



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Sistema de control para aumentar la producción de una máquina empaquetadora
de blísteres con productos farmacéuticos**

Mallitasig Sinchiguano, Juan Gabriel y Mallitasig Sinchiguano, Mayra Paulina

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica

Centro de Posgrados

Maestría en Electrónica y Automatización Mención Redes Industriales

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Electrónica y
Automatización Mención Redes Industriales

Ing. Silva Monteros, Franklin Manuel.

11 de abril del 2022

Latacunga

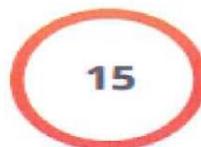


Trabajo_titulacion_Mallitasig_Mallitasig.docx

Scanned on: 12:32 April 7, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text



FRANKLIN MANUEL
SILVA MONTEROS

Identical Words	108
Words with Minor Changes	186
Paraphrased Words	63
Omitted Words	0



Website | Education | Businesses

Ing. Franklin Manuel Silva Monteros.
DIRECTOR
C.C:1801962125



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE DEPARTAMENTO DE
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN MENCIÓN REDES
INDUSTRIALES
CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“SISTEMA DE CONTROL PARA AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EMPAQUETADORA DE BLÍSTERES CON PRODUCTOS FARMACÉUTICOS”** fue realizado por los señores **MALLITASIG SINCHIGUANO, JUAN GABRIEL Y MALLITASIG SINCHIGUANO, MAYRA PAULINA** el mismo que ha sido revisado y analizado en su totalidad, por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Latacunga, 11 de abril del 2022

Ing. Franklin Manuel Silva Monteros.
C.C: 1801962125



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
CENTRO DE POSGRADOS

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Mallitasig Sinchiguano** , **Juan Gabriel** con cédula de ciudadanía N° **0502983182** y **Mallitasig Sinchiguano, Mayra Paulina** con cédula de ciudadanía N° **0502378383**, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Sistema de control para aumentar la producción de una máquina empaquetadora de blísteres con productos farmacéuticos”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 11 de abril del 2022

Ing. Mallitasig Sinchiguano Mayra P.
C.C.: 050237838-3

Ing. Mallitasig Sinchiguano Juan G.
C.C.: 050298318-2



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros, **Mallitasig Sinchiguano, Juan Gabriel** con cédula de ciudadanía N° **0502983182** y **Mallitasig Sinchiguano, Mayra Paulina** con cédula de ciudadanía N° **0502378383**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Sistema de control para aumentar la producción de una máquina empaquetadora de blísteres con productos farmacéuticos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, a 11 abril del 2022

Ing. Mallitasig Sinchiguano Mayra P.
C.C.: 050237838-3

Ing. Mallitasig Sinchiguano Juan G.
C.C.: 050298318-2

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a mis hijos Aarón y Alan que son la fuerza que me ayuda a seguir adelante todos los días, además son lo más bello que la vida me ha regalado. A mi amado esposo Juan que aparte de ser mi compañero de estudio se ha convertido en mi compañero de vida, gracias a él a su comprensión y estima he seguido en adelante para ser cada día mejor como persona, esposa y madre.

Juan te agradezco además por ser un pilar fundamental en nuestro hogar por tu amor, comprensión, paciencia y regalarme una sonrisa en todo momento para no decaer en los momentos difíciles que se presentan en la vida, me has demostrado que todo esfuerzo siempre valdrá la pena.

A mis amados padres Blanca y Fernando con mucho cariño y aprecio por todo el tiempo que me han dedicado en toda mi vida estudiantil, por su apoyo, sobre todo por guiarme en el transcurso de mi vida y ser un gran ejemplo para mí y mis hermanos.

A mis suegros Susana y Cesar ya que gracias a sus palabras de aliento han logrado brindarme la fuerza para seguir adelante en mis estudios y finalizarlos con éxito.

Mayra

El presente proyecto de investigación se lo dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi esposa, Mayra por apoyarme y ayudarme a luchar por nuestros objetivos, por estar en las buenas y en las malas. A mis hijos, Aarón y Alan que son el motor principal, el sentido y la fuerza que le da a mi vida para alcanzar las metas planteadas. A mi mami, María por demostrarme siempre su cariño, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi papi, Cesar por ser el pilar más importante de mi carrera, porque a pesar de mis caídas siempre me motivo a seguir en adelante nunca desconfió de mí. A mis suegros y mi hermana por su apoyo incondicional.

Juan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por darme la vida y a mis padres por dejarme estar junto a ellos compartiendo momentos de alegría y tristeza, pero siempre brindándonos el apoyo entre toda la familia para seguir en adelante y no rendirnos nunca.

Agradezco a todos los ingenieros que han formado un pilar importante para que pueda culminar con éxito mis estudios en especial al ingeniero Franklin Silva, Eddie Galarza y Galo Ávila por brindarme la oportunidad de presentar mi proyecto de titulación.

A mi esposo, compañero y amigo que, con su esfuerzo, dedicación y apoyo, hemos logrado culminar nuestros estudios a su vez nuestro proyecto de titulación con éxito.

Mayra

Primeramente, agradezco a mis padres, mi esposa y mis hijos que de una u otra manera me apoyaron incondicionalmente a culminar mis estudios.

Agradezco a la empresa por haberme abierto las puertas y permitido desarrollar mi proyecto de titulación, así también agradezco por permitirme ser parte de ella y ayudarme en mi desarrollo profesional.

Agradezco también a mi director de tesis Ing. Franklin Silva por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo del proyecto.

Y para finalizar, agradezco a mis suegros que fueron un punto muy importante en el cumplimiento de esta meta, así como también un agradecimiento inmenso a mi esposa, compañera y amiga de proyecto ya que con su apoyo y esfuerzo se logró culminar con éxito nuestro proyecto.

Juan

Tabla de contenidos

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Tabla de contenidos.....	9
Índice de tablas	14
Índice de figuras	15
Resumen.....	18
Abstract.....	19
Capítulo I: Introducción	20
Características generales del proyecto	21
Antecedentes.	21
Líneas de investigación.....	24
Sub líneas de investigación	24
Área de influencia	24
Planteamiento del problema	25
Estudios relacionados.....	26
Justificación, importancia y alcance del proyecto	28
Objetivo general.....	29
<i>Objetivos Específicos</i>	29

Hipótesis de investigación	30
Categorización de las variables de investigación	30
Capítulo II: Marco teórico referencial.....	32
Marco legal	32
Marco conceptual	33
<i>Automatización</i>	34
<i>Sistemas de control</i>	34
<i>Sistemas electrónicos</i>	35
<i>Sistemas mecánicos</i>	36
<i>Blíster</i>	36
<i>Industria farmacéutica</i>	37
<i>Contactador</i>	38
<i>Relé térmico</i>	39
<i>Variador de velocidad (VFD)</i>	40
<i>Switch</i>	41
<i>Supresores de sobretensiones transitorias TVSS</i>	42
<i>Secuenciador de fases</i>	43
<i>Relé de estado solido</i>	44
<i>PLC Controlador lógico programable</i>	45
<i>Sistema HMI</i>	46
<i>Software Movicon</i>	47
<i>Software Speed 7</i>	48

Capítulo III: Diseño del sistema	49
Estudio de la máquina	49
<i>Sistema de ingreso de folio PVC</i>	50
<i>Sistema de calentamiento del folio</i>	52
<i>Sistema de formado</i>	52
<i>Sistema de foliado</i>	53
<i>Sistema Laetus</i>	54
<i>Sistema folio aluminio</i>	55
<i>Sistema de sellado</i>	56
<i>Sistema de enfriamiento</i>	56
<i>Sistema de pre-corte</i>	57
<i>Sistema de arrastre</i>	58
<i>Sistema de troquelado</i>	59
<i>Sistema de Ventosas</i>	59
<i>Sistema de salida de desperdicio</i>	60
<i>Motor principal</i>	61
<i>Estudio de los motores de la máquina (UHLMANN 2)</i>	62
<i>Estudio de las electroválvulas</i>	63
<i>Estudio de los sensores</i>	64
<i>Estudio de las entradas y salidas digitales</i>	66
Diseño eléctrico y electrónico	67
Diseño del tablero y equipos	69

<i>Selección del variador de velocidad (VFD) del motor principal.</i>	70
<i>Diseño del sistema de control y potencia de</i>	71
<i>motores de la máquina</i>	71
<i>Selección de las electroválvulas</i>	75
<i>Selección de los sensores</i>	77
<i>Selección de entradas digitales</i>	78
<i>Selección de salidas digitales</i>	81
Construcción del tablero	83
Armado del tablero	86
Energización en campo	86
Diseño de las pantallas HMI	87
Programación.....	90
Capítulo IV: Pruebas y resultados del proyecto.....	91
Pruebas realizadas en el sistema de control	91
<i>Pruebas EHS (Medio ambiente, salud y seguridad)</i>	91
<i>Pruebas IQ (Calificación de la instalación)</i>	92
<i>Pruebas OQ (Calificación de la operación)</i>	92
<i>Pruebas PQ (Calificación del rendimiento)</i>	93
Análisis de los resultados	93
<i>Análisis de las pruebas EHS</i>	93
<i>Análisis de las pruebas IQ</i>	96
<i>Análisis de las pruebas OQ</i>	97
<i>Análisis de las pruebas PQ</i>	97

Discusión de los resultados.....	98
Comprobación de la hipótesis	100
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	102
Conclusiones	102
Recomendaciones	103
Bibliografía.....	105
Anexos.....	109

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Estudios relacionados con el proyecto</i>	26
Tabla 2 <i>Operacionalización de las variables</i>	31
Tabla 3 <i>Levantamiento de informacion de los motores</i>	62
Tabla 4 <i>Lista de datos de las electroválvulas</i>	63
Tabla 5 <i>Lista de datos de los sensores</i>	64
Tabla 6 <i>Lista de los motores que tiene la máquina actualmente</i>	74
Tabla 7 <i>Lista de electroválvulas habilitadas en el sistema</i>	76
Tabla 8 <i>Lista de sensores que se encuentran en funcionamiento en el sistema</i>	77
Tabla 9 <i>Lista de entradas digitales programadas en el PLC</i>	79
Tabla 10 <i>Lista de salidas digitales programadas en el PLC</i>	82
Tabla 11 <i>Lista de equipos y materiales utilizados en el sistema</i>	84
Tabla 12. <i>Valores correctos y fallidos de las pruebas realizadas en las puertas</i>	95
<i>y paros de emergencia de la máquina</i>	95
Tabla 13 <i>Resultados obtenidos en las pruebas PQ de los productos farmacéuticos</i> ...	98
<i>en la máquina (Ulmann2)</i>	98
Tabla 14 <i>Resultados de las pruebas realizadas a las guardas de seguridad</i>	99
Tabla 15 <i>Resultados del aumento de producción en la emblistadora</i>	99
Tabla 16 <i>Datos adquiridos para verificación de la hipótesis</i>	100

Índice de figuras

Figura 1 <i>Automatización de un Brazo Robótico</i>	34
Figura 2 <i>Diagrama de bloques de un Sistemas de Control en Lazo Cerrado.</i>	35
Figura 3 <i>Diagrama de un sistema electrónico</i>	35
Figura 4 <i>Imagen de un sistema mecánico.</i>	36
Figura 5 <i>Blisteres.</i>	37
Figura 6 <i>Sistema de la industria farmacéutica</i>	38
Figura 7 <i>Contactador</i>	39
Figura 8 <i>Relé térmico</i>	40
Figura 9 <i>Variador de velocidad</i>	41
Figura 10 <i>Switch</i>	42
Figura 11 <i>TVSS (Transient Voltage Surge Supressors)</i>	43
Figura 12 <i>Secuenciador de fases</i>	44
Figura 13 <i>Relé de estado solido</i>	45
Figura 14 <i>PLC (Controlador Lógico Programable)</i>	46
Figura 15 <i>Pantalla HMI</i>	47
Figura 16 <i>Software MOVICON</i>	47
Figura 17 <i>Software Speed 7</i>	48
Figura 18 <i>Estudio de la Máquina.</i>	50
Figura 19 <i>Ingreso del Folio PVC</i>	51
Figura 20 <i>Sensores Infrarrojos</i>	51
Figura 21 <i>Sistema de Calentamiento del Folio</i>	52
Figura 22 <i>Sistema de Formado</i>	53
Figura 23 <i>Tolva</i>	53
Figura 24 <i>Foliadora</i>	54

Figura 25 <i>Sistemas Laetus</i>	54
Figura 26 <i>Sistema Laetus sin recubrimiento</i>	55
Figura 27 <i>Sistema Folio Aluminio</i>	55
Figura 28 <i>Sistema de Sellado</i>	56
Figura 29 <i>Sistema de Enfriamiento</i>	57
Figura 30 <i>Sistemas de pre-corte</i>	57
Figura 31 <i>Blísteres pre-corte</i>	58
Figura 32 <i>Sistema de Arrastre</i>	58
Figura 33 <i>Sistema de Troquelado</i>	59
Figura 34 <i>Sistemas de Ventosas</i>	60
Figura 35 <i>Sistema de Salida de Desperdicios</i>	61
Figura 36 <i>Motor principal</i>	61
Figura 37 <i>Entradas y Salidas Digitales</i>	66
Figura 38 <i>Módulos de Entradas y Salidas</i>	67
Figura 39 <i>Conexiones eléctricas de la fuente monitor de línea, TVSS</i>	68
Figura 40 <i>Diagrama de los elementos de potencia motores del sistema</i>	68
<i>de la máquina</i>	68
Figura 41 <i>Diseño del tablero y Equipos</i>	69
Figura 42 <i>Variador de Velocidad</i>	70
Figura 43 <i>Placa del motor principal</i>	71
Figura 44 <i>Placa del motor principal</i>	71
Figura 45 <i>Placa Motor Folio 1</i>	72
Figura 46 <i>Placa Motor Folio 2</i>	72
Figura 47 <i>Placa motor de la Banda de Salida</i>	73
Figura 48 <i>Electroválvula 1</i>	75

Figura 49 <i>Electroválvula 2</i>	75
Figura 50 <i>Pantalla principal HMI</i>	87
Figura 51 <i>Sub-pantalla de alarmas</i>	88
Figura 52 <i>Sub-pantalla para motores</i>	89
Figura 53 <i>Sub-pantalla para electroválvulas</i>	90
Figura 54 <i>Resultado de las pruebas</i>	96

Resumen

La empresa en la que se realizó el proyecto dispone de una máquina de producción de blísteres que actualmente trabaja con un sistema de control basado en tecnología de tarjetas electrónicas Leukhardt y Eberle, que se encuentra conectada a una pantalla CRT (Tubos de Radios Catódicos), donde ya no se visualizan las variables de las tarjetas de control, las mismas que son importantes para mantener el funcionamiento de la máquina de blísteres. Para el presente proyecto se plantea realizar el cambio de los controladores Leukhardt y Eberle por uno actualizado, así como también de su HMI (Interfaz Humano Máquina), con capacidad de comunicación Ethernet, además se realizó el cambio de pantalla, fuentes DC, encoder, equipos de protecciones eléctricas, sensores, actuadores, entre otros. Con la ejecución de estos cambios se conseguirá la repotenciación de la máquina ya que se garantiza el mejor funcionamiento usando tecnología y equipos actualizados. Con la implementación del sistema de control, permite el aumento de producción de blísteres por hora en un 20 % así como también el aumento en el número de turnos por día (3 turnos), uno de los beneficios que se obtuvo es la disminución de horas de parada de máquina por falla del sistema, por último, se facilita la operatividad de esta.

