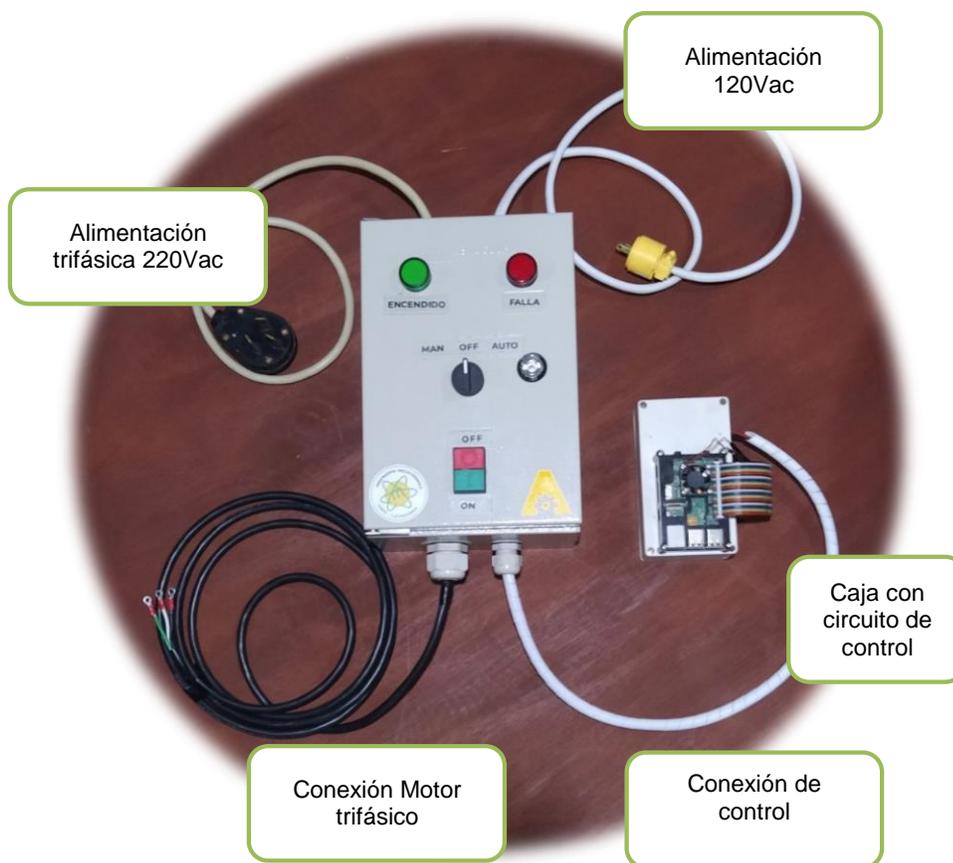


Nota. Representa al circuito que controlará de manera automática el accionamiento de la banda transportadora mediante la tecnología del internet de las cosas.

En la **figura 38** se distingue la conexión del subsistema electrónico, las cuales se componen el tablero eléctrico, en ella con un selector se puede accionar manualmente el funcionamiento del motorreductor y la caja con el circuito de control, en ella se puede accionar automáticamente mediante el servidor web gracias a la tecnología del internet de las cosas.

Figura 38

Ensamble del subsistema electrónico.



Nota. Representa al subsistema que se implementará para el controlar el accionamiento directo del motorreductor trifásico.

4.3.3. Esquema Eléctrico

En el anexo B se puede apreciar las conexiones eléctricas gracias al software de AutoCAD Electrical mediante una licencia educativa, en el esquema eléctrico se detalla la norma IEC 60617.

4.4. Implementación del Subsistema Control

4.4.1. Instalación de la arquitectura LAMP

Para instalar la arquitectura LAMP la cual es indispensable para realizar la aplicación web. Primero se instalará el servidor web Apache, en la **figura 39** se indicarán las líneas de código a ejecutar en el terminal de la Raspberry Pi 3 B+.

Figura 39

Instalación del servidor web Apache.

A terminal window with a dark background and three colored window control buttons (red, yellow, green) at the top left. It shows three lines of terminal output:

```
1 pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get update
2 pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get upgrade
3 pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get install apache2
```

Nota. Representa a las líneas a ejecutar en el terminal de la Raspberry pi para levantar el servidor web Apache.

El siguiente paso es instalar la base de datos, esto permitirá almacenar los datos que se encuentren en el inventario y realizar un control de la entrada y salida de los materiales y herramientas. El gestor de base de datos que se seleccionó fue el de MariaDB el cual es una extensión de MySQL como software libre, por ello la instalación se lo realizará de la siguiente manera como indica la **figura 40**.

Figura 40

Instalación del gestor de base de datos MariaDB.

A terminal window with a dark background and three colored window control buttons (red, yellow, green) at the top left. It shows three lines of terminal output:

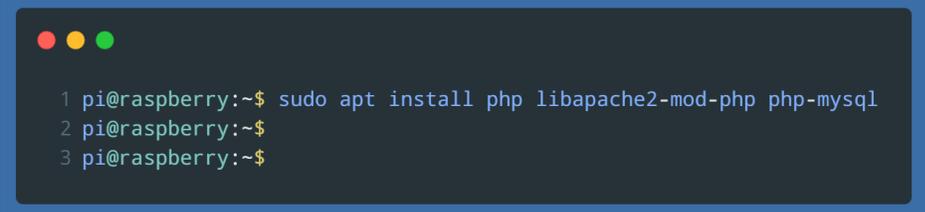
```
1 pi@raspberrypi:~$ sudo apt install mariadb-server
2 pi@raspberrypi:~$ sudo mysql_secure_installation
3 pi@raspberrypi:~$ systemctl status mariadb.service
```

Nota. Representa la instalación del gestor de base de datos, en la segunda línea de código se configura las seguridades para evitar imprevistos y la tercera línea se observará el estatus si MariaDB se encuentra activado en la Raspberry Pi.

Después se necesitará instalar el lenguaje de programación para aplicaciones web PHP, esto permitirá comunicar entre el servidor web y el gestor de base de datos, realizando un debido control de los elementos que se encuentren en la bodega, por otra parte, también permitirá realizar el control del accionamiento automático del motorreductor mediante una interfaz que controle los pines GPIO de la Raspberry PI.

Figura 41

Instalación del lenguaje de programación de alto nivel PHP

A terminal window with a dark background and a blue border. It shows three lines of text: a command to install PHP and related packages, followed by two lines indicating the command was executed successfully.

```
1 pi@raspberrypi:~$ sudo apt install php libapache2-mod-php php-mysql
2 pi@raspberrypi:~$
3 pi@raspberrypi:~$
```

Nota. Representa la instalación del lenguaje de programación PHP el cual relaciona el servidor web Apache y el gestor de archivos MariaDB.

Por último, para administrar de manera gráfica y fácil los datos que se guarden en el gestor de base de datos MariaDB, se instalará la herramienta phpMyAdmin como se indica en la **figura 42**.

