ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA UNA MÁQUINA DE ENVASADO VERTICAL DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

ROBERTO CARLOS GUAMÁN CHOCA

robertoguaman12@gmail.com

OSCAR ALFREDO MORALES TAPIA

alfredmoralestp@yahoo.es

DIRECTOR: ING. ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR

ana.rodas@epn.edu.ec

Quito, Enero 2018

DECLARACIÓN

Nosotros, Roberto Carlos Guamán Choca y Oscar Alfredo Morales Tapia declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Roberto Carlos Guamán Choca	Oscar Alfredo Morales Tapia

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Roberto Carlos Guamán Choca y Oscar Alfredo Morales Tapia, bajo mi supervisión.

Ing. ANA RODAS

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Politécnica Nacional, y en especial a quienes forman parte de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Control.

A la Ingeniera Ana Rodas, por su incondicional y acertada dirección para la culminación de este proyecto.

Mi eterna gratitud para quienes me apoyaron en todo momento de manera especial a mis profesores y amigos por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi carrera en la Politécnica.

Quiero agradecer a la empresa SIMOTIC, por haberme permitido realizar este proyecto.

Oscar Alfredo Morales Tapia

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme la salud y la fuerza en los momentos difíciles para conseguir esta meta.

A mis padres por apoyarme en todo momento gracias a sus consejos que me ha permitido superarme y alcanzar un logro más en mi vida.

A mi hermano a mi esposa y a mi hijo que han estado junto a mí dándome ánimo en todo momento para seguir adelante.

Oscar Alfredo Morales Tapia

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la salud por su guía y por acercarme a las personas más valiosas de este mundo a quienes considero mis amigos.

A la Escuela Politécnica Nacional, la Carrera de Ingeniería Electrónica y Control y todo el cuerpo de docentes que han impartido su valioso conocimiento.

A la Ingeniera Ana Rodas, por su apoyo en la ejecución del presente proyecto.

A mi familia por su apoyo incondicional.

A Fernando Oñate y todas las personas que confían en mí.

Roberto Carlos Guamán Choca

DEDICATORIA

A mi padre Galo y hermana Ana Lucia, por cuidarme desde el cielo y darme la esperanza de un mañana.

A mi madre Rosario y mis hermanos, por creer en mí y darme su apoyo.

A las ideas y a la genialidad divina que nos permite pensar para poder crear un mundo diferente.

Al tiempo, aunque cada instante vivido es uno menos, es un verdadero honor disfrutar de esta hermosa vida.

A mis amigos, simplemente por estar allí siempre…

Roberto Carlos Guamán Choca

CONTENIDO

CAPÍTULO 1 1

MARCO TEÓRICO 1

1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 EL ENVASE 1
1.3 TIPOS DE ENVASADORAS 2
1.3.1 MÁQUINA DE ENVASADO VERTICAL (VFFS) 3
1.3.2 MÁQUINAS DE ENVASADO HORIZONTALES (HFFS) 3
1.3.3 MÁQUINA ENVASADORA DE CAMPANA 4
1.3.4 MÁQUINA TERMO SELLADORA 5
1.4 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO 6
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 7
1.6 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA 7
1.7 FUNCIONAMIENTO DE LA ENVASADORA VERTICAL 8

CAPÍTULO 2 9

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DE CONTROL 9

2.1 CONTROL DE TEMPERATURA DE RESISTENCIAS DE SELLADO 9
2.2 CONTROL DE ACTUADORES PARA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA 10
2.2.1 SISTEMA DE ARRASTRE 11
2.2.1.1 Motor De Inducción 11
2.2.1.2 Características Del Motor 12
2.2.1.3 Caja de Reducción 13
2.2.1.4 Características de la Caja de Reducción 13
2.2.2 SISTEMA NEUMÁTICO 14
2.2.2.1 Pistones neumáticos de doble efecto 14
2.3 HARDWARE A IMPLEMENTAR EN EL SISTEMA 17
2.3.1 SENSOR DE MARCA 18
2.3.1.1 Características del Sensor 19
2.3.1.2 Conexión del Sensor de Marca GD-3011 19
2.3.2 VARIADOR DE FRECUENCIA 20
2.3.2.1 Criterios para la Selección del Variador de Frecuencia 21

2.3.2.2 Instalación 22
2.3.2.3 Conexión eléctrica del motor 22
2.3.2.4 Programación y Ajuste de parámetros del motor 23
2.3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE 24
2.3.3.1 Características del PLC S7 - 1200 26
2.3.3.2 Interfaz PROFINET 28
2.3.4 PANTALLA TÁCTIL 30
2.3.4.1 Conexión de la Pantalla Táctil 32
2.3.5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA 33
2.3.5.1 Conexión de los Controladores de Temperatura 35
2.3.6 TERMOCUPLA 36
2.3.7 RELÉ DE ESTADO SÓLIDO 38
2.3.7.1 Conexión Relé de Estado Solido 39
2.3.8 Electroválvulas 40
2.3.9 FUENTE DE VOLTAJE DC 42
2.3.10 TABLERO DE CONTROL 44
2.3.10.1 Diagrama Eléctrico. 45
2.3.10.2 Diagrama de Control. 46
2.3.10.3 Diagrama de control de Temperatura 47
2.3.10.4 Diagrama de Secuencia de los Pistones Neumáticos. 47
2.4 DESCRIPCION MECANICA DE LA MAQUINA 48
2.4.1 CUELLO FORMADOR 48
2.4.2 TUBO DE ALIMENTACIÓN 49
2.4.3 SISTEMA DE ARRASTRE POR POLEAS 49
2.4.4 SISTEMA DE SELLADO VERTICAL 50
2.4.5 SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL 50
2.4.6 SISTEMA DE CORTE 51
2.4.7 ETAPA DE TERMO SELLADO 52
CAPÍTULO 3 53
DESARROLLO DEL SOFTWARE 53
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO 53
3.1.1 TIA PORTAL 13.0 53

3.1.1.1 Sistema de Programación Step 7 53
3.1.1.2 Descripción Del Software WinCC 55
3.2 DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EL PROCESO DE ENVASADO 56
3.2.1 DIAGRAMA DE TEMPERATURA DE MORDAZAS. 56
3.2.2 DIAGRAMA "MODO CALIBRACIÓN" 58
3.2.3 DIAGRAMA "PRUEBA DE SELLADO" 60
3.2.4 DIAGRAMA "PRODUCCION MANUAL" 62
3.2.4 DIAGRAMA "PRODUCCIÓN AUTOMÁTICA" 64
3.3 DESARROLLO DE LA INTERFAZ HMI 66
3.3.1 ORDEN DE LAS PANTALLAS 67
3.3.2 PANTALLA "INICIO" 67
3.3.2.1 Pantalla "CALIBRACION" 68
3.3.2.1.1 Pantalla "PUNTO A PUNTO" 69
3.3.2.1.2 Pantalla "SET TIEMPO" 70
3.3.2.2 Pantalla "PRUEBA DE SELLADO" 71
3.3.2.3 Pantalla "PRODUCCIÓN MANUAL" 72
3.3.2.4 Pantalla de Producción Continua 73
3.3.2.4.1 Producción Continua con Marca de Taca 74
3.3.2.4.2 Producción Continua sin Marca de taca 74

CAPÍTULO 4 76

PRUEBAS Y RESULTADOS 76

4.1 PRUEBA DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO 76
4.1.1 PRUEBA DE APRIETE DE BANDAS DE ARRASTRE 77
4.1.2 PRUEBA DE ACCIÓN DE MORDAZA VERTICAL 77
4.1.3 PRUEBA DE ACCIÓN DE MORDAZA HORIZONTAL 78
4.1.4 PRUEBA DE ACCIÓN DE CORTE 79
4.2 PRUEBAS DE TEMPERATURA EN MORDAZAS 79
4.2.1 PRUEBAS DE TEMPERATURA EN MORDAZA VERTICAL 80
4.2.2 PRUEBA DE TEMPERATURA EN MORDAZA HORIZONTAL 81
4.3 PRUEBA DE ARRASTRE DE FILM BOPP 83
4.4 PRUEBA DE TEMPORIZACION Y SECUENCIA 84
4.5 PRUEBA DE ACCIONAMIENTO MANUAL 86

4.6 PRUEBA DE ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO 87
4.6.1 CON MARCA DE TACA 87
4.6.2 SIN MARCA DE TACA 88
4.7 RESULTADOS 90
CAPÍTULO 5 92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 92
5.1 CONCLUSIONES 92
5.2 RECOMENDACIONES 93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95
6 ANEXO A 98
6.1 DATOS TECNICOS DEL PLC S7-1200 98
7 ANEXO B 101
7.1 DATOS TECNICOS DE LA PANTALLA KTP400 101
8 ANEXO C 104
8.1 DATOS DE CONFIGURACION DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA DBT 104

RESUMEN

La producción y envasado de alimentos granulados tiene un crecimiento continuo en Ecuador, esta industria requiere una constante optimización de sus procesos de producción, logrando una mayor calidad y reduciendo desperdicios en su elaboración.

La maquinaria utilizada en estas líneas de producción, son importadas y con el uso presentan fallos en su sistema mecánico, eléctrico y de control. Los equipos dañados a ser reemplazados, por lo general deben ser adquiridos en el país de origen de la máquina, teniendo costos elevados y paradas de producción durante el tiempo de importación.

El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un sistema automático de control para una máquina de envasado vertical, que trabaje de manera óptima, con elementos que se puedan conseguir en el mercado local, evitando paradas prolongadas en la productividad.

Como primer punto se define el funcionamiento mecánico de la máquina, luego se seleccionan los elementos de control necesarios y su interacción dentro de un proceso de producción continuo.

La calibración de tiempos y secuencia debe ser de fácil manipulación, procurando que los envases tengan una buena presentación y resistencia a su manipulación.

Para las empresas nacionales, la máquina envasadora con el sistema de control implementado, es una propuesta de menor costo, opción para acoplar a cualquier tipo de sistema de pesaje, fácil manipulación, adaptación a necesidades puntuales y la fácil reposición de elementos de control.

PRESENTACION

El presente trabajo trata sobre la automatización de un sistema de envasado vertical para productos alimenticos granulados que cuenta con un PLC como elemento de control y una interfaz hombre máquina que fue implementada con una pantalla grafica táctil la cual permite interactuar con la máquina, con el fin de obtener un producto con el peso y la presentación adecuada.

Con este objetivo, el trabajo se ha dividido en cinco capítulos que se describen a continuación:

El primer capítulo presenta una introducción general del funcionamiento mecánico, electromecánico, neumático y los distintos materiales utilizados para el envase que utilizan las maquinas envasadoras para productos granulados.

El segundo capítulo establece los distintos dispositivos utilizados: características, especificaciones y diagramas de conexión así como el funcionamiento de las partes mecánicas que serán controladas a través de un controlador lógico programable y su módulo de interfaz HMI.

En el tercer capítulo se desarrolla un programa de control que permite la manipulación de los elementos actuadores de manera manual y automática con la posibilidad de calibrar el proceso, el cual tendrá comunicación entre el PLC y HMI para permitir interactuación del operador con el proceso de envasado.

En el capítulo cuatro se obtienen los resultados de las pruebas correspondientes al funcionamiento de la máquina de envasado vertical, pruebas de sellado y velocidad de envase obtenidos.

Finalmente en el capítulo cinco se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas al finalizar el presente proyecto.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrollarán y expondrán las bases teóricas del funcionamiento mecánico, electromecánico y neumático de la envasadora vertical para alimentos sólidos granulados que forma fundas a partir de una bobina de polipropileno laminado y se describirá el proyecto a desarrollar.

1.1 INTRODUCCIÓN

La demanda de maquinaria de procesos y envasado para la industria alimenticia ha tenido un aumento de forma continua a nivel mundial.

Las máquinas de envasado acoplan el material de envase y el producto que se necesita envasar en una unidad simple. La utilización de las máquinas de envasado es para evitar desperdiciar el producto y además para que el producto envasado esté protegido y tenga una buena presentación [1].

Actualmente existen algunos tipos de las máquinas de envasado, por lo que para elegir el tipo a utilizar se debe de tomar en cuenta el producto que se va a envasar, sólidos granulados o líquidos, tamaño, volumen y la presentación (tipo de envase).

1.2 EL ENVASE

Es un recipiente que contiene o guarda un producto, lo protege, facilita su transporte, ayuda a distinguirlo de otros artículos y presenta el producto para su venta.

El envase debe ser de alta calidad puesto que la presentación del producto es lo primero que se observa, y a partir de ahí comunica las cualidades y los beneficios que se obtienen al consumirlo. Los materiales de envase tienen que ser adecuados para su utilización en la maquinaria y el tipo de producto a ser envasado.

La apariencia del envase es fundamental a la hora de comercializar el producto en cuanto al brillo, transparencia, calidad de impresiones.

Estos envases pueden ser de varios tamaños y suelen ser de lámina plástica. Este es un material muy utilizado para el envasado de alimentos.

Los productos alimenticios eligen el polipropileno biorientado (BOPP) para envasar sus productos debido a su alta barrera de protección contra humedad, mayor rendimiento por kilo y bajo costo [2].

El polipropileno biorientado, es una película con un revestimiento que permite que se pueda sellar fácilmente. Sus características principales son:

- Alta transparencia y brillo
- Buenas propiedades mecánicas
- Fácil de procesar (impresión, laminación)
- Buena maquineabilidad en las líneas de envasado
- Se puede utilizar en un amplio rango de espesores
- Permite realizar termo sellado
- Diferentes temperaturas de sellado

Sus aplicaciones se orientan principalmente al mercado masivo de galletas, snacks, chocolates, alfajores, caramelos y también etiquetas.

1.3 TIPOS DE ENVASADORAS

La clasificación de este tipo de maquinaria se fundamenta en el tipo de producto que requiere envasar y a la forma del envase.

1.3.1 MÁQUINA DE ENVASADO VERTICAL (VFFS)

Este tipo de máquinas utilizan una sola bobina de lámina plástica para la realización del modelado de la funda y conforman el envase con tres costuras, dos transversales y una longitudinal [3]. El ingreso del producto se lo hace verticalmente por el tubo de alimentación, como lo indica la Figura 1.1. Su principal campo de aplicación son productos sueltos, granulosos, pastosos o de manipulación complicada; se la utiliza en el área alimenticia.

Figura 1.1. Máquina de envasado vertical comercial **[3]**

1.3.2 MÁQUINAS DE ENVASADO HORIZONTALES (HFFS)

Estas máquinas son conocidas también como Flow Pack, el término horizontal indica la dirección principal de avance del material durante el formado del envase. Partiendo de una bobina de lámina plástica, conforman el envase tipo bolsa con tres costuras o tipo bandeja.

Se usan principalmente en el empaque de productos que tengan forma definida y por unidades, la variación y ajuste del tamaño del empaque se obtienen por la

acción de variadores de velocidad del motor del mecanismo de arrastre de lámina plástica [3].

Son utilizadas en el envasado de productos sólidos y generalmente en la línea alimenticia, como se indica en la Figura 1.2.

Figura 1.2. Máquina de envasado horizontal **[3]**

1.3.3 MÁQUINA ENVASADORA DE CAMPANA

Este variante utiliza campanas de vacío; son utilizadas para aumentar el tiempo de conservación o disminuir el volumen de espacio que ocupa el producto.

Las máquinas de campana utilizan una bomba de vacío de aceite y extraen el aire en toda la campana antes de sellar la funda, como se observa en la Figura 1.3. Son muy recomendadas y utilizadas para bajas producciones, como en restaurantes, carnicerías [4].

Figura 1.3. Máquina de envasado tipo campana **[4]**

1.3.4 MÁQUINA TERMO SELLADORA

Se utilizan para el envasado de productos que caducan rápidamente; se lo hace en recipientes rígidos, con posibilidad de modificar la atmósfera en el interior de los envases como se indica en la Figura 1.4. Este tipo de máquina está orientada exclusivamente al mercado alimenticio.

Figura 1.4. Máquina termo selladora **[3]**

1.4 SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Los sistemas de envasado tienen sistemas de dosificación donde se pesa el producto y se selecciona la cantidad que se introducirá en la unidad de envase.

En la industria alimenticia existen múltiples sistemas en función del producto que se necesite pesar y de la precisión requerida.

Existen varios sistemas de dosificación en función del producto, los más utilizados son los siguientes:

- Sistemas de pesaje multicabezales
- Sistemas de pesaje lineales
- Sistemas de dosificación volumétrica por vasos
- Sistemas de dosificación volumétrica por sin fin.

El sistema multicabezal que se indica en la Figura 1.5, tiene una velocidad elevada de producción, ya que tiene varias tolvas de pesaje, a diferencia del sistema de pesado lineal que tiene una sola tolva controlado por una celda de carga y sirve para gran variedad de productos.

Figura 1.5. Envasadora vertical con sistema de pesaje y dosificación multicabezal **[5]**.

Las de tipo volumétrico se emplean para productos específicos. Los sistemas de dosificación volumétrica sin fin se utilizan para productos en polvo como harinas y los sistemas de dosificado por vasos para productos con tamaño diminuto como sal, azúcar o arroz.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente las máquinas de envasado de alimentos provienen del extranjero, en su gran mayoría de Europa y Asia.

En nuestro país la industria se encuentra en un proceso de estructuración y modernización por lo que demanda de este tipo de máquinas en el campo alimenticio.

Si bien es cierto este tipo de maquinaria importada permite satisfacer la necesidad del mercado local, se presentan inconvenientes al momento de requerir calibraciones o mejoramiento en el sistema de producción, puesto que los dispositivos de control no pueden ser alterados por tener seguridades de fábrica, sobre todo en sus algoritmos de control.

Actualmente, en caso de tener un daño en estos dispositivos se solicita los repuestos a la empresa fabricante desde donde envían el dispositivo con el programa listo para correr. Esto es una limitación ya que se pierde tiempo y se producen paradas considerables de producción por la inexistencia de repuestos inmediatos.

1.6 SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Frente a esta necesidad, la empresa Automatizaciones Simotic Cia. Ltda, fabricante de líneas de procesamiento de alimentos, ha propuesto la implementación de un sistema automático para una envasadora vertical de alimentos granulados, que forma fundas a partir de una bobina de polipropileno laminado, que proporcione la posibilidad de trabajo de envasado en cualquier industria con materia prima de este tipo, permitiendo el cambio de piezas de una manera inmediata por su existencia en el mercado local, la facilidad de mantenimiento, y la adecuada calibración con el conocimiento de los diagramas

eléctricos, programación del PLC y pantalla HMI; según lo requerido por cada usuario.

1.7 FUNCIONAMIENTO DE LA ENVASADORA VERTICAL

Para el desarrollo de este proyecto se partirá de que el producto a envasar es granulado, esto puesto que existe gran variedad de productos alimenticios con esta presentación. Este proceso se lo realizará a través de una máquina de envasado vertical que tiene el siguiente funcionamiento:

El proceso parte de una bobina de lámina plástica que es desenrollada por poleas de arrastre accionadas por un motor eléctrico, circula por rodillos de tensado y pasa por un cuello formador que le da una estructura circular a manera de cilindro. Traslapados los bordes de la lámina, éstos se sellan por medio de mordazas accionadas neumáticamente y se calientan por resistencias eléctricas a una temperatura controlada. El envase se conforma con tres costuras, dos transversales y una longitudinal; luego de la costura longitudinal y de una transversal que forma el fondo del empaque, el producto dosificado se introduce por el cilindro del cuello formador y se genera una nueva secuencia de empaque, como se indica en la Figura 1.6.

Como resultado se obtienen fundas en forma tipo almohada. El equipo no tendrá un sistema de dosificación del producto, solo lo envasará pero se podrá acoplar a cualquier dosificadora.

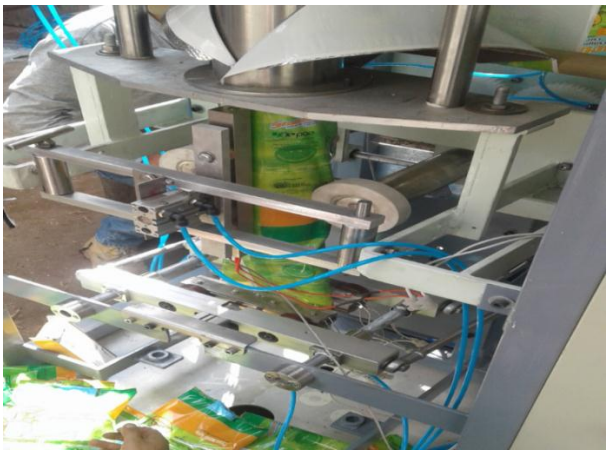


Figura 1.6. Envasado en un máquina vertical.

CAPÍTULO 2

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DE CONTROL

En este capítulo se describirán los elementos sensores y actuadores utilizados, sus características y especificaciones así como también el controlador lógico programable y su módulo de interfaz HMI.

Para establecer el diseño del hardware de control se han determinado diagramas de bloques que establece el funcionamiento de la máquina. Posteriormente se seleccionan los elementos necesarios que intervendrán en el mando del proceso de envasado.

2.1 CONTROL DE TEMPERATURA DE RESISTENCIAS DE SELLADO

La temperatura de las mordazas que realizan el sellado tanto longitudinal como transversal serán monitoreadas mediante un sensor de temperatura independiente para cada mordaza, que permita una medida aproximada de 130°C, temperatura relacionada con el film BOPP, a partir de esta medición se tendrá un controlador y actuador independientes para cada mordaza como se muestra en la Figura 2.2, que garantizará una temperatura estable +/-2°C, de tal manera que la película plástica BOPP pueda sellarse adecuadamente.

Se tiene determinado para la mordaza vertical una resistencia de 350W / 2A y para la mordaza horizontal un conjunto de 4 resistencias de 150W / 0.75A cada una, todas a ellas a un voltaje de 220VAC, como se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1. Resistencias de mordazas.

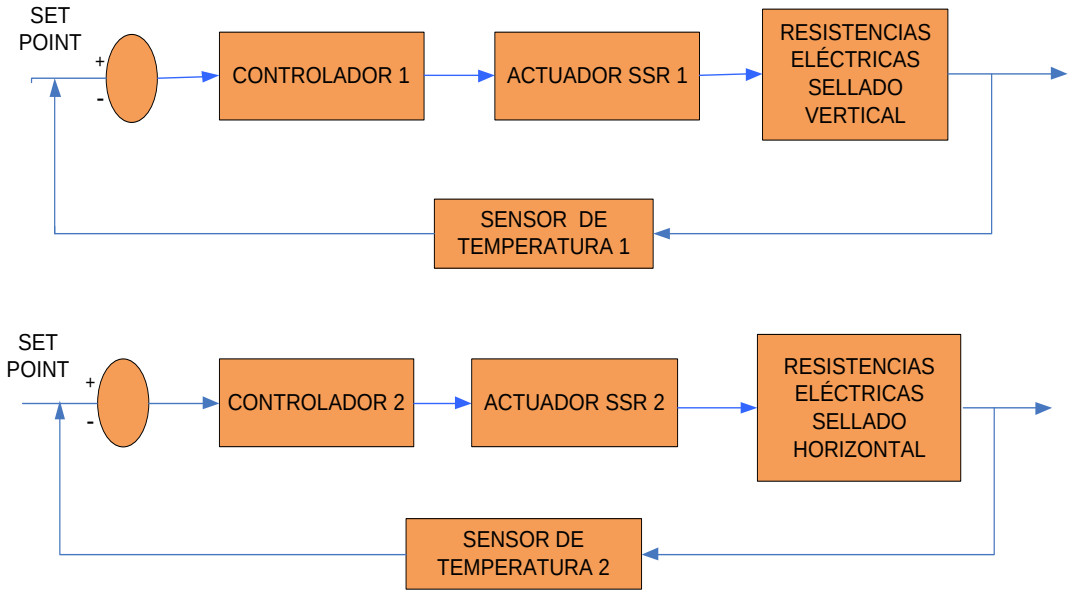


Figura 2.2. Control de temperatura de resistencias de sellado.

2.2 CONTROL DE ACTUADORES PARA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

El sistema electrónico de control estará gobernado por un autómata programable el cual recibirá información para la operación de los actuadores de la máquina.

A través de una interfaz hombre máquina, el operador podrá gobernar las diferentes operaciones de la máquina y calibrar el accionamiento de los actuadores en un proceso continuo, así se indica en la Figura 2.3.

Estos actuadores son:

- Motor eléctrico ---------- Variador de Velocidad-------Sistema de arrastre.
- Cilindros neumáticos-------Electroválvulas---------- Sistema neumático.

Las salidas del autómata programable enviaran señales de control al variador de velocidad y electroválvulas que accionarán los actuadores neumáticos y eléctricos, estos a su vez proporcionaran el movimiento de las correspondientes partes mecánicas para efectuar el proceso de envasado.