Palabras Clave: blíster, controlador lógico programable, industria farmacéutica, repotenciación de máquinas industriales.

Abstract

The company in which the project was carried out has a blister production machine that was working with a control system based on Leukhardt and Eberle electronic card technology, also it was connected to a CRT (Cathode Radio Tube) screen in which was not displayed the variables of the control cards, the same ones that are important to maintain the correct functioning of a blisters machine. For the present project, it was planned to change the Leukhardt and Eberle controllers for an updated one, also its HMI (Human Machine Interface) was replaced with an Ethernet communication capacity. In addition, it was realized the change of: screen, DC sources, encoder, electrical protection equipment, sensors, actuators, among others. With these changes, the repowering of the machine was achieved since the best operation is guaranteed using updated technology and equipment. With the implementation of the control system, it allows the increase of production of blisters per hour by 20% as well as the increase in the number of shifts per day (3 shifts), one of the benefits obtained is the reduction of hours machine stoppage due to system failure, finally, its operability is facilitated.

Key Words: blíster, programmable logic controller, pharmaceutical industry.
repowering of industrial machines.

Capítulo I

Introducción

El presente proyecto se encuentra dividido en cinco capítulos, en los cuales se detallarán cada una de las actividades realizadas para la creación de la aplicación, desde el inicio de la investigación hasta la obtención del producto final. Los capítulos se estructuran de la siguiente forma:

Capítulo I

En el primer capítulo se describe el trabajo de investigación que se realizó, iniciando con el planteamiento y formulación del problema, antecedentes, justificación e importancia y finalmente los objetivos que fueron planteados para la ejecución de este proyecto de titulación.

Capítulo II

En el capítulo II se detalla cada uno de los conceptos utilizados para la realización del proyecto como es: el blíster, productos farmacéuticos, sistemas de control, automatización, comunicación, componentes eléctricos y componentes electrónicos.

Capítulo III

Se describe el diseño del sistema comenzando con el estudio de la máquina, el sistema de control, señales de entrada y salida digitales, análogas, dimensionamiento de tableros y ubicación de equipos. Armado, montaje, energización, programación y funcionamiento.

Capítulo IV

En este capítulo se presentan las pruebas realizadas en la máquina empacadora de blísteres, análisis de resultados, discusión y comprobación de la hipótesis planteada.

Capítulo V

En el capítulo V se describen las conclusiones y recomendaciones que se obtienen del trabajo realizado.

Características generales del proyecto

Antecedentes.

Para la conservación de las medicinas se usaban diferentes instrumentos los cuales eran de varios tipos de materiales como: vidrio, cobre, plata, madera, metal, porcelana, oro, estaño e incluso cuernos de animales. En la antigüedad, todos estos materiales eran usados para la elaboración de recipientes, ya sean de diversos tamaños y formas. (Caamaño, 1982)

Las medicinas se pueden conservar en droguerías o farmacias durante mil quinientos años si se mantiene en condiciones adecuadas, así como también las flores en cajas de madera, las semillas en papel y los productos más fermentables en recipientes de cristal, porcelana, metal, loza o cuernos, esto lo manifestó Dioscórides, que nació en el siglo I y publicó en 5 libros en su célebre denominada Materia Médica, en el cual se estudian venenos y medicamentos. (Esteva de Sagrera & Gonzáles Núñez, 2005).

Los recipientes que eran de forma cilíndrica con característica de boca ancha se llamaban albarellos, otra característica especial es que en su parte central tenía su figura más reducida para así facilitar su manejo. Las vasijas tenían un tapón muy importante donde este cumplía con la función de mitigar el contacto con el mundo exterior para así evitar que el medicamento se estropee, de igual manera en su interior contenía indicaciones sobre las instrucciones de los medicamentos, (Esteve de Sagrera & Gonzáles Núñez, 2005). Estos albarellos no solo servían como recipientes de medicamentos farmacéuticos sólidos, además se utilizaban como adornos en las boticas, ya que dichos recipientes tenían dibujos policromados como: flores, retratos, animales, personas, frutos, figuras geométricas, en su mayoría y en casi todos los recipientes tenían dibujos con motivos mitológicos.

Las pastillas se distribuían en botellas, frascos o tiras de papel (como la famosa Aspro) fueron los más utilizados hasta la década de 1960. Sin embargo, cuando Schering (hoy Bayer) desarrolló la primera píldora anticonceptiva, no pretendió usar los recipientes tradicionales para el traslado de los medicamentos, quería un paquete para facilitar al paciente el control de las dosis administradas durante un período de tiempo determinado y que sea a la vez económico. Esto coincidió con el desarrollo del PVC y más tarde del copolímero, materiales con gran capacidad de formación, adecuados para la creación de cavidades huecas. La idea de desarrollar un envase burbuja para anticonceptivos vino de Asia, un fabricante líder en productos de envasado a principios de la década de 1960. Para su éxito fue vital desarrollar un material de cubierta, el papel de aluminio templado para el paquete, lo suficientemente rígido y a la vez con una buena adherencia gracias al recubrimiento con lacas especiales. El papel de aluminio utilizado hasta entonces por la mayoría de los envases era demasiado blando para ser usado en esta nueva aplicación. Inicialmente se llamó a esta lámina rígida "Springfoil"

(primavera), debido a que las píldoras "saltaban" fuera de la burbuja al ser presionadas (Aluminio, s.f.).

Las empresas como principal tendencia es tener procesos automatizados, para proporcionar eficiencia, flexibilidad y confiabilidad en sus líneas de producción, así como también desean obtener un rango muy elevado de tecnología, dando lugar a clientes satisfechos y de ante mano incrementando su propia rentabilidad. La automatización de sistemas permite el monitoreo, registro, análisis de procesos productivos y control por lo que son primeros en ser evaluados e implementados en una fábrica. (Altamirano Meléndez & Molina Araujo , 2015)

La tecnología ha ido evolucionando con el pasar del tiempo, la creación de máquinas autónomas capaces de interactuar inteligentemente con el entorno, gracias a estos nuevos avances se ha desarrollado distintos métodos para dar solución a los inconvenientes que se presenten donde son de gran utilidad las técnicas de reconocimiento de patrones, que permiten realizar procedimientos de clasificación y toma de decisiones con respecto a parámetros y características de las escenas percibidas. El desarrollo de un sistema de reconocimiento tiene varios métodos de patrones, el cual permite escoger un conjunto de blísteres, donde las tabletas de medicamentos son utilizadas para el almacenamiento. Existen varias formas de reconocimiento de tabletas o pastillas, generalmente suelen ser por su color, tamaño y forma, donde una técnica muy común es la extracción basada en el análisis fractal por medio de segmentación de texturas, dado que necesita un sinnúmero de parámetros para un clasificador utilizando el método de K-nearest neighbours que es un aprendizaje supervisado. (Pardo Beainy, Sosa Quintero, Gutiérrez Cáceres, & Jiménez López, Octubre 2014)

En la actualidad la población va incrementando por lo que se ve la necesidad de cambiar o modificar las máquinas a tecnologías más actuales teniendo así resultados positivos. La empresa farmacéutica ha realizado un cambio de tecnología en una de sus máquinas procesadoras de productos farmacéuticos donde se obtuvo resultados favorables para la producción, con estos antecedentes los gerentes han tomado la decisión de cambiar de tecnología en sus máquinas siempre y cuando se mantenga la parte física de la misma.

Líneas de investigación

- Automática y control
- Tecnologías de Información y Comunicación
- Sistemas Electrónicos y Computacionales

Sub líneas de investigación

- Automatización industrial
- Protocolos de comunicación
- Electrónica de Potencia
- Sistemas eléctricos

Área de influencia

- Producción farmacéutica nacional

Planteamiento del problema

La empresa en la que se va a desarrollar el proyecto, posee una máquina procesadora de blísteres la cual tiene una tecnología de control muy antigua, por tal razón es considerada una máquina prácticamente ya en condiciones obsoletas, además en la misma se han realizado varios cambios ya sea en el control como en equipos electrónicos y eléctricos para que siga operando en mínimas condiciones, por ende con el paso del tiempo se han ido generando paros inoportunos en la producción y en la línea de empaque, ocasionando así la demora en los tiempos de entrega de los productos a los clientes, así como también pérdidas económicas.

En la actualidad, una gran cantidad de los repuestos y equipos de la máquina productora de blísteres ya no se encuentran vigentes en el mercado industrial, por tal razón la empresa ha tomado la decisión de realizar la actualización y modernización de todo el sistema de control de la máquina, para así mejorar y obtener su repotenciación en la máquina productora de blísteres, esperando así obtener una mayor producción y eficiencia de la máquina con respecto a la actual, además se evitaría los mantenimientos correctivos.

Estudios relacionados

Tabla 1

Estudios relacionados con el proyecto

No	ARTÍCULO / PROYECTO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
1	Sistema de Inspección Visual Automatizado para el Control de Calidad del Empaquetado de Tabletas en la Industria Farmacéutica	Bustos-Millán, O., Minor-Carreño, M., Carvallo-Domínguez, A. R., de Mecatrónica, A., & Ruiz-Sánchez, F. J.	2002	Se presenta la descripción y se explica el funcionamiento de un sistema de Inspección Visual Automática creado para el control de calidad del empaquetado de pastillas de la industria farmacéutica. Este sistema, destinado específicamente al área de acondicionamiento de sólidos, consta principalmente de tres subsistemas: Mecánico, Visión, y Control, los cuales automáticamente realizan las funciones de suministro del producto, transporte, inspección y retiro de productos defectuosos, y cuya integración se realizó mediante un diseño de tipo Bottom Up.
2	Texturizado piramidal invertido de silicio a través de ampollas en nitruro de silicio	Saseendran, S. S., & Kottantharayil, A.	2015	Se indica un proceso novedoso para la fabricación de estructuras piramidales invertidas sobre silicio. La técnica propuesta no utiliza un paso de fotolitografía y, en cambio, se reemplaza por un paso de deposición de película delgada y recocido térmico. En este artículo, se utilizó nitruro de silicio CVD de plasma acoplado inductivamente (ICP-CVD) como película delgada. Se formaron ampollas sobre la película de nitruro de silicio tras el recocido a 800 ° C. La película de nitruro de silicio que queda en la superficie de la oblea actúa como máscara de grabado para el proceso de texturización, que se lleva a cabo en una solución alcalina.

No	ARTÍCULO / PROYECTO	AUTOR	AÑO	DESCRIPCIÓN
3	Implementación de un sistema automático para el llenado e inspección de píldoras en una máquina blíster.	Pérez Naranjo, A. B., & Mañay Chachipanta, C. D. (2018).	2018	Se realizó el análisis, diseño he implementación de un sistema autónomo de llenado e inspección de píldoras sobre una máquina de sellado de blíster, de esta manera poder aumentar la eficiencia en el acondicionamiento primario de pastillas en los laboratorios Neo-fármaco y para poder ayudar a reducir los recursos humanos y materiales utilizados en el proceso.
4	Eficacia de formación de ampollas de 6H-SiC en función de la fluencia de implantación de hidrógeno	Daghbouj, N., Li, BS, Callisti, M., Sen, HS, Karlik, M. y Polcar, T.	2019	El fenómeno de formación de ampollas por la implantación de H en 6H-SiC y el recocido a alta temperatura solo es posible en una ventana sorprendentemente estrecha de fluencia iónica. Al combinar los resultados experimentales con el modelado del método de elementos finitos (FEM), deducimos la fracción de la fluencia implantada utilizada para presurizar las cavidades de las ampollas. Además, la eficacia de formación de ampollas depende de la cantidad de daño producido durante la implantación de iones porque afecta a la microestructura de las muestras implantadas.
5	Análisis termo mecánico de la formación de ampollas en un sustrato rígido en transferencia directa inducida por láser accionada por ampolla	J. Hong,	2020	Este artículo presenta un modelo analítico de una estructura de poliimida de interfaz de vidrio para predecir la formación de ampollas durante la transferencia directa inducida por láser y activada por ampollas. Para investigar el proceso dinámico de calentamiento y vaporización del polímero en la interacción láser / materia y la propagación de grietas de la interfaz vidrio / polímero en la expansión de la ampolla, se propone un método de análisis cuasi estático discreto.

Justificación, importancia y alcance del proyecto

La población en la actualidad ha ido creciendo paulatinamente por lo que la demanda de productos farmacéuticos va en aumento, por ende, las máquinas que fueron diseñadas para la producción de hace 10 o 20 años atrás ya no satisfacen las necesidades del mercado y del cliente. Las máquinas anteriormente no tenían la tecnología de ahora, su proceso de producción y control son más lentos que los actuales. Las máquinas procesadoras de blísteres en la actualidad son diseñadas para trabajar a velocidades mucho más rápidas que las anteriores.

La máquina en referencia, pese a que tiene muchos años de operación, su estructura física se encuentra en perfectas condiciones, a su vez cabe recalcar que su velocidad de funcionamiento ya no es adecuada para la producción de hoy en día, la visualización en la pantalla de monitoreo y control se encuentra en mal estado, ha sufrido muchos cambios para mantenerse en la producción de blísteres, por lo que se requiere y es necesario cambiar todo el sistema de monitoreo y control, obteniendo así la repotenciación de la misma.

El beneficiario del proyecto será la empresa farmacéutica ya que se evitarán paradas de producción y por ende grandes pérdidas económicas, así como también los operadores de la máquina tendrán una mayor facilidad de operación, monitoreo y control de la producción, además el personal de mantenimiento evitará tediosas jornadas de trabajo y agilizará la puesta en marcha de la máquina productora de blísteres.

El alcance del proyecto está limitado a la implementación de una lógica de programación para el monitoreo y control, en base a la estructura que soporta la

máquina procesadora de blísteres. Los equipos eléctricos y electrónicos que se instalarán tendrán la capacidad de aumentar la producción de blísteres de la máquina, teniendo en cuenta que se reutilizará toda su estructura física y no se modificarán las partes mecánicas de la misma.

Objetivo general

Implementar un sistema de control para aumentar la producción de una máquina empacadora de blísteres con productos farmacéuticos

Objetivos Específicos

- Investigar sobre productos farmacéuticos en blísteres.
- Investigar sistemas de control para máquinas procesadoras en blísteres
- Investigar el funcionamiento de máquinas empacadoras de blísteres con productos farmacéuticos.
- Estudiar la lógica de funcionamiento de sensores y actuadores de la máquina procesadora de blísteres actual.
- Diseñar el sistema de control de la máquina
- Diseñar las dimensiones del tablero de monitoreo y control, así como también la ubicación de los nuevos equipos que van a ser implementados en el nuevo sistema.
- Diseñar los planos eléctricos y neumáticos del sistema.
- Definir las señales digitales de entrada y salida del PLC.
- Armar e implementar el tablero del sistema de monitoreo y control en la farmacéutica.
- Programar el sistema de monitoreo y control para la máquina.

- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina procesadora de blísteres.

Hipótesis de investigación

La implementación de un sistema de control permitirá aumentar la producción de una máquina empacadora de blísteres con productos farmacéuticos.