Figura 42

Instalación de la herramienta de administración de datos phpMyAdmin.

```
pi@raspberrypi:~$ sudo apt-get install phpmyadmin
pi@raspberrypi:~$
pi@raspberrypi:~$
```

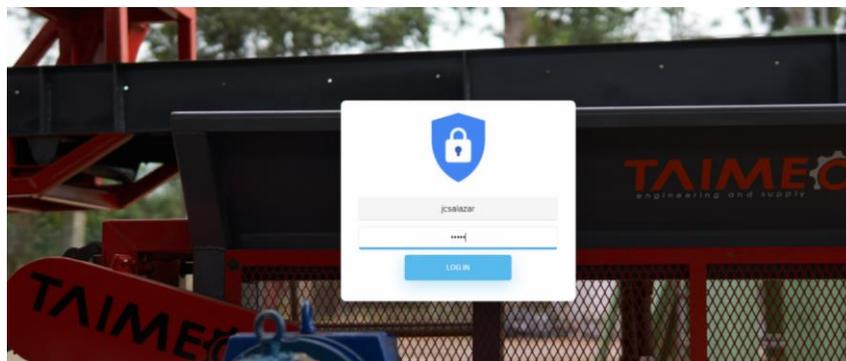
Nota. Representa la instalación de la herramienta que gestionará de manera eficaz los datos que se almacenen en la base de datos de MariaDB sin tener que gestionarlos mediante el lenguaje SQL.

4.4.2. Implementación de la Aplicación Web

Para mantener una seguridad se ha implementado un inicio de sesión los cuales solo los usuarios autorizados tendrán acceso al sistema mecatrónico, en la **figura 43** se aprecia el inicio de sesión de la aplicación web.

Figura 43

Inicio de sesión del sistema mecatrónico.



Nota. Representa al inicio de sesión para mantener una seguridad entre el sistema mecatrónico y el usuario.

Al momento de ser autenticado, el usuario dependiendo del permiso que se le asigne podrá visualizar las diferentes funciones que el Sistema Mecatrónico posee como indica la **figura 44**.

Figura 44

Interfaz De Inicio Del Sistema Mecatrónico.



Nota. Representa al interfaz de inicio del sistema mecatrónico para gestionar la entrada y salida de materiales, además de monitorear los movimientos en la bodega.

- Equipos

En la pestaña de equipos se puede ingresar solo los equipos y herramientas mediante el botón nuevo, especificando las características que cada equipo posea, para mantener un control es necesario codificar cada herramienta o equipo como se muestra en la **figura 45**.

Figura 45**Gestión de inventario de equipos y herramientas**

Formulario para agregar un nuevo ítem al inventario. Incluye los siguientes campos de texto:

- Equipo:
- Color:
- Marca:
- Modelo:
- Código:
- Especificación:

Botones de acción: CANCELAR (con una 'X' roja) y GUARDAR (en azul).

Inventario de Equipos y Herramientas

Acción: [Nuevo](#)

Acciones: [Copiar](#) | [Exportar Excel](#) | [Exportar pdf](#) | [Exportar csv](#) | [Impresión](#)

Introduzca una palabra clave:

ID	Fecha	Cantidad	Equipo	Color	Marca	Modelo	Código	Especificación	Acción
4	2021-09-08 13:53:19	1	CORTADOR PLASMA	PLUMBO	HYPERHERM	POWERMAX 105	CP001	SISTEMA DE CORTE DE PLASMA	Eliminar
5	2021-09-08 13:55:24	1	LLAVE DE IMPACTO	AMARILLA	DEWALT	DFC88P2	LH001	LLAVE DE IMPACTO 110 VAC	Eliminar
6	2021-09-08 14:53:10	1	ROUTER INTERNET	BLANCA	OPCOM	OP-18E347N	RT001	ROUTER 300 MB	Eliminar
7	2021-09-08 14:54:04	1	SOLDADORA SMAW	VERDE	INDURA	DDPTD-2	SS001	MAQUINA REVERSORA SMAW, 220VAC, 67A	Eliminar
8	2021-09-08 14:57:08	1	SOLDADORA SMAW	AZUL	BLUE BOX	MMA-300	SS004	MAQUINA REVERSORA SMAW, 220VAC, 67A	Eliminar
10	2021-09-08 14:58:00	2	SOLDADORA MIG	AZUL	BLUE BOX	MIG-250	SM005	SOLDADORA MIG 220V, 1 FASE, 60HZ, 80A/100	Eliminar

Showing 1 to 6 of 64 entries. Página anterior 1 2 3 4 5 ... 16 Siguiente página

Nota. Representa al inventario de equipos que se encuentra en la bodega, en la actualidad la empresa cuenta con más de 100 herramientas y equipos.

- Consumibles

Son elementos que solo tienen uso solo una vez, los cuales suelen ser comprados a menudo, como por ejemplo planchas de acero, electrodos, entre otros.

Esto se encuentra detallado en la **figura 46**.

Figura 46*Gestión de consumibles y materiales*

The image shows two screenshots from a web application. The top screenshot is a form titled 'Agregar Inventario de Consumibles' with fields for Cantidad, Equipo, Color, Marca, Modelo, Codigo, Unidad (set to 'Lb'), and Especificación. It has 'CANCELAR' and 'GUARDAR' buttons. The bottom screenshot is a table titled 'Inventario de Consumibles y Materiales' with a '+ NUEVO' button and export options. The table has columns for ID, Fecha, Cantidad, Equipo, Color, Marca, Modelo, Codigo, Especificación, and Acción. It contains 4 rows of data and a footer with pagination controls.

ID	Fecha	Cantidad	Equipo	Color	Marca	Modelo	Codigo	Especificación	Acción
1	2021-11-13 17:43:49	0	Paquete de discos de corte	AZUL	INDURA	SMAW	PPH027 QR	ASDF	ELIMINAR
2	2021-11-18 14:34:16	1	plancha 6mm			1220x2440x6mm	pl-01-06 QR	A 36	ELIMINAR
3	2021-11-18 15:02:43	1	plancha 6mm			1220x2440x6mm	pl-01-06-01 QR	A 36	ELIMINAR
4	2021-11-18 16:04:31	0	plancha 6mm			1220x2440x6mm	asdfc1 QR		ELIMINAR

Nota. Representa al inventario de consumibles que se encuentra en la bodega actualmente. De igual manera se puede guardar como registro todos los consumibles que se compran.

- Colaboradores

Son los trabajadores que se encuentran laborando en la empresa. Esta pestaña es necesaria para determinar que personal solicitarán los equipos y consumibles y así mantener un registro de los movimientos que se generen en la bodega como indica en la **figura 47**.

Figura 47*Gestión de empleados*

Agregar Empleado

Cédula: _____

Nombres: _____

Apellidos: _____

Celular: _____

Formulario de Empleados

+ NUEVO

Show 10 entries Search: _____

ID	Cédula	Nombres	Apellidos	Celular	Estado	Acción
2	1719730705	Daniel	Recalde	0983516343	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
3	1716529589	Juan Carlos	Salazar Vaca	0984468060	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
5	1715231013	David Andrés	Peñaherrera Muñoz	0998021089	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
6	172412135	Jorge Luis	Encarnación Yanagómez	099481961	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
7	802728527	Ángel Paul	Taiz Quintana	0959117458	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
8	2300119050	Daniel Marcelo	Vallejo Barragán	098516398	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
9	802421917	Sigifredo	Jiménez Popayán	0995318061	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>

Showing 1 to 7 of 7 entries Previous 1 Next

Nota. Representa al ingreso de todos los empleados que se encuentran en la empresa.