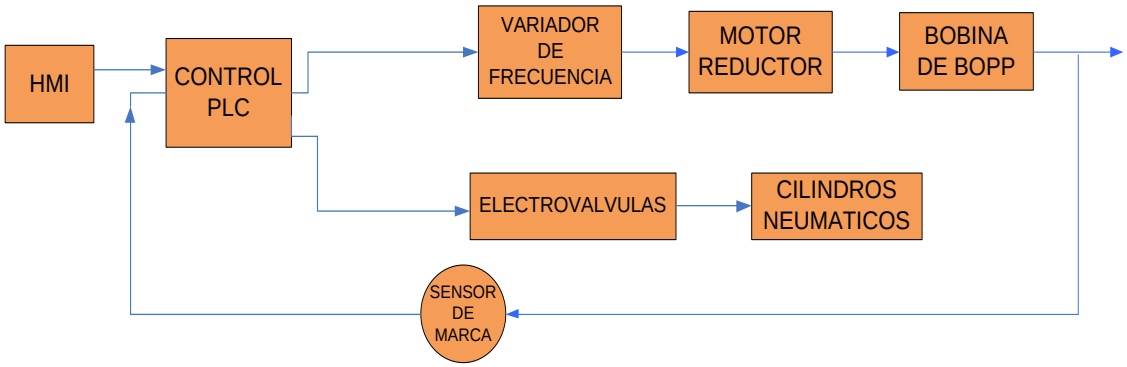


Figura 2.3. Control de actuadores para operación de la máquina.

2.2.1 SISTEMA DE ARRASTRE

El sistema de arrastre está accionado por un motor reductor trifásico que proporciona una velocidad lineal de 10 m/s a velocidad nominal, a través de sus componentes mecánicos, está conformado por dos partes, un motor de inducción y una caja reductora de velocidad mecánica.

2.2.1.1 Motor De Inducción

El motor eléctrico es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica. El motor de inducción es el más usado de todos los tipos de motores, ya que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica, bajo costo, simplicidad de comando, construcción simple y su gran versatilidad de adaptación a las cargas de los más diversos tipos.

Funciona normalmente con una velocidad constante, que varía ligeramente con la carga mecánica aplicada al eje.

El motor de inducción será el encargado de deslizar la película plástica a través de los rodillos mediante poleas de arrastre y de mantener una velocidad que permita halar el material de la bobina sin que se deforme.

La bobina de lámina BOPP que va desplegarse tiene un peso de 12kg de masa, y se encuentra montada en un eje de 30mm de diámetro, la velocidad lineal a la que se moverá será de 0.020m/s.

2.2.1.2 Características Del Motor

Para el accionamiento de las poleas de arrastre se va a utilizar un motor eléctrico con caja de reducción de la marca Motive el cual se indica en la Figura 2.4. Este motor está construido según normas internacionales. La forma constructiva ha sido referenciada a la norma IEC 72-1.

Tiene un aislamiento F, servicio continuo S1, protección IP55, clase de eficiencia IE2 bobinado tropicalizado, idóneos para la alimentación con variador de frecuencia [6]. Sus características se indican en la Tabla 2.1.

Figura 2.4. Motor de inducción Motive.

Tabla 2.1. Características del motor de inducción **[6]**.

Marca	Motive
Tipo	71C- 4
Potencia	0.605 KW
Voltaje	220vac
Frecuencia	60 Hz
Rpm	1680
Corriente	2.49
Cosφ	0.72
Clase	F

2.2.1.3 Caja de Reducción

En determinados procesos se requiere de equipos cuya función es reducir la velocidad de entrada, entregando a la salida un menor número de revoluciones, sin reducir de manera considerable la potencia.

Para este caso es necesario reducir la velocidad por lo que se usará la caja de reducción mostrada en la Figura 2.5, la cual estará acoplada al motor de inducción escogido para llegar una velocidad de trabajo de tal modo que la lámina que formará el envase sea arrastrada sin dañarse [7].

Figura 2.5. Caja de reducción Motive.

2.2.1.4 Características de la Caja de Reducción

Tabla 2.2. Características de la caja de reducción **[7]**.

Marca	**Motive**
Tipo	BOX 63
Índice de reducción	50

2.2.2 SISTEMA NEUMÁTICO

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El proceso consiste en incrementar la presión de aire y a través de la energía acumulada sobre los elementos actuadores para efectuar un trabajo útil. [8]

Este sistema se utilizó para el accionamiento de los pistones neumáticos, a través de electroválvulas que se usan para el sistema de arrastre y sellado. Se compone de dos etapas:

- Sistema de producción y distribución de aire.

Está compuesto básicamente por un compresor de aire, el cual a su vez incorpora un tanque acumulador de aire, un manómetro de presión y una válvula anti retorno

- Sistema de acondicionamiento de Aire, Unidad de mantenimiento FRL

Consta de un separador de agua, un filtro de impurezas y un regulador de presión. El filtro sirve para mantener la línea libre de impurezas como polvo u óxido. El separador de agua hace girar rápidamente el aire para que las partículas de agua que se hayan condensado en las tuberías se depositen en el fondo del vaso.

El regulador permite establecer una presión de salida del depósito hacia el circuito neumático.

2.2.2.1 Pistones neumáticos de doble efecto

Se considera cinco actuadores neumáticos de este tipo: dos pistones para ejercer presión en las bandas de arrastre sobre la lámina de BOPP, como se indica en la Figura 2.6, un pistón para accionar la mordaza vertical, indicado en la Figura 2.7, un pistón para accionar la mordaza horizontal, mostrado en la Figura 2.8, y un último pistón para activar la cuchilla de corte, indicado en la Figura 2.9.

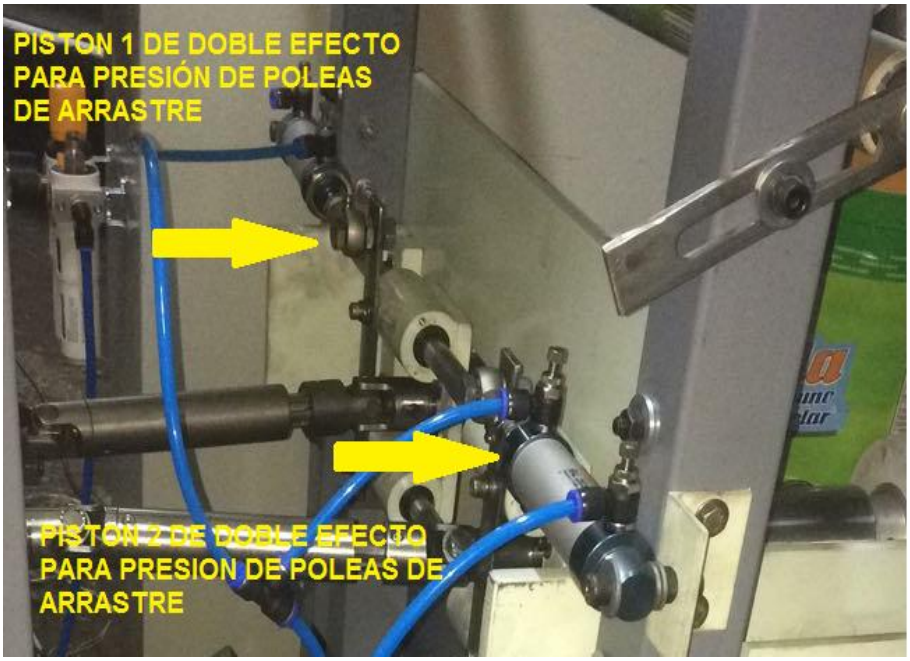


Figura 2.6. Pistón de doble efecto para presión de bandas de arrastre.

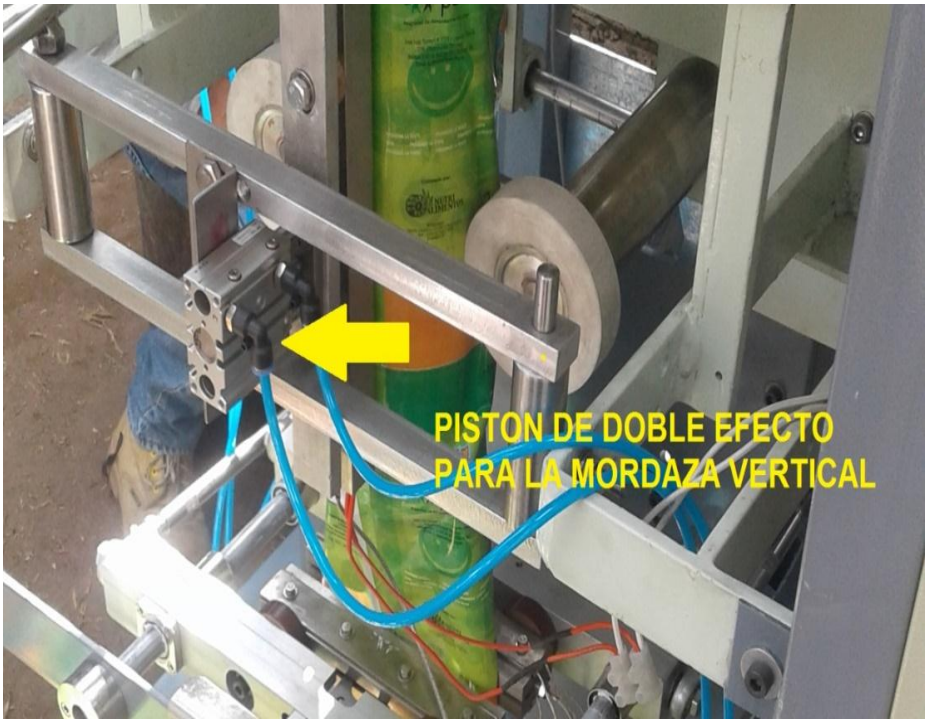


Figura 2.7. Pistón doble efecto para mordaza vertical.

Figura 2.8. Pistón doble efecto para accionamiento de la mordaza horizontal.

Figura 2.9. Cilindro doble efecto para cuchilla de corte**.**

Los actuadores neumáticos tienen las características que se indica en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Características de los pistones neumáticos.

Cantidad	Actuador	Descripción	Características
1	Pistón neumático	Movimiento mordaza vertical	TN 20 *10 Carrera 10 mm Diámetro 20mm Presión: 15 – 145 psi
1	Pistón neumático	Movimiento de mordaza horizontal	SC80*80TC Carrera 100mm Diámetro: 63mm Presión: 15 – 145 psi Marca: AIRTAC
1	Pistón neumático	Movimiento cuchilla de corte	SDA32*10- FS005a Carrera 10mm Diámetro:32 Presión: 15 – 145 psi Marca: AIRTAC
2	Pistón neumático	Presión de bandas de arrastres	25*50-S Carrera 50 mm Diámetro:25mm Presión 0.1 -0.9 MPa Marca: E- MC

2.3 HARDWARE A IMPLEMENTAR EN EL SISTEMA

Los elementos necesarios del hardware electrónico y neumático a ser implementados en un tablero de control y que permiten el funcionamiento de los actuadores, son los indicados en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Elementos del hardware electrónico y neumático.

Cantidad	Descripción	Tipo
1	Sensor de Marca	Tipo DC NPN
1	Variador de velocidad	Trifásico
1	PLC	S7 -1200
1	Pantalla Táctil	KTP400
2	Controladores de temperatura	Digitales
2	Termocupla	Tipo J
2	Relé de estado solido	SSR
5	Electroválvulas	5/2
1	Fuente de voltaje	24vdc-5A
1	Tablero de control	Medidas 80cm alto, 60cm ancho, 25 cm profundidad, pintura electrostática, protección IP 54.

2.3.1 SENSOR DE MARCA

Los sensores de marca o contraste, se utilizan principalmente en las máquinas de envasado para la detección de marcas conocidas comúnmente como tacas que son impresas en el film BOPP en un punto constante que sirven como referencia para el recorrido de lámina plástica y determinará el punto de sellado para el envase del producto [9].

El sensor de marca utilizado es de marca OETAI como se muestra en la Figura 2.10, se encuentra ubicado en la parte superior de la máquina en una posición bajo la lámina plástica y puede ser regulado sobre una base que permite el

movimiento para su ubicación; se polariza con 24 V DC y su salida va conectada a la entrada I0.0 del PLC.

Figura 2.10. Sensor de marca**.**

2.3.1.1 Características del Sensor

Tabla 2.5. Características del sensor de marca.

Marca: OETAI
Modelo: GDS-3011
Tipo: DC NPN
Cables de conexión: 3 Tensión de trabajo: DC10-36V
Sensibilidad ajustable

El sensor monitorea el contraste entre el fondo de color blanco y la marca de taca de color negra, es capaz de sensar la diferencia de tonalidades de la marca de taca que usualmente tienen mayor dificultad para ser detectados por sensores convencionales.

2.3.1.2 Conexión del Sensor de Marca GD-3011

El sensor de marca se conectó de acuerdo al diagrama que se indica en la Figura 2.11.

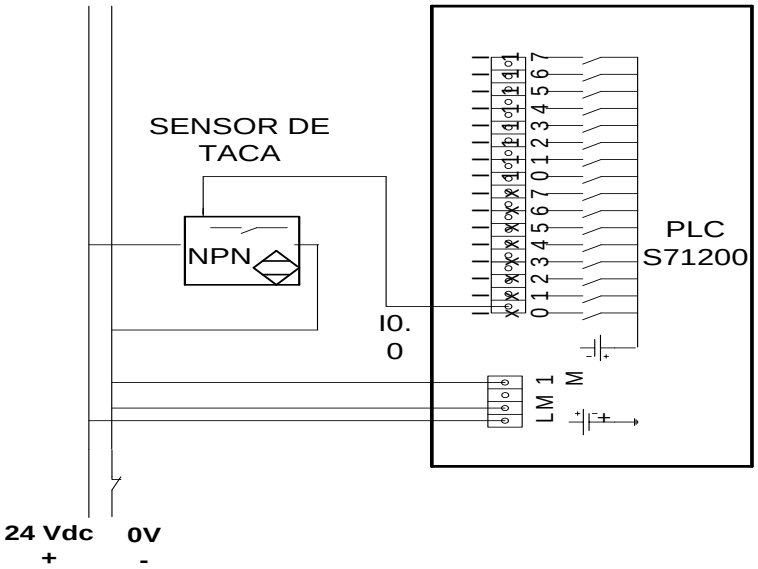


Figura 2.11. Diagrama de conexión sensor de marca GDS – 3011.

2.3.2 VARIADOR DE FRECUENCIA

El variador de frecuencia es utilizado para controlar la velocidad del motor de inducción, transformando el voltaje de alimentación, de amplitud y frecuencia constantes en parámetros variables; a su vez varia el flujo magnético y conjuntamente la velocidad de la máquina. En la Figura 2.12, se representa la estructura del variador de frecuencia.

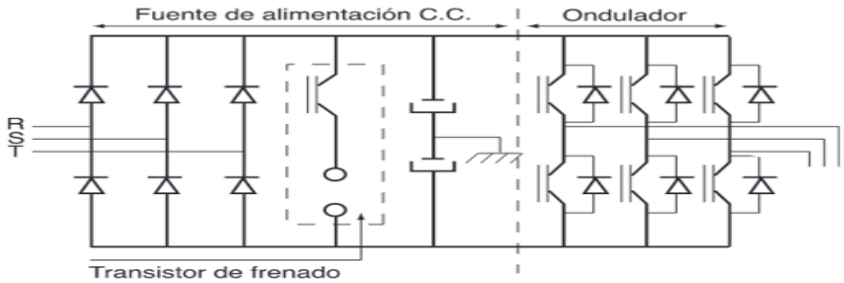


Figura 2.12. Estructura del variador de frecuencia.

El variador de frecuencia escogido en base a la potencia del motor de inducción es de la marca Schneider Electric y es mostrado en la Figura 2.13. Cumple con las condiciones de trabajo del proceso de envasado: arranque y frenado suaves. Sus características se detallan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Características del variador de frecuencia instalado.

Marca	Schneider Electric
Modelo	ATV312 H075M3
Voltaje salida	220 -240 VAC 3~ / 4A
Voltaje de entrada	220-240 VAC 1~ / 10A
Potencia	0.75kw -1hp

Figura 2.13. Variador de velocidad Schneider.

2.3.2.1 Criterios para la Selección del Variador de Frecuencia

Para definir el variador de frecuencia más adecuado para esta aplicación se consideran los siguientes aspectos:

Tipo de carga

Las cargas son clasificadas dependiendo del comportamiento de su torque en función de la velocidad. En este caso se considera como carga de torque constante.

Tipo de motor

Se tiene un motor trifásico de inducción con las siguientes características: Voltaje 220 VAC, potencia 0.605 KW, corriente 2.49 A.

Condiciones ambientales:

Temperatura ambiente de 20 °C, el variador estará dentro de un gabinete metálico con protección IP 55. No se tendrá contacto con ambientes hostiles.

Consideraciones de la red:

Para el presente caso se tiene una consideración de alimentación de voltaje monofásico 220v y salida al motor trifásico 220V.

2.3.2.2 Instalación

El variador debe ser instalado verticalmente y mantener una temperatura de 55°c como se indica en la Figura 2.14.

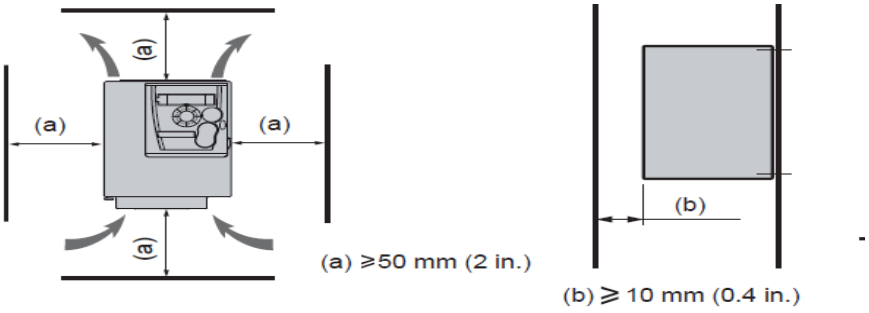


Figura 2.14. Instalación del variador de frecuencia en el gabinete **[10]**.

2.3.2.3 Conexión eléctrica del motor

Según las recomendaciones del fabricante la conexión eléctrica se lo realizó de la siguiente manera:

- Se comprobó que el voltaje de alimentación sea compatible con el motor.
- Se conectó el variador a la tierra del circuito.

- Se conectó los terminales de salida el variador al Motor.
- Se conectó los terminales de entrada del variador a la alimentación de la red a través del disyuntor.

El cableado se lo realizó con cable concéntrico de 14 AWG, tratando en lo posible que el motor esté lo más cerca del variador, como se indica en la Figura 2.15.

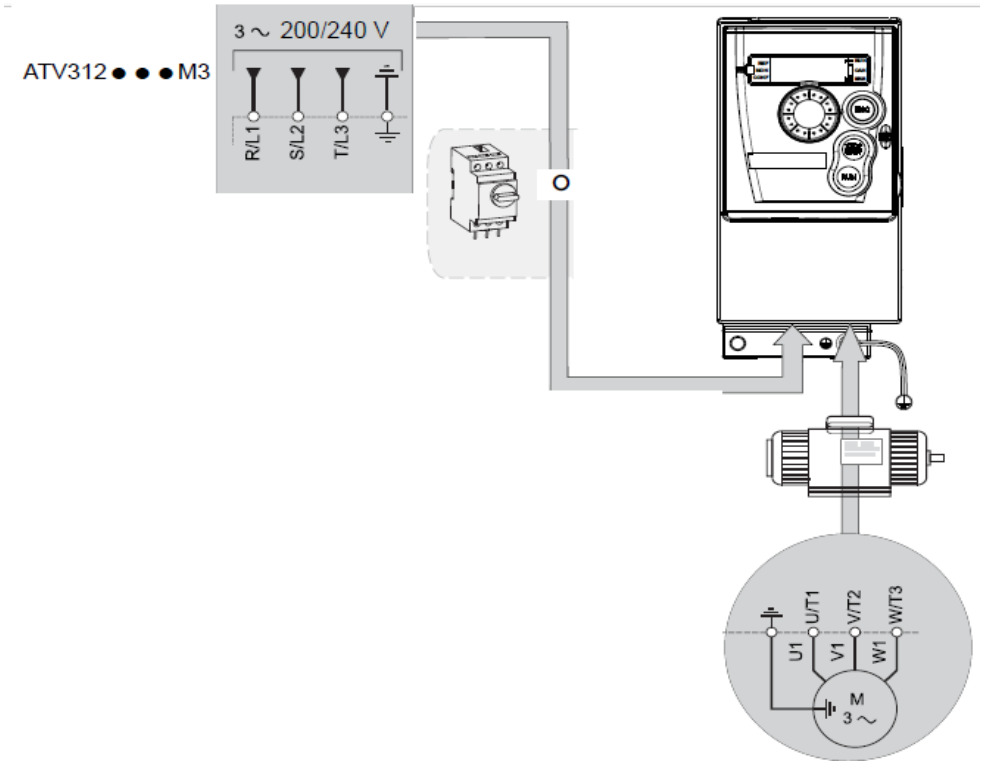


Figura 2.15. Conexión eléctrica del variador de frecuencia **[10]**.

2.3.2.4 Programación y Ajuste de parámetros del motor

Una vez efectuada la conexión eléctrica del motor al variador de frecuencia se procede a la programación del dispositivo mediante las teclas y funciones de visualización como se indica en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Ajuste de parámetros del variador de frecuencia.

Menú	**Código**	**Descripción**	**Ajuste**
Drc control del motor	bfr	Frecuencia de motor (Hz)	60
Drc control del motor	Uns	Voltaje nominal del motor en la placa (V)	260
Drc control del motor	Frs	Frecuencia nominal del motor en la placa (Hz)	60
Drc control del motor	ncr	Corriente nominal del motor en la placa (A)	2.49
Drc control del motor	nsp	Velocidad nominal del motor en la placa (RPM)	1680
Drc control del motor	cos	Cos δ nominal del motor	0.72
set	acc	Tiempo de aceleración (S)	3
set	dec	Tiempo desaceleración (S)	1
ser	lsp	Frecuencia del motor con referencia mínima (HZ)	30
set	hsp	Frecuencia del motor con referencia máxima (HZ)	60
set	ith	Corriente del motor en la placa (A)	2.49

2.3.3 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un controlador lógico programable es un dispositivo electrónico usado en la automatización de procesos industriales, tales como líneas de producción,

máquinas herramientas, manejo de partes, empaquetado, bandas transportadoras, etc.

El rango de complejidad de los sistemas controlados mediante PLC va desde aplicaciones pequeñas, hasta complejas líneas de ensamblado. A diferencia de la computadoras de propósito general, el PLC es diseñado para trabajar en amplios rangos de temperatura, ambiente hostil, y son inmunes al ruido eléctrico. Mecánicamente son más fuertes y resistentes a la vibración e impacto [11].

Para ejecutar el sistema de control del proceso de envasado se utilizó un PLC S7-1200 de la marca Siemens, el mismo que es modular y compacto para sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas y permite conexión a HMI.

El CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo esto en una carcasa compacta, como lo indica la Figura 2.16.

Figura 2.16. PLC S7 – 1200 **[12]**.

En base a la necesidad de requerimientos para manejar los sensores y actuadores del sistema de envasado se necesita dos entradas digitales, siete salidas digitales y la interfaz PROFINET.

Estas entradas y salidas han sido asignadas como lo indica la Tabla 2.8.

Tabla 2.8. Asignación de entradas y salidas del PLC.

Ítem	Variable	Nombre	Descripción
1	I0.0	taca	marca de taca de la lámina plástica BOPP
2	I0.1	Puerta	Sensor de protección de apertura de puerta
3	Q0.0	horario	sentido de giro horario del motor de arrastre
4	Q0.1	anti horario	sentido de giro anti horario del motor de arrastre
5	Q0.2	vertical	acción de la mordaza de sellado longitudinal
6	Q0.3	horizontal	acción de la mordaza de sellado transversal
7	Q0.4	corte	Acción de la cuchilla
8	Q0.5	presión	acción de pistones de presión de bandas de arrastre hacia el tubo formador
9	Q0.6	cabezal	contacto para señal de envió de producto

2.3.3.1 Características del PLC S7 - 1200

Las características del PLC se muestran en la Tabla 2.9. [12]

Tabla 2.9. Características del PLC S71200.

Tipo de Producto	CPU 1214C DC/DC/DC
Paquete de programación	STEP 7 V10.5

Tensión de alimentación	
Valor nominal (dc)	24 DC

Entradas Digitales	
No de Entradas Digitales	14
No de Salidas Digitales	10
Entradas analógicas	2
Interfaz	
Tipo de Interfaz	PROFINET
Norma física	Ethernet
Protocolos de Ethernet	TCP/IP
Configuración	
Lenguaje de Programación	
KOP	SI
FUP	SI
SCL	SI
Dimensiones	
Ancho	110mm
Alto	100mm

El CPU contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación, monitorea las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario desarrollada. Para comunicarse, el autómata

incorpora un puerto PROFINET integrado, que permite comunicarse con la pantalla HMI o con una PC, en este caso lo hará con una pantalla táctil ubicada en la máquina [12].

2.3.3.2 Interfaz PROFINET

Es un estándar Ethernet abierto que cumple la especificación IEC 61158 para la automatización industrial. Este tipo de red permite conectar equipos desde el nivel del campo (PLC y otros dispositivos) hasta el nivel de gestión (sistemas informáticos e internet). PROFINET permite una comunicación homogénea con la ingeniería cubriendo toda la planta industrial y de gestión apoyando las tecnologías de la información hasta el nivel del campo.