Categorización de las variables de investigación

La hipótesis planteada se identifica dos variables:

- **Variable Independiente:** Implementación de un Sistema de control.
 - **Variable Dependiente:** Aumentar la producción de una máquina empacadora de blísteres con productos farmacéuticos
- La operacionalización de las variables se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2*Operacionalización de las variables*

VARIABLES	TIPO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistema de control.	Independiente	El sistema de control permitirá mantener la máquina empacadora de blíster en los parámetros de producción deseados.	El sistema de control permitirá tener menor costo de operación para el empaquetado de blísteres ya que minimizará el trabajo de los operadores, el sistema será más comprensible y fácil de operar evitando tediosas jornadas de trabajo para los operadores y minimizando además el tiempo de mantenimiento	Costo de operación Tiempo de respuesta	- Costo mínimo de operación del sistema. - Porcentaje de disminución del tiempo de respuesta.
Producción de productos farmacéuticos	Dependiente	Los productos farmacéuticos tienen altos niveles de complejidad por lo que deben ser llevados a cabo con gran precisión, ya que son agentes químicos utilizados para tratar o prevenir enfermedades. La industria farmacéutica tiende a la fabricación, preparación y comercialización de productos químicos medicinales	El sistema permitirá aumentar la producción de empaquetado de blíster para productos farmacéuticos.	- Producción de blíster para productos farmacéuticos.	- Volúmenes máximos de blísteres producidos.

Capítulo II

Marco teórico referencial

Marco legal

Las empresas farmacéuticas o también conocidas como exenderías son las autorizadas para el uso comercial de medicinas y exenderlas a los usuarios que las requieran, dichas empresas están regidos bajo las leyes que se reformaron en la constitución del Ecuador en el año 2008, donde sostiene: “El derecho a la salud es garantizado por el Estado, la cual es vinculada al ejercicio de otros derechos, entre ellos y uno de los más comunes el agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.” (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)

La Constitución de la Republica de Ecuador frente a esto proporciona su garantía, además todo ciudadano sin discriminación alguna tiene derecho a gozar de buena salud, para esto necesariamente el Estado está obligado a estructurar políticas económicas directamente al beneficio colectivo de las personas. También es su obligación velar por los tiempos de entrega de medicamentos, sean óptimos y legales. Además, que todas las farmacias se encuentren completamente dotadas de medicamentos en sus bodegas. (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)

Hay que destacar que la ley Orgánica de Salud estipula el organismo regulador en el sector de la salud y es encargado de hacer cumplir en su totalidad las normativas fitosanitarias en las farmacias. El Ministerio de Salud Pública, conforme al artículo 4: Que dice; la Ley Orgánica de Salud dispone que la autoridad sanitaria nacional es el

Ministerio de Salud Pública, entidad a la que le corresponde el ejercicio de rectoría en salud; así como la responsabilidad de la aplicación, control y vigilancia del cumplimiento de esta Ley; y las normas que dicte su plena vigencia serán obligatorias. (Salud, 2006, art 4)

La cadena de provisión de productos farmacéuticos es la encargada y responsables de garantizar el buen estado y la conservación de las propiedades de estas y calidad del medicamento, bajo esta medida, hay regulaciones a nivel Internacional y nacional que establecen las pautas de operación para garantizar eficiencia y efectividad en todo el proceso visto como un todo. A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS), reglamenta las guías mínimas para la operación de la cadena de distribución que a su vez son aplicables al Ecuador. (León Vanegas, 2012)

En el Ecuador, la entidad que regula y controla las prácticas son el Ministerio de Salud Pública (MSP), la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA), como parte del desarrollo del proyecto dicha recopilación de las guías internacionales y su aplicabilidad al entorno ecuatoriano estarán contempladas dentro del marco de operación que procura establecer el estudio. Adicionalmente, se involucrará dentro del proceso de consulta, las agremiaciones nacionales que conglomeran las compañías o empresas que tienen por objeto la operación de la Cadena de Distribución de Farmacéutico. (Gil Estrella, 2013)

Marco conceptual

Los siguientes conceptos sintetizan los conceptos fundamentales de las principales áreas de estudio del proyecto:

Automatización

La automatización es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano, estos normalmente se utilizan para optimizar y mejorar el funcionamiento de una planta industrial. Un ejemplo de automatización se puede observar en la Figura 1. (Torres, Fernando, 2011)

Figura 1

Automatización de un Brazo Robótico



Nota. Personal operando un brazo robótico automatizado mediante una pantalla HMI.

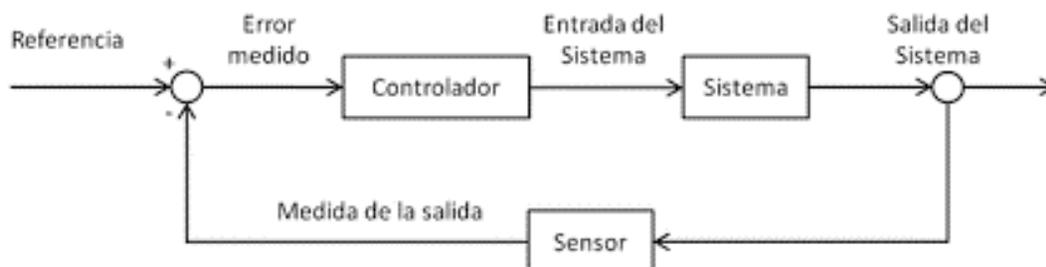
Tomado de (AUTICON, s.f.)

Sistemas de control

Los sistemas de control son un conjunto de artefactos que consiguen lograr acciones para obtener control sobre ciertas tareas. Son capaces de administrar, dirigir o incluso ordenar el comportamiento de otros sistemas, todo con la finalidad de disminuir lo más posible las posibilidades de que ocurra algún error, obteniendo el mejor resultado en todos los casos posibles. A continuación, se puede observar el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo cerrado en la Figura 2. (Carrillo Paz, 2011)

Figura 2

Diagrama de bloques de un Sistemas de Control en Lazo Cerrado.



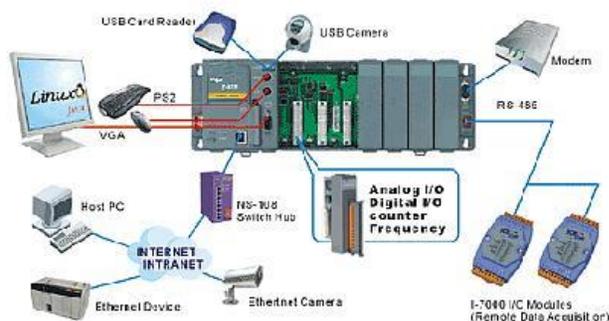
Nota. Un diagrama de bloques en Lazo cerrado es aquel que controla la variable para que se mantenga dentro de un rango establecido. Tomado de (Carrillo Paz, 2011)

Sistemas electrónicos

Los sistemas electrónicos son conjuntos de circuitos que operan con señales eléctricas y las tratan para ejecutar una determinada función (Figura 3). Constan de una etapa de entrada, en la que se recogen datos del exterior (luz, humedad, movimiento, pulsación en un teclado, temperatura, entre otros. (Cembranos Nistal, Florencio Jesús)

Figura 3

Diagrama de un sistema electrónico



Nota. El diagrama muestra la interconexión de los diferentes equipos electrónicos los cuales cumplen una función específica. Tomado de (TRANSELEC, 2022)

Sistemas mecánicos

El sistema mecánico son un conjunto de elementos o piezas sólidas que realizan movimientos por acción o efecto de una fuerza (Figura 4), cuya función específica es convertir o transmitir el movimiento y la fuerza de entrada generada por alguna fuente de energía, al movimiento y la fuerza de salida que se desea producir (Cembranos Nistal, Florencio Jesús).

Figura 4

Imagen de un sistema mecánico.



Nota. En imagen se visualiza varios acoples por medio de engranajes conformando así un sistema mecánico. Tomado de (Cembranos Nistal, Florencio Jesús)

Blíster

Un blíster es una clase de envase o embalaje que se utiliza para almacenar diferentes elementos. Consta de un soporte hecho de cartulina, cartón o aluminio sobre el cual se adhiere una lámina plástica. Esta lámina transparente, por su parte, tiene una o más cavidades que permiten guardar los objetos. Se puede observar diferentes formas de Blísteres en la Figura 5. (Pilchik, Ron, 2000)

Figura 5

Tipos de blísteres



Nota. La imagen representa la variedad de blísteres creadas por las industrias farmacéuticas. Tomado de (Pilchik, Ron, 2000)

Industria farmacéutica

La industria farmacéutica es una rama de la industria que se dedica al descubrimiento, preparación, fabricación y comercialización de productos químicos medicinales (Figura 6), para el tratamiento o también prevención de las enfermedades. ((CE), 2006)

Figura 6

Sistema de la industria farmacéutica



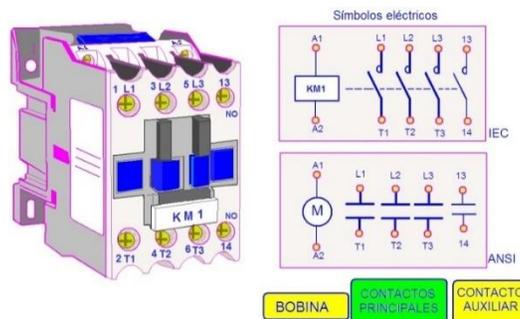
Nota. El diagrama representa los pasos que realizan las industrias farmacéuticas que van desde el descubrimiento hasta la comercialización del producto deseado. Tomado de ((CE), 2006)

Contactor

El contactor (Figura 7) es un equipo electromecánico con la habilidad de abrir o cerrar la corriente eléctrica de un elemento receptor o de varios dispositivos instalados, además tiene la facilidad y ventaja de activación a distancia, su característica principal es que tiene 2 posiciones de funcionamiento: una de ellas es el reposo cuando no tiene ninguna señal de activación por el sistema de control, la segunda posición es la inestable, esta actúa cuando si existe una señal de activación por el sistema de control. A este funcionamiento de activación es llamado "todo o nada". Entonces la función principal de contactor es de abrir o cerrar el paso de energía hacia los circuitos eléctricos que se encuentran aguas abajo. (Coparoman)

Figura 7

Contactor



Nota. La imagen representa un contactor en su forma física y su simbología en diagrama eléctrico tanto en normas IEC como en ANSI. Tomado de (Coparoman, 2022)

Relé térmico

Elemento electromecánico diseñado para protección de circuitos eléctricos, su principal función está dada especialmente para motores ya sean de monofásicos, bifásicos o trifásicos. Una de las ventajas de este equipo es que el dispositivo es de tamaño reducido, pero lo más importante es que ayuda a maximizar la vida de los motores industriales (Figura 8). Por otra parte, el nombre de “térmico”, se denota por la identificación funcional del dispositivo electromecánico. Por estos elementos y a través de los cables conductores circula el voltaje y la corriente. Los motores están expuestos a sobrecargas y recalentamientos por la misma función que desempeñan por que el relé térmico se encarga de proteger a dichas acciones. (AutoSolar)

Figura 8*Relé térmico*

Nota. La imagen representa un relé térmico en su forma física. Tomado de (AutoSolar, 2022)

Variador de velocidad (VFD)

El VFD (Figura 9) es un dispositivo electrónico industrial regulador el cual está ubicado alimentación energética y el motor, estos elementos son utilizados para accionamiento de dispositivos electromecánicos, controlando así la frecuencia y de ante mano su velocidad en los motores de corriente alterna, para la realización de esta acción el elemento varia la frecuencia y consecuentemente voltaje de salida del VFD que va hacia la entrada del motor. Los VFD existen de diferentes tipos como pueden ser: eléctricos, hidráulicos, mecánicos o incluso electrónicos, entonces la función principal del variador de velocidad es controlar la velocidad de operabilidad de un motor de una forma constante y precisa. (Exhibirequipos, 2022)

Figura 9

Variador de velocidad



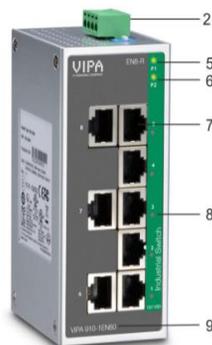
Nota. La imagen representa un variador de velocidad en su forma física es un dispositivo de control y potencia. Tomado de (Exhibirequipos, 2022)

Switch

El equipo (Figura 10) es un dispositivo muy eficiente y utilitario ya que permite la interconexión de elementos que tengan puerto ethernet, como las computadoras. Los periféricos a la red permiten la comunicación entre sí y con distintas redes. Los switches ethernet tienen la habilidad de conservar las direcciones MAC de los dispositivos conectados a los que puede llegar desde cada uno de sus puertos. De esta manera, los datos e información transitan de una manera directa y segura desde el punto de partida hacia el punto de llegada o destino. (Fanaticos de la Red en la Web, 2014)

Figura 10

Switch



Nota. La imagen representa switch ethernet en su forma física la cual consta de 8 puertos de comunicación. Tomado de (Fanaticos de la Red en la Web, 2014)

Supresores de sobretensiones transitorias TVSS

Los TVSS son elementos eléctricos que protegen contra sobretensiones transitorias, de ante mano son dispositivos designados para proteger los equipos e instalaciones eléctricas que se encuentran aguas abajo. Los TVSS protegen dichas sobretensiones presentadas por fenómenos transitorios. Los fenómenos son eventos que suceden de forma inesperada que traen consigo consecuencias inesperadas para los equipos, instalaciones y cargas sensibles. Un ejemplo de TVSS se puede observar en la Figura 11. (SINGI, 2022)

Figura 12

Secuenciador de fases



Nota. El dispositivo presentado en su forma física permite monitorear las secuencias de fases de un sistema trifásico. Tomado de (Toolboom, 2022)

Relé de estado sólido

Es un dispositivo electrónico interruptor de potencia (Figura 13), la función principal de un relé de estado sólido es la conmutación para permitir el paso de la energía eléctrica, su acción de funcionamiento se basa en una pequeña corriente la cual es aplicada en sus terminales de control. Los relés de estado sólido contienen un sensor el cual corresponde a una señal apropiada la misma que se denomina señal de control. En los circuitos y mecanismo de carga asociados provocan un acoplamiento que permite que la señal de control se active, esta acción se presenta como un interruptor el cual actúa sin piezas mecánicas. (electroindustria, 2022)

Figura 13

Relé de estado sólido



Nota. La imagen representa un relé de estado sólido en su forma física, así como sus características. Tomado de (electroindustria, 2022)

PLC Controlador lógico programable.

El PLC es un dispositivo electrónico el cual controla la lógica de funcionamiento de máquinas, sistemas y procesos en pequeña y gran escala denominados procesos industriales, procesan, envían y reciben señales digitales y analógicas, dichas señales son implementadas para aplicar estrategias de control. Programmable Logic Controller o Controlador lógico programable.

Se trata de un equipo electrónico (Figura14), que se ha creado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempos reales, posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales. (Srcsl, 2022)

Figura 14

PLC (Controlador Lógico Programable)



Nota. La imagen representa un controlador lógico programable en su forma física.

Tomado de (Srcsl, 2022)

Sistema HMI

La interfaz hombre-máquina (HMI) (Figura 15) es un componente de ciertos dispositivos que son capaces de manejar interacciones hombre-máquina. La interfaz consta de hardware y software que permiten que las entradas del usuario se traduzcan como señales para máquinas que, a su vez, proporcionan el resultado requerido para el usuario. La tecnología de interfaz hombre-máquina se ha utilizado en diferentes industrias como electrónica, entretenimiento, militar, médica, entre otros. Las interfaces hombre-máquina ayudan a integrar a los humanos en sistemas tecnológicos complejos. (Coparoman, 2022)

Figura 15

Pantalla HMI



Nota. La imagen representa una variedad de tamaños de pantallas para el desarrollo de interfaz humano máquina. Tomado de (Coparoman, 2022)

Software Movicon

Movicon es una herramienta general para el desarrollo de softwares SCADA (Figura 16) para prácticamente cualquier aplicación de supervisión. Movicon (Monitoreo, Visión y Control), Movicon ha desarrollado el concepto de la supervisión industrial, al introducir tecnologías extremadamente innovadoras y modernas para sistemas de automatización. (Library, s.f.)