- Usuarios

En este apartado se administra los usuarios que utilizarán y gestionarán las funciones del sistema mecatrónico como se puede observar en la **figura 48**.

Figura 48

Formulario de usuarios del sistema mecatrónico

Agregar Usuario

Nombres: _____

Nickname: _____

Clave: _____

Repetir Clave: _____

Formulario de Usuarios

Show entries Search:

ID	Nombres	Nickname	Estado	Acción
1	JUAN CARLOS SALAZAR VACA	jcsalazar	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
2	DANIEL RECALDE	drecalde	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
4	JORGE ENCARNACION	jencarnacion	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
5	Daniel Vallejo	dvallejo	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>
6	David Peñaherrera	dpeñaherrera	ACTIVO	<input type="button" value="ELIMINAR"/>

Showing 1 to 5 of 5 entries Previous Next

Nota. Representa a los usuarios que gestionarán y administrarán el sistema mecatrónico, para administrar un nuevo usuario se tendrá que hablar con el autor del sistema.

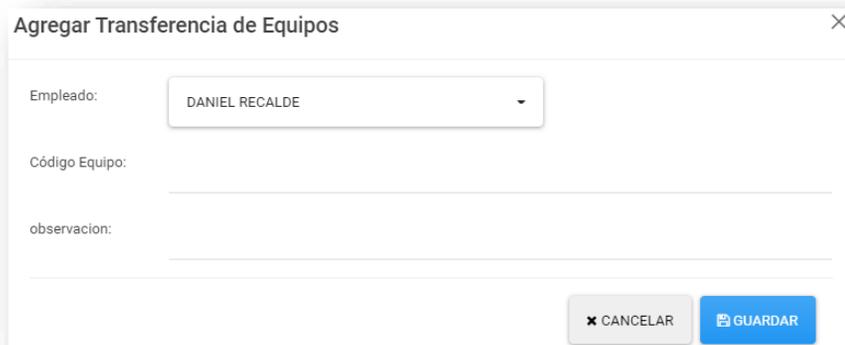
- Transferencia de Equipos y Transferencia de consumibles

Estas pestañas llevarán los movimientos que se generen en la bodega donde se detallará que equipos o consumibles se encuentran fuera y que colaborador lo ha solicitado. De igual manera se genera un registro que detallará las fechas, nombres del

colaborador, equipos y su especificación como se puede observar en la **figura 49**.

Figura 49

Formulario de salida de materiales del sistema mecatrónico



Formulario de salida de materiales del sistema mecatrónico. El formulario se titula "Agregar Transferencia de Equipos" y contiene los siguientes campos:

- Empleado: DANIEL RECALDE (seleccionado en un menú desplegable)
- Código Equipo: campo de texto vacío
- observacion: campo de texto vacío

En la parte inferior derecha del formulario hay dos botones: "CANCELAR" (con una 'x' roja) y "GUARDAR" (con un ícono de disco).



Entrada y Salida de Equipos y Herramientas. Interfaz de usuario que muestra un formulario de búsqueda y una tabla de datos.

Botones de acción: + NUEVO, REFRESCAR.

Botones de exportación: Copiar, Exportar Excel, Exportar pdf, Exportar csv, Impresión.

Campo de búsqueda: Introduzca una palabra clave: []

ID	Fecha	Nombres	Apellidos	Retira	Cantidad	Marca	Modelo	Código	Observación	Estado	Acción
sin datos											

Estado de la tabla: sin datos. Paginas: Pagina anterior, Siguiete página.

Nota. Representa a la gestión de entrada y salida de los equipos y de los consumibles.

- Control Banda

En esta pestaña se controlará de manera remota el encendido y apagado del motorreductor esto será necesario para la salida masiva de materiales al momento de trasladarse a un proyecto fuera de la empresa como indica la **figura 50**.

Figura 50

Interfaz del control de la banda transportadora



Nota. Representa a la interfaz gráfica para controlar el motor de la banda transportadora desde la aplicación web.

En la etiquetación de las herramientas se ha desarrollado mediante una impresora térmica marca Brother QL800, el cual posee un software llamado P-Touch Editor 5.4 para crear etiquetas adhesivas de manera flexible y eficaz. En la **figura 51** se aprecia el diseño de las etiquetas aprobadas por la empresa TAIMEC.

Figura 51

Diseño de etiquetas



Nota. Representa al diseño de etiquetas para ser adheridas a las herramientas, equipos y consumibles que se encuentran en el inventario, las cuales serán esenciales ya que deben ser escaneadas por la pistola de código de barras para un uso rápido del sistema mecatrónico.

4.5. Desarrollo del código del Sistema mecatrónico

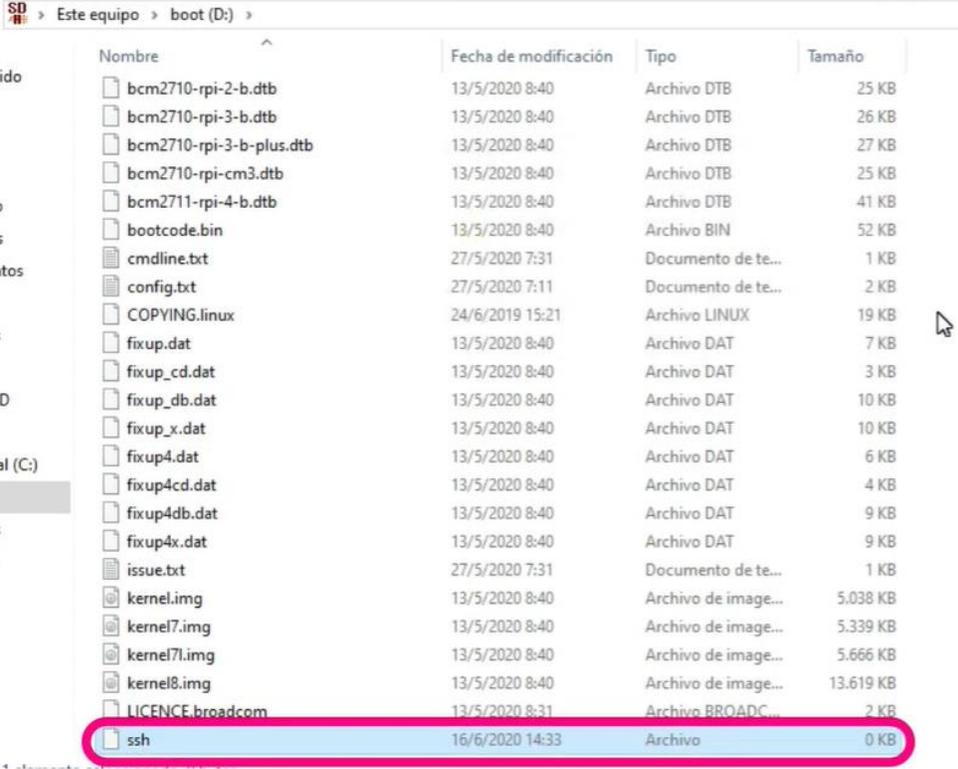
En el siguiente apartado se explicará la conexión y la programación realizada en la Raspberry Pi 3B+. Para programar una Raspberry Pi se lo puede realizar mediante dos formas, la primera es con un teclado y un monitor, escribiendo el código desde el mismo dispositivo o bien puede ser conectado mediante el protocolo SSH el cual provee de una comunicación rápida y versátil.