La interfaz permite la programación del PLC y la comunicación HMI con la pantalla táctil.

La conexión del PLC S7-1200 se realizó de la siguiente manera: los comunes de las entradas se conectan a 0 VDC puenteadas entre sí. En la entrada I0.0 está conectado el sensor de marca y el sensor de la puerta de protección en la entrada I.01 como se indica en la Figura 2.17.

Las salidas del PLC están conectadas de la siguiente manera: Q0.0 conecta al variador de velocidad en sentido de giro horario, Q0.1, conecta al variador de velocidad en sentido anti horario, Q0.2 pistón vertical, Q0.3 pistón horizontal, Q0.4 pistón de la cuchilla de corte, Q0.5 pistones de presión de poleas de arrastre, Q0.6 pistón del cabezal de dosificación, como se indica en la Figura 2.18.

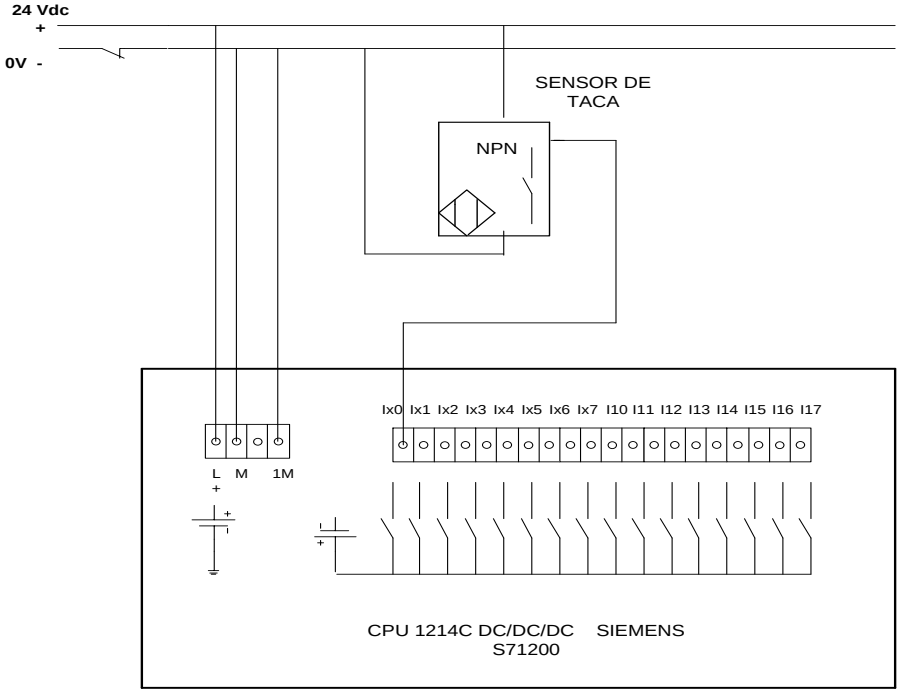


Figura 2.17. Conexión de las entradas del PLC.

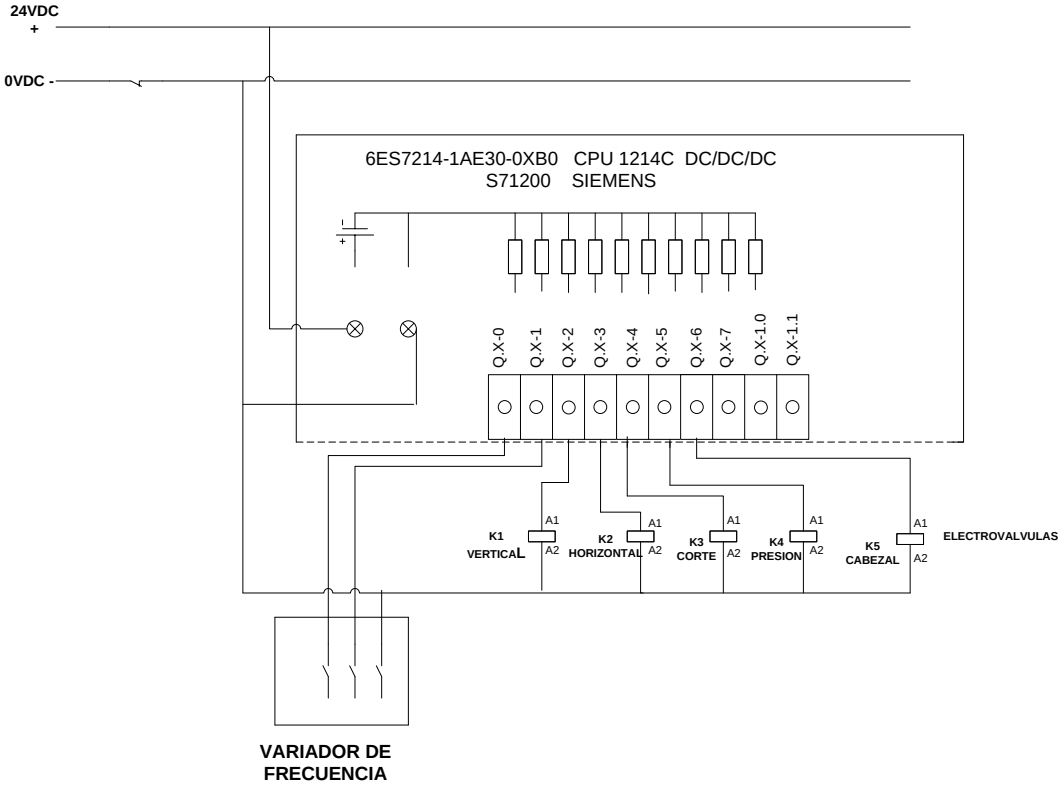


Figura 2.18. Conexión de las salidas del PLC**.**

2.3.4 PANTALLA TÁCTIL

Es una pantalla que mediante un contacto táctil sobre una superficie permite el ingreso de datos y órdenes, es decir es un periférico de entrada y de salida para el dispositivo con el cual se conecte sirviendo de intermediario entre nuestras órdenes y lo que debe hacer el dispositivo en cuestión.

Permite realizar una interfaz hombre máquina para permitir que el usuario u operador del sistema de control interactué con el proceso.

Para la selección de la pantalla táctil se tomó en cuenta aspectos como:

- Funciones a realizar

Debe permitir al operador iniciar o detener el proceso de envasado, elegir entre un proceso manual o automático, modificar los tiempos de cierre y apertura de mordazas de sellado, modificar el tiempo de cierre y apertura de la tolva para la dosificación del producto y el tiempo de accionamiento del motor.

También debe tener la opción de que el proceso se realice con sensor de taca o no, dependiendo de si la lámina de BOPP es transparente o impresa.

- Ambiente de trabajo

Debe soportar un ambiente industrial, en el cual por lo general existe polvo y grasa dependiendo del producto que se envase.

- Características Generales

Debe permitir la integración de todas las condiciones del proyecto, tener un software de configuración amigable con el programador y comunicación con el autómata programable

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente se utilizará una pantalla KTP400 Siemens, la misma que se muestra en la Figura 2.19. La pantalla KTP400 está montada en la parte frontal del Tablero de control y su configuración

se realizará a través SIMATIC WINCC desde el TIA Portal. Tiene las características indicadas en la Tabla 2.10.

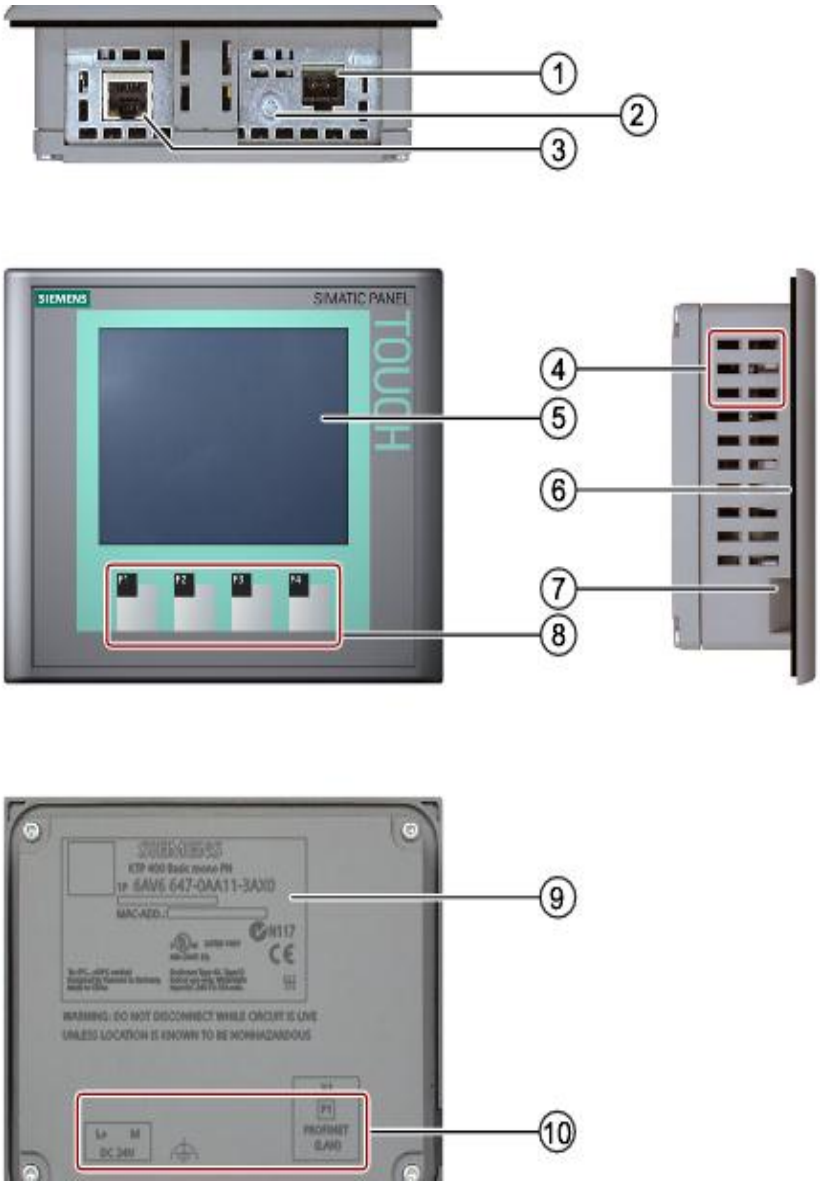


Figura 2.19. Pantalla KTP 400 **[13]**.

1 Conexión para la fuente de alimentación
2 Conexión de tierra
3 Interfaz PROFINET
4 Escotaduras para una mordaza de fijación
6 Junta de Montaje
7 Guía para una tira rotulable
8 Teclas de función
9 Placa de Características

Tabla 2.10. Características de la pantalla KT400 **[13]**.

Pantalla	KTP 400 Basic MONO
Tipo	LCD Mono
Área activa de la pantalla	76.8 * 57.6 mm
Resolución	320*240 pixeles
Colores representables	4 niveles de gris
Regulación de contraste	si
Retroiluminación	no
Memoria de aplicación	Led 30000 h
Interfaz	1 Ethernet RJ/485
Voltaje alimentación	24 VDC
Consumo de Corriente continua	150 mA

2.3.4.1 Conexión de la Pantalla Táctil

El voltaje de alimentación de la pantalla es 24 VDC que es proporcionado por una fuente de voltaje. Para la comunicación, se conecta un cable Ethernet a los puertos de los equipos PLC y HMI, como se indica en la Figura 2.20.

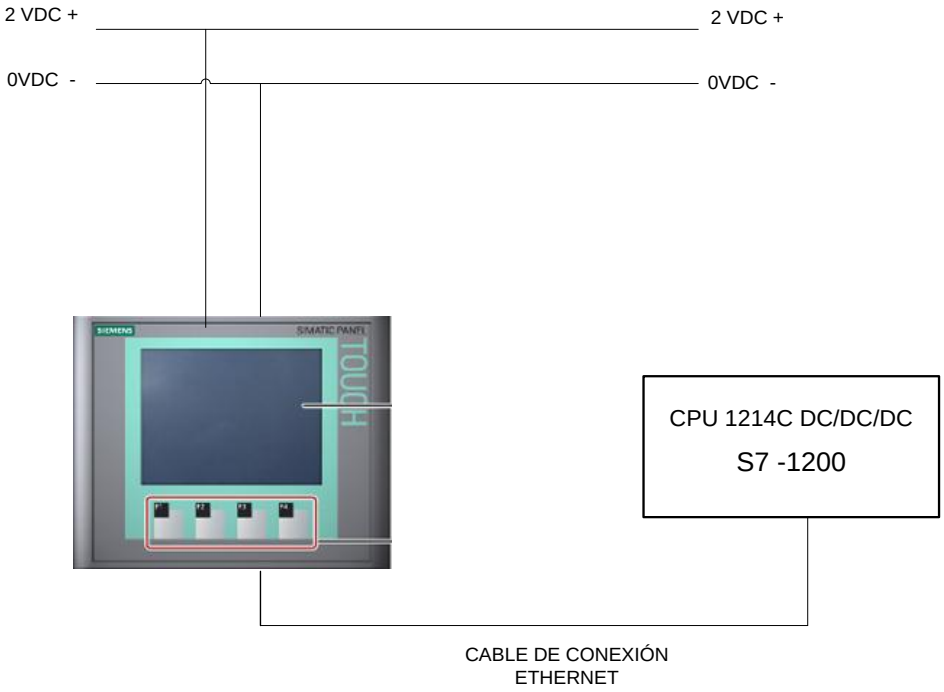


Figura 2.20. Conexión de la pantalla táctil KTP400.

2.3.5 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Un sistema de control de temperatura obtiene la temperatura del ambiente a medir mediante un sensor, a continuación la acondiciona, y luego mediante un algoritmo la compara con una valor de referencia para posteriormente activar o desactivar actuadores para aumentar o disminuir el valor de la temperatura del proceso.

En este caso se usaron dos controladores de temperatura marca Delta serie DTB para mantener la temperatura de sellado estable activando y desactivando el circuito de potencia que conecta las resistencias eléctricas que se encuentran en las mordazas vertical y horizontal.

Los controladores tienen una respuesta de salida rápida, parámetros PID auto-ajustables, y está diseñado con varios tipos de salida. En este caso se utilizó la salida para relé de estado sólido.

Para la selección de los controladores se consideró los siguientes aspectos:

- Tipo de sensor de entrada (termopar, RTD), intervalo de temperatura: termocupla tipo J.
- Tipo de salida requerida (relé electromecánico, SSR, salida analógica): SSR relé de estado sólido.
- Algoritmo de control necesario (on/off, proporcional, PID): on/off en un rango de temperatura 100°C -130°C.
- Número y tipo de salidas (calor, frío, alarma, límite): Calor.

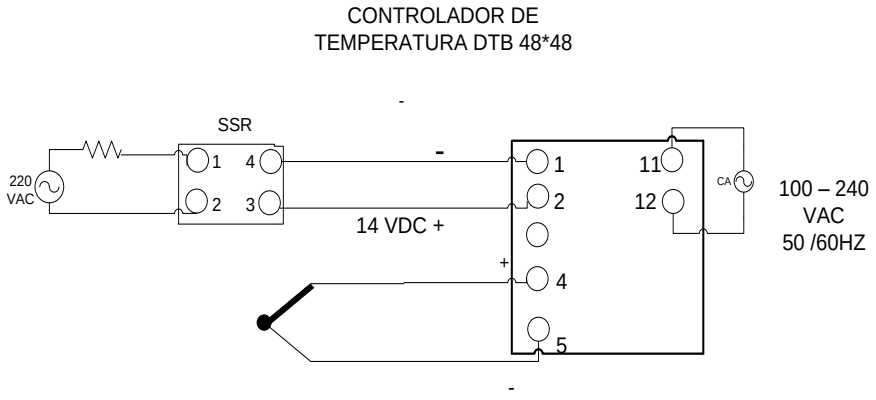
Los controladores de temperatura usados para el control de temperatura de las mordazas horizontales y verticales tienen las características indicadas en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Características control de temperatura **[14]**.

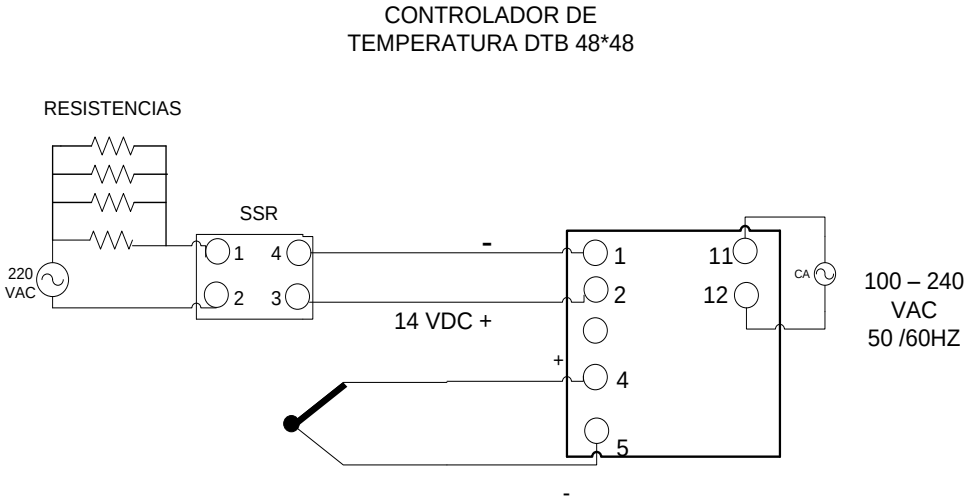
Marca	Delta
Serie	DTB
Voltaje de alimentación	Ac 100 - 240 50/60 Hz
Display	Tipo led de 7 segmentos 2 líneas de 4 caracteres
Tipo de sensor	Termocupla : K,J,T,E,N,R,S,B,L,U
Modo de Control	PID, ON/OFF,
Temperatura de trabajo	0°C - + 50°C
Humedad relativa	35% - 80%

2.3.5.1 Conexión de los Controladores de Temperatura

El controlador de temperatura está alimentado con un voltaje 220 VAC, y se lo configura para que mida la temperatura con una termocupla tipo J. La salida de control configurada para activar un SSR que conecta la carga resistiva como lo indica la Figura 2.21.



Conexión del controlador de temperatura para mordaza vertical.



Conexión del Controlador de Temperatura para mordaza Horizontal

Figura 2.21. Conexión de los controladores de temperatura DTB.

2.3.6 TERMOCUPLA

Se usan para medir la temperatura de las mordazas verticales y horizontales y deben ser ubicadas en la superficie de las mordazas como se indica en la Figura 2.22.

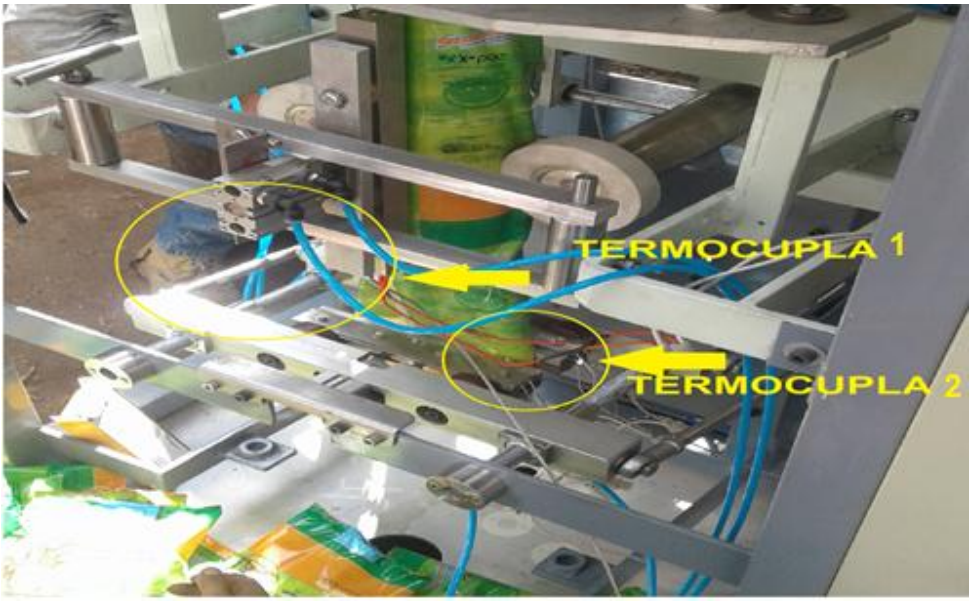


Figura 2.22. Termocupla tipo J.

El rango de temperatura en el cual deben calentarse las mordazas está entre 90 y 150 grados centígrados. Por lo que se parte de estos valores para dimensionar y escoger la termocupla para este proceso.

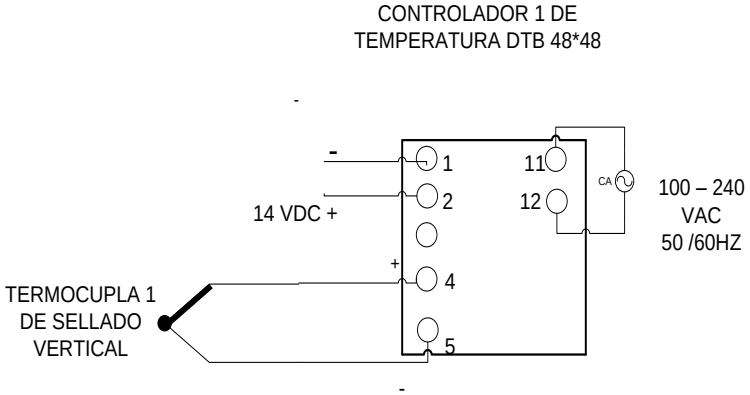
Las termocuplas más comunes en el mercado local son indicadas en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Características de termocupla industriales.

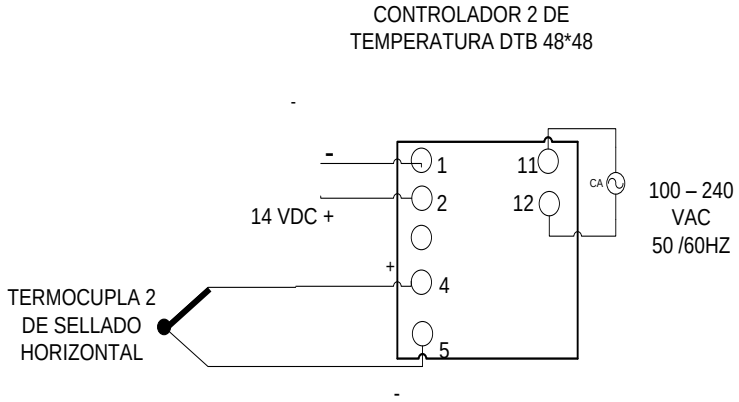
Termocuplas metálicas				
Tipo ANSI-ISA	Combinación de metales	Sensibilidad	Composición química	Rangos de temperatura
J	Hierro/ constantan	5,6 mV / 100 ° C	Fe 44 Ni:55 Cu	-40 a + 750
K	Cromel/ Alumel	3,6 mV / 100 ° C	90 Ni:9 Cr 94 Ni:Al:Mn:Fe	-40 a +1200
T	Cobre/ constantan	4,5 mV / 100 ° C	Cu 44 Ni:55 Cu	-50 a + 400
E	Cromel/ constantan	7,9 mV / 100 ° C	90 Ni:9 Cr 44 Ni:55 Cu	-40 a +900

De la Tabla 2.12, se escoge la termocupla tipo J tipo tornillo, que está dentro del rango de temperatura, soporta ambientes oxidantes y tiene bajo costo.

Las termocuplas se conectaron a los controladores de temperatura DBT 48*48 como lo indica la Figura 2.23.



Conexión termocupla tipo J controlador 1.



Conexión termocupla tipo J controlador 2.

Figura 2.23. Conexión de termocuplas tipo J.

2.3.7 RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

Los relés de estado sólido o SSR (solid-state relays) son dispositivos electrónicos que conmutan el paso de corriente a través (transistores, tiristores o triacs) en sustitución de contactos metálicos, para controlar elevadas cargas de potencia a partir de señales de control de bajo voltaje e intensidad.

Los SSR dan muchas ventajas en comparación a los relés de contactos electromecánicos: son más livianos, silenciosos, rápidos y confiables, no se desgastan, conmutan altas corrientes y voltajes sin producir arcos, proporcionan varios kilovoltios de aislamiento entre la entrada y la salida.

Este dispositivo permite activar o desactivar una línea de potencia que alimenta la carga, en este caso las resistencias eléctricas.

Las corrientes manejadas en las resistencias de las mordazas son relativamente bajas, 2 Amp para la mordaza horizontal y 3 Amp para el conjunto de cuatro resistencias de la mordaza horizontal. Los relés de estado sólido comerciales a nivel local manejan un mínimo de 20Amp.

El relé de estado sólido que se utilizó es de la marca HANYOUNG NUX como se muestra en la Figura 2.24 y las características del relé se indican en la Tabla 2.13.