Figura 16

Software MOVICON



Nota. La imagen representa un sistema HMI desarrollado en el software Movicon 11.

Tomado de (Library, s.f.)

Software Speed 7

SPEED7 Studio (Figura 17) es una herramienta de ingeniería usado para el proceso de automatización para la configuración del hardware, la comunicación, la programación hasta la visualización. Este Software es muy utilizado por su gran eficiencia ya que proporciona una programación con gran facilidad de uso y con un entendimiento sencillo por sus interfaces de usuario intuitivas las cuales permiten la entrada inmediata en los distintos módulos por tanto existen herramientas adicionales de otros proveedores para la configuración del hardware, la creación de redes de buses de campo diferentes, la programación o la visualización y funcionamiento de la planta no son necesarias. (Infopl, s.f.)

Figura 17

Software Speed 7



Nota. La imagen representa la interfaz y características de programación del software Speed 7. Tomado de (Infopl, s.f.)

Capítulo III

Diseño del sistema

Para la realización del proyecto se realizará una ingeniería previa de los equipos y tablero a implementar, posteriormente se diseñará en AutoCAD las medidas del tablero, equipos a implementar, así como también los planos eléctricos del nuevo sistema de control, posteriormente se armará el doble fondo con los equipos ya destinados para la construcción de este. Una vez realizado el armado el tablero se procede a realizar las pruebas de energización del tablero pruebas SAT (Pruebas de aceptación del sitio). A continuación, se implementará el tablero en la farmacéutica después se realizará el cableado correspondiente en las borneras de campo ya establecidos, para así poder energizar y realizar las pruebas FAT (Pruebas de aceptación de fábrica).

Luego se procederá con el desarrollo del programa del sistema de control, pruebas EHS (Medio Ambiente, Salud y Seguridad), Pruebas IQ (Calificación de la instalación), Pruebas OQ (Calificación de la operación) y finalmente las pruebas PQ (Calificación del rendimiento).

Estudio de la máquina

Para el estudio de la máquina se realiza una inspección del funcionamiento de esta, para lo cual la máquina denominada Uhlmann2 debe estar en funcionamiento, posteriormente se analiza las estaciones del sistema de emblistado.

Figura 18

Estudio de la Máquina.



Nota. En imagen se visualiza la máquina emblistradora de productos farmacéuticos denominada Uhlmann 2.

Sistema de ingreso de folio PVC

Como se observa en la (Figura 19) el folio PVC es transparente el cual está situado al ingreso de la máquina el folio PVC es guiado por rodillos. Siguiendo con el estudio de la estación de ingreso de folio se tiene un micro switch el mismo que permite establecer la existencia o ausencia del folio, en el caso de que el folio se termine o se rompa, la máquina se detiene automáticamente, posteriormente como se ve en la (Figura 20) tiene dos sensores infrarrojos, los cuales detectan la unión final del folio con el inicio de uno nuevo, adicionalmente posee un motor acoplado a un rodillo el cual desenrolla el folio.

Figura 19

Ingreso del Folio PVC

**Figura 20**

Sensores Infrarrojos



Sistema de calentamiento del folio

El sistema presenta dos placas de calentamiento ya sea superior e inferior como se observa la (Figura 21), las mismas que son calentadas por las níquelinas y se cierran al momento del proceso dejando un espacio considerable para el traslado de folio a temperatura establecida para así posteriormente pasar al sistema de formado.

Figura 21

Sistema de Calentamiento del Folio



Sistema de formado

Al sistema de formado como se muestra en la (Figura 22), llega el folio a temperatura deseada el mismo es encapsulado y al mismo tiempo activa una electroválvula la cual se encarga de formar los alveolos o nidos.

Figura 22*Sistema de Formado****Sistema de foliado***

Como se observa en la (Figura 23) se tiene una tolva donde el producto se encuentra alojado el mismo que es transportado por un ducto vibrador hacia la foliadora (Figura 24), el elemento vibrador se activa cuando el sensor que está en la foliadora detecta que no existe el producto. Los cepillos y aspas que se encuentran en el sistema de foliado están acoplados a motores los cuales son activados de manera automática cuando la máquina arranca, esto permite que el producto ingrese en los alveolos o nidos.

Figura 23*Tolva*

Figura 24*Foliadora***Sistema Laetus**

El sistema Laetus (Figura 25) realiza una distribución de 4 blísteres, cada uno compuesto de 8 o 10 pastillas dependiendo del producto (Figura26), además de un procesamiento de imágenes el cual detecta productos buenos o malos, tomando en cuenta como malos: pastillas partidas, despostilladas, medias pastillas y de diferente color, basta que se encuentre una pastilla en mal estado el sistema rechaza todo el blíster al final del proceso.

Figura 25*Sistemas Laetus*

Figura 26

Sistema Laetus sin recubrimiento

***Sistema folio aluminio***

El sistema tiene 6 rodillos que permiten desenrollar el folio de aluminio según el requerimiento de la máquina, tiene un micro switch el cual se activará en el caso de que exista ruptura o ausencia de folio esto hace que la máquina se detenga automáticamente, adicional tiene un sensor infrarrojo que da una señal de alerta cuando existe una unión de folios.

Figura 27

Sistema Folio Aluminio



Sistema de sellado

El sistema presenta una placa de calentamiento ubicada en la parte superior donde son calentadas por niquelinas. El sistema se encarga de sellar el folio de PVC con el folio de aluminio dejando así al producto encapsulado en la lámina.

Figura 28

Sistema de Sellado



Sistema de enfriamiento

El sistema consiste en una placa de enfriamiento, para dicha acción tiene circulación de agua permanente por la misma, esto permite el sellado correcto de los folios, adicionalmente tiene un sensor inductivo el cual apaga la máquina automáticamente si la placa no se encuentra en la posición adecuada.

Figura 29*Sistema de Enfriamiento***Sistema de pre-corte**

El sistema (Figura 30) consiste en pequeñas cuchillas las mismas que están distribuidas uniformemente para realizar un pre-corte en todo el blíster (Figura 31), este sistema es activado o desactivado desde pantalla ya que existen productos que no requieren de esta acción.

Figura 30*Sistemas de pre-corte*

Figura 31

Blísteres pre-corte

**Sistema de arrastre**

El sistema consta de dos pinzas una fija y otra móvil las cuales van interactuando para la obtención de los pasos del sistema, las pinzas son activadas por medio de electroválvulas.

Figura 32

Sistema de Arrastre



Sistema de troquelado

Este sistema realiza el corte de los 4 blísteres y direccionando en la banda transportadora hacia el siguiente sistema, también consta con un sistema de flautas que permite sujetar los blíster y orientación de estos, la activación de vacío y presión es mecánico.

Figura 33

Sistema de Troquelado



Sistema de Ventosas

El sistema consiste en 4 ventosas, donde su señal de control para el paso de blísteres hacia la banda de salida depende del sistema Laetus que es el sistema de rechazo. Adicionalmente la banda de salida consta de levas mecánicas las cuales permiten que los blísteres se trasladen uno a uno hacia el área de empaque.

Figura 34*Sistemas de Ventosas****Sistema de salida de desperdicio***

El sistema de desperdicios consta de 2 motores y 3 rodillos, dos fijos y un móvil. El primer motor se encarga de halar el desperdicio, la función del segundo motor es triturar el desperdicio halado. La señal de activación de los motores está dada por medio de sensores y levas, las mismas que están ancladas mecánicamente al rodillo móvil que se acciona en el punto más bajo y se desactiva en el punto más alto. Finalmente tiene una electroválvula que se activa periódicamente para soplar lo triturado hacia el ducto de salida.

Figura 35

Sistema de Salida de Desperdicios



Motor principal

La máquina consta de un motor principal trifásico el mismo que tiene incluido un variador de velocidad mecánico, posteriormente tiene incorporado un piñón el cual permite el acople al eje principal por medio de cadenas.

Figura 36

Motor Principal de la Máquina



Estudio de los motores de la máquina (UHLMANN 2)

Para el estudio de los motores que contiene la máquina, se procede a realizar la revisión de los planos eléctricos antiguos, así como la verificación en el lugar que se encuentra la máquina, para lo cual se establecen los siguientes datos como son: nombre, descripción y su existencia, dichos datos se describen en la (Tabla 3).

Tabla 3

Levantamiento de información de los motores

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DEL MOTOR
1	1M1	Ventilador del tablero principal	sí existe
2	2M1	Motor principal de toda la máquina	sí existe
3	2M2	Motor regulador velocidad	no existe(retirado)
4	6M1	Motor desenrollado de folio	sí existe
5	8M1	Motor de arrastre de desperdicios	sí existe
6	8M2	Motor de trituración de desperdicios	sí existe
7	12M1	Motor de alimentación del generador	no existe (retirado)
8	17M1	Motor bomba aspiradora	no existe (retirado)
9	29M1	Motor de la banda de salida	no existe(retirado)
10	35M1	Motor de cepillo	no existe (retirado)
11	76M1	Motor de alimentación deslizante	no existe (retirado)
12	41M10	Ventilador 1 del sistema de foliado	sí existe
13	41M11	ventilador 2 del sistema de foliado	sí existe
14	41M1	Motor agitador 1 (aspas 1) del sistema de foliado	sí existe
15	41M2	Motor agitador 2 (aspas 2) del sistema de foliado	sí existe
16	41M3	Motor agitador 3 (aspas) del sistema de foliado	sí existe
17	41M5	Motor cepillo 1 del Sistema de foliado	sí existe
18	41M6	Motor cepillo 2 del sistema de foliado	sí existe
19	41M7	Motor cepillo 3 del sistema de foliado	sí existe

Estudio de las electroválvulas

Se proceden con la revisión de todas las electroválvulas en los planos eléctricos y posteriormente a la verificación de estos en la planta donde se encuentra ubicada la máquina, seguidamente se realiza la toma de datos con las siguientes descripciones: nombre, descripción y existencia, para lo cual se puede observar en la (Tabla 4).

Tabla 4

Lista de datos de las electroválvulas

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DE LA VÁLVULA
1	2Y1	Embrague del motor principal	No existe
2	2Y2	Freno del motor principal	No conectado
3	5Y1	Reserva (tomas de aire)	Si existe
4	5Y3	Pinzas sujetadoras de folio de entrada	Si existe
5	5Y4	golpe de bajada del paquete	Si existe
6	6Y1	reinicio del freno de lamina	Si existe
7	8Y1	desperdicio de soplado	Si existe
8	9Y1	movimiento placa de calentamiento superior 1	Si existe
9	9Y2	movimiento placa de calentamiento superior 2	Si existe
10	9Y3	movimiento placa de calentamiento superior 3	Si existe
11	9Y4	movimiento placa de calentamiento superior 4	Si existe
12	11Y1	cierre de la pinza derecha halar	Si existe
13	11Y2	cierre de la pinza izquierda fijar	Si existe
14	11Y3	fundir aluminio folio	Si existe
15	11Y4	seguro fundir e folio	Si existe
16	12Y1	canal de vibración	No existe
17	12Y2	tomas 1	Si existe
18	12Y3	neumático completo	No existe
19	12Y8	tomas 2	Si existe
20	16Y1	Banda Laetus	Si existe
21	16Y2	válvula reductora de presión	No existe
22	18Y1	dar forma	No existe
23	18Y2	toma Laetus	Si existe
24	18Y3	formado	Si existe

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DE LA VÁLVULA
25	26Y1	eliminación de envases 1	No existe
26	26Y2	eliminación de envases 2	No existe
27	26Y3	eliminación de envases 3	No existe
28	26Y4	eliminación de envases 4	No existe
29	26Y5	eliminación de envases 5	No existe
30	26Y6	eliminación de envases 6	No existe
31	26Y7	eliminación de envases 7	No existe
32	26Y8	eliminación de envases 8	No existe
33	38Y1	siempre activo	Si existe
34	45Y1	placa de enfriamiento	Si existe
35	47Y3	no usa pre-corte	Si existe
36	47Y4	activa y desactiva pre-corte	Si existe
37	59Y1	tomas	Si existe
38	59Y2	tomas	Si existe
39	76Y1	suministro 1	No existe
40	76Y2	suministro 2	No existe
41	76Y3	control deslizante de inserción	No se usa
42	76Y4	levantado del encofrado	No se usa
43	76Y5	lanzamiento del producto	no se usa

Estudio de los sensores

En la (Tabla 5), continuando con el estudio se puede verificar la revisión de todos los sensores ya sean en planos eléctricos como en el lugar de la máquina para la realización de la tabla correspondiente, posteriormente se realiza la toma de datos con los siguientes parámetros: nombre descripción y existencia.

Tabla 5

Lista de datos de los sensores

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DEL SENSOR
1	6B1	Sensor 1 de terminación del folio	Si existe
2	6B2	Sensor 2 de terminación del folio	Si existe
3	6B4	Sensor de reinicio de freno de lamina	No existe
4	7B1	Sensor de presencia de aluminio	Si existe
5	8B1	Sensor 1 del sistema de desperdicio	Si existe

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DEL SENSOR
6	8B2	Sensor 2 del sistema de desperdicio	Si existe
7	8B3	Sensor 3 del sistema de desperdicio	Si existe
8	8B4	Sensor de presencia de desperdicio roto	Si existe
9	9B3	Sensor de la placa inferior en posición de arranque	Si existe
10	9B4	Sensor de placas extendidas en posición de arranque	Si existe
11	9B5	Sensor de la placa superior en posición de arranque	Si existe
12	9B6	Sensor de placa inferior retraída en posición de descanso	Si existe
13	9B7	Sensor de placas retraídas en posición de descanso	Si existe
14	11B3	Sensor de la placa de sellado inferior	Si existe
15	11B4	Sensor de bloqueo retirado estación de posición de arranque	Si existe
16	11B5	Sensor de bloqueo en posición de descanso	Si existe
17	12B1	Sensor auxiliar de función múltiple	No existe
18	15B1	Sensor de detección de salida de blíster hacia la cartonera	Si existe
19	15B2	Sensor contador de blíster de salida	No existe
20	25B1	Sensor adaptador de barra	No existe
21	38B1	Sensor empujador de control	No existe
22	41B1	Sensor control de nivel de producto	Si existe
23	45B3	Sensor de la estación de refrigeración serrada	Si existe
24	53B1	Sensor 1 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
25	53B2	Sensor 2 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
26	53B3	Sensor 3 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
27	53B4	Sensor 4 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
28	53B5	Sensor 5 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
29	53B6	Sensor 6 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
30	53B7	Sensor 7 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
31	53B8	Sensor 8 de control de paquetes de rechazo de blíster	No existe
32	76B1	Sensor de liberación de producto	No existe
33	77B1	Sensor 1 alimentador deslizante cruzado	No existe

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	EXISTENCIA DEL SENSOR
34	77B2	Sensor 2 alimentador deslizante cruzado	No existe
35	77B3	Sensor 3 alimentador deslizante cruzado	No existe
36	77B4	Sensor 4 alimentador deslizante cruzado	No existe
37	77B5	Sensor 5 alimentador deslizante cruzado	No existe

Estudio de las entradas y salidas digitales

Por medio de los planos eléctricos se realiza la revisión de las señales digitales ya sea de entrada y de salida como se muestra en la (figura 37), continuando con el estudio se procede a la verificación de las señales en el tablero de control, determinando que se encuentran distribuidos por módulos como se muestra en la (figura 38).