4.5.1. Conexión mediante protocolo SSH Raspberry Pi

En la microSD de la Raspberry se necesitará de un adaptador para ser conectado en la computadora, al momento ser ubicado en el directorio del explorador de archivos, se creará un archivo sin extensión llamado “ssh” como muestra la **figura 52** con ello el protocolo quedará abierto para ser utilizado por dispositivos externos.

Figura 52

Creación del archivo ssh



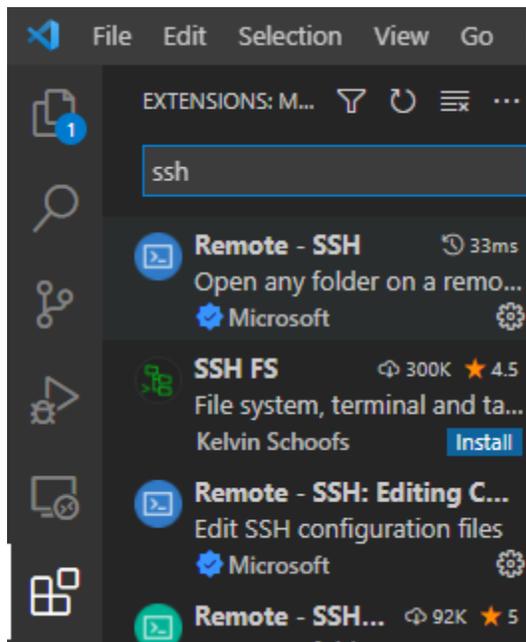
Nombre	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
bcm2710-rpi-2-b.dtb	13/5/2020 8:40	Archivo DTB	25 KB
bcm2710-rpi-3-b.dtb	13/5/2020 8:40	Archivo DTB	26 KB
bcm2710-rpi-3-b-plus.dtb	13/5/2020 8:40	Archivo DTB	27 KB
bcm2710-rpi-cm3.dtb	13/5/2020 8:40	Archivo DTB	25 KB
bcm2711-rpi-4-b.dtb	13/5/2020 8:40	Archivo DTB	41 KB
bootcode.bin	13/5/2020 8:40	Archivo BIN	52 KB
cmdline.txt	27/5/2020 7:31	Documento de te...	1 KB
config.txt	27/5/2020 7:11	Documento de te...	2 KB
COPYING.linux	24/6/2019 15:21	Archivo LINUX	19 KB
fixup.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	7 KB
fixup_cd.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	3 KB
fixup_db.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	10 KB
fixup_x.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	10 KB
fixup4.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	6 KB
fixup4cd.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	4 KB
fixup4db.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	9 KB
fixup4x.dat	13/5/2020 8:40	Archivo DAT	9 KB
issue.txt	27/5/2020 7:31	Documento de te...	1 KB
kernel.img	13/5/2020 8:40	Archivo de image...	5.038 KB
kernel7.img	13/5/2020 8:40	Archivo de image...	5.339 KB
kernel7l.img	13/5/2020 8:40	Archivo de image...	5.666 KB
kernel8.img	13/5/2020 8:40	Archivo de image...	13.619 KB
LICENCE.broadcom	13/5/2020 8:31	Archivo BROADC...	2 KB
ssh	16/6/2020 14:33	Archivo	0 KB

Nota. Representa a la creación del archivo ssh el cual permitirá la conexión con el software Visual Studio Code.

Para programar el servidor web en la Raspberry Pi desde un equipo externo será necesario que tengas instalado el software Visual Studio Code, el cual es un potente editor de código que posee múltiples extensiones y facilidades para realizar un código limpio mediante el lenguaje de PHP. En el software se deberá instalar la extensión Remote – SSH como indica la **figura 53**.

Figura 53

Instalación de la extensión remote – ssh

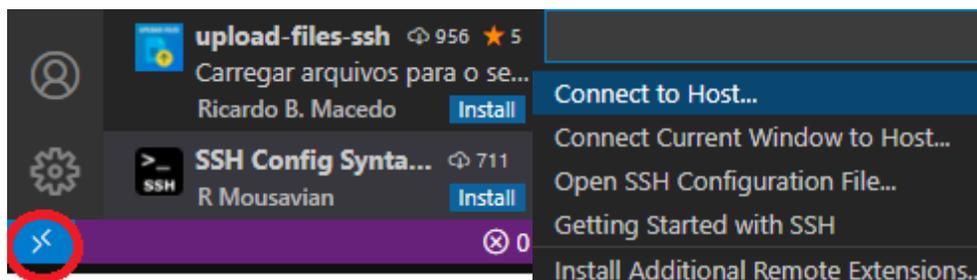


Nota. Representa a la instalación de la extensión del editor de texto Visual Studio Code en un ordenador externo.

Luego se habilitará el botón que se encuentra en la esquina inferior izquierda el cual es necesario cliquer. Después seleccionar la elección “Conectar al host” como indica la **figura 54**.

Figura 54

Conexión a un Host para realizar la conexión remota

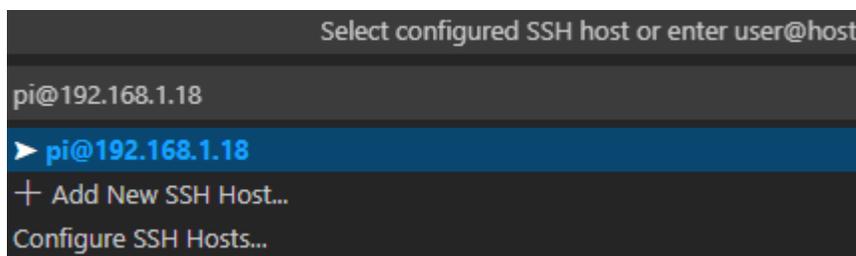


Nota. Representa a los pasos necesarios para realizar una conexión mediante el

protocolo ssh. Después se deberá colocar primero el usuario de la Raspberry Pi el cual por defecto es **Pi**, seguido una arroba y por último la dirección IP asignada al dispositivo. Como se ilustra en la **figura 55**.