Figura 2.24. Relé de estado sólido HANYOUNG NUX

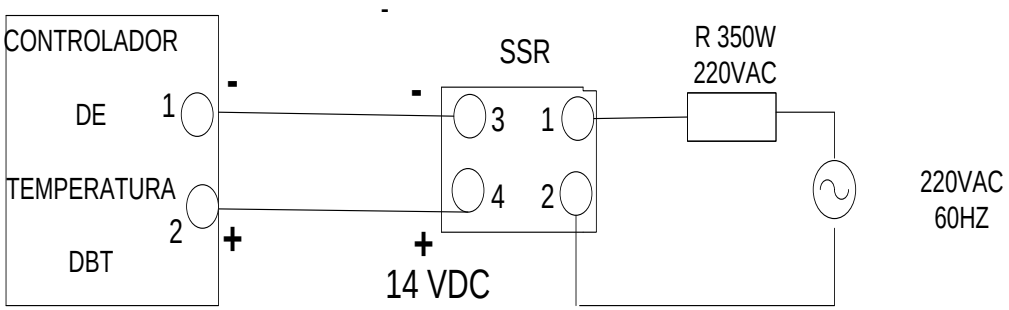
Tabla 2.13. Características relé de estado sólido.

Marca	HANYOUNGNUX
Modelo	HSR – 2D202Z
Rango de Voltaje de operación de entrada	4 -32 VDC
Rango de voltaje de operación de salida	90 - 240Vac
Frecuencia	25 - 65 Hz
Corriente de carga	20 A
Temperatura ambiente	-20 - 80° C

2.3.7.1 Conexión Relé de Estado Solido

EL relé de estado sólido está alimentado por el controlador de temperatura delta, el cual entrega un voltaje de 14 VDC para su activación. La carga conectada a la salida es tipo resistiva de 220 VAC con una potencia de 150W y 350W, como se indica en Figura 2.25.

Conexión SSR para Resistencias verticales



Resistencias Horizontales Conexión SSR para

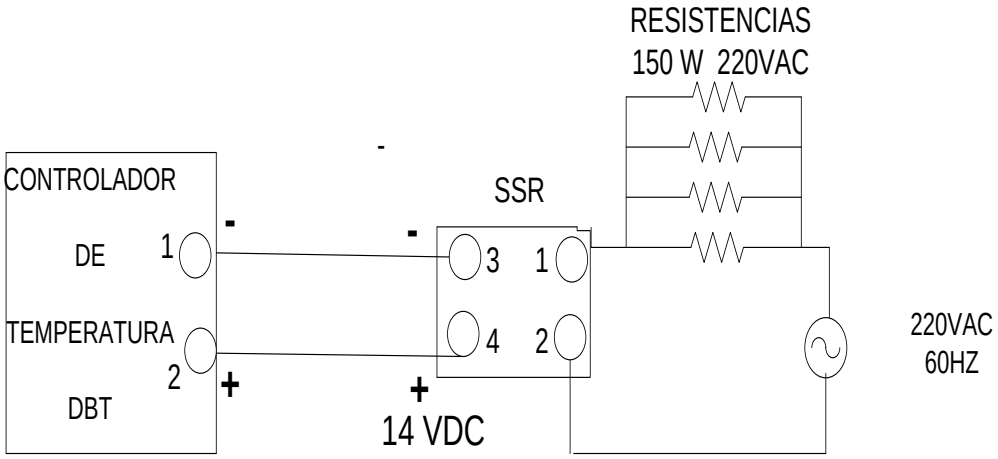


Figura 2.25. Conexión relé de estado sólido HANYOUNG NUX.

2.3.8 Electroválvulas

Las electroválvulas 5/2 mostradas en la Figura 2.26, controlan la acción de los pistones de doble efecto, en una posición de la válvula el cilindro neumático avanza y en la otra retrocede.

Al aplicarse una corriente eléctrica a la bobina, ésta genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula permitiendo el paso del aire en un sentido, al cortar el suministro de energía la leva vuelve a posición original por acción de un resorte [8].

Este tipo de válvula posee cinco vías para el aire y dos posiciones de control o trabajo. El orificio 1 corresponde a la entrada del aire a presión, los señalados con

los números 2 y 4 son los de utilización de aire y los que se indican con los números 3 y 5 muestran las salidas de escape.

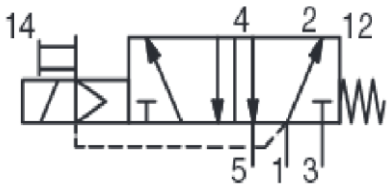


Figura 2.26. Electroválvula 5/2.

Para el accionamiento de los cilindros neumáticos de doble efecto se utilizó cinco electroválvulas 5/2 con las características que se indican en la Tabla 2.14, las cuales están montadas en un solo bloque, como se muestra en la Figura 2.27.

Tabla 2.14. Características electroválvulas 5/2.

Marca	E - MC
Modelo	VC – B2
Voltaje	220 VAC
Potencia	5 VA
Presión	0.15 -0.8 MPa
IP	65

Figura 2.27. Bloque de electroválvulas 5/2.

La secuencia de activación de los actuadores es controlado por el autómata programable de acuerdo a la siguiente lógica de programación.

- Primero: se activan los pistones para presionar las bandas de arrastre
- Segundo: se activa el pistón de la mordaza vertical.
- Tercero: se activa el pistón de la mordaza horizontal
- Cuarto: se activa el pistón para la dosificación del producto que se envase
- Quinto: se activa el pistón de la cuchilla de corte

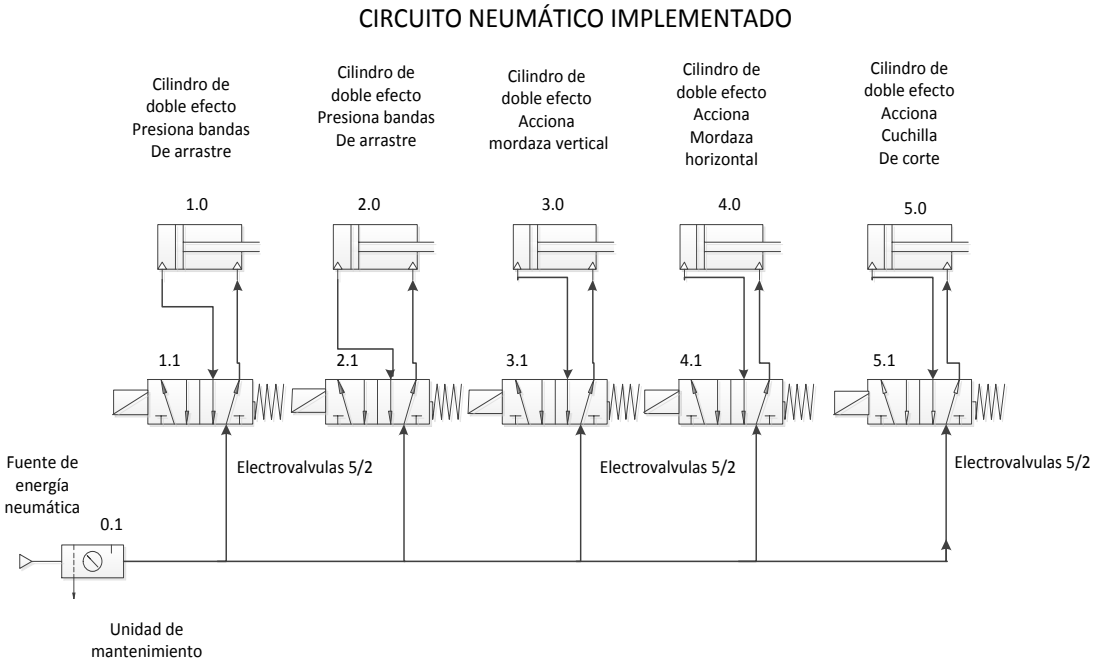


Figura 2.28. Circuito neumático.

2.3.9 FUENTE DE VOLTAJE DC

El consumo de energía de las electroválvulas y equipos de control e indicación tienen un valor de 3.5 amperios a 24 voltios de corriente continua, considerando que la corriente aproximada de un sistema de pesaje es de 5 amperios y será suministrada por esta misma fuente, se establece un valor de 10 amperios para la fuente de voltaje.

Se utilizó una fuente de voltaje marca DELTA como se indica en la Figura 2.29 para la alimentación del PLC y la pantalla táctil, la cual tiene las características que se indican en la Tabla 2.15.

Tabla 2.15. Características de la fuente de voltaje DELTA.

Entrada AC	
Voltaje nominal	100 - 240 VAC
Frecuencia	47 – 63 Hz
Corriente nominal	2.90 A 115Vac < 1.5 A 230 VAC
Fusible interno	T6.3 AH /250V
Salida DC	
Voltaje de salida nominal	24 VDC +- 2%
Corriente nominal	10 A
Potencia de disipación	42.5W

Figura 2.29. Fuente de voltaje DC marca Delta.

2.3.10 TABLERO DE CONTROL

El tablero de control se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda de la máquina. Los elementos están distribuidos de la siguiente manera: en la parte delantera está ubicada la pantalla táctil, los controladores de temperatura para el sellado vertical y horizontal con sus respectivos selectores de encendido y apagado, el selector principal de encendido de la máquina y el paro de emergencia que desactiva la máquina, como se indica en la Figura 2.30.

Figura 2.30. Panel de control de la máquina de envasado.

En la parte interior del tablero de control se encuentran ubicados los siguientes elementos: borneras de conexión, fuente de alimentación, PLC S7-1200, variador de frecuencia, relés de estado sólido y breakers de protección, como se muestra en la Figura 2.31.

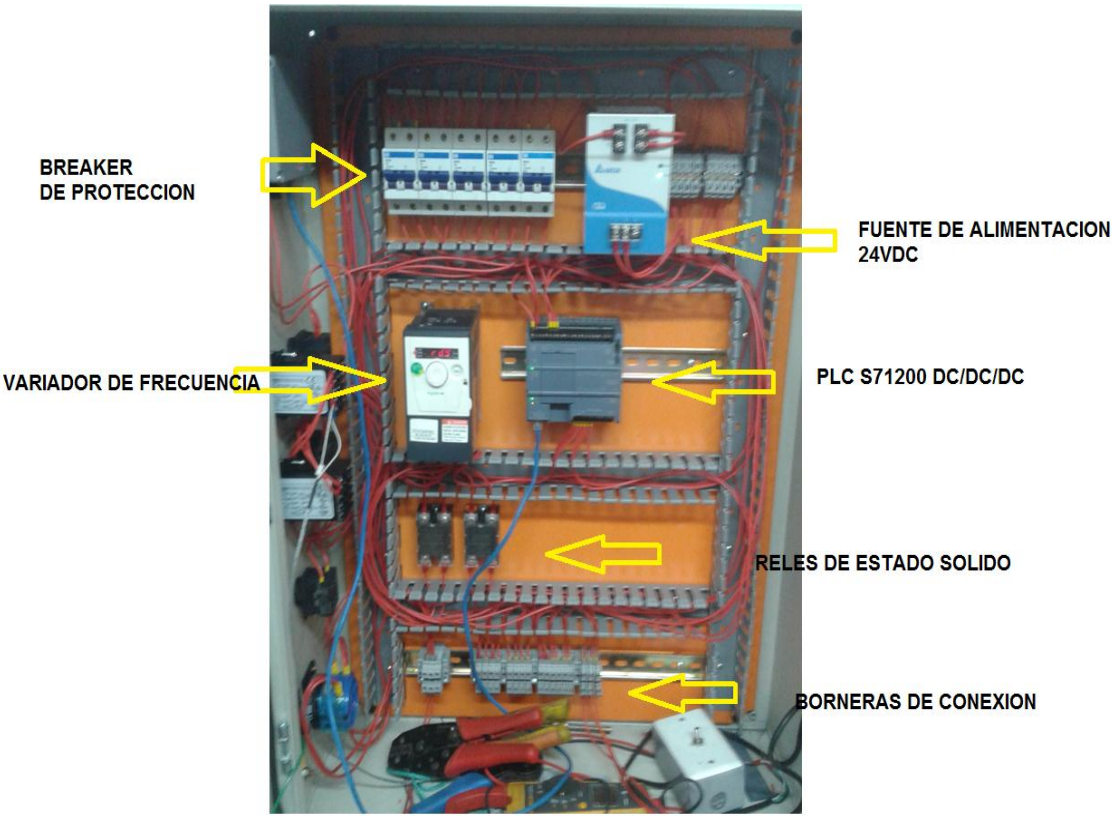


Figura 2.31. Panel eléctrico parte interior.

2.3.10.1 Diagrama Eléctrico.

Las protecciones fueron calculadas en base a la potencia necesitada por cada uno de los elementos eléctricos y las medidas más próximas halladas en el mercado local, es así como el variador de velocidad necesita 10 amperios en su entrada, la corriente de las resistencias de las mordazas oscilan entre 2 y 3 amperios, se ha colocado protecciones de 4 amperios independientes, la protección para la fuente de voltaje es de 2 amperios y a su salida un fusible de 4 amperios, el sistema de control tiene una protección exclusiva de 2 amperios, todas estas protecciones en un sistema monofásico de 220 voltios.

Se presenta en la Figura 2.32 el diagrama eléctrico.

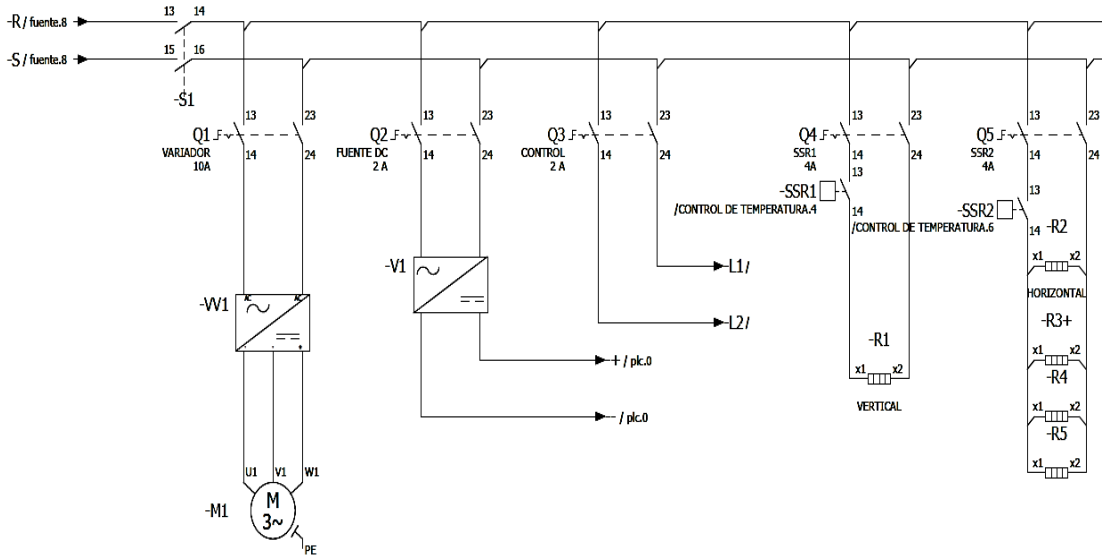


Figura 2.32. Diagrama eléctrico fuerza.

2.3.10.2 Diagrama de Control.

En el diagrama de la Figura 2.33, se visualiza las conexiones de los elementos de control.

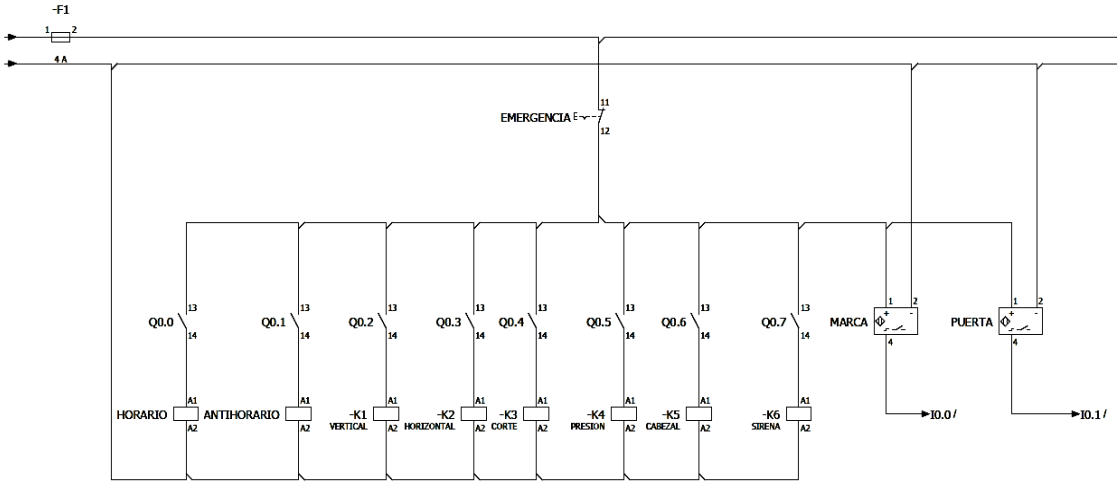


Figura 2.33. Diagrama de control.

2.3.10.3 Diagrama de control de Temperatura

La Figura 2.34, indica el diagrama eléctrico de los controladores de temperatura.

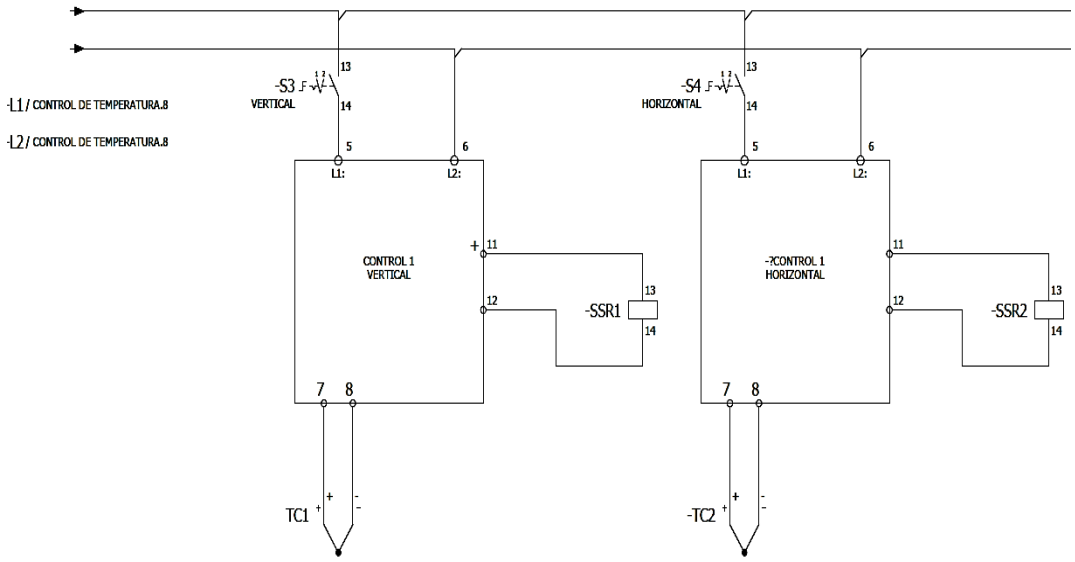


Figura 2.34. Diagrama eléctrico de control de temperatura.

2.3.10.4 Diagrama de Secuencia de los Pistones Neumáticos.

La Figura 2.35, indica la secuencia de trabajo de los pistones neumáticos.

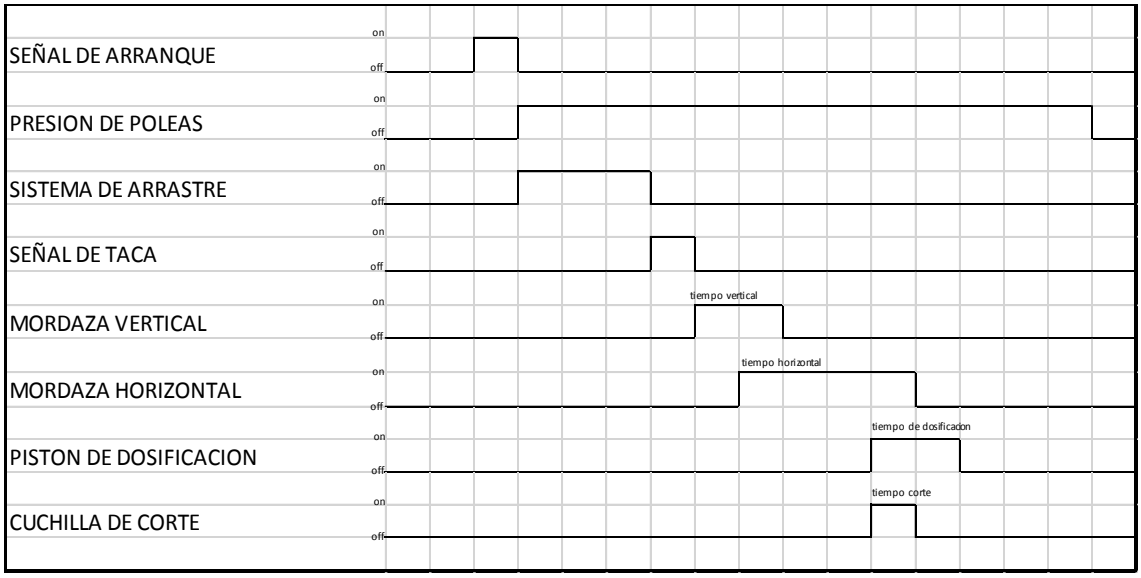


Figura 2.35. Secuencia de funcionamiento pistones neumáticos.

2.4 DESCRIPCION MECANICA DE LA MAQUINA

La estructura mecánica de la máquina está compuesta por: cuello formador, tubo de alimentación, sistema de arrastre por poleas, sistema de sellado vertical, horizontal y etapa de termo sellado.

2.4.1 CUELLO FORMADOR

Además de formar la funda, es el conducto por donde pasa el producto a envasar para su dosificado. Durante el proceso, la película se desenrolla de la bobina pasando por este elemento el cual realiza el modelado de la funda para que tome la forma cilíndrica del cuello, se lo puede observar en la Figura 2.36.

El cuello formador permite que los extremos de la lámina se traslapen formando la funda verticalmente.

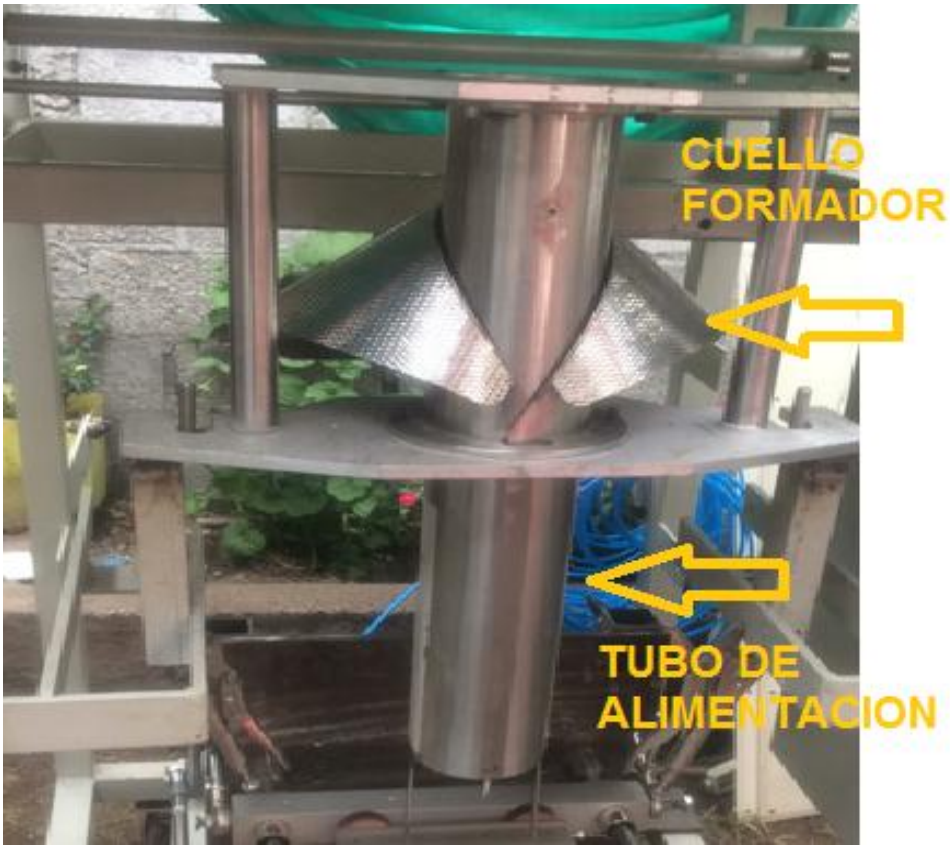


Figura 2.36. Cuello formador.

2.4.2 TUBO DE ALIMENTACIÓN

El tubo de alimentación completa la formación del empaque permitiendo canalizar el producto el cual ya ha sido previamente pesado e introducido por su parte superior. El tubo de alimentación indicado en la Figura 2.36, tiene el mismo diámetro de la funda por lo que tiene gran influencia en el formado de la misma, la película plástica se envuelve alrededor de este tubo, tomando su forma final.

2.4.3 SISTEMA DE ARRASTRE POR POLEAS

El arrastre del material de empaque, como se puede observar en la Figura 2.37, se realiza por medio de poleas accionadas simultáneamente por un sistema de tracción. El principio de funcionamiento consiste en la diferencia entre los coeficientes de fricción que se encuentran en contacto físico, es decir entre la película plástica, el material del tubo formador y las bandas de arrastre.