Figura 37

Entradas y Salidas Digitales

Zuordnungstabelle									
Maschinen-Nr. : 89/252					Sprachenzuweisung				
Sprache : 1					1=deutsch		2=englisch		
Datum : 28.11.91					3=französisch		4=spanisch		
Ausg.:	OTL_21	OTL_24	OTL_27	OTL_30	OTL_33	OTL_36	OTL_39	OTL_42	OTL_45
1A12	8	9	9	9	9	9	9	9	1
	A1	A9	A27	A36	A62	A160	A21	A71	A330
	A2	A10	A28	A39	A70	A161	A172	A72	
	A3	A11	A29	A42	A80	A165	A53	A73	
	A4	A12	A30	A43	A95	A166	A54	A74	
	A5	A13	A32	A45	A99	A167	A55	A75	
	A6	A14	A33	A50	A106	A168	A25	A76	
	A7	A23	A34	A51	A199	A169	A37	A77	
	A8	A25	A35	A52	A159	A81	A329	A78	
	2L+	2L+	2L+	2L+	3L+	3L+	3L+	3L+	3L+
	2L+	2L+	2L+	2L+	3L+	3L+	3L+	3L+	3L+
	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-
Eing.:	IDC_59	IDC_56	IDC_63	IDC_60	IDC_57	IDC_54	IDC_51		
1A12	9	16	16	16	13	0	0		
	E1	E17	E36	E67	E202				
	E2	E18	E37	E71	E237				
	E3	E19	E38	E101	E241				
	E4	E20	E39	E102	E312				
	E5	E21	E45	E103	E313				
	E6	E22	E46	E104	E314				
	E7	E23	E48	E105	E315				
	E8	E24	E50	E106	E316				
	E9	E25	E51	E107	E195				
		E26	E52	E108	E42				
		E27	E58	E111	E405				
		E28	E59	E113					
		E29	E60	E114	E321				
		E33	E61	E115					
		E34	E62	E117					
		E35	E69	E201	E72				
	L-	L-	L-	L-	L-	L-	L-		

Nota. Entradas y salidas digitales de la maquina productora de blísteres del sistema de control antiguo

Figura 38*Módulos de Entradas y Salidas*

Diseño eléctrico y electrónico

Para el diseño eléctrico y electrónico se realizan los diagramas en AutoCAD (Planos eléctricos y electrónicos), las conexiones de los equipos implementados tenemos: PLC, pantalla HMI, fuente de alimentación de 24Vdc, breakers, contactores, portafusibles, motores, Switch ethernet, TVSS, contactores, relés térmicos, relés electromecánicos de bobina 24VDV, monitor de línea, entradas y salidas digitales, borneras de conexión, entre otros. En la (figura 39) se presenta un ejemplo de las conexiones eléctricas de la fuente, monitor de línea, TVSS, en la (figura 40) se presenta el diagrama de los elementos de potencia como son los motores del sistema de la máquina. Y en el anexo A se presenta el diseño completo.

Figura 39

Conexiones eléctricas de la fuente monitor de línea, TVSS

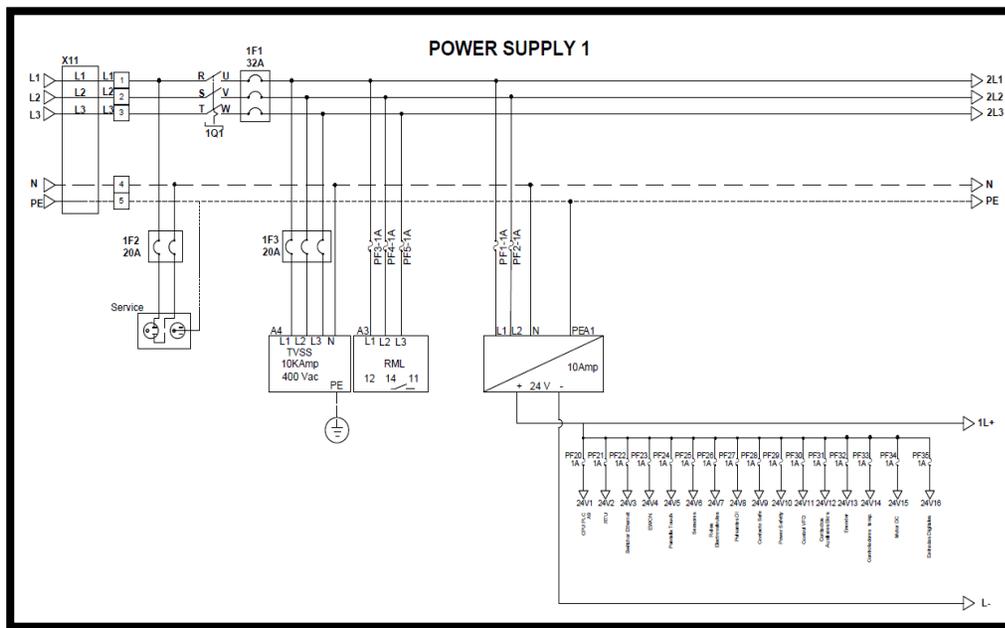
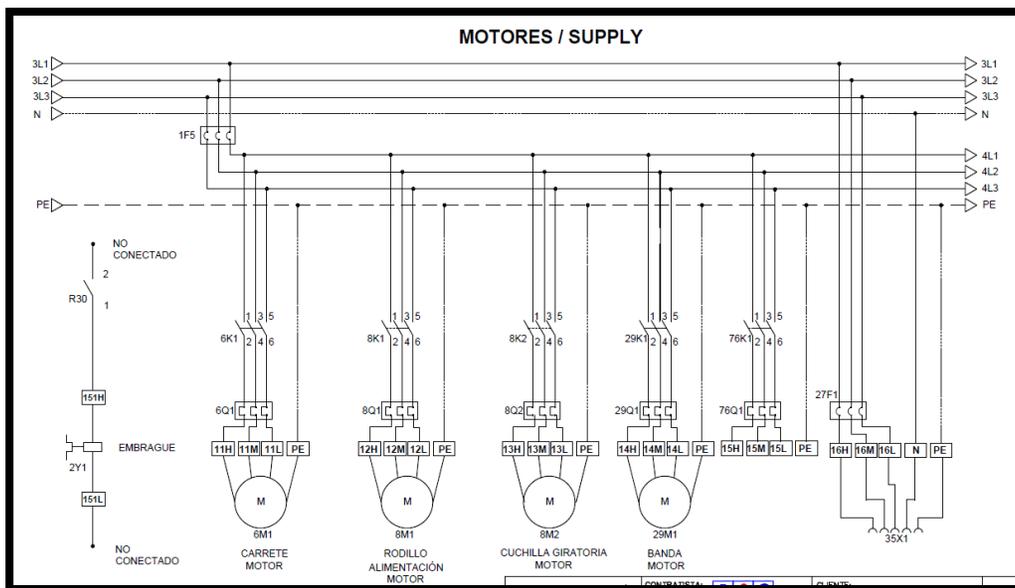


Figura 40

Diagrama de los elementos de potencia motores del sistema de la máquina

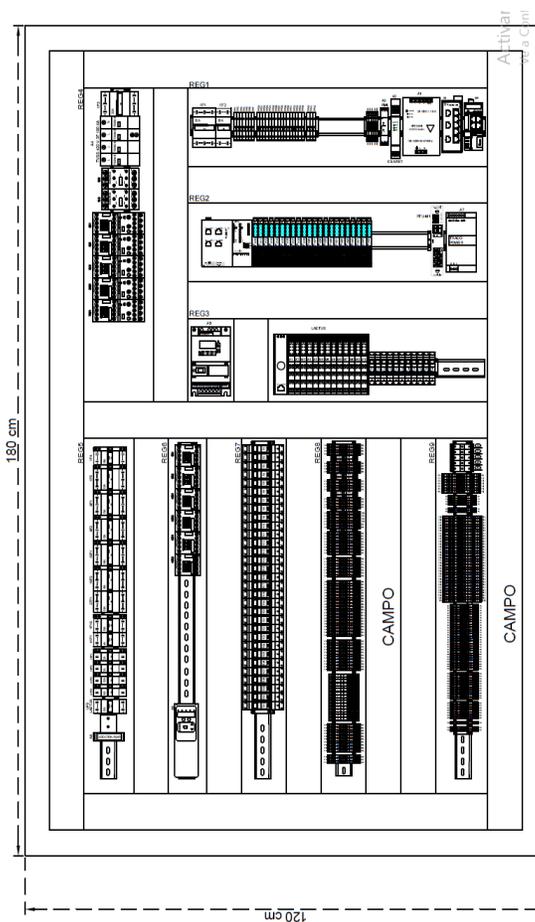


Diseño del tablero y equipos

Para el diseño del tablero y equipos se debe tomar en cuenta el estudio anteriormente realizado. Para lo cual se establece la cantidad de equipos a utilizar, así como también las dimensiones del tablero como se observa en la (figura 41). El diseño y la distribución de equipos se desarrolla en AutoCAD para posteriormente ser implementados.

Figura 41

Diseño del tablero y Equipos



Selección del variador de velocidad (VFD) del motor principal.

En la (figura 42), se puede observar el variador establecido para la máquina. Al realizar el análisis correspondiente, se optó por cambiar el variador mecánico por un variador electrónico que facilita así su mantenimiento, al considerar las siguientes características de la placa del motor principal (figura 43), motor trifásico de 1.5kw, 2HP, 220VAC y 6.08A. Se Toma en cuenta las características anteriormente mencionadas y las necesidades de operación se opta por adquirir un variador de velocidad que disponga de entrada 220vac bifásico, salida trifásica 220vac, entrada analógica, entradas digitales, salidas digitales y comunicación modbus.

Figura 42

Variador de Velocidad



Figura 43

Placa del motor principal.



Diseño del sistema de control y potencia de motores de la máquina

Para el diseño de los elementos del sistema de control y potencia de los motores, se considerará los datos de las placas de cada motor: Motor principal (figura 44), motor folio 1 (figura 45), motor folio 2 (46), motor de la banda de salida (figura 47), además se tiene la implementación de un motor extra para la ventilación del tablero de control.

Figura 44

Placa del motor principal

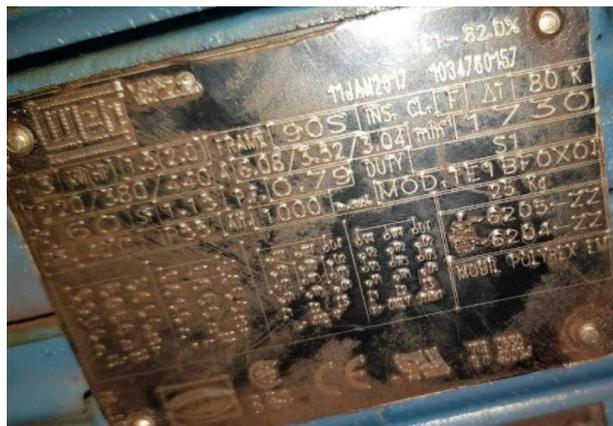


Figura 45

Placa Motor Folio 1

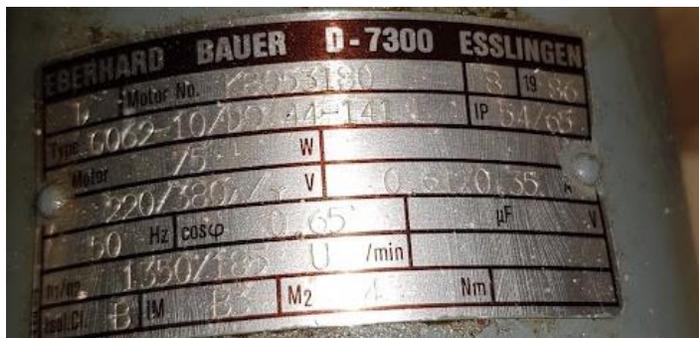


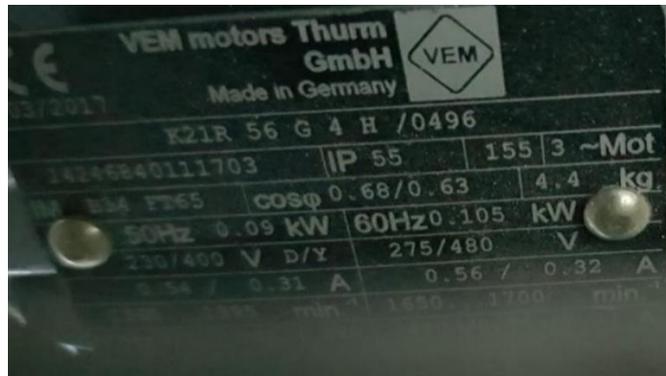
Figura 46

Placa Motor Folio 2



Figura 47

Placa motor de la Banda de Salida



Para el diseño se considera el estudio y levantamiento realizado anteriormente por lo que se procede a desarrollar la tabla 6 con los motores que tiene la máquina actualmente, para lo cual se establecen los siguientes parámetros: nombre, descripción, tipo de alimentación sea AC o DC, numero de fases, voltaje, corriente y potencia.

Tabla 6*Lista de motores que tiene la máquina actualmente*

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	AC/DC	NUMERO DE FACES	VOLTAJE	CORRIENTE	POTENCIA
1	1M1	Ventilador 1 del tablero principal	AC	Monofásico	230VAC	0.10A	14W
2	1M2	ventilador 2 del tablero principal	AC	Monofásico	230VAC	0.10A	14W
3	2M1	Motor principal de toda la máquina	AC	Trifásico	220V	6.08A	1.5KW/2HP
4	6M1	Motor desenrollado de folio	AC	Trifásico	220V	0.61A	75W
5	8M1	Motor de arrastre de desperdicios	AC	Trifásico	220V	0.29A	30W
6	8M2	Motor de trituración de desperdicios	AC	Trifásico	220V	3A	0.55KW
7	29M1	Motor de la banda de salida	AC	Trifásico	220V	6.08A	3HP
8	41M10	Ventilador 1 del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	18-30VDC	0.094-0.16A	1.7-5W
9	41M11	ventilador 2 del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	18-30VDC	0.094-0.16A	1.7-5W
10	41M1	Motor agitador 1 (aspas 1) del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	24VDC	3.2A	75W
11	41M2	Motor agitador 2 (aspas 2) del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	24VDC	3.2A	75W
12	41M3	Motor agitador 3 (aspas) del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	24VDC	3.2A	75W
13	41M5	Motor cepillo 1 del Sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	24VDC	3.2A	75W
14	41M6	Motor cepillo 2 del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	24VDC	3.2A	75W
15	41M7	Motor cepillo 3 del sistema de foliado	DC	Positivo (+) / Negativo (-)	24VDC	3.2A	75W

Selección de las electroválvulas

Para la selección de las electroválvulas se realiza la revisión de los voltajes de alimentación de la bobina y el consumo corriente de los mismos, como se pueden observar en la (figura 48) y (figura 49), se tiene dos tipos de electroválvulas las cuales consumen diferente corriente, pero para la energización de la bobina es el mismo voltaje de 24Vdc.

Figura 48

Electroválvula 1



Figura 49

Electroválvula 2



Se realiza un listado con las electroválvulas que se encuentran habilitadas, así como también se elimina las electroválvulas que se encuentran fuera de operación de la máquina, para lo cual se establece los siguientes parámetros: nombre, descripción, voltaje de bobina y corriente. Los datos se observan en la tabla 7.