Figura 55

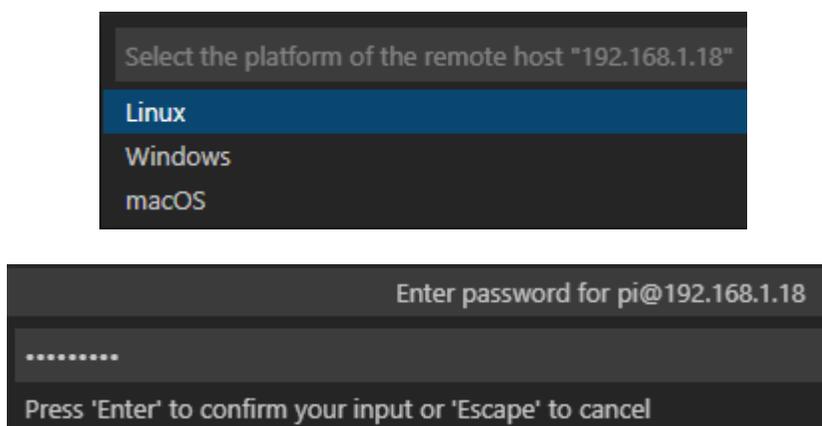
Conexión remota al Raspberry Pi 3B+



Nota. Representa al usuario con su respectiva dirección IP para la conexión remota. Después se selecciona la plataforma de la Raspberry Pi, la cual seleccionamos Linux y por último se coloca la contraseña, la cual por defecto es "**raspberry**" como indica la **figura 56**.

Figura 56

Últimos pasos para la configuración del protocolo ssh.



Nota. Representa a la configuración final para programar la Raspberry PI mediante el protocolo SSH, al momento de que la conexión haya sido un éxito, se deberá ir a la ruta **(/var/www/html/)** de la Raspberry Pi y realizar su respectiva programación de la

aplicación Web.

4.5.2. Programación de la Tarjeta de Control

Para conectar la base de datos con el servidor web Apache es necesario realizar un archivo PHP donde se inicialicen el usuario, la contraseña y el tipo de conexión para lograr comunicar en tiempo real el gestor de base de datos MariaDB y proceder con la programación de la aplicación web, como este proyecto es exclusivo de la empresa TAIMEC, se mostrará solo la conexión con la base de datos.

Figura 57

Conexión con la base de datos mediante php.

```

<?php
class Connection{
    private $server = "mysql:host=localhost;dbname=          ";
    private $username =          ;
    private $password =          ;
    private $options = array(PDO::ATTR_ERRMODE =>PDO::ERRMODE_EXCEPTION,PDO::ATTR_DEFAULT_FETCH_MODE =>
PDO::FETCH_ASSOC,);
    protected $conn;

    public function open(){
        try{
            $this->conn = new PDO($this->server, $this->username, $this->password, $this->options);
            return $this->conn;
        }
        catch (PDOException $e){
            echo "Ocurrió un problema con la conexión: " . $e->getMessage();
        }
    }

    public function close(){
        $this->conn = null;
    }
}
?>

```

Nota. Representa a la conexión con el gestor de base de datos MariaDB mediante el código de programación PHP, el cual estará guardado en un archivo llamado "Connection.php".

4.6. Manual de usuario

El manual de usuario del sistema mecatrónico implementado y desarrollado se encuentra en el ANEXO C.

Capítulo V

5. Pruebas y Resultados

En el presente capítulo, se detallarán las pruebas elaboradas con el propósito de comprobar el correcto funcionamiento del control y monitoreo de entrada y salida de materiales y herramientas. Para ello se pondrá a prueba todo el sistema mecatrónico mediante un ensayo con el inventario que se encuentra en bodega de la empresa TAIMEC CIA LTDA.

5.1. Validación de Hipótesis

5.1.1. Hipótesis

¿El diseño e implementación de un sistema mecatrónico permitirá el control y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source?

¿El diseño e implementación de un sistema mecatrónico disminuirá el tiempo en la salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source?

5.1.2. Variables de la investigación

- **Variable independiente**

Diseño e implementación de un sistema mecatrónico

- **Variable dependiente**

Permite el control y monitoreo de entrada y salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source.

Disminuye el tiempo en la salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source.

5.1.3. Comprobación de la hipótesis

La presente hipótesis fue propuesta en el perfil del proyecto y fue comprobada

como se indica en el video de funcionamiento entregado al canal de YouTube de la carrera de ingeniería Mecatrónica, en el cual se aprecia que si existe un control y monitoreo de los movimientos de la bodega de la empresa.

En la segunda hipótesis se desea determinar si el sistema mecatrónico disminuye el tiempo de salida del inventario de la bodega. Ya que hay casos en que la empresa presenta momentos en que sus clientes requieren mantenimientos y servicios. Por lo que se ha propuesto determinar si en verdad el sistema mecatrónico pueda disminuir esos tiempos extensos.

Para validar esta hipótesis, es necesario tomar datos de salida de equipos, herramientas. Esto para determinar cuánto tiempo se demoran las salidas de los materiales a ser utilizados. Dichos datos se pueden observar en la **tabla 16**.

Tabla 16

Tiempos de salida de herramientas solicitadas por diferentes trabajadores.

Metodología	Tiempos de salida herramientas y equipos solicitados por un trabajador			Total
	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	
	5 herramientas	15 herramientas	25 herramientas	
	Equipos	Equipos	Equipos	
Utilizando Excel y hojas de registro	311 <i>seg</i>	1174 <i>seg</i>	1953 <i>seg</i>	≅ 3438 <i>seg</i>

Nota. En la presente toma de datos se han ofrecido 3 trabajadores, los cuales solicitaron 5 herramientas, 15 herramientas y 25 herramientas respectivamente. El bodeguero tiene que buscarlas, entregarlas y generar un reporte para ser firmado por el solicitante. Toda esta prueba llevó aproximadamente 57 minutos con 18 segundos con

un total de 45 herramientas/equipos.

Con el sistema mecatrónico implementado y las pruebas realizadas, se consiguen los siguientes resultados. En la **tabla 17** se analizarán los tiempos mediante registro y salida de materiales utilizando el sistema mecatrónico.

Tabla 17

Tiempos de salida de herramientas utilizando el sistema mecatrónico.

Metodología	Tiempos de salida herramientas y equipos solicitados por un trabajador			Total
	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	
	5 herramientas	15 herramientas	25 herramientas	
	Equipos	Equipos	Equipos	
Utilizando el sistema mecatrónico	219 <i>seg</i>	651 <i>seg</i>	1086 <i>seg</i>	≅ 1956 <i>seg</i>

Nota. Implementado el sistema mecatrónico se puede observar una considerable mejora al momento de retirar las herramientas y equipos ya que cuenta con un lector de códigos QR, que permite una gestión rápida en los movimientos reduciendo aproximadamente media hora en la salida de 45 herramientas. Dando un total aproximado de 32 minutos y 36 segundos.

Como se puede apreciar hay una reducción casi del 50% del tiempo en la salida de herramientas y equipos. Esto ayuda bastante en los tiempos de producción y movilización cuando la empresa necesite realizar visitas a sus clientes por motivos de mantenimientos, dando un servicio rápido y eficaz.