El sistema de arrastre es accionado por un motor de inducción controlado por un variador de frecuencia, moviendo la película plástica hasta un determinado punto denominado como marca de taca reconocido a través de un sensor, en caso de no disponer de film BOPP impreso, se determina un tiempo de arrastre para determinar la longitud del envase.

Figura 2.37. Sistema de arrastre por poleas**.**

2.4.4 SISTEMA DE SELLADO VERTICAL

El sellado vertical se efectúa mediante una mordaza que ejerce presión sobre el tubo de alimentación, y que tiene una temperatura calibrada dependiendo del material; esta mordaza es controlada neumáticamente, y su temperatura debe permanecer lo más estable posible para mantener uniformidad y calidad en su sellado, se la indiaca en la Figura 2.38.

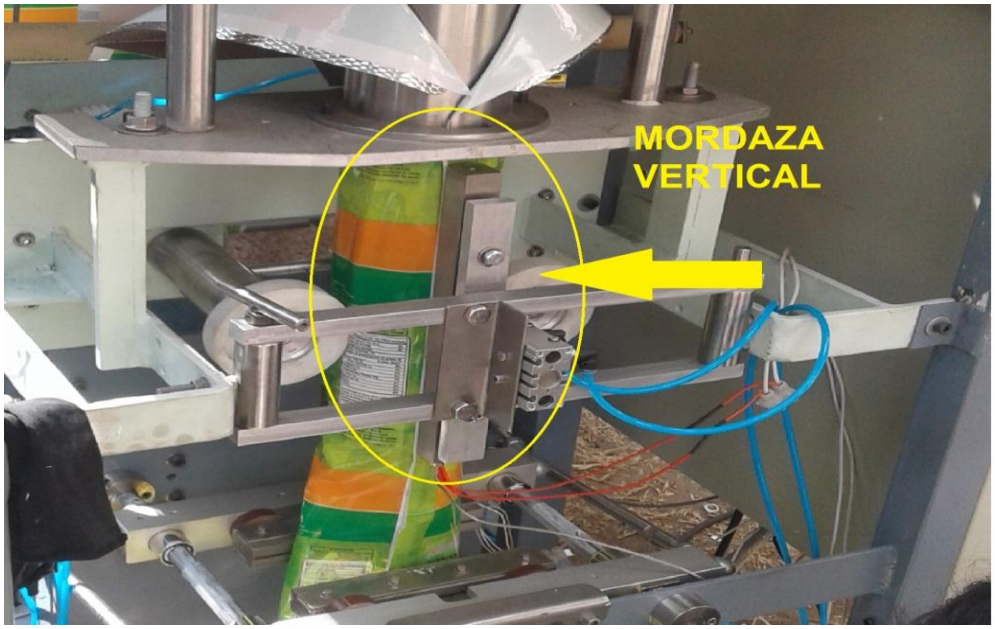


Figura 2.38. Mordaza vertical**.**

2.4.5 SISTEMA DE SELLADO HORIZONTAL

El sistema de sellado horizontal está formado por dos mordazas las cuales están acopladas mediante levas al vástago del cilindro neumático indicadas en la Figura 2.39. Las superficies deben acoplarse de manera precisa y en su interior alojan las resistencias que permiten calentar las mordazas y efectúan el termo sellado como se observa en la Figura 2.40.

Las mordazas tienen una determinada rugosidad para que se produzca un mejor sellado, y deben ser calentadas a una temperatura constante que no exceda las especificaciones de la película plástica, que oscila entre los 90 y 150°C.

Figura 2.39. Levas de accionamiento mordaza horizontal.

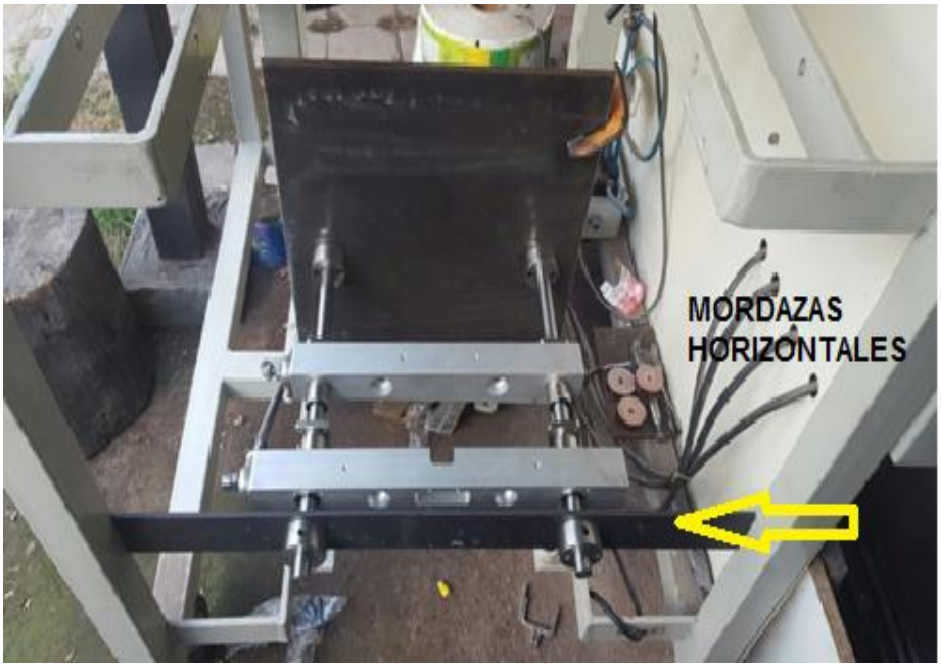


Figura 2.40. Mordaza horizontal.

2.4.6 SISTEMA DE CORTE

Se dispone de un pistón de corte que se encuentra montado en la parte intermedia de la mordaza horizontal indicado en la Figura 2.41. La finalidad de este elemento es separar la costura superior y la inferior de los envases continuos, esta cuchilla se acciona solamente cuando la mordaza horizontal este accionada.

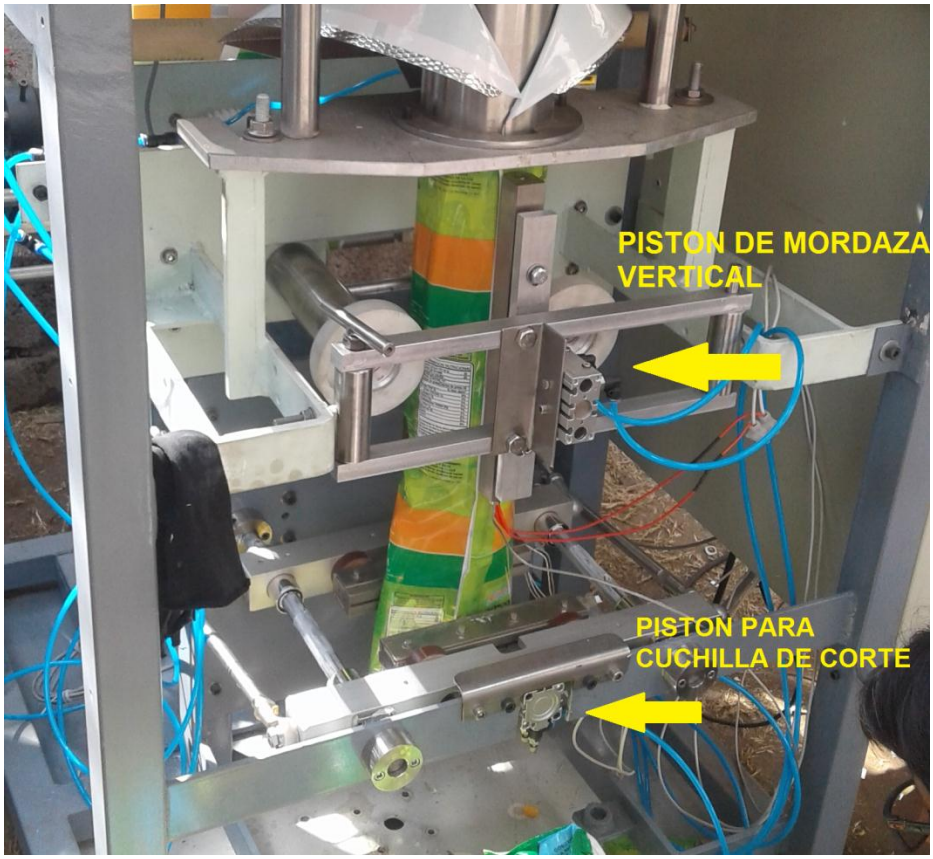


Figura 2.41. Pistón de mordaza vertical y pistón de corte.

2.4.7 ETAPA DE TERMO SELLADO

El termo sellado se lo realiza a través de la energía calórica transmitida por resistencias eléctricas hacia las mordazas y la presión generada por los accionamientos neumáticos. La calidad del sellado es el resultado de tiempo, temperatura y presión correctos para un determinado material termoplástico como se indica en la Figura 2.42.

Figura 2.42. Funda sellada con mordaza horizontal.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SOFTWARE.

En este capítulo se explicará el programa desarrollado para el control del proceso de envasado y se explicarán las pantallas de visualización para la interfaz HMI.

La plataforma que se utilizó es TIA PORTAL, que contiene Step 7 para la programación del PLC S7-1200, y WICC para la configuración de la pantalla KTP400 que permite interactuar con el usuario.

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO

3.1.1 TIA PORTAL 13.0

Este programa es un plataforma de desarrollo de ingeniería de procesos industriales que agrupa varios programas específicos para cada uno de los dispositivos Siemens dado que cuenta con todos los elementos necesarios para el diseño, ejecución de procesos y puesta en marcha de proyectos de automatización industrial en una forma intuitiva [15].

El TIA PORTAL incorpora las versiones actualizadas de los Software STEP 7, WINCC y Startdrive, este conjunto de herramientas satisface la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores PLC, pantallas de visualización HMI y variadores de velocidad. En la Figura 3.1 se observa la pantalla de inicio de la plataforma TIA PORTAL.

3.1.1.1 Sistema de Programación Step 7

El software Step 7, permitió la programación del PLC S7-1200, 1214 dc/dc/dc, básicamente consiste en el establecimiento de una secuencia ordenada de instrucciones que resuelven la tarea de control de los sensores y actuadores de la máquina de envasado. Dicha secuencia establece el correcto funcionamiento de la máquina en un proceso de producción continua.

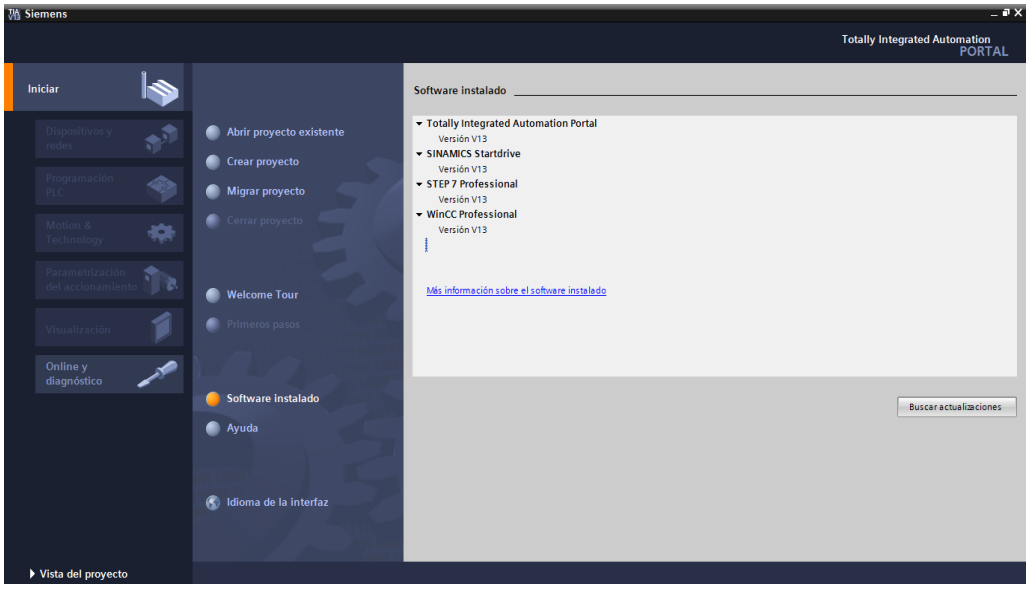


Figura 3.1. Pantalla de la plataforma TIA Portal.

La pantalla de Step 7 que se muestra en la Figura 3.2, es el punto de inicio para el desarrollo del programa.

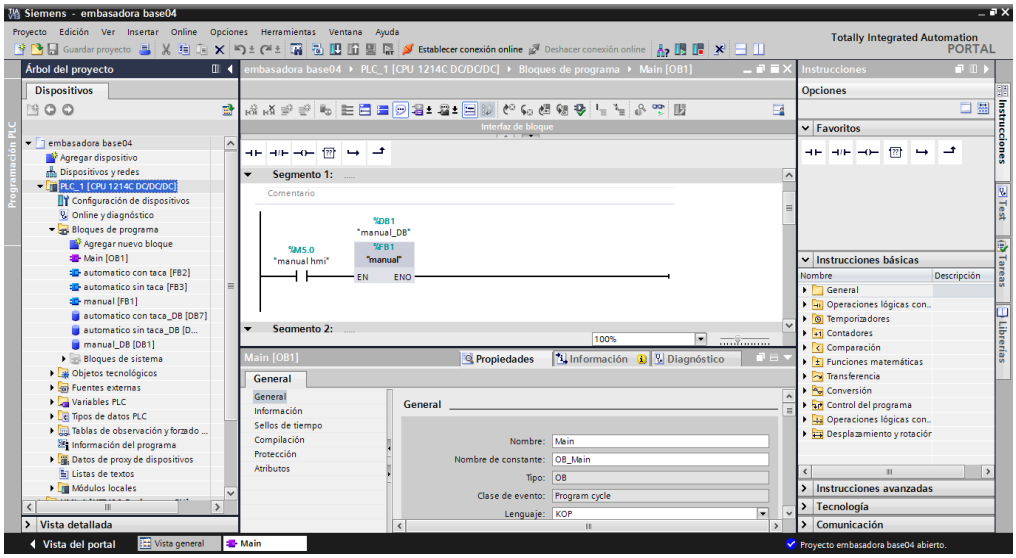


Figura 3.2. Pantalla STEP 7.

El programa está divido en bloques de programación, cada bloque agrupa diferentes números de segmentos de acuerdo al criterio de programación.

Se ha programado en lenguaje KOP (esquema de contactos, escalera o ladder), se tiene un total de 10 bloques que serán llamados por el MAIN o principal, según sea la secuencia solicitada por el HMI.

3.1.1.2 Descripción Del Software WinCC

WinCC es el software para las aplicaciones HMI y se utilizó en el desarrollo del entorno de la pantalla KTP400 monocromática.

Este software está diseñado para la visualización y manejo de procesos, líneas de fabricación, máquinas e instalaciones. Las funciones de este sistema incluyen la emisión de avisos de eventos en una forma adecuada para la aplicación industrial.

Se encuentra dentro del (TIA Portal) y tiene un entorno para programar y configurar procesos de control, visualización y accionamiento. Dentro del programa se escoge la pantalla que se va configurar que en este caso es KTP400 como se indica en la Figura 3.3.

Para configurar la pantalla táctil, se crea un nuevo proyecto, donde se eligen las imágenes que permitan la visualización de las opciones del proceso, se configuran los avisos, se compila el proyecto y se transmite el proyecto a la pantalla táctil.

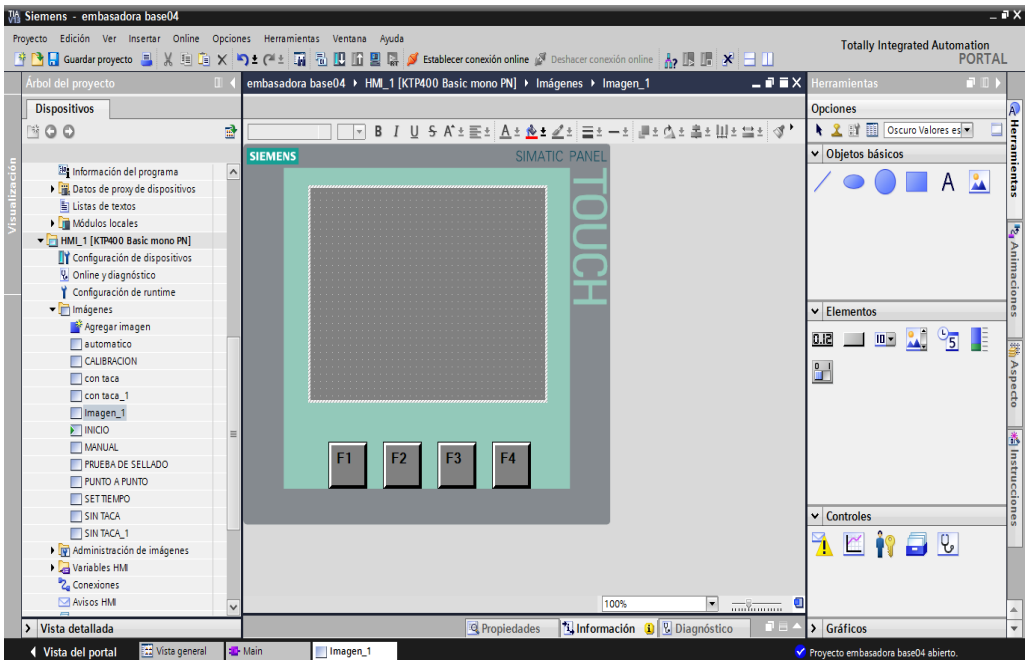


Figura 3.3. Selección de la pantalla KTP 400.

3.2 DIAGRAMAS DE FLUJO PARA EL PROCESO DE ENVASADO

Los programas del PLC, basados en los diagramas de flujo para el correcto funcionamiento de la máquina envasadora, deben cumplir en todo momento el propósito de ofrecer envases estéticamente aceptables y deben garantizar resistencia física adecuada para su manipulación.

La temperatura de las mordazas tanto vertical como horizontal, son gobernadas por controladores y actuadores independientes.

El controlador PLC S7-1200, que es el encargado de proporcionar la secuencia adecuada para cada una de las acciones solicitadas por el operador a través de la pantalla HMI.

Los pasos que se requiere para el envasado y que debe realizar la máquina mediante el programa que va ser ejecutado por el PLC, se detallan a continuación:

- Arrastrar el film BOPP a través del cuello formador.
- Sellar la funda longitudinalmente.
- Sellar la funda transversalmente.
- Llenar la funda con la cantidad de producto seleccionado.
- Cortar el envase con producto terminado.
- Repetir el proceso o detenerse (de acuerdo a lo solicitado por el operador)

3.2.1 DIAGRAMA DE TEMPERATURA DE MORDAZAS.

Para el inicio del proceso de envasado se deben precalentar las mordazas para el sellado de la funda a una temperatura de 130°C para el sellado horizontal y 110°C para el sellado vertical. La Figura 3.4 indica la secuencia de funcionamiento de los controles de temperatura, los valores de temperatura cambiaran según las características del film BOPP.

La temperatura máxima puede ser hasta 150°C y la mínima hasta de 90°C, esto está relacionado con la velocidad de trabajo y características del BOPP.

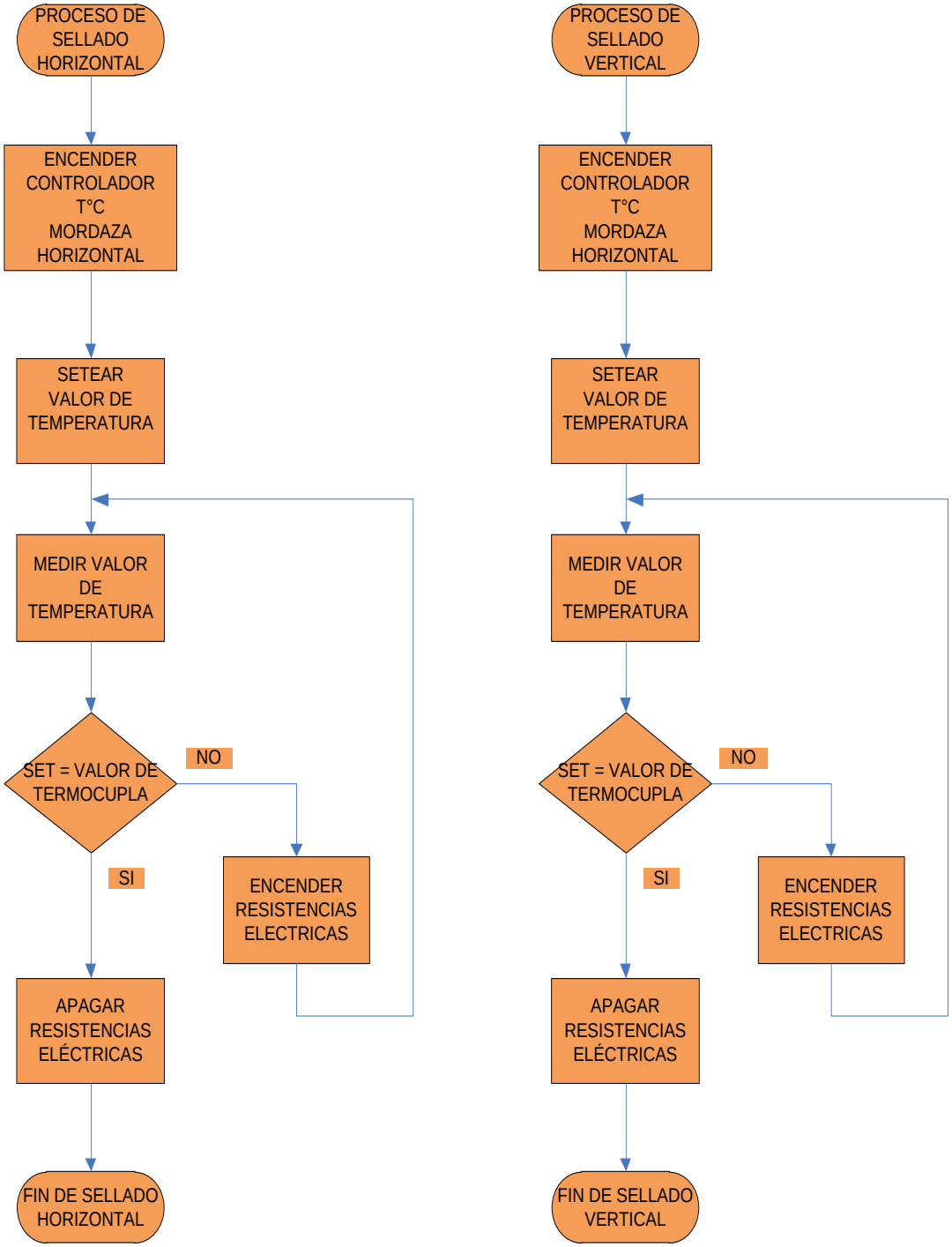


Figura 3.4. Diagrama de flujo de precalentamiento de las resistencias de termo sellado.

3.2.2 DIAGRAMA “MODO CALIBRACIÓN”

En el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.5, indica el programa de calibración, este sirve para una revisión del funcionamiento de los elementos actuadores del proceso de envasado y la calibración de tiempos de acción de cada actuador dentro de la secuencia de envasado.

El programa para la opción de calibración permite al operador escoger dos opciones: “PUNTO A PUNTO” y “SET DE TIEMPO”

La primera “PUNTO A PUNTO” verifica que los actuadores del proceso estén funcionando correctamente.

Al presionar cada uno de ellos, uno a la vez, con su respectivo nombre, se activarán las salidas del PLC como se detalla a continuación:

Salida Q.0.0 Sentido de giro horario del motor de arrastre
Salida Q.0.1 Sentido de giro anti horario del motor de arrastre
Salida Q.0.2 Activación de la mordaza vertical
Salida Q.0.3 Activación de la mordaza horizontal
Salida Q.0.4 Activación de la cuchilla de corte
Salida Q.0.5 Activación de los pistones de presión de las poleas de arrastre
Salida Q.0.6 Activación del cabezal de dosificación.

Al escoger la segunda opción: “SET DE TIEMPO”, se podrá cargar los valores de tiempo de activación de los actuadores que gobiernan a la mordaza vertical, mordaza horizontal, cuchilla, cabezal de dosificación, tiempo de arrastre de envase, y tiempo de retardo entre ciclo. Se tiene dos grupos de valores preseteados, que se pueden activar presionando las teclas F1 (valores para una producción lenta) y F2 (valores para una producción rápida) de la pantalla HMI, lo que permitirá tener dos velocidades diferentes en el proceso de envasado.