Tabla 7

Lista de electroválvulas habilitadas en el sistema

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VOLTAJE	CORRIENTE
1	5Y1	soplado estación de enfriamiento	24VDC	0.315A
2	5Y3	pinzas Sujetadora	24VDC	0.315A
3	5Y4	golpe de bajada del paquete	24VDC	0.315A
4	6Y1	reinicio del freno de lamina	24VDC	0.315A
5	8Y1	desperdicio de soplado	24VDC	0.315A
6	9Y1	movimiento placa de calentamiento superior 1	24VDC	0.230A
7	9Y2	movimiento placa de calentamiento superior 2	24VDC	0.230A
8	9Y3	movimiento placa de calentamiento superior 3	24VDC	0.230A
9	9Y4	movimiento placa de calentamiento superior 4	24VDC	0.230A
10	11Y1	cierre de la pinza derecha halar	24VDC	0.315A
11	11Y2	cierre de la pinza izquierda fijar	24VDC	0.315A
12	11Y3	fundir aluminio folio	24VDC	0.230A
13	11Y4	seguro fundir y folio	24VDC	0.230A
14	12Y2	tomas 1	24VDC	0.315A
15	12Y8	tomas 2	24VDC	0.315A
16	16Y1	Banda Laetus	24VDC	0.230A
17	18Y2	toma Laetus	24VDC	0.315A
18	18Y3	Formado	24VDC	0.230A
19	38Y1	siempre activo	24VDC	0.230A
20	45Y1	placa de enfriamiento	24VDC	0.230A
21	47Y3	no usa pre-corte	24VDC	0.315A
22	47Y4	activa y desactiva pre-corte	24VDC	0.230A
23	59Y1	tomas	24VDC	0.315A
24	59Y2	tomas	24VDC	0.315A

Selección de los sensores

Para la selección, se realiza un barrido de todas las estaciones revisando los sensores que se encuentran activos y no activos, se suprimen los sensores no funcionales y se desarrolla un listado en la (tabla 8), solo los sensores en funcionamiento, con los siguientes parámetros: nombre, descripción, voltaje de alimentación, señales y contactos.

Tabla 8

Listado de sensores que se encuentran en funcionamiento en el sistema

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VOLTAJES	SEÑALES	CONTACTOS
1	6B1	Sensor 1 de terminación del folio	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
2	6B2	Sensor 2 de terminación del folio	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
3	7B1	Sensor de presencia de aluminio	24VDC	PNP	2NA
4	8B1	Sensor 1 del sistema de desperdicio	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
5	8B2	Sensor 2 del sistema de desperdicio	24VDC	PNP	2NA
6	8B3	Sensor 3 del sistema de desperdicio	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
7	8B4	Sensor de presencia de desperdicio roto	24VDC	PNP	2 NA
8	9B3	Sensor de la placa inferior en posición de arranque	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
9	9B4	Sensor de placas extendidas en posición de arranque	24VDC	PNP	2NA
10	9B5	Sensor de la placa superior en posición de arranque	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
11	9B6	Sensor de placa inferior retraída en posición de descanso	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
12	9B7	Sensor de placas retraídas en posición de descanso	24VDC	PNP	2 NA

ÍTEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	VOLTAJES	SEÑALES	CONTACTOS
13	11B3	Sensor de la placa de sellado inferior	24VDC	PNP	2NA
14	11B4	Sensor de bloqueo retirado estación de posición de arranque	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
15	11B5	Sensor de bloqueo en posición de descanso	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
16	15B1	Sensor de detección de salida de blíster hacia la cartonera	24VDC	PNP	1 NA / 1 NC
17	41B1	Sensor control de nivel de producto	24VDC	PNP	2NA
18	45B3	Sensor de la estación de refrigeración serrada	24VDC	PNP	2NA

Selección de entradas digitales

Para la selección de entradas digitales se toma como referencia el estudio realizado anteriormente, donde se considera principalmente los sensores de la máquina, pulsadores, selectores, finales de carrera, contactos auxiliares de los breakers, señales digitales de equipos en falla, entradas de reserva, entre otros. En la (tabla 9) se presenta detallado los siguientes parámetros: nombre del módulo del PLC, entrada digital del PLC y descripción de este.

Tabla 9*Lista de entradas digitales programadas en el PLC*

NOMBRE DEL MODULO	ENTRADA DIGITAL	DESCRIPCIÓN
A10	I0.0	Stop
	I0.1	Reserva
	I0.2	Reserva
	I0.3	Presión
	I0.4	Comienzo
	I0.5	Reiniciar
	I0.6	Termino folio plástico
A11	I1.0	SCR
	I1.1	SCR
	I1.2	SCR
	I1.3	Manual Cepillos
	I1.4	Automático Cepillos
	I1.5	Unión Cartonera
	I1.6	Sobrecarga
A12	I1.7	Reserva
	I2.0	folio Termino sensor
	I2.1	folio Termino sensor
	I2.2	Detecta aluminio
	I2.3	Rodillo y cuchilla
	I2.4	Rodillo y cuchilla
	I2.5	Rodillo y cuchilla
A13	I2.6	Cinta desperdicios roto
	I2.7	Placa Calefactora en Posición
	I3.0	Placa Calefactora en Posición
	I3.1	Placa calefactora inferior en posición de trabajo
	I3.2	Placa Calefactora en Posición
	I3.3	Placa Calefactora en Posición
	I3.4	Reserva
	I3.5	Reserva
I3.6	Reserva	
	I3.7	Rechazo 1

NOMBRE DEL MODULO	ENTRADA DIGITAL	DESCRIPCIÓN
A14	I4.0	Sensores vibradores
	I4.1	Placa de enfriamiento
	I4.2	Sensor folio derecho
	I4.3	Sensor folio izquierdo
	I4.4	Sensor folio aluminio
	I4.5	Reserva
	I4.6	Reserva
A15	I4.7	Reserva
	I5.0	Reserva
	I5.1	Reserva
	I5.2	Reserva
	I5.3	Reserva
	I5.4	Reserva
	I5.5	Reserva
A16	I5.6	Reserva
	I5.7	final de carrera blíster quemado
	I6.0	contacto auxiliar VFD
	I6.1	contacto auxiliar Motores
	I6.2	contacto auxiliar SSR UH
	I6.3	contacto auxiliar SSR LH
	I6.4	contacto auxiliar SSR SH
A17	I6.5	contacto auxiliar SSR SH
	I6.6	contacto auxiliar SSR
	I6.7	Controladores
	I7.0	contacto auxiliar Vibrador fase R
	I7.1	contacto auxiliar Vibrador fase S
	I7.2	contacto auxiliar Aspas
	I7.3	contacto auxiliar Cepillos
A18	I7.4	monitor de línea
	I7.5	contactador 1
	I7.6	contactador 2
	I7.7	Parada de Emergencia 1
	I8.0	Parada de Emergencia 2
	I8.1	M/A máquina
	I8.2	VARIADOR
I8.3	Safety desactivado	
I8.4	alarma Laetus	
I8.5	selector formado	
I8.6	Puerta 8S1	
I8.7	BLOQUEO SAFETY	
		Reserva

NOMBRE DEL MODULO	ENTRADA DIGITAL	DESCRIPCIÓN
A19	I9.0	Reserva
	I9.1	Reserva
	I9.2	Reserva
	I9.3	Reserva
	I9.4	Reserva
	I9.5	Reserva
	I9.6	Reserva
	I9.7	Reserva
A20	I10.0	Reserva
	I10.1	Reserva
	I10.2	Reserva
	I10.3	Reserva
	I10.4	Reserva
	I10.5	Reserva
	I10.6	Reserva
	I10.7	Reserva

Selección de salidas digitales

Principalmente para su selección se considera las siguientes señales: la activación de las electroválvulas las cuales primeramente pasan por relés, las bobinas de los contactores, señal de activación para el variador de velocidad, luces pilotos como de encendido y apagado de máquina, zumbadores, salidas de reserva, entre otros. A continuación, se presenta una (tabla 10) con la siguiente descripción: nombre del módulo del PLC, salida digital del PLC y descripción de este.

Tabla 10*Lista de salidas digitales programadas en el PLC*

NOMBRE DEL MODULO	SALIDA DIGITAL	DESCRIPCIÓN
A27	Q0.0	No usa
	Q0.1	Clamp gripper/templa leva
	Q0.2	Soplado corte
	Q0.3	No usa
	Q0.4	Soplado desperdicio
	Q0.5	Placa calefactora en posición
	Q0.6	Cierre de la placa calefactora
	Q0.7	calentamiento por contacto
A28	Q1.0	Placa calefactora inferior en posición de trabajo
	Q1.1	Cierra pinza derecha
	Q1.2	Cierra pinza Izquierda
	Q1.3	Fundir Aluminio
	Q1.4	Seguro para fundir el Folio
	Q1.5	Tomas
	Q1.6	Tomas
A29	Q1.7	Soplado final
	Q2.0	Toma de la Laetus
	Q2.1	Formado
	Q2.2	Siempre activo
	Q2.3	contacto de enfriamiento
	Q2.4	Vuelta dentada PRE-CORTE
	Q2.5	Blando dentado
	Q2.6	Tomas
	Q2.7	Tomas
	A30	Q3.0
Q3.1		Reserva
Q3.2		Reserva
Q3.3		Activar vacío
Q3.4		Vibrador run/stop
Q3.5		Reserva
Q3.6		Reserva
Q3.7		Reserva
A31	Q4.0	folio
	Q4.1	Rodillo
	Q4.2	Cuchilla
	Q4.3	Banda de salida

NOMBRE DEL MODULO	SALIDA DIGITAL	DESCRIPCIÓN
A32	Q4.4	No se programa
	Q4.5	Niquelas superior e inferior
	Q4.6	Niquelinas sellado
	Q4.7	Solenoide final
	Q5.0	Motor cepillos y aspas
	Q5.1	Vibrador alimentación principal
	Q5.2	Variador horario
	Q5.3	Freno 2m1
	Q5.4	Embrague
	Q5.5	Encendido
A33	Q5.6	Paro
	Q5.7	Rearme
	Q6.0	variador antihorario
	Q6.1	trig Laetus
	Q6.2	reinicio de luz
	Q6.3	zumbador
	Q6.4	Reserva
	Q6.5	Reserva
	Q6.6	Reserva
	Q6.7	Reserva

Construcción del tablero

Una vez establecido las dimensiones y la ubicación de cada equipo, se procede a implementar las canaletas y el riel en el doble fondo del tablero, para posteriormente colocar los materiales que se muestra en la (tabla 11) en el mismo doble fondo. Seguidamente se realiza las conexiones de control como de potencia entre los dispositivos instalados, así también las borneras de campo para interactuar con los equipos externos. Una vez terminado las conexiones se realiza el amarillado con los planos ya desarrollados, después se procede a realizar la energización del tablero y verificación del correcto funcionamiento de los equipos, así como también la verificación de voltajes tanto de entrada como de salida realizando así las pruebas SAT (Pruebas de aceptación en el sitio). En el anexo B se detalla las mediciones obtenidas de las pruebas SAT.

Tabla 11

Lista de equipos y materiales utilizados en el sistema.

EQUIPO Y MATERIALES	MARCA	MODELO
TERMOCUPLA	LOVE CONTROLS	122095-32
TVSS	TOMZN	TZG40-B
INDUSTRIAL-SWITCH EN8-R	VIPA	910-1EN80
SAFETY SECURITY PROTECCIÓN	PIZZATO	CS AR-07M024
RELÉ BOBINA 24VDC 1 POLO	RELECO	C10-A10X/DC24V R
BASES DE RELÉ 24VDC 1 POLO	RELECO	S10-R
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	BRAINCHILD	BTC8100-4100001
BORNERAS DE 3 PISOS AWG24-12 300V 24A	KLEMSAN	ESPACIO/BLANCO
TOPES	KLEMSAN	KD 3
BORNERAS DE 1 PISO AWG 26-12 600V/20A	KLEMSAN	AVK 2.5
PORTAFUSIBLES 6 mm ² 500V/6.3A COLOR	KLEMSAN	ASK 2
BORNERAS DE 2 PISO 4 mm ² 500V/32A	KLEMSAN	PIK 4N
TAPAS 2 PISO	KLEMSAN	ESPACIO/BLANCO
TAPAS 1 PISO	KLEMSAN	ESPACIO/BLANCO
PULSADOR DE EMERGENCIA ILUMINADO	PIZZATO	AC-DTBC0036
PULSADORES	PIZZATO	AC-DXBC1204
SELECTOR CON LLAVE DOS POSICIONES	PIZZATO	AC-DXBC1601
PUENTES PARA RELÉ BOBINA 24VDC 1 POLO	RELECO	S10-BB
MICRO SWITCH	PIZZATO	MK V11D15
SD CARD	VIPA	955-0000000
FUENTE DE VOLTAJE IN: 115/230VAC OUT:24VDC 10 ^a	CARLO GAVAZZI	SPD242401
PLC YASKAWA CPU015PN	VIPA	015-CEFPR01

EQUIPO Y MATERIALES	MARCA	MODELO
BARRAS DE TIERRA, 35cm	ESPACIO/BLANCO	ESPACIO/BLANCO
CONTACTOR 9A/400V/4KW/1NO	SIEMENS	3RT2016-1BB41-0CC0
TÉRMICO DE CONTACTOR 0.7-1.0A/50HZ	SIEMENS	3RU2116-0JB0
CONNECTING DEVICES HMS NETWORK 12-24VDC/2.5A	EWON	EC61330_00MA/S
CABLE CONECTOR DE ENCODER 10 MTS/CABLE 15*0.14	HOHNER	89.005.05.000.10
ENCODER ABSOLUTO MONO VUELTA PARALELO	HOHNER	CS10-25320313S-360
RML 3-FASE RELÉ/ SEGUIDOR DE LÍNEA	CARLO GAVAZZI	DPA52CM44
BREAKERES DE 3,2,1 POLO	SIEMENS	5SL43107RC
VENTILADOR CON FILTRO 230VAC	LEIPOLE	FK6622.230
CONTROL DE TEMPERATURA 90-240VAC	BRAINCHILD	C21-460001
MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES DI4/24VDC/2us-4ms	VIPA	021-1BD10
MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES AO4/16BIT0/4-20mA	VIPA	032-1CD40
MÓDULO DE ENTRADAS DIGITALES DI8/24VDC	VIPA	021-1BF00
MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES DO8/24VDC/0.5A	VIPA	022-1BF00
PROTECTION-NETWORK ST-RJ45 IMAX: 10KA/ISN: 5KA	QOOLTEK	X000RBM02J
RTU MS-CPU32-S2+RACK	TBOX	MS-CPU32-S2
PANTALLA TOUCH SCREEN 12-30VDC/5A/60W	VIPA/YASKAWA	IPPC1640P-VP-DOM
INDUSTRY INVERTER SINAMICS V20 200-40VAC/3HP/27.2A	SIEMENS	6SL3210-5BB22-2UV1
BREAKERS AUXILIARES / Ui=440V / Ith=16A	SIEMENS	5ST3010-AS
RELÉ BOBINA 24VDC 2 POLOS	RELECO	C7-A20X/DC24V
BASES DE RELÉ 24VDC 2 POLO	RELECO	S7-M

Armado del tablero

una vez realizado el armado del tablero se procede a colocar en la planta de producción donde se encuentra la máquina procesadora de blíster, una vez ubicada en el sitio correspondiente se procede a conectar en las borneras de campo del tablero, las borneras contienen a los diferentes elementos como: sensores, motores, finales de carrera, controladores, electroválvulas ya que dichos dispositivos se encuentran en la parte externa del tablero. Así también se procede a cablear e instalar la pantalla de control, botoneras de operación de la máquina y paros de emergencia de esta.