5.1.4. Comprobación de Hipótesis utilizando Chi- Cuadrado

A pesar de tener datos gratificantes es necesario emplear una metodología estadística para comprobar la hipótesis planteada, para ello se empleará la prueba estadística del Chi-cuadrado. Según (IBM, 2021), la prueba de chi-cuadrado compara un estadístico entre las frecuencias observadas (f_o) y frecuencias esperadas (f_e) para contrastar que todas las categorías contengan la misma proporción de relación.

La comprobación de la hipótesis se lo realiza mediante una tabla con los datos de frecuencias observadas de registros y salidas indicados en las tablas anteriores utilizando la manera convencional de la empresa y con el sistema mecatrónico.

Figura 58

Comparativa de frecuencias observadas en los tiempos de salida.

Metodología	Tiempos de salida herramientas y equipos solicitados por un trabajador			Total
	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	
	5 herramientas Equipos	15 herramientas Equipos	25 herramientas Equipos	
Utilizando Excel y hojas de registro	311 <i>seg</i>	1174 <i>seg</i>	1953 <i>seg</i>	≅ 3438 <i>seg</i>
Usando el sistema mecatrónico	219 <i>seg</i>	651 <i>seg</i>	1086 <i>seg</i>	≅ 1956 <i>seg</i>
Total	≅ 530 <i>seg</i>	≅ 1825 <i>seg</i>	≅ 3039 <i>seg</i>	≅ 5394 <i>seg</i>

Nota. Representa a la comparativa de dos variables con sus respectivas frecuencias observadas y proceder a realizar una prueba de chi-cuadrado.

Para dicha prueba se recomienda utilizar un nivel de confianza del 95%, correspondiente a un nivel de significancia (α) a emplearse es de 0.05. El siguiente paso es calcular los grados de libertad (n) de la **Tabla 18** con la siguiente ecuación.

$$n = (\#filas - 1) * (\#columnas - 1)$$

$$n = (2 - 1) * (3 - 1) = 2 \text{ grados de libertad}$$

Dicha tabla posee dos filas y tres columnas por lo tanto posee dos grados de libertad. Al momento de observar la tabla de distribución del chi-cuadrado crítico ($\chi^2_{\text{crítico}}$), en relación de los grados de libertad y el nivel de significancia. Da un valor de 9,21 como se puede apreciar en la **Tabla 19**.

Figura 59

Tabla de distribución de chi-cuadrado crítico.

DISTRIBUCION DE χ^2

Grados de libertad	Probabilidad											
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001	
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83	
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82	
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27	
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47	
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52	
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46	
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32	
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12	
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88	
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59	
	No significativo								Significativo			

Nota. Representa a la relación entre grados de libertad y el nivel de significancia para determinar el chi-cuadrado crítico.

El siguiente paso es formular la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa o de trabajo (H_1).

H_0 (Nula): Parámetros Independientes ($\chi^2_{\text{calculado}} < \chi^2_{\text{crítico}}$)

El diseño e implementación de un sistema mecatrónico no disminuirá el tiempo en el registro y salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source.

H_1 (*Alternativa*): **Parámetros Independientes** ($x_{calculado}^2 < x_{crítico}^2$)

El diseño e implementación de un sistema mecatrónico disminuirá el tiempo en la salida de herramientas y materiales utilizando un servidor web open source.

Después hay que calcular las frecuencias esperadas de cada uno de los datos, el primer cálculo se lo realizará en referencia a la **tabla 18**. Esta frecuencia esperada se calcula a través de la razón entre los totales de cada frecuencia observada y el total de datos de la muestra dando así la **Tabla 20**.

Figura 60

Tabla de frecuencias esperadas de salida de herramientas/equipos.

Frecuencias esperadas de la salida herramientas y equipos solicitados por un trabajador			
Metodología	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3
	5 herramientas/ Equipos	15 herramientas/ Equipos	25 herramientas Equipos
Utilizando Excel y hojas de registro	337,81 <i>seg</i>	1163,21 <i>seg</i>	1936,98 <i>seg</i>
Usando el sistema mecatrónico	192,19 <i>seg</i>	661,79 <i>seg</i>	1102,02 <i>seg</i>

Nota. Representa a las frecuencias esperadas en referencia a la tabla 18.

Calculando el chi-cuadrado se obtiene la **Tabla 21** donde el valor calculado es de 6,52 superando el chi-cuadrado crítico, aprobando la hipótesis alternativa, dando fidelidad a que el sistema mecatrónico ayuda de gran medida en los tiempos de salida de herramientas. Según la empresa TAIMEC CIA LTDA la salida de materiales ha sido uno de los grandes problemas que han tenido al momento de acudir a las necesidades

de sus clientes ya que la mayoría se encuentra en Quevedo o en Manta.

$$x^2_{\text{calculado}} > x^2_{\text{critico}}$$

$$6,51 > 5,99$$

Figura 61

Chi-cuadrado calculado.

Chi-cuadrado calculado				
Metodología	Trabajador 1	Trabajador 2	Trabajador 3	Total
	5 herramientas/ Equipos	15 herramientas/ Equipos	25 herramientas/ Equipos	
Utilizando Excel y hojas de registro	2,13 <i>seg</i>	0,10 <i>seg</i>	0,13 <i>seg</i>	≅ 2,36 <i>seg</i>
Usando el sistema mecatrónico	3,74 <i>seg</i>	0,18 <i>seg</i>	0,23 <i>seg</i>	≅ 4,15 <i>seg</i>
			Total	≅ 6,51 <i>seg</i>

Nota. Representa al cálculo final del chi-cuadrado dando un total del 6.51 superando al chi-cuadrado crítico. Aprobando la hipótesis alternativa o de trabajo.

Capítulo VI

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Se implementó el servidor web Open Source Apache, el cual es un servidor seguro, confiable y el más popular en todo el mundo desde 1996. Para gestionar los datos de la bodega se utilizó el gestor de datos MariaDB ya que se encuentra primero en la lista de desarrolladores de aplicaciones web, con una aceptación del 50.18% en la comunidad. Para monitorear remotamente se utilizó la configuración Intranet para que solo el personal autorizado pueda manejar el sistema mecatrónico dentro de la empresa.
- Como se explicó anteriormente la salida de material ha sido uno de los problemas en cuestión de tiempo y traslado. Para ello se programó un generador de códigos QR en la aplicación web, gracias a ello se nombran a todos los equipos y herramientas, permitiendo una mayor fluidez al momento de realizar salidas de inventario.
- Se diseñó y construyó una banda transportadora la cual mejora la fluidez en la salida de materiales. Todo el sistema mecatrónico reduce un 50% el tiempo de salida de estos, ayudando a movilizarse más rápido a sus respectivos clientes cuando se presentan mantenimientos, trabajos, visitas técnicas, entre otros.
- Se implementó una aplicación web mediante el lenguaje de alto nivel PHP, el cual es uno de los más cómodos y fáciles para enlazar el gestor de base de datos y el servidor web de manera eficaz. Dentro de la aplicación web se encuentran los datos de equipos, usuarios,

herramientas, control de la banda transportadora y registro/salida de herramientas, equipos y consumibles. Gracias a esto el inventario de bodega se mantiene de forma ordenada mediante una interfaz amigable con el usuario.