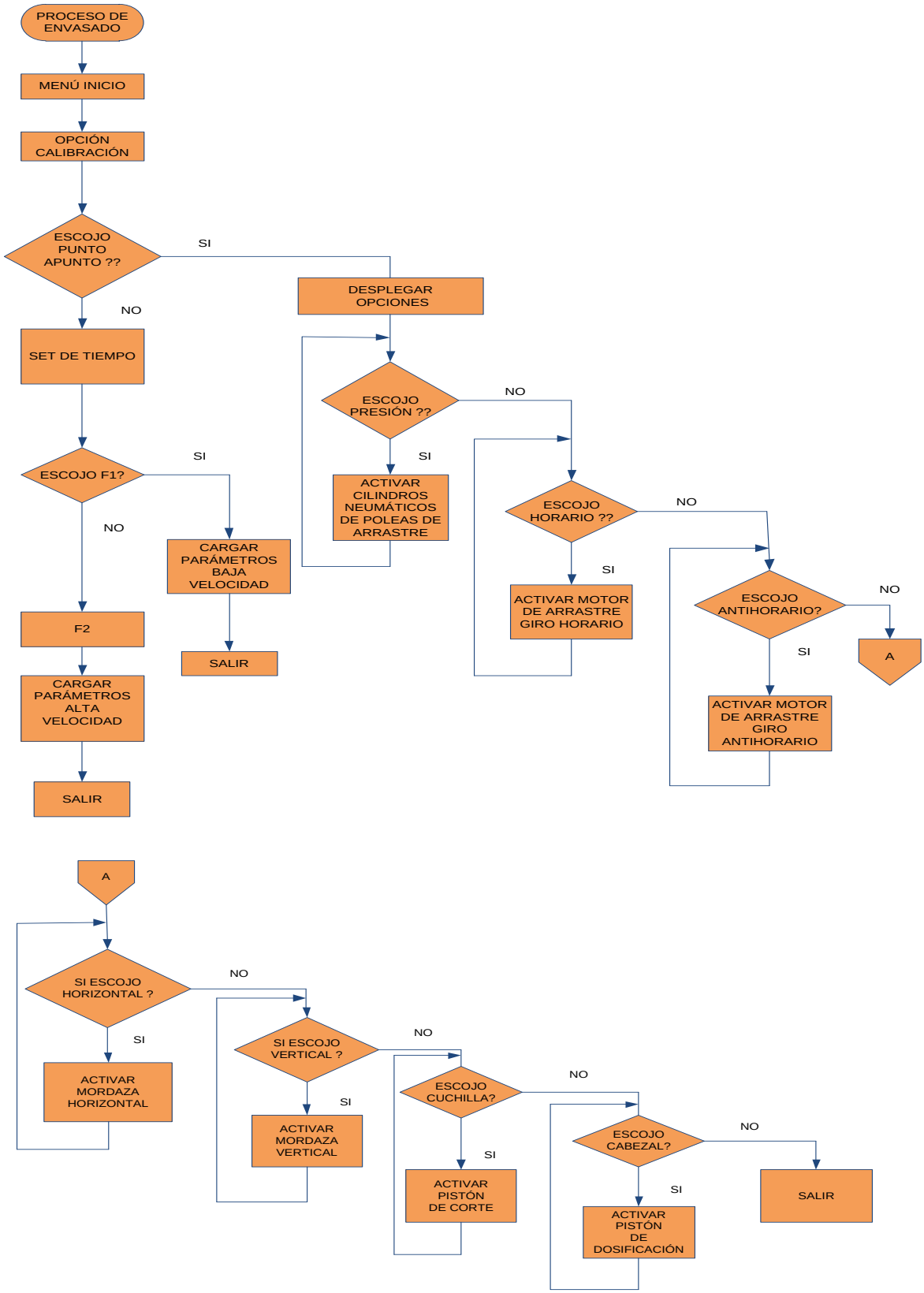


Figura 3.5. Diagrama de flujo opción calibración**.**

3.2.3 DIAGRAMA “PRUEBA DE SELLADO”

Esta opción permite verificar el estado de los envases sin la necesidad de dosificar producto en su interior. Para el tamaño del envase se considera las opciones por marca de taca o por tiempo. El programa sigue los siguientes pasos:

Al encender el proceso en modo “PRUEBA DE SELLADO”, se activan los pistones neumáticos que presionan a las bandas de arrastre en la salida Q.0.5 del PLC, luego se activa el motor de arrastre con la salida Q0.0 del PLC hasta formar el envase con largo de la funda establecido (marca de taca o tiempo de funda). Si el largo de la funda tiene la medida requerida se apaga el sistema de arrastre y se enciende la salida Q0.2 del PLC accionando la mordaza vertical y sellando el envase, posteriormente se activa la salida Q.0.3 del PLC accionando la mordaza horizontal y sellando el envase en la parte superior y la inferior de la siguiente funda. Por último se activa la salida Q0.4 del PLC que activa la cuchilla de corte seguido del apagado de todos los actuadores, obteniendo un envase para revisión de estética y resistencia física.

En este proceso, el control de largo de funda está relacionado a dos elementos, un set de tiempo determinado por “TIEMPO DE FUNDA” y a la llamada “MARCA DE TACA”; para el primer caso el valor seteado determina el tiempo de acción del variador de velocidad sobre el motor reductor y por ende sobre todo el sistema de arrastre. Para el segundo caso, el largo de funda es determinado con la llegada y su observación mediante el sensor de marca, de la llamada “TACA”, esta señal es enviada y procesada por el PLC a través de la entrada I0.0, para enviar el paro de marcha del variador de velocidad.

En el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.6, representa el programa de “PRUEBA DE SELLADO”.

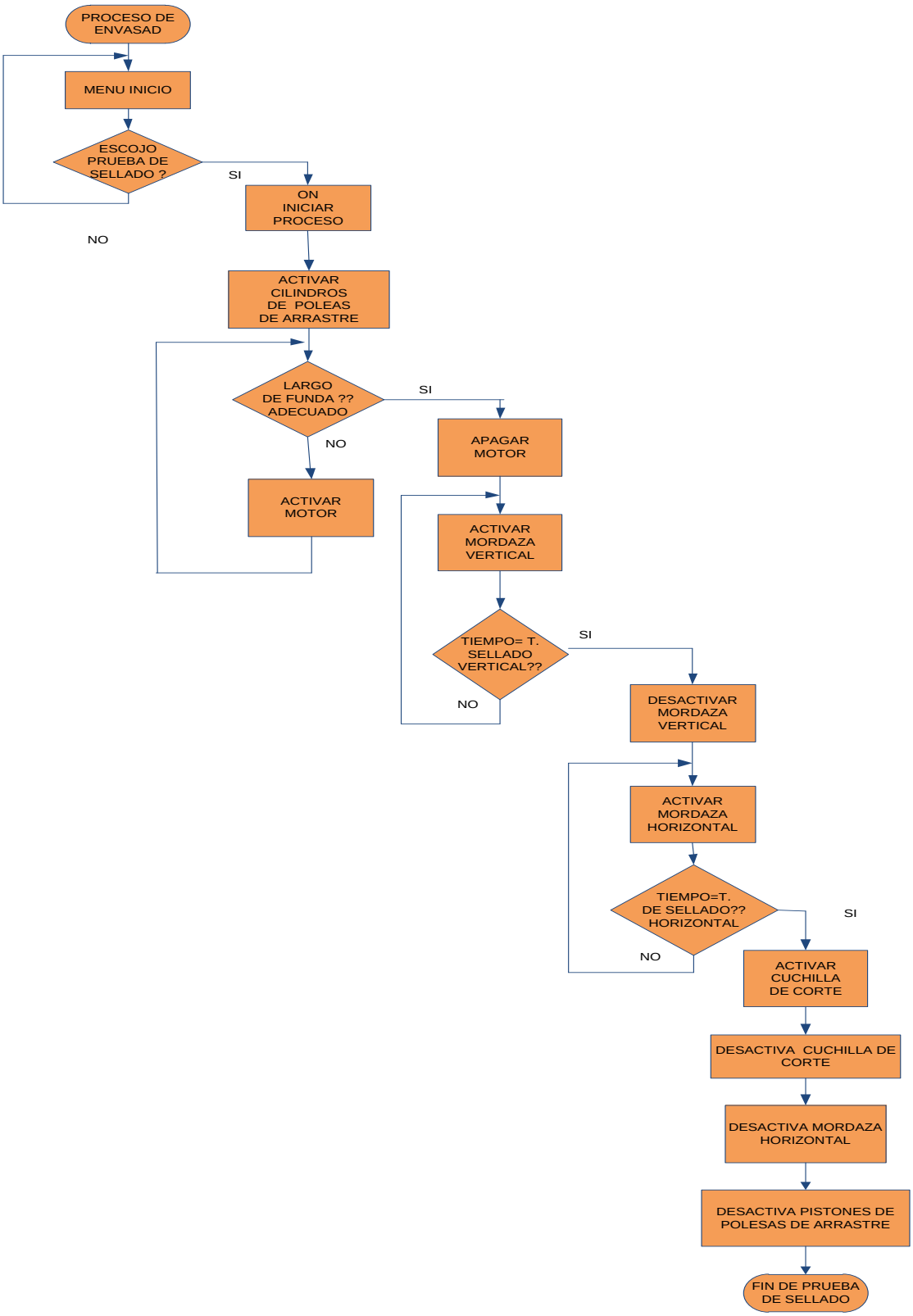


Figura 3.6. Diagrama de flujo prueba de sellado**.**

3.2.4 DIAGRAMA “PRODUCCION MANUAL”

En esta opción el operador puede realizar una sola funda al activar la secuencia y verificar el sellado del envase con producto dosificado. El programa sigue los siguientes pasos:

Al encender el proceso en “PRODUCCION MANUAL”, se activan los pistones neumáticos que presionan a las bandas de arrastre en la salida Q.0.5 del PLC, a continuación se activa la salida Q.0.6 que se encarga de introducir el producto dosificado en el envase, esperando el tiempo correspondiente al set calibrado como “TIEMPO DE CABEZAL”, luego se activa el motor de arrastre con la salida Q0.0 del PLC hasta formar el envase con largo de la funda adecuado. Si el largo de la funda tiene la medida requerida se detiene el sistema de arrastre y se enciende la salida Q0.2 del PLC accionando la mordaza vertical y sellando el envase a manera longitudinal, en este punto se tiene el set de tiempo correspondiente al “SELLADO VERTICAL”, posteriormente se activa la salida Q.0.3 del PLC accionando la mordaza horizontal y sellando el envase en la parte superior y la inferior de la siguiente funda, su sellado es de manera transversal y su acción se relaciona con el set de tiempo de “SELLADO HORIZONTAL”, por último se activa la salida Q0.4 del PLC que activa la cuchilla de corte después de haber transcurrido el tiempo correspondiente al set “CUCHILLA”, seguido del apagado de todos los actuadores, obteniendo un envase con el producto sellado listo para distribuir.

En este proceso, el control de largo de funda está relacionado a un set de tiempo llamado “TIEMPO DE FUNDA”, este valor determina el tiempo de acción del variador de velocidad sobre el motor reductor y por consiguiente sobre todo el sistema de arrastre.

En el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.7, representa el programa de “PRODUCCION MANUAL” del proceso de envasado.

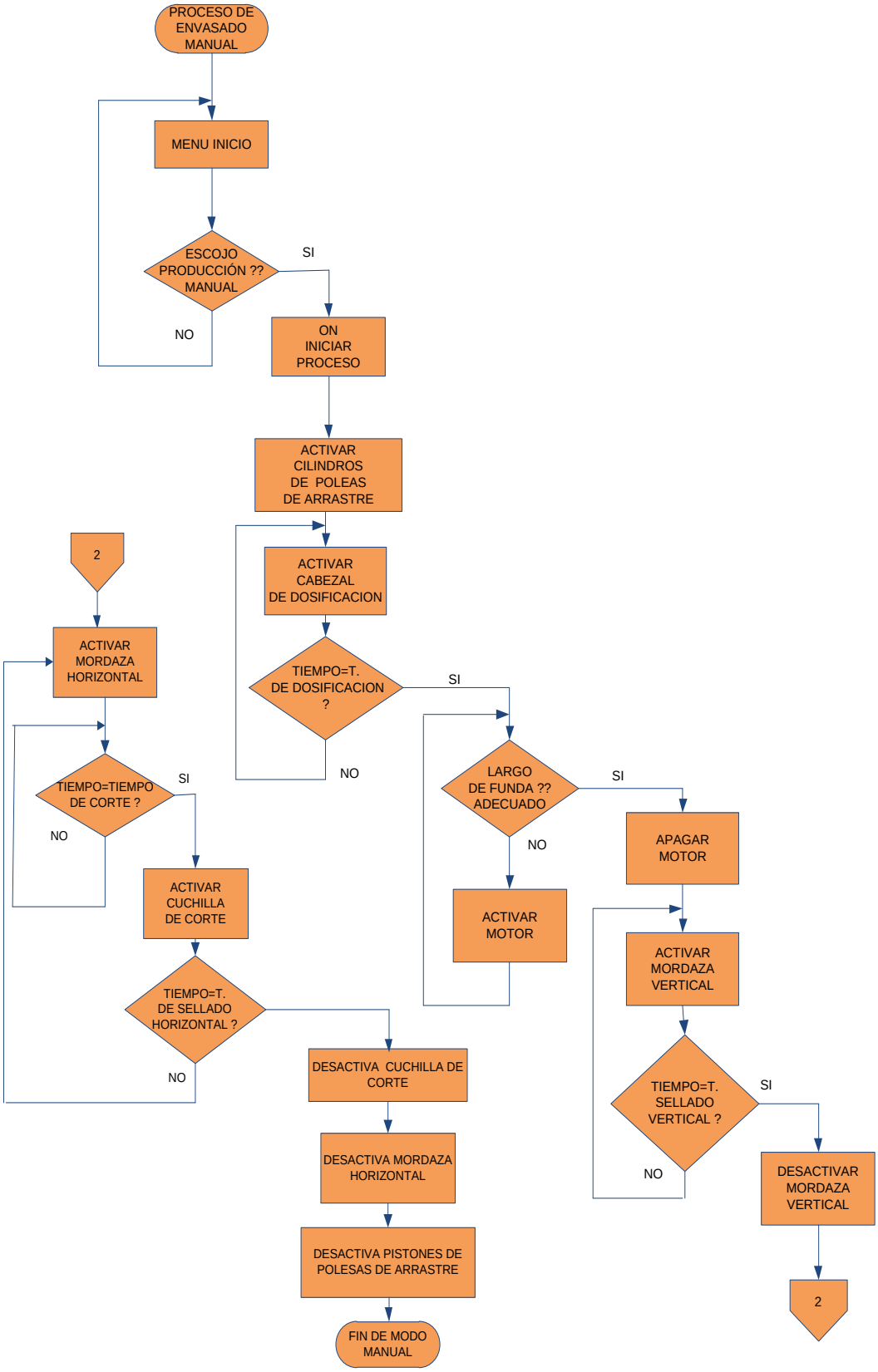


Figura 3.7. Diagrama de flujo producción manual.

3.2.4 DIAGRAMA “PRODUCCIÓN AUTOMÁTICA”

El diagrama de flujo que se muestra en la Figura 3.8, indica el proceso de automático para el envasado. Para este programa se tiene dos tipos de control del tamaño del envase, por marca de taca y por tiempo de arrastre. El programa permite una producción continua de la máquina y funciona de la siguiente manera:

Al iniciar el programa se activa la salida Q0.5 del PLC para presionar las bandas de arrastre, a continuación se activa la salida Q.0.6 que se encarga de introducir el producto dosificado en el envase, esperando el tiempo correspondiente al set calibrado como “TIEMPO DE CABEZAL”, luego se activa con la salida Q0.0 el variador de velocidad, que acciona el motor y el sistema de arrastre hasta formar el envase con largo de la funda adecuado. Si el largo de la funda tiene la medida requerida se detiene el sistema de arrastre, posteriormente se activa por un tiempo correspondiente al “SELLADO VERTICAL”, la salida Q0.2 del PLC accionando la mordaza vertical y sellando el envase. A continuación se activa por un tiempo correspondiente al “SELLADO HORIZONTAL”, la salida Q.0.3 del PLC accionando la mordaza horizontal y sellando el envase tanto la parte superior del envase y la inferior de la siguiente funda. Por último se activa por un tiempo correspondiente al set “CUCHILLA”, la salida Q0.4 del PLC que corta los extremos del envase y se desactiva los pistones de la mordaza horizontal y de la cuchilla, si se desea continuar con el proceso automático el proceso continua con la activación de la dosificación del producto es decir la salida Q0.6 y nuevamente inicia el ciclo de arrastre; caso contrario con el apagado del ciclo, se desactiva la salida Q0.5 y vuelve a condiciones iniciales.

En este proceso, al igual que en la prueba de sellado, el control de largo de funda está relacionado set de tiempo determinado por “TIEMPO DE FUNDA” y a la “MARCA DE TACA”.

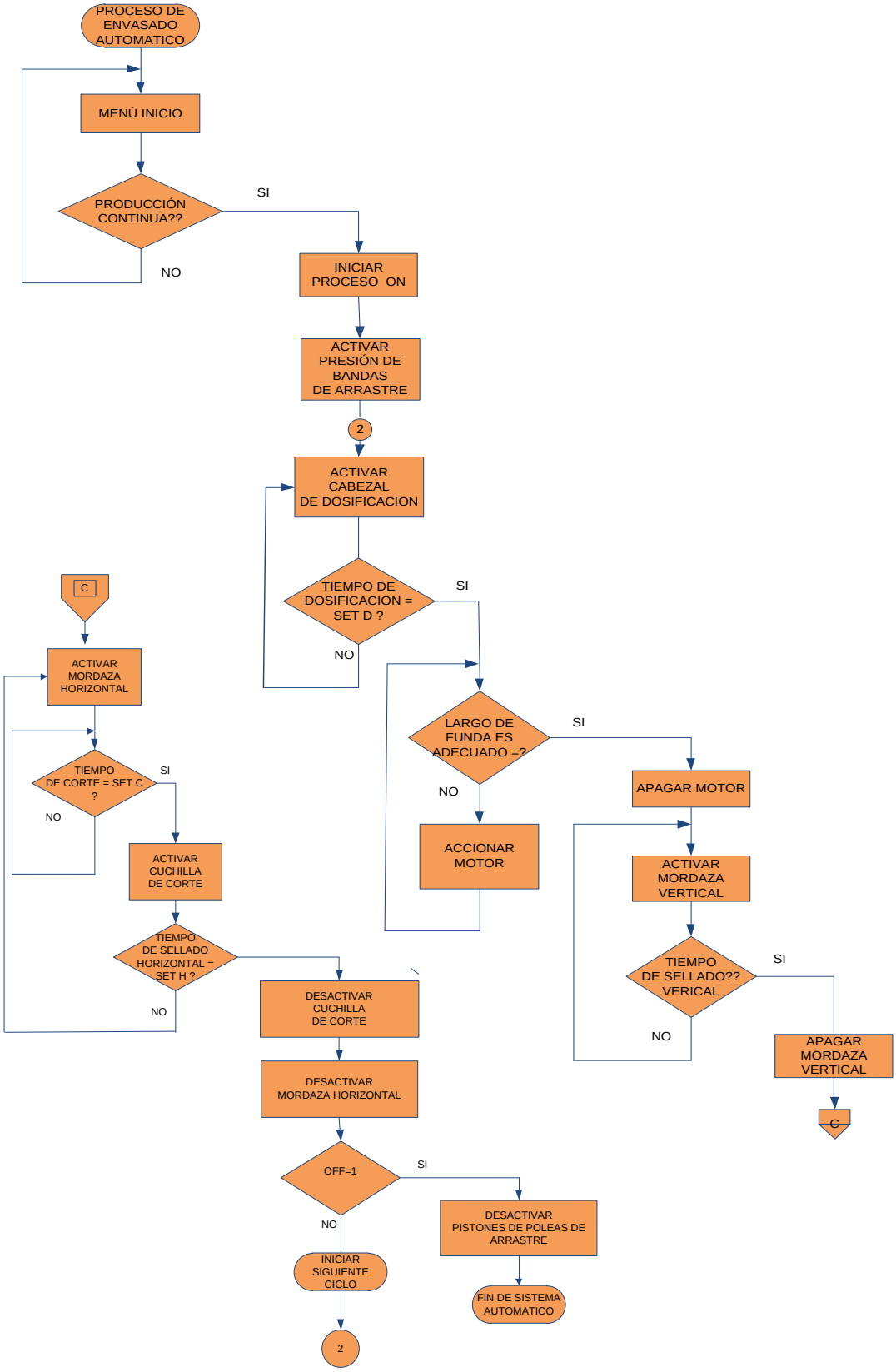


Figura 3.8. Diagrama de flujo producción automática.

3.3 DESARROLLO DE LA INTERFAZ HMI

Para el desarrollo e implementación de la interfaz HMI, fue necesario el criterio de técnicos en el área de empacado y operadores de máquinas semejantes, para determinar la información que consideran necesaria dentro del área de cada uno, es así que para el proceso de envasado se consideró los siguientes aspectos:

- Las pantallas deben proporcionar solamente la información necesaria para el operador.
- La información que debe desplegarse o introducir: Existen pantallas solo de lectura y otras de escritura y lectura.
- El número de pantallas que se necesitan para el control de la máquina de envasado: 11 pantallas
- El orden de presentación de las pantallas para el despliegue de la interfaz HMI: primero la pantalla de inicio, segundo la pantalla de calibración, tercero la pantalla de prueba de sellado, cuarto la pantalla de producción manual y por último la pantalla producción automática.
- El tamaño de los elementos de cada grafico de acuerdo al tamaño de la pantalla. 76.8 * 57.6 mm, área activa de la pantalla.

Las pantallas de visualización con las que interactuara el operador del proceso de envasado son las siguientes:

- Pantalla de Inicio.
- Pantalla de Calibración
- Pantalla de Prueba de Sellado
- Pantalla de Producción Manual
- Pantalla de Producción Continua

3.3.1 ORDEN DE LAS PANTALLAS

En el diagrama de flujo que se representa en la Figura 3.9, se estructura el orden y el despliegue de cada una de las pantallas a visualizarse en el HMI.

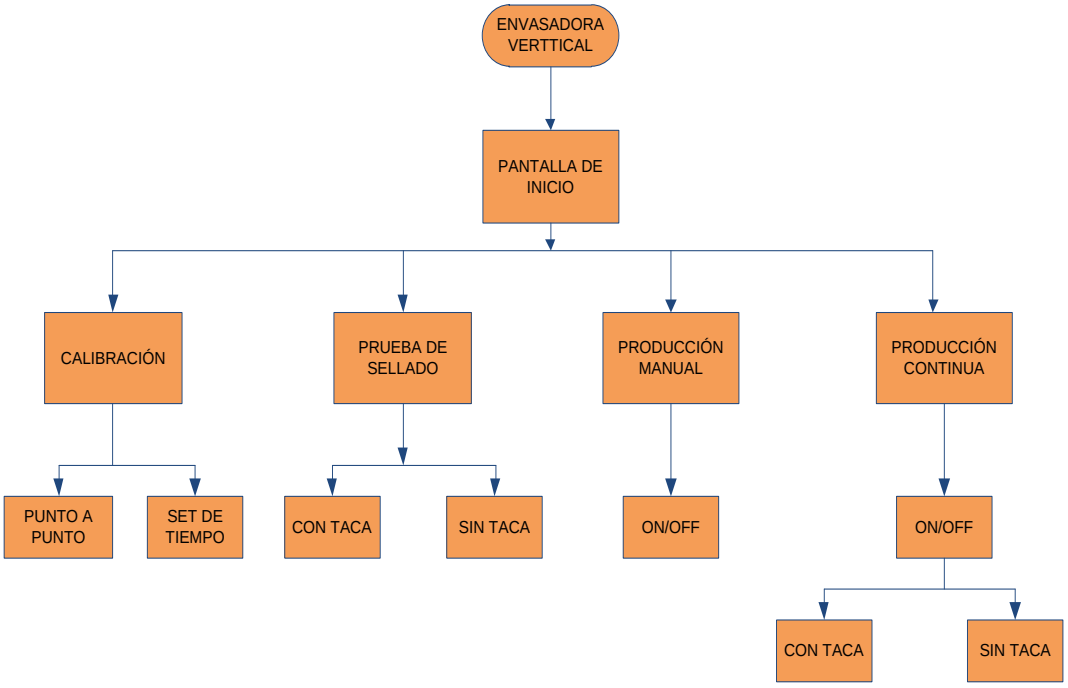


Figura 3.9. Orden de las pantallas de interfaz HMI.

3.3.2 PANTALLA "INICIO"

Al encenderse la pantalla táctil se despliega la imagen mostrada en la Figura 3.10, esta imagen contiene cuatro opciones, la primera de ellas con el nombre de CALIBRACIÓN, la segunda PRUEBA DE SELLADO, la tercera PRODUCCIÓN MANUAL, y la cuarta PRODUCCIÓN CONTINUA.

Exceptuando esta pantalla todas las demás, contienen un botón con el nombre atrás para regresar al menú de "INICIO".