Energización en campo

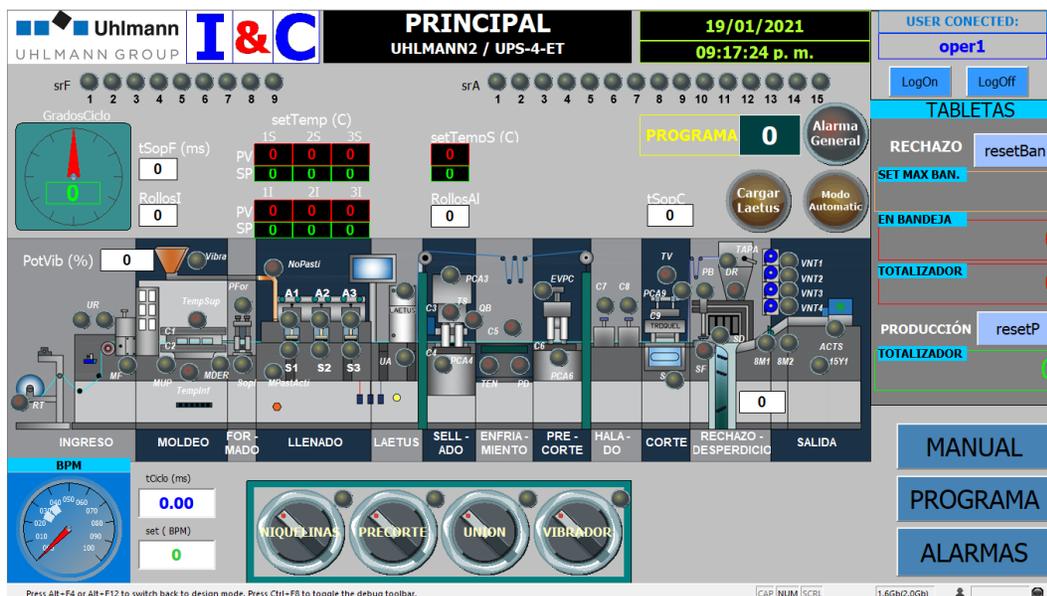
Para la energización de todos los dispositivos tanto externos como internos al tablero de control se realizará las pruebas FAT las cuales corresponden a las pruebas de aceptación en el sitio de fábrica, en el anexo C se detalla los valores medidos, para lo cual se verifica voltajes de potencia y control tanto de entrada y salida del sistema instalado, así también se verifica el estado en el que se encuentran los sensores, electroválvulas y motores del sistema anterior los cuales serán reutilizados para el nuevo sistema. De igual manera se reactivarán los sensores deshabilitados en el sistema anterior ya que son esenciales para el nuevo sistema de control, además se deshabilitarán las electroválvulas que no son necesarias para el sistema actual, así como también las tomas de presión de aire.

Diseño de las pantallas HMI

Para el diseño de la pantalla principal (figura 50), se realizó una imagen similar a la máquina emblistadora con todas sus estaciones, además se colocó señales de activación de sensores, motores, electroválvulas, entre otros. Los botones, selectores y demás parámetros implementados en el HMI fueron establecidos por las necesidades y requerimiento del operador. Para la utilización de la pantalla HMI se realizó un manual de usuario el cual se encuentra en el anexo D.

Figura 50

Pantalla principal HMI



También se diseñó una sub-pantalla de alarmas, con su respectivo indicador y descripción de la misma (figura 51). Las alarmas pueden ser por sobrecargas de motores, falta de presión, folios rotos o terminados, temperaturas demasiado altas o bajas, entre otros; esto facilita la detención de fallas y operabilidad de la máquina.

Figura 51

Sub-pantalla de alarmas

Uhlmann I&C **ALARMAS** 13/01/2021 9:06:00

Sobrecarga Variador Sobrecarga Vibrador L1 Baja temperatura niquelina 2 Falla variador
 Sobrecarga Motores Sobrecarga Vibrador L2 Baja temperatura niquelina 3 Secuencia de fase RML
 Sobrecarga niquelinas cabezal 1 Sobrecarga Aspas Baja temperatura niquelina 5 Emergency stop
 Sobrecarga niquelinas cabezal 2 Sobrecarga Cepillos Overload pick and place Safety desactivado
 Sobrecarga niquelinas cabezal 3 Falta de Presion Aspas y cepillos Placa de Enfriamiento
 Sobrecarga niquelinas cabezal 4 Folio Plástico Terminado Quemado blister Falla Lateus
 Sobrecarga Controladores de Temperatura Baja temperatura niquelina 1 Falla alimentacion princpal

Alarm Description	Time ON	Durat...	Severity	Condition
Alarma General	07/01/2021 18:40:35	5.14...	1	OFF
Baja temperatura niquelina 3	07/01/2021 18:40:35	5.14...	1	OFF
Baja temperatura niquelina 2	07/01/2021 18:40:35	5.14...	1	OFF
Baja temperatura niquelina 1	07/01/2021 18:40:35	5.14...	1	OFF

Se diseñó una sub-pantalla para motores (figura 52), esta fue requerida por el departamento de mantenimiento, donde se establecen pulsadores que permiten mover cada uno de los motores de la máquina de forma independientemente, cabe recalcar que la emblistadora debe estar en modo manual. Cada pulsador tiene la descripción del motor de activación.

Figura 52

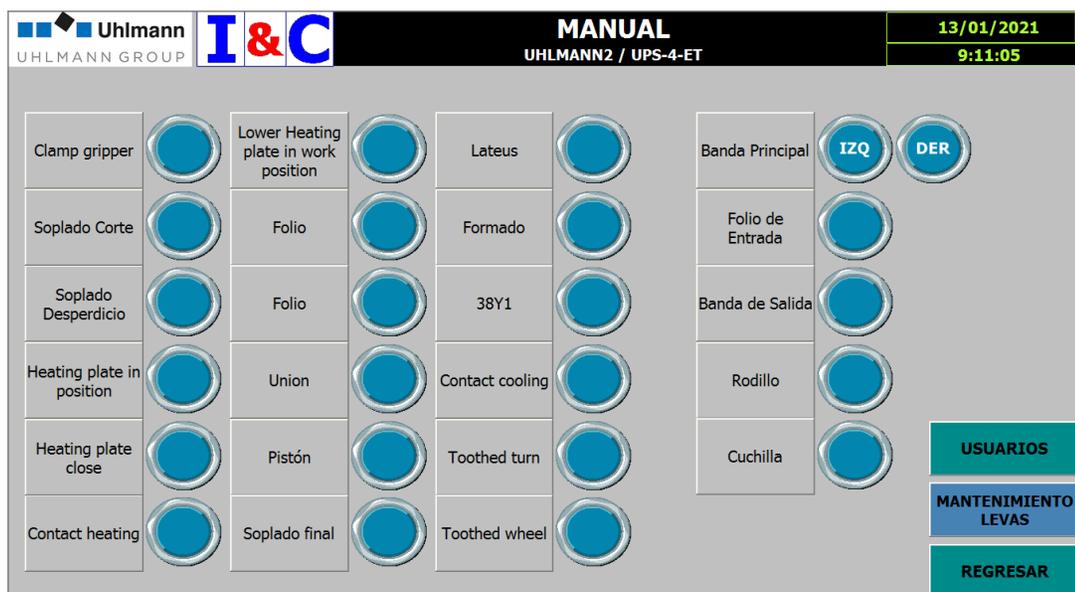
Sub-pantalla para motores



Se diseñó una sub-pantalla para electroválvulas en modo manual (figura 53), su activación es por medio de pulsadores los mismos que se activan de forma independiente, esta pantalla fue requerida para la realización de mantenimientos preventivos de la emblistadora. Cada pulsador tiene la descripción de la electroválvula de activación.

Figura 53

Sub-pantalla para electroválvulas



Programación

Para el nuevo sistema de control de la máquina empaquetadora de blísteres se realizó la programación en tres dispositivos los cuales son el PLC, RTU y la pantalla de operación, en el PLC se realizó el desarrollo de toda la lógica de control ya sea de entradas digitales, salidas digitales, salidas análogas de voltaje y corriente, entre otras. La RTU se encargará de realizar el monitoreo de registro de datos y alarmas, así como también del envío de estos y finalmente en la pantalla de operación se desarrolló la interfaz HMI. Para los cual se desarrolló la programación en los siguientes softwares: el software Speed 7 Studio se utilizará para realizar la programación del PLC Yaskawa CPU015PN, el software Movicon para la pantalla de operación y finalmente el software TWinSoft. para la RTU Tbox.

Capítulo IV

Pruebas y resultados del proyecto

En el presente capítulo se describen las pruebas y resultados que se obtuvieron por el sistema de control para aumentar la producción de una máquina empaquetadora de blísteres con productos farmacéuticos. Posteriormente a las pruebas obtenidas se realizará un análisis para así sacar los respectivos resultados de cada uno de los mismos.

Pruebas realizadas en el sistema de control

Las pruebas que se desarrollaron para la verificación del correcto funcionamiento de la máquina y aumento en la producción de blísteres son las siguientes: pruebas de seguridad EHS (Medio ambiente, salud y seguridad), pruebas de implementación y etiquetado IQ (Calificación de la instalación), Pruebas de operación OQ (Calificación de la operación) y Pruebas de producción PQ (Calificación del rendimiento).

Pruebas EHS (Medio ambiente, salud y seguridad)

Una vez que la máquina procesadora de blísteres se encuentra ya instalada, energizada y en funcionamiento total se procede a realizar las pruebas EHS, las cuales son desarrolladas cuando la máquina se encuentra sin producto en su interior y en modo automático. Las pruebas de EHS o de seguridad se establece de la siguiente manera: Primero la máquina debe arrancar en modo automático con todas las puertas cerradas, segundo se debe abrir cualquier puerta y la máquina debe detenerse instantáneamente deteniendo todo el proceso. El mismo proceso es repetido para las 11 puertas de la máquina, una vez pasada esta prueba se procede a realizar el mismo

procedimiento con los paros de emergencia instalados cumpliendo y aprobando así todas las pruebas de seguridad por el departamento y personal de EHS.

Pruebas IQ (Calificación de la instalación)

Se procede a realizar las pruebas IQ o también llamadas pruebas de instalación, las cuales corresponden a la revisión de la máquina empaquetadora de blísteres tomando en cuenta todas las conexiones tanto al interior como exterior del tablero de control, el correcto etiquetamiento de los cables, borneras, equipos, señaléticas de seguridad, señaléticas de peligro, señaléticas de paro de emergencia, señaléticas de tag, etiquetado en botoneras, etc. Se revisó los planos tanto eléctricos como neumáticos. Una vez revisado, corregido las observaciones se procede a realizar la aprobación de las pruebas IQ por el personal preestablecido para las mismas.

Pruebas OQ (Calificación de la operación)

Se procede a realizar las pruebas IQ o también conocidas como pruebas de operación, las cuales corresponden a la revisión del modo de operación de pulsadores, selectores tanto del panel de botoneras como de la pantalla de operación, así también de todos los parámetros de cada ventana del HMI de la pantalla. Por otra parte, también se verifica la funcionalidad de cada elemento anteriormente mencionado, llevando así a funcionar toda la máquina tomando en cuenta que debe estar con todos los elementos necesarios para su calificación, sin embargo, el único elemento que no debe estar en el proceso son las pastillas o capsulas que son el elemento primordial para la máquina.

Pruebas PQ (Calificación del rendimiento)

Finalmente se desarrollan las pruebas PQ o también conocidas como las pruebas de producción, las cuales son establecidas de la siguiente manera, se procede a operar la máquina con todos los elementos necesarios para la producción de blísteres, en este proceso ya se incluyen las pastillas o capsulas. En estas pruebas también se incluye nuevamente el paso anterior el cual fue la funcionalidad de botoneras, selectores y ventanas de la pantalla de operación. Además, se desarrolla todos los ajustes mecánicos como también la revisión de parámetros para finalmente tener la producción de los blísteres.

Análisis de los resultados

Como se mencionó anteriormente para verificar el funcionamiento del sistema de control para aumentar la producción de una máquina empaquetadora de blísteres con productos farmacéuticos, se realizará el análisis de las pruebas de EHS, IQ, OQ obteniendo así sus resultados. Para finalizar concluimos con las pruebas PQ, en la cual se tomará en cuenta los blísteres que son producidos por la empresa. A continuación, se presenta el análisis de las pruebas realizadas en la máquina.

Análisis de las pruebas EHS

Las siglas EHS se refiere al medio ambiente, salud y seguridad, por tal motivo el departamento de EHS se encarga de verificar la seguridad del trabajador con respecto al nuevo sistema de control que se encuentra instalado en la máquina. La revisión es realizada por el personal de EHS, para lo cual se necesita poner en funcionamiento la máquina, consecuentemente se realizan paros de emergencia en cualquier momento,

teniendo como resultado que la máquina se detenga al instante, comprobando así su correcto funcionamiento y aprobando las pruebas de EHS por el personal encargado, este proceso es realizado en los dos paros de emergencia que tiene instalado la máquina.

El análisis se realiza el mismo procedimiento efectuado en los paros de emergencia para las 11 puertas que tiene instalado la empacadora de blísteres, se verifica el correcto funcionamiento de seguridad de las puertas, concluyendo así con el análisis de las pruebas del departamento de seguridad. En la (tabla 12) se encuentra los datos obtenidos en el análisis respectivo.

Para el análisis de las pruebas de EHS se realizó a dos paros de emergencia y a once puertas de la máquina, teniendo así 13 tipos de parada con un total de 520 pruebas realizadas, considerando que para cada tipo de parada de máquina se realizó 40 para cada tipo. En las pruebas realizadas se presentaron 520 pruebas correctas y 0 pruebas fallidas, todas estas pruebas fueron desarrolladas con la máquina en funcionamiento ya que el departamento de EHS vela por la seguridad de los trabajadores. En la tabla 12 se presentan los valores anteriormente mencionados.

Tabla 12.

Valores correctos y fallidos de las pruebas realizadas en las puertas y paros de emergencia de la máquina.

TIPO DE PARADA DE LA MÁQUINA	NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS	PRUEBAS FALLIDAS	PRUEBAS CORRECTAS
Paro de emergencia 1	10	0	10
Paro de emergencia 2	10	0	10
Puerta 1	10	0	10
Puerta 2	10	0	10
Puerta 3	10	0	10
Puerta 4	10	0	10
Puerta 5	10	0	10
Puerta 6	10	0	10
Puerta 7	10	0	10
Puerta 8	10	0	10
Puerta 9	10	0	10
Puerta 10	10	0	10
Puerta 11	10	0	10
TOTAL	130	0	130

Para una mejor comprensión de la tabla 12, se presenta los resultados de las pruebas de EHS en la (Figura 50) cuyos datos se presentan en una imagen gráfica tipo pastel donde nos indica el porcentaje de pruebas realizadas en los tipos de paro de emergencia. Con los resultados que se obtienen de las pruebas podemos determinar que existe un 100% de pruebas correctas y un 0% de pruebas fallidas.

Figura 54

Resultado de las pruebas



Nota. Resultados obtenidos de las pruebas de parada de máquina en la empaquetadora de blísteres de productos farmacéuticos en donde indica el 100% de funcionamiento en forma correcta.