- El usuario tiene la opción de descargar el reporte de entradas y salidas realizado diariamente o cuando desee. Esto permite transparencia al momento de solicitar las herramientas, ya que se especifica los nombres y apellidos del solicitante, el equipo o herramienta con sus respectivas características técnicas. Además, esta función cuenta con un sistema de filtrado para descargar solo los registros que el usuario desee.
- Para pruebas de funcionamiento se ha ensayado la salida de 45 herramientas y equipos. Convencionalmente el proceso demoraba 57 minutos con 18 segundos aproximadamente. Con el sistema mecatrónico implementado la salida de herramientas y equipos se reduce en un total aproximado de 32 minutos y 36 segundos. Aproximadamente se reduce media hora que para la empresa resulta importante en producción, tiempos y traslados.

6.2. Recomendaciones

- La Raspberry Pi 3B+ tiene un almacenamiento de 64GB hasta el momento la aplicación web está utilizando 6GB de almacenamiento lo que implica que a medida que se siga utilizando el sistema mecatrónico llegará a un punto de llenarse. Lo que significa que en un futuro se deberá comprar una microSD de mayor capacidad.
- La aplicación web tiene como objetivo solo el control y monitoreo de entrada y salida de materiales y herramientas por lo cual, si la empresa

requiere una función contable o algún otra será necesario adquirir los servicios de paga como Digital Ocean, AWS, Google Cloud, Azure, entre otros. Donde el poder de procesamiento es elevado para funciones contables, administrativas y almacenamiento.

- Cada vez que se adquirieran herramientas nuevas es necesario que el bodeguero las etiquete para mantener un control de inventario y disminuir los tiempos de salida de los equipos y herramientas. Los softwares utilizados y consejos se encuentran en el manual de usuario (Apéndice D). Así el usuario se mantendrá capacitado ante cualquier duda o falla.
- Para aumentar la velocidad de la banda transportadora es recomendable que utilicen un variador de frecuencia y un motor de más RPM. Así mismo con la lectura de los equipos, herramientas y consumibles, es recomendable utilizar un lector de códigos profesional para mejorar el tiempo de reconocimiento QR.
- Es recomendable realizar una copia de seguridad de los datos almacenados en la Raspberry Pi cada 4 meses, con esto se asegura de proteger los datos ante cualquier falla o sobrecarga del sistema. Por ello es obligatorio utilizar la fuente de alimentación de fábrica de 5V y 2.5A esto evitará cualquier percance, pero por motivos de seguridad la copia de seguridad es la mejor opción. En el apéndice E se presenta la capacitación que se brindó a la Empresa TAIMEC.

Bibliografía

- Belén, V. S., & López, J. F. (25 de septiembre de 2016). *Economipedia*. Obtenido de Revolución Industrial: <https://economipedia.com/definiciones/primera-revolucion-industrial.html>
- Chapaval, N. (2017). *Platzi*. Obtenido de Qué es Frontend y Backend: diferencias y características.
- Ciberaula. (2019). *QUE ES LINUX?* Obtenido de https://linux.ciberaula.com/articulo/que_es_linux/
- CIC Consulting Informático. (07 de junio de 2021). *Industria 4.0, la cuarta revolución industrial y la inteligencia operacional*. Obtenido de <https://www.cic.es/industria-40-revolucion-industrial/>
- Cobo, Á. (2011). Definición de HTML. En P. Gómez, D. Pérez, R. Rocha, & Á. Cobo, *PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web* (pág. 57). España: Díaz de Santos.
- ComparaSoftware SPA. (2021). *Software para Base de Datos*. Obtenido de <https://www.comparasoftware.com/manejo-de-bases-de-datos>
- datacentric . (14 de octubre de 2015). *¿Qué importancia tienen las bases de datos a nivel empresarial?* Obtenido de <https://www.datacentric.es/blog/bases-datos/importancia-bases-de-datos-2/>
- Demestre, L. E. (2014). *Manual para la construcción de tablas de contingencia: modelo, investigación y análisis*. Venezuela: Palibrio.
- DIN 6885. (25 de junio de 2018). *SCR/BD*. Obtenido de Dimensiones Chaveteros y Chavetas DIN 6885-6886-6887: <https://es.scribd.com/document/369931125/Dimensiones-Chaveteros-y-Chavetas-DIN-6885-6886-6887>

- DIPAC. (2020). *CATÁLOGO GENERAL DE PRODUCTOS*. Obtenido de <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>
- EDS ROBOTICS. (27 de julio de 2020). *La importancia de la automatización de procesos industriales*. Obtenido de <https://www.edsrobotics.com/blog/automatizacion-procesos-industriales/>
- Eulises Ortiz, A. (04 de junio de 2020). *Métodos de almacenamiento de datos para empresas*. Obtenido de ¿Qué es el almacenamiento de datos?: <https://www.hostdime.la/blog/metodos-de-almacenamiento-de-datos-para-empresas/>
- Forbo. (2021). *Movement Systems*. Obtenido de SIEGLING TRANSILON CONVEYOR BELTS AND PROCESSING BELTS: https://www.forbo.com/movement/en-gl/products/conveyor-belts/siegling-transilon/pmjqhv#panel_0
- Fuentes Ocejo, A. B. (2017). *Diseño y construcción de una banda transportadora, con brazo clasificador, para la automatización del empaquetado de toallas sanitarias, para la empresa construcción de maquinaria J.W. - CEMAIN*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/13628>
- Galicia, C. (30 de Diciembre de 2019). *Raspberry Pi en la industria*.
- Guijosa, C. (03 de Abril de 2018). *Instituto para el Futuro de la Educación*. Obtenido de Nace la licenciatura en gestión de Internet de las cosas: <https://observatorio.tec.mx/edu-news/licenciatura-en-internet-de-las-cosas>
- HAKO.it. (10 de Agosto de 2021). *Most popular technology in 2021 – Most Popular Programming Languages*. Obtenido de <https://www.hakoit.com/en/most-popular-technology-in-2021-stack-overflow-developer-survey/>
- HostDimeBlog. (04 de Junio de 2020). *Premier Global Data Centers* . Obtenido de Métodos de almacenamiento de datos para empresas: <https://www.hostdime.la/blog/metodos-de-almacenamiento-de-datos-para-empresas/>

empresas/

IBM. (2021). *SPSS Statistics*. Obtenido de Prueba de chi-cuadrado:

<https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/SaaS?topic=tests-chi-square-test>

Ingemecánica. (s.f.). *Cálculo y Diseño de Cintas Transportadoras*. Obtenido de

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>

IONOS. (02 de Agosto de 2019). *¿Qué es un servidor web y qué soluciones de software*

existen? Obtenido de [https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-](https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-web-definicion-historia-y-programas/#:~:text=El%20desarrollo%20de%20los%20servidores,hipertexto%20m%C3%A1s%20f%C3%A1cil%20y%20r%C3%A1pido.)