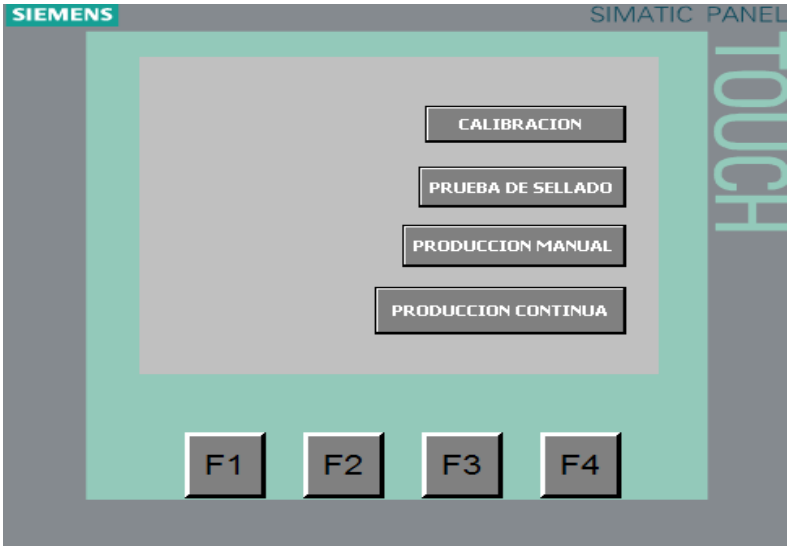


Figura 3.10. Pantalla inicio.

3.3.2.1 Pantalla "CALIBRACION"

Esta pantalla tiene como finalidad dar al operador la posibilidad de verificar el funcionamiento de los elementos interactuantes en el proceso de envasado, además de calibrar los tiempos para una producción continua.

Al presionar esta opción se presentan dos imágenes: la primera de ellas con el nombre "PUNTO A PUNTO" y la segunda "SET DE TIEMPO" como se indica en la Figura 3.11.

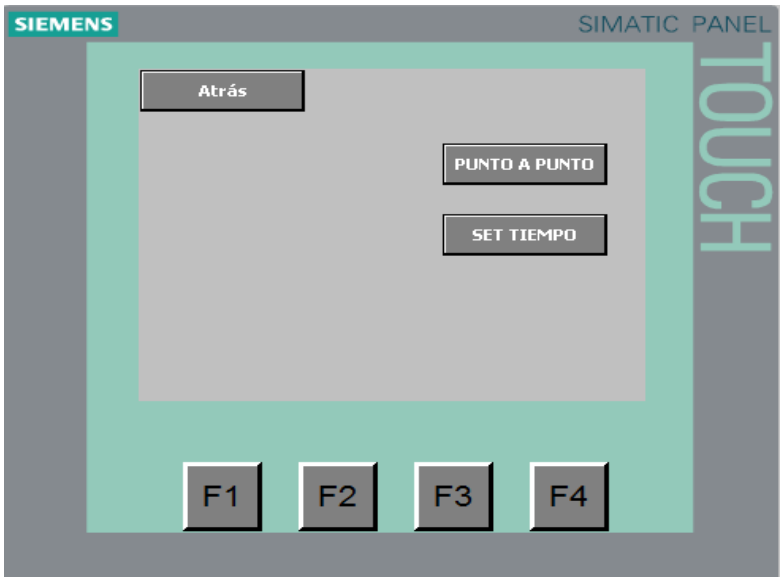


Figura 3.11. Pantalla calibración.

3.3.2.1.1 Pantalla “PUNTO A PUNTO”

Presionando la opción “PUNTO A PUNTO” se despliegan siete alternativas indicadas en la Figura 3.12.

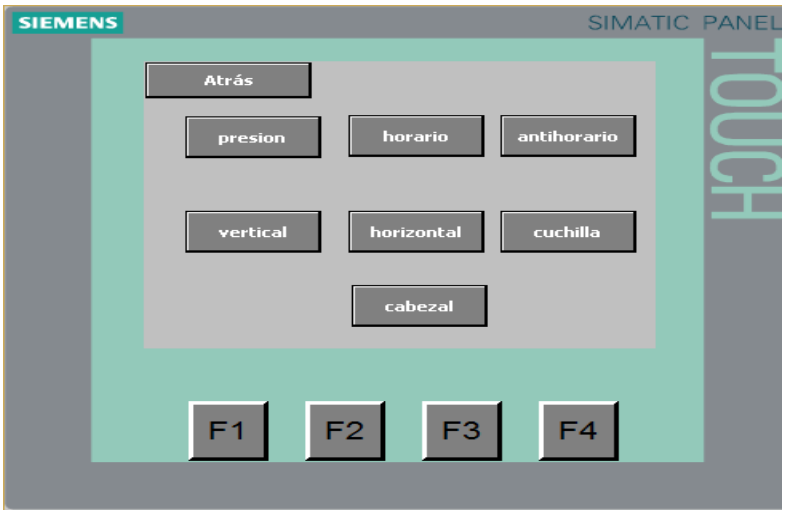


Figura 3.12. Opciones de la pantalla punto a punto.

- El primer botón con el nombre “presión” activa los pistones que presionan las poleas de arrastre.
- El segundo botón con el nombre “horario” permite girar el motor de las bandas de arrastre en este sentido.
- El tercer botón con el nombre “anti horario” permite girar el motor de las bandas de arrastre en sentido contrario.
- El cuarto botón con el nombre “vertical” permite accionar el pistón de la mordaza de sellado vertical.
- El quinto botón con el nombre “horizontal” permite accionar el pistón de la mordaza de sellado horizontal.
- El sexto botón con el nombre “cuchilla” permite accionar el pistón que realiza el corte del producto envasado.
- El séptimo botón con el nombre “cabezal” permite accionar el pistón que permite la dosificación del producto.

3.3.2.1.2 Pantalla “SET TIEMPO”

Esta pantalla permite colocar el valor de los tiempos, en milisegundos, para el accionamiento de: las mordazas, el tiempo de arrastre del motor, cuchilla de corte y del dosificado del producto. Se tiene dos grupos de valores predeterminados a través de las teclas F1 para parámetros de producción de baja velocidad, y F2 para los parámetros de alta velocidad de producción, como se indica en la Figura 3.13.

Los valores predeterminados en F1 y F2 se muestran en la Tabla 3.1.

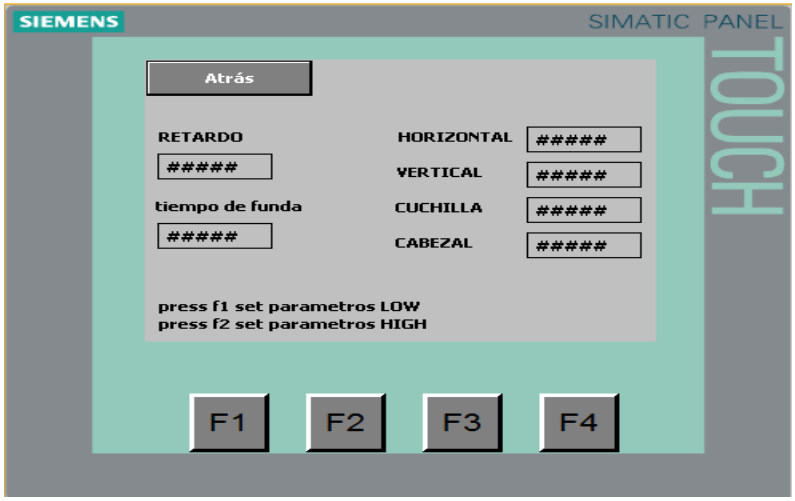


Figura 3.13. Opciones de la pantalla set tiempo.

Tabla 3.1. Tiempos configurados en F1-F2.

Nombre	Valor low F1 (ms)	Valor high F2 (ms)
Tiempo de mordaza Horizontal	**2000**	**1000**
Tiempo de mordaza vertical	**1500**	**600**
Tiempo de Cuchilla	**1500**	**600**
Tiempo de Cabezal	**500**	**300**
Tiempo de Retardo	**1000**	**500**
Tiempo de funda	**3000**	**2000**

3.3.2.2 Pantalla “PRUEBA DE SELLADO”

Esta pantalla permite la verificación de los sellados transversales y longitudinales de la funda los que varían directamente con la temperatura y el tiempo de acción de las mordazas. Esta prueba no se ejecuta con producto, se podrá generar un solo empaque con cada pulso dado y verificar el sellado de la funda para verificar los tiempos seteados en la pantalla de calibración.

Para la ejecución de esta prueba se definen dos opciones: “con taca” para la lámina de envase que tengan esta marca y “sin taca” para lámina de envase transparente, como se indica en la Figura 3.14.

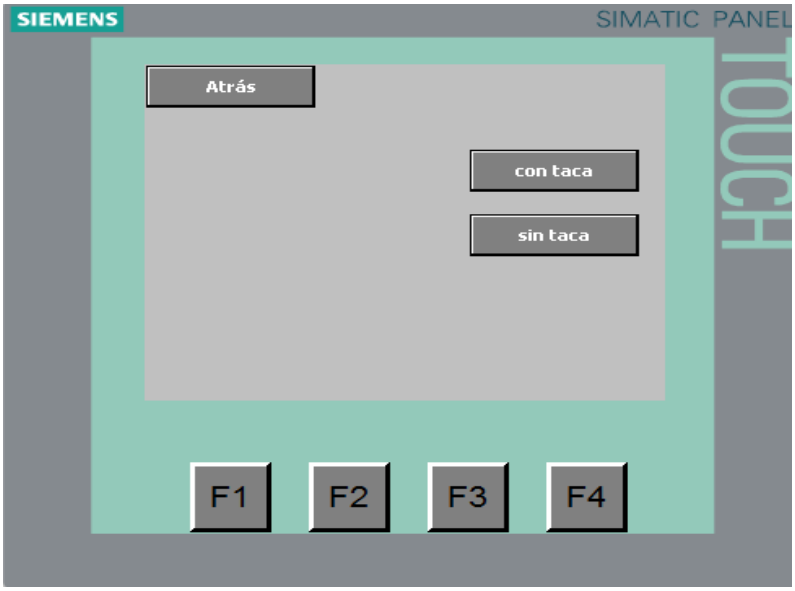


Figura 3.14. Opciones de pantalla prueba de sellado.

La opción “con taca” solo permite observar valores de tiempo, no permite cambiarlos. El tamaño del envase se determina por la marca de taca, se produce un ciclo mediante el botón ON, y se puede detener el ciclo en cualquier momento con la tecla OFF, como se observa en la Figura 3.15.

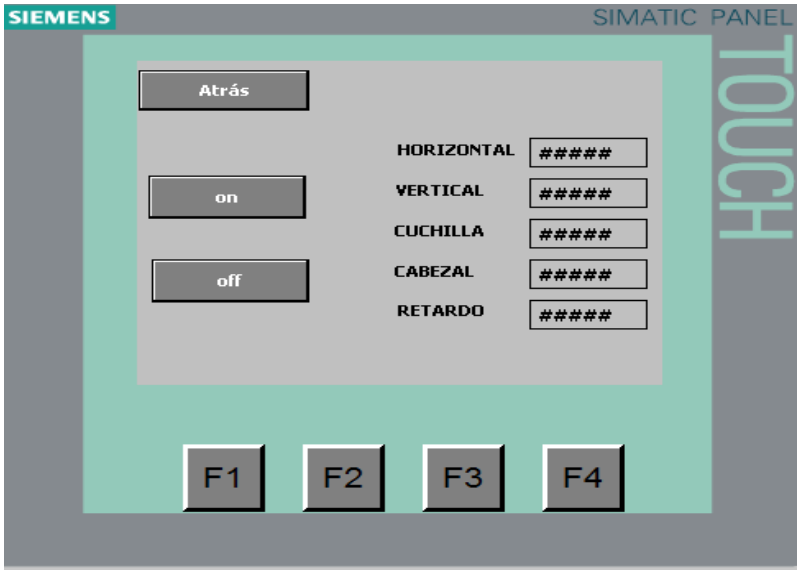


Figura 3.15. Pantalla pruebas de sellado con taca.

La opción “sin taca” permite visualizar los valores de tiempo y no permite cambiarlos. El tamaño del envase se determina por la opción tiempo de largo de la funda, el cual puede ser modificado en la opción calibración como se observa en la Figura 3.16.

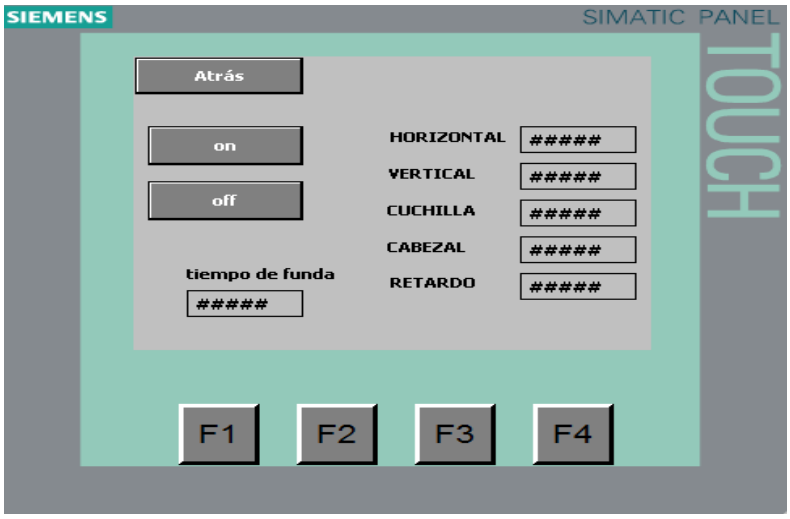


Figura 3.16. Pantalla pruebas de sellado sin taca.

3.3.2.3 Pantalla “PRODUCCIÓN MANUAL”

Esta pantalla permite realizar el envasado con producto, uno a la vez, cada vez que se presione el botón “ON” y se puede detener el ciclo con la boton “OFF” en el momento que el operador lo requiera como se indica en la Figura 3.17. Una vez

que el proceso del envasado cumpla con los requerimientos, el sistema está listo para pasar a producción continua, en el lado derecho de la pantalla se presentan indicadores que se encenderán en base a la acción de cada elemento.

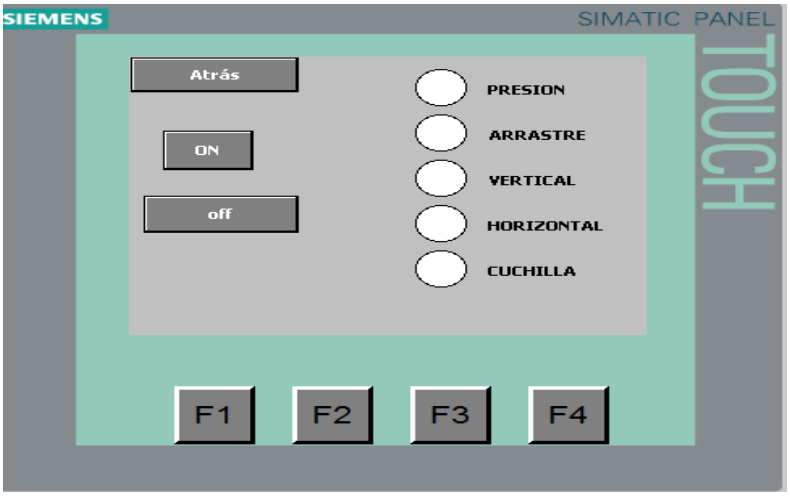


Figura 3.17. Pantalla de producción manual.

3.3.2.4 Pantalla de Producción Continua

Esta opción permite la producción continua una vez verificados los tiempos de acción de las mordazas, cuchilla y dosificación. Esta pantalla presenta dos opciones de funcionamiento “con taca” y “sin taca” de acuerdo al material utilizado para formar el envase del producto como se indica en la Figura 3.18

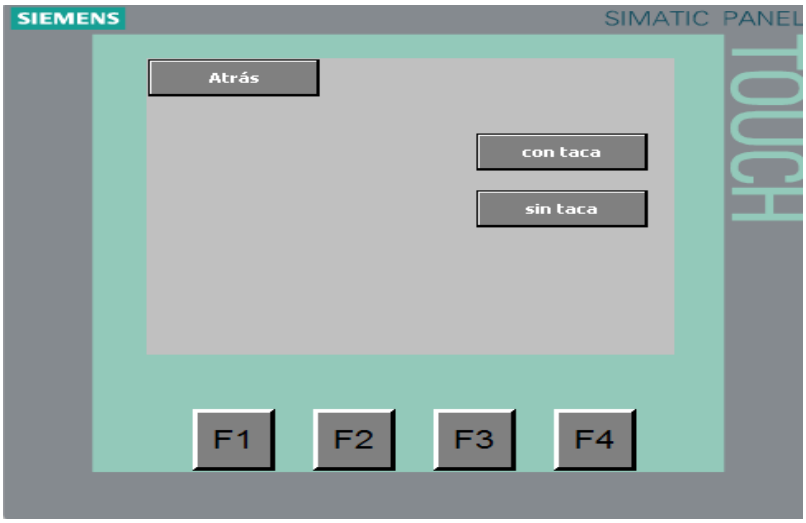


Figura 3.18. Pantalla producción continua.

3.3.2.4.1 Producción Continua con Marca de Taca

Al escoger esta opción y presionar el botón "**ON"** se inicia el proceso automático, en el cual la marca de taca dará el punto de inicio para la secuencia del proceso en el lado derecho de la pantalla muestra los indicadores que cambiaran de color según su activación de los actuadores. La Figura 3.19 muestra la pantalla de producción continua con marca de taca.

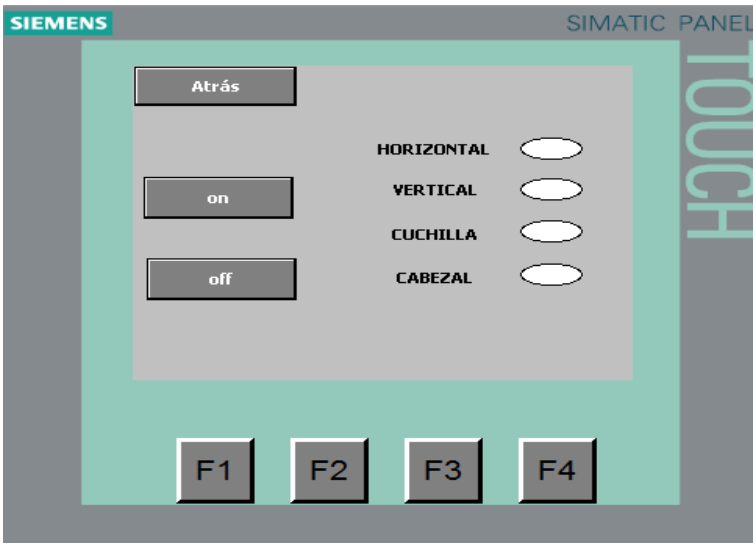


Figura 3.19. Pantalla producción continua con taca**.**

3.3.2.4.2 Producción Continua sin Marca de taca

En esta pantalla al presionar "ON", se iniciará el proceso continuo, la medida longitudinal del envase estará dada por el tiempo previamente establecido y se controlara como se indica en la Figura 3.20. Al igual que en la pantalla de producción continua con marca de taca, se tiene en la parte derecha los indicadores de activación del proceso.

Figura 3.20. Pantalla producción continua sin Taca.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo, una vez instalado todos los elementos de control y los actuadores neumáticos, se verificará el correcto funcionamiento del envasado, a través de calibraciones de tiempo, temperatura, velocidad y se indicarán las pruebas realizadas y los resultados obtenidos.

4.1 PRUEBA DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO

Con la ejecución de esta prueba se pretende determinar el correcto funcionamiento de cada elemento neumático interactuante en la máquina envasadora. Se tiene una presión de aire de 150 PSI proporcionado por un sistema compresor de 2 HP.

A través de la acción del panel HMI en la pantalla de calibración “punto a punto”, como se muestra en la Figura 4.1, se tiene acceso a cada uno de los accionamientos manuales para verificar su funcionamiento a través de las electroválvulas y el sistema neumático.

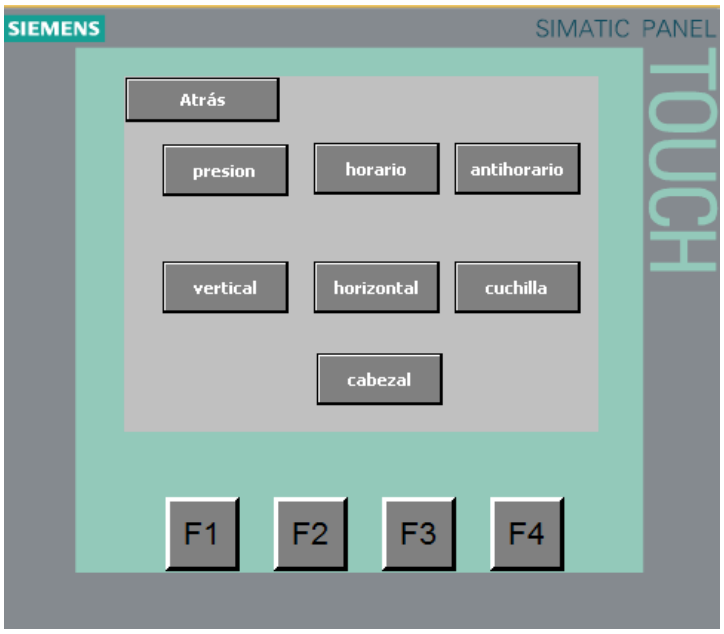


Figura 4.1. Pantalla hmi- calibración-punto a punto

4.1.1 PRUEBA DE APRIETE DE BANDAS DE ARRASTRE

En la Figura 4.2 se indica la posición de las bandas de arrastre en estado abierto y cerrado. Luego de varias pruebas se verificó que la presión que se ejerce sobre el film y el formador, no provoca daños de rotura el momento de giro. En condiciones de producción continua estos pistones se activarán una sola vez y se mantendrán así todo el tiempo del proceso de envasado.

Figura 4.2. Accionamiento de sistema de presión de bandas de arrastre.

4.1.2 PRUEBA DE ACCIÓN DE MORDAZA VERTICAL

El accionamiento del pistón guiado de doble efecto, proporciona el movimiento de la mordaza vertical; en esta prueba inicialmente se verifico un golpe demasiado fuerte entre la mordaza y el formador, efecto que provocaría daño en el film BOPP y deterioro de la parte mecánica. Como solución a este golpe fue necesaria la instalación de una válvula reguladora de caudal en la línea de salida del pistón, lo que logró disminuir el impacto en el momento de presión. En la Figura 4.3, se muestra su acción frente al formador

Figura 4.3. Accionamiento de sistema de presión de mordaza vertical.

4.1.3 PRUEBA DE ACCIÓN DE MORDAZA HORIZONTAL

En esta prueba se comprobó el correcto sellado entre mordazas; su mecanismo neumático y mecánico con la presión de aire de 150 psi, ratifica una perfecta operación. La Figura 4.4 muestra la acción de las mordazas.

Figura 4.4. Accionamiento de sistema de presión de mordaza horizontal.

4.1.4 PRUEBA DE ACCIÓN DE CORTE

La acción del pistón de corte se efectúa en medio de la mordaza horizontal una vez que ésta permanezca cerrada. En la Figura 4.5 se muestra la cuchilla accionada por el pistón neumático, se comprueba su operación correcta.

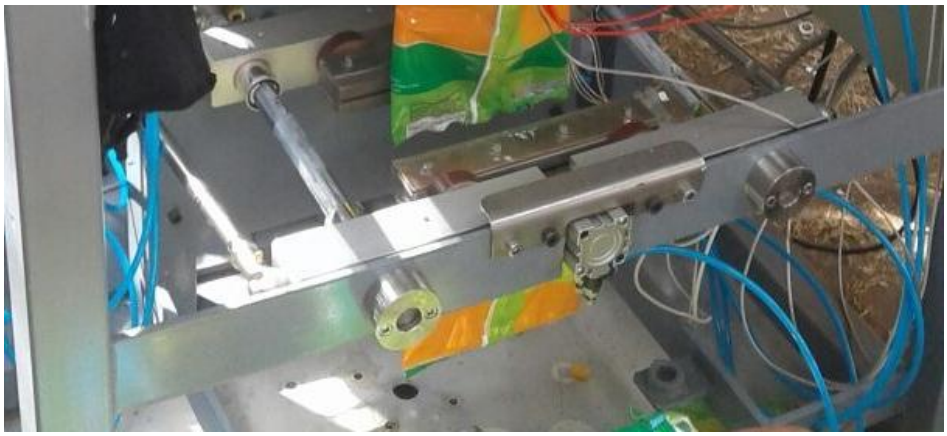


Figura 4.5. Accionamiento de sistema de corte.

4.2 PRUEBAS DE TEMPERATURA EN MORDAZAS

Dado que la calidad del termo sellado basa su correcta función en tres condiciones: temperatura, presión y el tiempo de contacto aplicado al film BOPP, es indispensable el control de temperatura en las mordazas. Estos valores son dependientes de las características del film BOPP a ser utilizados. La temperatura debe ser probada antes de trabajar con producto, pues se tiene diferentes problemas con una mala calibración; se puede observar en la Figura 4.6 un mal sellado por baja temperatura.