Análisis de las pruebas IQ

Una vez concluido con las pruebas de instalación, las cuales fueron realizadas por el personal del departamento de calificaciones IQ, se determinó que las conexiones tanto al interior como exterior del tablero, se encontraban correctamente como en los planos eléctricos, así como pantalla del HMI, controladores, botoneras, paros de emergencia, magnéticos de las puertas, etiquetados y señalética, considerando así que se debería colocar una señalética en el acrílico que cubre a los relés de estado sólido, incrementar el tamaño en las etiquetas de las canaletas para una mejor visualización, etiquetar cables faltantes y ajuste de borneras de reserva. Una vez obtenido los comentarios se

procedió a realizar las correcciones de los puntos mencionados, posteriormente se realiza una segunda calificación donde el personal de IQ evidencia las modificaciones establecidas por los mismos.

Análisis de las pruebas OQ

Para realizar el análisis de las pruebas de operación y calificación, se debe haber puesto a prueba y en funcionamiento las botoneras de control, selectores, pantalla de operación ya sea en manual y automático, donde se llega a la conclusión que al presionar el botón de STOP la máquina se debe detener, pero terminando su ciclo a diferencia de los paros de emergencia y de las puertas de seguridad que la máquina debe detenerse instantáneamente y en cualquier punto del ciclo de la máquina. Por otra parte, para la activación de los motores en forma manual, deben activarse siempre y cuando existan las condiciones de seguridad de la máquina para que no exista choque o atascamientos, una vez concluido el análisis por parte de los operadores y personal de pruebas OQ que todos los elementos se encuentran correctamente funcionales.

Análisis de las pruebas PQ

Para el análisis de las pruebas PQ por el departamento de calificaciones se determinó el correcto funcionamiento de la máquina y el correcto funcionamiento del proceso en las diferentes estaciones de la máquina, además se tomó en cuenta la producción de blíster por hora, así como también la calidad del producto, para lo cual se realizó pruebas en los siguientes productos como son: Zaldiar, Apronax 550, Apronax 275, Supramicicyna Forte, Febrax, Claritrol, Codipront cap, Codipront ex. Donde se obtuvo como resultado los siguientes valores, como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

Resultados obtenidos en las pruebas PQ de los productos farmacéuticos en la máquina (Ulmann2).

No	PRODUCTO	CANTIDAD = (unidad por hora) anterior	CANTIDAD= (unidad por hora) actual
1	Zaldiar	4500	5400
2	Apronax 550	4500	5400
3	Apronax 275	4000	5000
4	Supramicicyna Forte	3500	4200
5	Febrax	3500	4200
6	Claritrol	3500	4200
7	Codipront Cap	3500	4200
8	Codipront Ex	3500	4200

Discusión de los resultados

En la (tabla 14) se presentan los resultados de las 130 pruebas realizadas en todas las guardas de seguridad que se encuentran en puertas como en paros de emergencia. Con la realización de dichas pruebas se determina que las guardas de seguridad deben hallarse y mantenerse al 100% de su funcionamiento, ya que de no ser así la máquina no arrancaría de ninguna manera, este proceso de revisión de guardas se lo realiza a diario antes de arrancar los procesos de producción, de fallar alguna guarda no se permite el arranque asta solventar la falla, por esta razón en las pruebas realizadas se obtuvo el 0% de guardas fallidas.

Tabla 14

Resultados de las pruebas realizadas a las guardas de seguridad

	GUARDAS DE SEGURIDAD	NUMERO DE PRUEBAS REALIZADAS	TOTAL DE PRUEBAS CORRECTAS	TOTAL DE PRUEBAS FALLIDAS
PAROS DE EMERGENCIA	11	110	110	0
PUERTAS DE SEGURIDAD	2	20	20	0
TOTAL	13	130	130	0

En la (tabla 15) se presentan los resultados de los 8 productos que realizan en la máquina de blíster. Con la realización de estas pruebas se determina que existe el aumento de producción de blísteres por hora, donde se obtiene que dependiendo del producto los valores oscilan entre los 700 a 1000 blíster por hora.

Tabla 15

Resultados del aumento de producción en la emblistadora

No	PRODUCTO	CANTIDAD (unidad por hora) datos anteriores	CANTIDAD (unidad por hora) datos actuales	AUMENTO DE PRODUCCIÓN (unidad por hora)
1	Zaldiar	4500	5400	900
2	Apronax 550	4500	5400	900
3	Apronax 275	4000	5000	1000
4	Supramicicyna Forte	3500	4200	700
5	Febrax	3500	4200	700
6	Claritrol	3500	4200	700
7	Codipront Cap	3500	4200	700
8	Codipront Ex	3500	4200	700

Comprobación de la hipótesis

La hipótesis planteada para este proyecto de titulación fue la siguiente:

La implementación de un sistema de control, ¿Aumentar la producción de una máquina empacadora de blísteres con productos farmacéuticos?

Al culminar el presente proyecto de titulación se alcanzó los siguientes resultados, los cuales permiten verificar la hipótesis.

Tabla 16

Datos adquiridos para verificación de la hipótesis

No	PRODUCTO	CANTIDAD (unidad por hora) datos anteriores	CANTIDAD (unidad por hora) datos actuales	AUMENTO DE PRODUCCIÓN (unidad por hora)	AUMENTO DE PRODUCCIÓN (%)
1	Zaldiar	4500	5400	900	20
2	Apronax 550	4500	5400	900	20
3	Apronax 275	4000	5000	1000	25
4	Supramicicyna Forte	3500	4200	700	20
5	Febrax	3500	4200	700	20
6	Claritrol	3500	4200	700	20
7	Codipront Cap	3500	4200	700	20
8	Codipront Ex	3500	4200	700	20

En la (tabla 16) se muestran los resultados obtenidos por la implementación del sistema de control, para la determinación del aumento de producción de la máquina en productos farmacéuticos, se realizó la diferencia entre los valores producidos anteriormente por la máquina de cada uno de los productos y los valores obtenidos con el nuevo sistema de control con los mismos productos farmacéuticos. De la misma forma se realiza el cálculo en porcentaje, donde se determina que existe un aumento de

producción del 20 % en casi todos los productos y solo en el Apranax 275 aumenta un 25%, por lo que se comprueba la hipótesis aceptando que el sistema, si permite aumentar la producción de una máquina empacadora de blísteres con productos farmacéuticos.

Capítulo V

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Con la implementación del proyecto se logró comprobar la hipótesis, ya que se realizó un sistema de control para el aumento de producción de una máquina empaquetadora de blísteres con productos farmacéuticos, utilizando la misma estructura mecánica, pero con dispositivos eléctricos y electrónicos actualizados.

Con el nuevo sistema de control se presenta un aumento en la producción de 700 a 900 blísteres por hora dependiendo del producto, esto en comparación al sistema de control antiguo, también se comprobó que el aumento de producción en porcentaje va desde 20% hasta el 25% dependiendo del producto.

Además de aumentar la producción, el sistema de control también se implementó con la finalidad de disminuir las horas de parada de máquina, así como el sobrecalentamiento y falla en equipos antiguos, facilitando a los operadores el manejo de la máquina y reduciendo el estrés de la jornada laboral.

En conjunto con el personal de: calificación, EHS, validaciones y los operadores, se determinó que la máquina puede alcanzar mayor velocidad de producción por hora, pero por la contextura física y características de composición de las tabletas no es posibles ya que tienden a decaparse o en ciertos casos despostillarse en el sistema de foliado.

El cambio de los nuevos equipos eléctricos y electrónicos, además del aumento de blísteres por hora, permitió extender los turnos de la máquina, ya que con el sistema antiguo la máquina trabajaba 12 horas que equivale a 1 turno y medio, con el nuevo sistema de control se extendió a 3 turnos diarios por lo que se encuentra trabajando las 24 horas del día.

Con el departamento de EHS y su personal de calificación, la máquina presenta una seguridad del 100% en todas las guardas de seguridad y paros de emergencia.

Recomendaciones

Se recomienda realizar una revisión de los planos eléctricos y electrónicos antiguos de la máquina emblistadora, así como también una revisión y toma de datos en la ubicación de la máquina para constatar la existencia o no de los equipos.

Es necesario establecer una ingeniería previa para obtener información de: motores, sensores, pulsadores, selectores, electroválvulas determinando así los voltajes, corrientes y potencia de operación de estos.

Antes de desmontar y desconectar la máquina es recomendable inspeccionar el funcionamiento de cada una de las estaciones de la misma, para facilitar el diseño del sistema y evitar posibles errores de activación de señales.

Colocar los dispositivos (guardas de seguridad y paros de emergencia) en lugares que faciliten la activación de las mismas y así obtener excelentes resultados para las pruebas de EHS.

Como la máquina se encuentra trabajando 24 horas al día, se recomienda revisar sus estaciones y realizar mantenimientos preventivos según las horas de trabajo establecidas.

Bibliografía

- (CE), C. E. (2006). *Buenas Prácticas de fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos*.
- Almeida Recalde, M. (s.f.).
- Altamirano Meléndez , S. M., & Molina Araujo , M. J. (2015). *Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de blísters en la farmacéutica PROPHAR*. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.
- Aluminio, L. A. (s.f.). *Infoil*. Recuperado el 10 de 11 de 2020, de <https://www.alufoil.org/files/alufoil/infoil/Infoil40Spanish.pdf>
- AUTICON. (s.f.). *SIEMENS*. Recuperado el 02 de 02 de 2022, de SIEMENS: <https://www.autycom.com/las-oportunidades-de-la-automatizacion-industrial/>
- AutoSolar*. (05 de 02 de 2022). Recuperado el 02 de 02 de 2022, de AutoSolar: <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-rele-termico>
- AVElectronics*. (05 de 02 de 2022). Obtenido de <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-4-canales/>
- Bustos Millán, O. (2002). *Sistema de Inspección Visual Automatizado para el Control de Calidad del Empaquetado de Tabletas en la Industria Farmacéutica*. México: Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, UPIITA-IPN.
- Caamaño, G. (1982). *Historia de la Farmacia*. Sociedad Nestlé. A.E.P.A.
- Cadenzaelectric*. (05 de 02 de 2022). Obtenido de <https://www.cadenzaelectric.com/blog/pulsadores-selectores-pilotos-botoneras-y-combinadores-en-que-se-diferencian>

Camei S.A. (05 de 02 de 2022). Obtenido de

<https://www.camei.com.ec/shop/product/se-ez9f56332-breaker-riel-din-3-polos-32-amperios-curva-c-easy9-1952?page=5>

Carrillo Paz, A. J. (2011). *Sistemas Automáticos de Control*. Unermb.

Cembranos Nistal, Florencio Jesús. (s.f.). *Automatismos Eléctricos Neumáticos e Hidráulicos*. Recuperado el 11 de 12 de 2021, de

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=TMaxuHAUilC&oi=fnd&pg=PR2&dq=CEMBRANOS,+F.+Automatismos+El%C3%A9ctricos+Neum%C3%A1ticos+e+Hidr%C3%A1ulicos+&ots=Vlc-tVEB3n&sig=DfdfQYGjVGex8vYIWt6_6Ri3LMQ&redir_esc=y#v=onepage&q=CEMBRANOS%2C%20F.%20Automati

Clongeek. (05 de 02 de 2022). Obtenido de <https://clongeek.com/que-es-una-fuente-de-alimentacion-tipos-y-caracteristicas/>

Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). *Artículo 35*. Derechos de las Personas y grupos de atención Prioritaria.

Coparoman. (05 de 02 de 2022). Recuperado el 10 de 02 de 2022, de

<https://coparoman.blogspot.com/2015/07/contactor-electromagnetico.html>

electroindustria. (03 de 04 de 2022). Recuperado el 15 de 01 de 2022, de

<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3691&ni=que-es-un-rele-de-estado-solido>

Esteva de Sagrera, J., & Gonzáles Núñez, J. (2005). *Historia de la Farmacia*. Grupo Ars XXI de Comunicación.

Exhibirequipos. (05 de 02 de 2022). Recuperado el 05 de 02 de 2022, de

<https://exhibirequipos.com/producto/variador-velocidad-motor-2hp-voltaje-entrada-trifasico/>

Fanaticos de la Red en la Web. (05 de 09 de 2014). Recuperado el 02 de 02 de 2022, de <http://fanaticosdelaredenlaweb.blogspot.com/2014/09/switch-o-conmutador.html>

Gil Estrella, M. (2013). *Cómo crear y hacer funcionar una empresa*. Novena Edición.

HelloAuto. (05 de 02 de 2022). Obtenido de <https://helloauto.com/glosario/fusible>

Infoplc. (s.f.). Recuperado el 19 de 12 de 2021, de

<https://www.infoplc.net/noticias/item/100791-vipa-speed7-studio>

León Vanegas, Y. L. (2012). *Aplicación de la teoría de restricciones en la gestión de la seguridad del paciente*. Universidad del Rosario.

Ley Organica de la Salud [Salud]. (2006). *Artículo 4 [CapituloII]*. Quito-Ecuador: De la Autoridad nacional, sus competencias y responsabilidades.

Library. (s.f.). Recuperado el 15 de 01 de 2022, de

<https://1library.co/article/caracterizaci%C3%B3n-del-software-movicon-sistemas-de-alarmas-movicon.y4wx209q>

Pardo Beainy, C. E., Sosa Quintero, L. F., Gutiérrez Cáceres, E. A., & Jiménez López, F. (Octubre 2014). Classification System for Blister Pack of Pills. *IEEE 5to Taller Colombiano de Circuitos y Sistemas (CWCAS)*. IEEE.

PhoenixContact. (05 de 02 de 2022). Obtenido de

https://www.phoenixcontact.com/assets/images_ed/global/web_stage_sub/pic_stage_sub_a_0042751_int.jpg

Pilchik, Ron. (2000). *Pharmaceutical blister packaging, Part I*. Recuperado el 11 de 12 de 2021, de Pharmaceutical technology:

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38053591/blister.pdf?1435714978=&response-content->

[disposition=inline%3B+filename%3DBasic_configuration_of_blister_packaging.p](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38053591/blister.pdf?1435714978=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBasic_configuration_of_blister_packaging.p)

df&Expires=1605111606&Signature=IBPnRVuWkBuAOZuHvQ2~1I6-
E2FzJQ7MPABbzL453MRTgIXPZPGkQV1bfNFX

SINGI. (05 de 02 de 2022). Recuperado el 22 de 10 de 2021, de <http://www.electrical-mcb.com/sale-7540127-iec-standards-lightning-surge-protector-spd-transient-voltage-surge-suppressor-tvss.html>

Srcsl. (05 de 02 de 2022). Recuperado el 10 de 02 de 2022, de <https://srcsl.com/que-es-unplc/#:~:text=B%C3%A1sicamente%2C%20la%20funci%C3%B3n%20que%20tiene,de%20programaci%C3%B3n%20cuando%20son%20necesarias.>

Toolboom. (05 de 02 de 2022). Recuperado el 14 de 11 de 2021, de <https://toolboom.com/es/phase-sequence-indicator-pro-skit-8pk-st850/>

Torres, Fernando. (2011). *Introducción a la automatización*. Recuperado el 11 de 11 de 2021, de AUTOMATIZACIÓN:

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18432/1/Tema%201_Introduccion.pdf

TRANSELEC. (10 de 03 de 2022). Recuperado el 02 de 02 de 2022, de TRANSELEC:

<https://www.transelec.com.ar/soporte/18408/tableros-el-ctricos-sus-requerimientos-y-clasificaci-n/>

ANEXOS