[how/servidor-web-definicion-historia-y-](https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-web-definicion-historia-y-programas/#:~:text=El%20desarrollo%20de%20los%20servidores,hipertexto%20m%C3%A1s%20f%C3%A1cil%20y%20r%C3%A1pido.)

[programas/#:~:text=El%20desarrollo%20de%20los%20servidores,hipertexto%20m%C3%A1s%20f%C3%A1cil%20y%20r%C3%A1pido.](https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-web-definicion-historia-y-programas/#:~:text=El%20desarrollo%20de%20los%20servidores,hipertexto%20m%C3%A1s%20f%C3%A1cil%20y%20r%C3%A1pido.)

IONOS. (03 de Octubre de 2019). *Digital Guide IONOS*. Obtenido de Bases de datos:

qué tipos hay y para qué se usan:

<https://www.ionos.es/digitalguide/hosting/cuestiones-tecnicas/bases-de-datos/>

IZ@RO . (04 de Febrero de 2019). *IZ@RO MANUFACTURING TECHNOLOGY*.

Obtenido de Meinsa detalla las 10 tendencias de la automatización industrial en

2019: [https://www.izaro.com/meinsa-detalla-las-10-tendencias-de-la-](https://www.izaro.com/meinsa-detalla-las-10-tendencias-de-la-automatizacion-industrial-en-2019/c-1548762083/)

[automatizacion-industrial-en-2019/c-1548762083/](https://www.izaro.com/meinsa-detalla-las-10-tendencias-de-la-automatizacion-industrial-en-2019/c-1548762083/)

Izquierdo, J. (14 de agosto de 2019). *Onion*. Obtenido de *¿Qué es frontend?*:

<https://www.onion.st/que-es-frontend/>

Jankov, T. (1 de julio de 2021). *Nginx vs Apache: Lucha entre Servidores Web*.

Obtenido de <https://kinsta.com/es/blog/nginx-vs-apache/>

Lascano, R. E. (12 de Abril de 2020). *Bootstrap: guía para principiantes de qué es, por*

qué y cómo usarlo. Obtenido de Rockcontent blog:

<https://rockcontent.com/es/blog/bootstrap/>

López, R. J. (18 de Octubre de 2017). *¿Qué es LAMP?* Obtenido de

<http://rauljesus.xyz/redes/lamp/queEs/>

- Marín, R. (16 de Abril de 2019). *Los gestores de bases de datos más usados en la actualidad*. Obtenido de <https://revistadigital.inesem.es/informatica-y-tics/los-gestores-de-bases-de-datos-mas-usados/>
- MicroPlanet. (06 de octubre de 2021). *Códigos bidimensionales QR, BIDI y Datamatrix: ¿cuál elegir?* Obtenido de <https://www.etiquetas-laboratorio.com/blog/codigos-bidimensionales-qr-bidi-datamatrix/>
- Molinaro. (2020). *Las Bandas Transportadoras en la instrucia Alimenticia*. Obtenido de <https://molinaro.com.ec/importancia-de-las-bandas-transportadoras-en-la-industria-alimenticia/#colophon>
- Molinaro Cía. Ltda. (2020). *Origen y evolución de las bandas transportadoras*. Obtenido de Molinaro.com.ec: <https://molinaro.com.ec/origen-y-evolucion-de-las-bandas-transportadoras/#:~:text=En%20el%20año%201795%20se,terrenos%20planos%20de%20forma%20general.&text=Estas%20bandas%20eran%20de%20material%20es,y%20el%20algodón%20de%20pato>.
- NAXER. (2021 de junio de 2021). *¿Qué es el Backend y por qué es tan importante para un sitio web?* Obtenido de <https://www.naxer.es/noticias/que-es-el-backend/>
- Netcraft. (15 de Octubre de 2021). *Web server survey* . Obtenido de <https://news.netcraft.com/archives/category/web-server-survey/>
- Parres, Y. (22 de noviembre de 2019). *Blog de Dataprius*. Obtenido de Una Intranet. Qué es y para que sirve en la empresa.: <https://blog.dataprius.com/index.php/2019/11/22/una-intranet-que-es-y-para-que-sirve-en-la-empresa/>
- PHP Group. (2021). *¿Qué es PHP?* Obtenido de PHP web site: <https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- Reclu IT. (11 de noviembre de 2020). *Reclu IT*. Obtenido de ¿ Que es LAMP Stack ? : <https://recluit.com/que-es-lamp-stack/#.YNt8G2BR2Uk>

- Schiaffarino, A. (12 de Marzo de 2019). *infranetworking*. Obtenido de Modelo cliente servidor: <https://blog.infranetworking.com/modelo-cliente-servidor/>
- SectorElectricidad. (29 de Abril de 2015). *Cálculos de caídas de tensión: Valores oficiales de conductividad para Cu y Al*. Obtenido de <https://www.sectorelectricidad.com/12368/calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/>
- SEW EURODRIVE. (2021). *Spiroplan Gearmotors*. Obtenido de Variants: https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/16795210_G07.pdf
- Sindhuja , H. (07 de Febrero de 2021). *NGINX vs Apache: Head to Head Comparison*. Obtenido de <https://hackr.io/blog/nginx-vs-apache>
- Stack Overflow. (Mayo de 2021). *2021 Developer Survey*. Obtenido de <https://insights.stackoverflow.com/survey/2021#overview>
- Stefaniak, P. (26 de Julio de 2019). *descubre comunicacion*. Obtenido de ¿Qué es Back end y Front end?: <https://descubrecomunicacion.com/que-es-backend-y-frontend/>
- UNE-HD 60364-5-52: 2014. (2014). *Métodos de instalación de referencia*. Obtenido de https://www.tuveras.com/reglamentos/UNE-HD_60364-5-52_2014.pdf
- Vera, J. (29 de Mayo de 2018). *Comatelsa*. Obtenido de Equivalencias de conductores: <https://www.pinterest.com/pin/804737027148932772/>
- Welle, D. (Dirección). (2014). *Industria 4.0: la nueva revolución industrial | Hecho en Alemania* [Película]. Obtenido de Industria 4.0: la nueva revolución industrial | Hecho en Alemania.

Glosario de términos

A = Sección transversal

P = Fuerza

P_{cr} = Fuerza crítica

I_x, I_y = Inercia en x, y

F_U = Fuerza tangencial

μ_T = Coeficiente de fricción para marcha sobre mesa

g = Gravedad

m = Masa

m_B = Masa de la banda

μ_R = coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo

m_R = masa de todos los tambores excepto el motriz

P_m : Potencia mecánica

P_E : Potencia eléctrica

η : Eficiencia

V : Voltaje

fp : Factor de potencia

fs : Factor de servicio

In : Intensidad nominal

Sc : Selección contactor

L : Longitud (metros)

C : Conductividad

u : Caída de tensión

S : Sección conductor

F_1 : Fuerza de tracción máxima de la banda

C_1 : factor para el tambor motriz

C_2 : factor de elongación de servicio máximo permitida

b_0 : ancho de la banda

Anexos