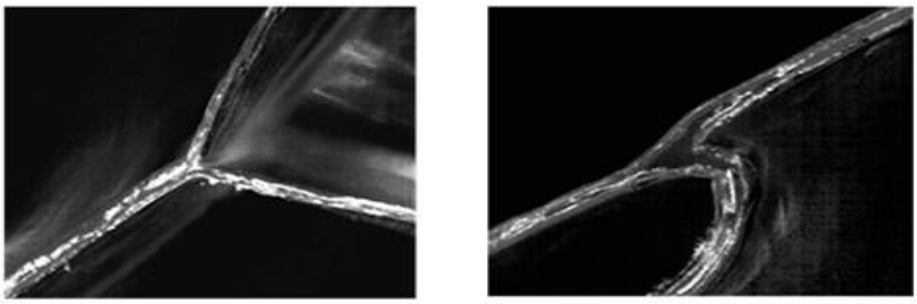


Figura 4.6. Sellado con temperatura baja.

La temperatura es seteada desde el controlador tanto de la mordaza vertical como de la mordaza horizontal; y en conjunto con los elementos interactuantes como lo son el relé de estado sólido, la resistencia eléctrica y la termocupla; proporcionan un adecuado control que mantiene una temperatura, con un margen +/- 2 °C. Las mordazas presentaron su estabilidad térmica luego de 8 minutos de encender su controlador.

4.2.1 PRUEBAS DE TEMPERATURA EN MORDAZA VERTICAL

Esta prueba consiste en calentar la mordaza vertical a una temperatura de 100 °C, y accionar su actuador neumático durante 1 segundo sobre el film BOPP; luego de esto se espera 5 segundos para el enfriamiento y se retira el fragmento para una inspección tanto de termo sellado como de estética y de la unión vertical del envase.

En la Tabla 4.1 se describe los valores seteados y las observaciones de cada experiencia. Los valores del sellado y estética se presentan en un valor adecuado en el ítem 4, teniendo un sellado bueno y una estética excelente, es así que se considera la temperatura de 115 °C, la adecuada para la mordaza vertical. Se presenta en la Figura 4.7 el termo sellado vertical del film BOPP a la temperatura de 115°C.

Tabla 4.1. Prueba de termo sellado de mordaza vertical.

ITEM	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (s)	TERMOSELLADO 0 – 5 mínimo máximo	ESTETICA 0 – 5 pésimo excelente
1	100	1	2	5
2	105	1	3	5
3	110	1	4	5
4	115	1	5	5
5	120	1	5	2

Figura 4.7. Termo sellado de film BOPP vertical.

4.2.2 PRUEBA DE TEMPERATURA EN MORDAZA HORIZONTAL

Esta prueba, semejante a la anterior, consiste en calentar la mordaza horizontal a una temperatura de 100 °C, y accionar su actuador neumático un tiempo de 1 segundo sobre el film BOPP, luego de esto se espera 5 segundos de enfriamiento y se retira el fragmento para una inspección tanto de termo sellado como de estética, de la unión horizontal del envase.

En la Tabla 4.2 se describe los valores seteados y las observaciones de cada experiencia.

Tabla 4.2. Prueba de termo sellado de mordaza horizontal.

ITEM	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (s)	TERMOSELLADO 0 – 5 mínimo máximo	ESTETICA 0 – 5 pésimo excelente
1	100	1	1	5
2	105	1	1	5
3	110	1	2	5
4	115	1	3	5
5	120	1	4	5
6	125	1	5	5
7	130	1	5	3

En la Tabla 4.2 la estética y el sellado se muestran adecuados en el ítem 6, teniendo un sellado y estética excelente, por lo tanto el valor adecuado de temperatura de la mordaza horizontal corresponde a 125°C y se presenta en la Figura 4.8.

Figura 4.8. Termo sellado de film bopp horizontal.

4.3 PRUEBA DE ARRASTRE DE FILM BOPP

Esta prueba consiste en la calibración de los parámetros del variador de velocidad que gobierna al moto-reductor, que a su vez es el responsable del arrastre del film BOPP, esta calibración en conjunto con los valores del set de tiempos está basada en el cumplimiento de la producción de 15 envases por minuto; con un arrastre demasiado lento no se cumplirá la producción y con uno demasiado rápido se tiene la posibilidad de rotura y deformación del Film BOPP a más de falla en la lectura del sensor de taca. La Figura 4.9 muestra la acción de los rodillos frente al film BOPP y el formador de la funda.

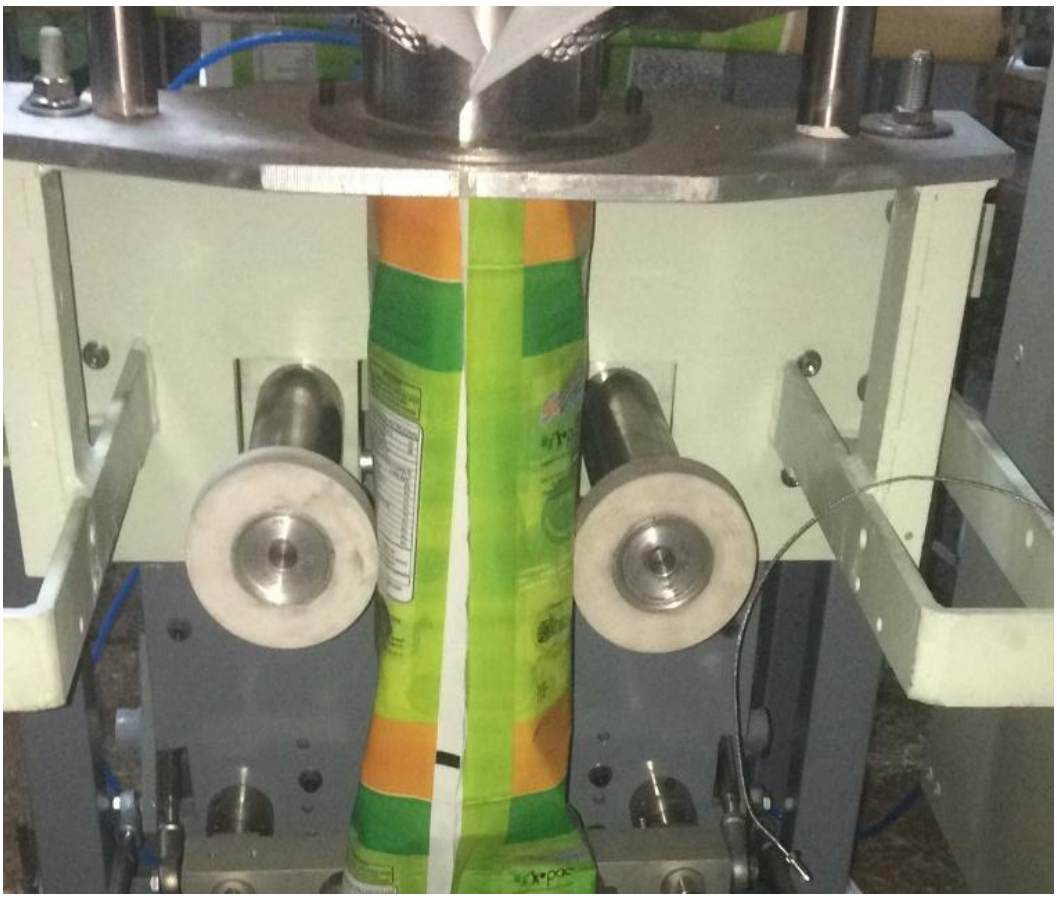


Figura 4.9. Rodillos de arrastre film bopp.

Como base de la prueba se determinará la velocidad lineal que alcance el film BOPP arrastrado por el motor en el transcurso de 10 segundos. Se ha calibrado el variador de velocidad a una frecuencia de 30 Hz, que se incrementará 10hz por

paso, con una rampa de aceleración de 1 segundo y de desaceleración de 1 segundo. La Tabla 4.3 indica los valores experimentados.

Tabla 4.3. Seteo de parámetros variador de velocidad Altivar 312.

ITEM	TIEMPO ACC (S)	TIEMPO DEC (S)	TIEMPO ARRASTRE (S)	FRECUENCIA (HZ)	LONGITUD (mts)
1	1	1	10	30	5.50
2	1	1	10	40	6.80
3	1	1	10	50	8.70
4	1	1	10	60	10.10

Para la calibración de velocidad se ha considerado la velocidad de 8.7 metros por minuto obtenido con 50Hz.

4.4 PRUEBA DE TEMPORIZACION Y SECUENCIA

Esta prueba tiene como finalidad determinar los tiempos adecuados para el accionamiento de cada elemento neumático y su temporización dado que este proceso y la velocidad lineal dada por el sistema de arrastre, son los que proporcionarán la velocidad de ciclo del envasado. Como referencia se tiene la producción de 15 envases por minuto. En la pantalla Calibración de tiempos de la Figura 4.10, se determinará los tiempos adecuados.

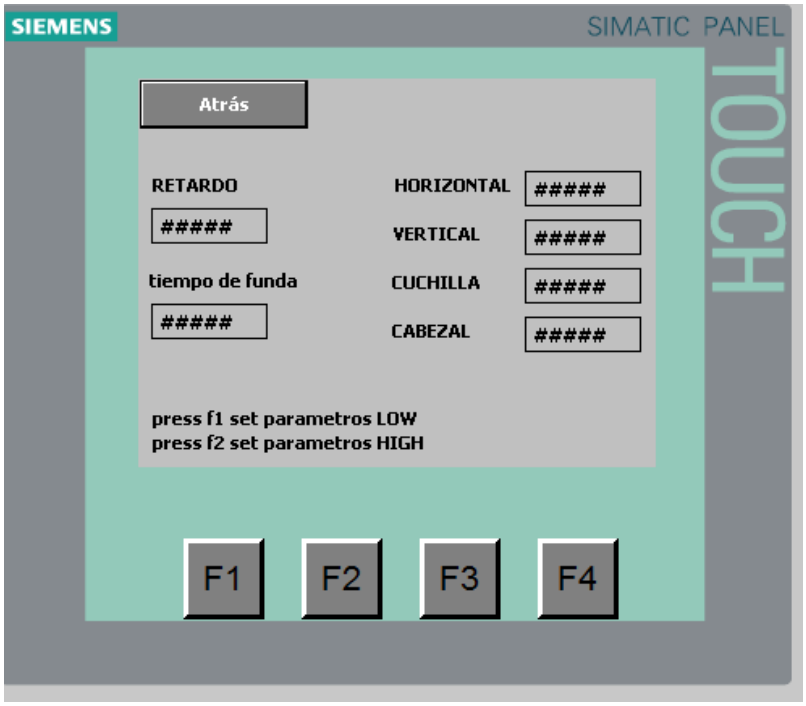


Figura 4.10. Pantalla de calibración de tiempos.

En base a la producción de 15 envases por minuto se ha calibrado los tiempos de operación como lo indica la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Tiempos de seteo.

Nombre	TIEMPO (ms)
Tiempo de mordaza Horizontal	**1000**
Tiempo de mordaza vertical	**600**
Tiempo de Cuchilla	**600**
Tiempo de Cabezal	**300**
Tiempo de Retardo	**500**
Tiempo de funda	**2000**

4.5 PRUEBA DE ACCIONAMIENTO MANUAL

Esta prueba tiene como objetivo realizar envases a manera manual uno a la vez para determinar el tiempo y la calidad del sellado mediante la pantalla de mando manual como se indica en la Figura 4.11, con los valores estables de temperatura en las mordazas de 115°C para el vertical y 125°C para el horizontal; y con los valores preestablecidos en la pantalla de calibración de set de tiempo.

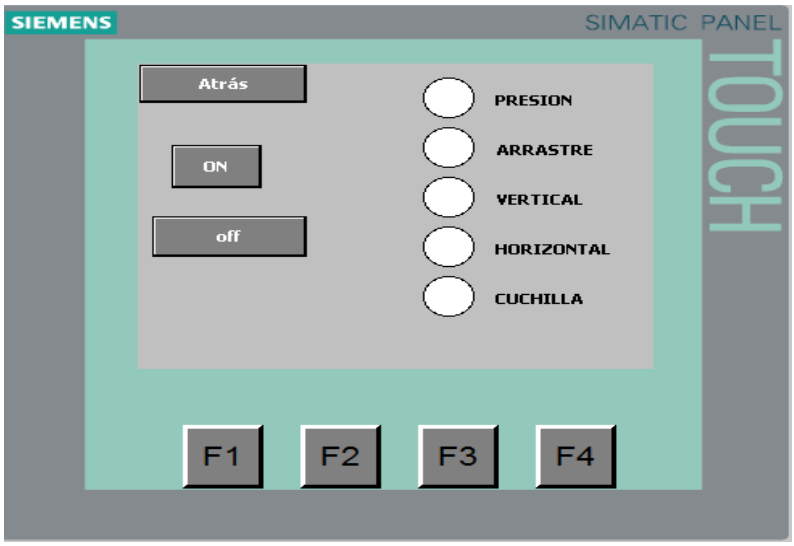


Figura 4.11. Pantalla de empaquetado manual.

Se realiza el primer sellado en operación manual teniendo como resultado el envase que se muestran en la Figura 4.12, en un tiempo aproximado de 4 segundos por funda, el sellado se mantiene uniforme y la estética es la adecuada.

Figura 4.12. Funda sellado manual.

4.6 PRUEBA DE ACCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

Esta prueba consiste en operar la máquina envasadora vertical en una secuencia de producción continua, para esta determinada función se tiene dos tipos, con la marca de taca y sin taca.

4.6.1 CON MARCA DE TACA

En este proceso se tiene un envasado continuo y automático, con arranque en la pantalla del HMI con taca, y como se puede observar en la Figura 4.13, se tiene como relación de inicio de ciclo la marca de taca, dentro del proceso continuo se puede apreciar una velocidad de producción de 15 envases por minuto. Como muestra la Figura 4.14 en la secuencia de producción las marcas de taca proporcionan la homogeneidad en todos los envases realizados.

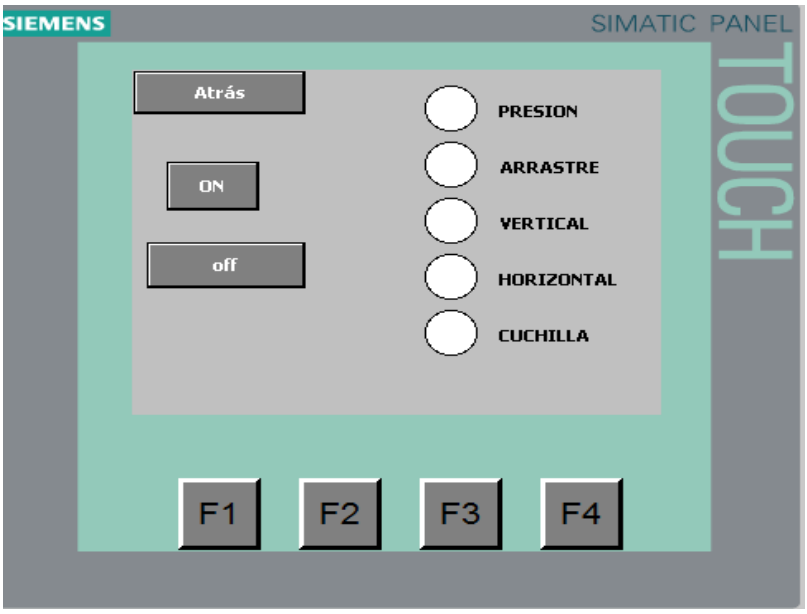


Figura 4.13. HMI producción automática con taca.

Figura 4.14. Envase con taca.

4.6.2 SIN MARCA DE TACA

En este proceso se tiene como referencia de inicio de ciclo, un tiempo determinado como se observa en la Figura 4.15 que ha sido establecido en el set de tiempo de la pantalla de calibración, para tener un equivalente del envase semejante al de la marca de taca, se ha colocado el valor de 3 segundos teniendo como resultado los envases de la Figura 4.16, estos envases como se puede verificar tienen el tamaño semejante pero no coinciden con las marcas de impresión.

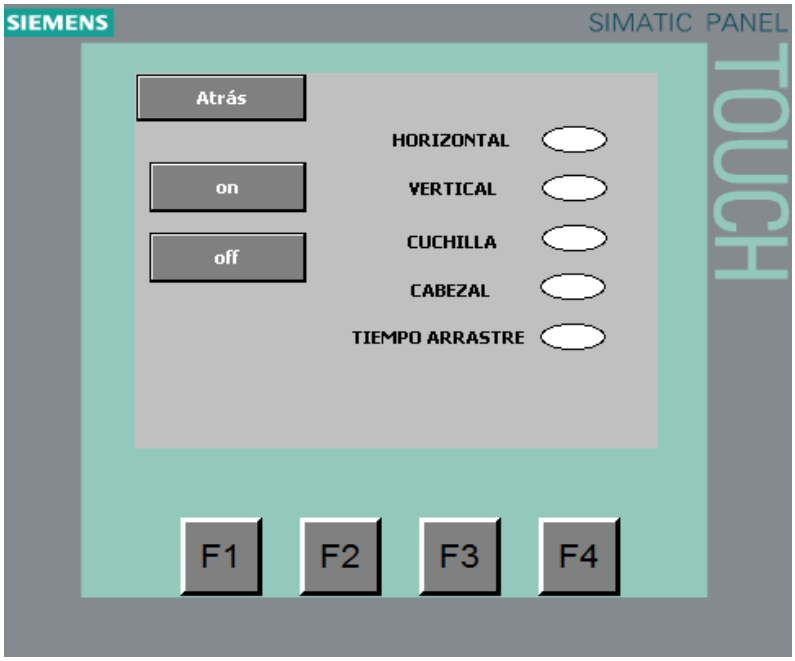


Figura 4.15. Envase automático por tiempo.

Figura 4.16. Envase por tiempo.

4.7 RESULTADOS

- Con la temperatura para el film BOPP de 115°C en mordaza vertical y 125°C en mordaza horizontal se obtiene un envase correctamente posicionado y sellado.

- Con la velocidad del variador de frecuencia en 50Hz y los tiempos seteados se ha obtenido un valor de producción de 15 empaques de 30cm de longitud, en un lapso de un minuto, que trabajando 8 horas diarias proporcionaría una producción de 7200 envases al día.

- Con la producción continua relacionada con la marca de taca se tiene un índice de falla de 1 x 100, esto se basa en diferentes factores, como son la impresión de marca desalineada y vibración de film BOPP por viento o golpes en la estructura. Es necesario considerar que el envasado de alimentos debe ser realizado en las condiciones adecuadas sin la presencia de estos agentes externos.

- Dentro de las condiciones de envasado, la máquina de alimentos granulados puede trabajar sin problema con sistemas de pesaje multicabezal y volumétrico, esto gracias a la velocidad en cada empaque.

- Para requerir mayor velocidad en la producción continua, se tiene dos alternativas como son incrementar la frecuencia del variador de velocidad a valores superiores a los 60HZ, o cambiar la caja reductora con un índice de reducción más bajo.

- Por seguridad es importante un bloqueo que permita suspender la operación continua el momento que las puertas de protección se mantengan abiertas.

- En caso de un paro de emergencia el proceso se detiene automáticamente y se abren todos los accionamientos neumáticos que estuvieren operando.

- Se ha reducido al mínimo todas las funciones que podrían ser aplicadas en el proceso de envasado, esto con la finalidad de que el operador pueda tener la estrictamente necesaria información para su ejecución.

- En el caso que la marca de taca no fuese hallada en un periodo determinado de tiempo, el proceso se detendrá y dará paso a una alarma.

- A mayor velocidad la calidad del envasado se mantiene pero depende directamente de las condiciones de desgaste mecánicos. Será necesario mayor mantenimiento y lubricación de los elementos móviles.

- Para una mayor facilidad del operador, se ha guardado dos juegos de valores en la memoria del PLC, que pueden ser activados en la pantalla de calibración de tiempo con solo presionar las teclas F1 para velocidad lenta y F2 para velocidad Moderada, estos valores se presentan en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Tiempos de seteo F1-F2.

Nombre	Valor low F1 (ms)	Valor high F2(ms)
Tiempo de mordaza Horizontal	**2000**	**1000**
Tiempo de mordaza vertical	**1500**	**600**
Tiempo de Cuchilla	**1500**	**600**
Tiempo de Cabezal	**500**	**300**
Tiempo de Retardo	**1000**	**500**
Tiempo de funda	**3000**	**2000**

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

- Los sistemas de envasado vertical han sido un gran desarrollo para incrementar la productividad de la industria, estas máquinas a más de las energías principales como la eléctrica y la neumática solo requieren de un operador para que supervise el proceso y se tenga una producción de alta calidad

- El desarrollo de tecnología a manera local, la creatividad y la aplicación de equipos modernos, proporciona una ventana amplia para la fabricación de maquinaria más compleja que permita satisfacer las necesidades de la industria nacional, como para el caso del desarrollo de este proyecto, la industria alimenticia.

- El problema directo que se presenta con las máquinas de envasado vertical extranjeras, no solo radica en el deterioro en sus componentes mecánicos, sino en la imposibilidad de cambiar su estructura de funcionalidad, con los equipos usados en este proyecto se tiene la posibilidad de modernizar máquinas que hayan sufrido daños en sus equipos PLC o pantallas HMI, además se tiene la posibilidad de modificar su programa interno, con la visión de que siempre será necesario acoplar las maquinas a nueva tecnología para un rendimiento de mayor nivel, tal es el caso de la utilización de servomotores, que proporcionan velocidad y precisión.

- Todos los elementos que constan en el tablero de control son de fácil reposición en el mercado local. Lo que garantiza que le equipo tenga el respaldo y respuesta inmediata frente a cualquier necesidad de cambio.

- El desarrollo de este proyecto permite tener una nueva línea de mercado para el país, la construcción de maquinaria para la línea de envasado es

una realidad, que aportará a la industria nacional una importante oferta de trabajo.

- Actualmente los equipos de envasado para los productos sólidos granulados de este tipo ofrecen un envase de 30 cm a una velocidad de 10 a 12 envases por minuto, gracias al desarrollo de este proyecto se ha logrado un envasado de 15 unidades por minuto, lo que representa una mejora de gran valor para la producción alimenticia.

- Los objetivos del proyecto se han cumplido totalmente, con la utilización de los elementos PLC, HMI, sensores y actuadores, que se encuentran localmente, se ha controlado a cabalidad el proceso de la máquina de envasado vertical para alimentos sólidos granulados.

5.2 RECOMENDACIONES

- El sistema de envasado actual, trabajando a velocidad media, necesita un plan de mantenimiento preventivo a realizarse de manera diaria, este consiste especialmente en la limpieza con aire comprimido de los residuos de los materiales envasados y lubricación de las partes móviles.

- Es necesario capacitar tanto al operador como al técnico de mantenimiento frente al trabajo de la máquina, los elementos mecánicos pueden provocar serias lesiones en la integridad de la persona.

- Por tratarse de alimentos es necesario las consideraciones de la higiene que se debe mantener tanto en la máquina como en el ambiente a trabajar, para los elementos de contacto con el alimento como el cuello formador, basta una limpieza con aire comprimido para descartar fragmentos y migajas del producto.

- Es necesario mantener el sistema de aire comprimido sin exceso de condensado y con el valor adecuado de 150 PSI, esto garantiza la velocidad de producción y el adecuado funcionamiento de las electroválvulas.

- El seteo de los tiempos del proceso, son de exclusiva responsabilidad del supervisor, procurando que en la pantalla de producción el operador, tenga solo la información básica necesaria para una fácil operación.

- Las temperaturas de las mordazas deben ser preseteadas y encendidas según se tenga las características del film BOPP destinado para el envase y se debe precalentarlas 10 minutos aproximadamente previo al inicio de la producción continua.

- Para los diferentes tamaños de film BOPP, basta con cambiar su formador y calibrar la marca de taca, con lo que se tiene diferentes formatos de envases para este tipo de alimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Cima. (2017, Junio) Maquinaria Indutrial de proceso, envase y envalale. [Online]. https://www.cimasa.com/articulos/envasadora-vertical

[2] P Papaleo. (2010, Junio) Revista Enfasis Packaging. [Online]. http://www.packaging.enfasis.com/articulos/16807-bopp-el-film-preferido-envases-flexibles

[3] E Ulma. (2017, Junio) Especialización en el diseño y producción de equipos y servicios de embalaje. [Online]. http://www.ulmapackaging.com/maquinas-de-envasado

[4] G Miracle. (2017, Junio) Maquinaria para envasar al vacio. [Online]. http://www.miracle.cat/es/productos/maquinaria-y-mobiliario/maquinaria-para-envasar-al-vacio/

[5] Honor Pack. (2017, Junio) Servicio en maquinaria de embalaje. [Online]. https://honorpack.com/es/envasadora-de-bolsa-preformada-systems/envasadora-rotatoria-con-pesadora-muticabezal-para-gr%C3%A1nulos

[6] Motive. (2017, Junio) Motores asíncronos trifásicos serie delphi. [Online]. www.motive.it

[7] Motive. (2017, Junio) Catálogo general reductor sin fin corona serie box. [Online]. www.motive.it

[8] A Serrano, "Neumática," in *Neumática*, Quinta ed., International Thomson, Ed. Madrid, Magallanes, España: Spain Paraninfo S.A, 2000,

pp. 144 - 146.

[9] Alltronics. (2017, Junio) Sensores opticos para aplicaciones industriales parte III. [Online]. http://www.alltronicsperu.com/catalog/manuales/selecciondsensores2.pdf

[10] Schneíder electric. (2016, Mayo) Guia de inicio rápido - ATV-312. [Online]. https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Id=8100860374&p_File_Name=ATV312_Getting_Started_SP_S1A10945_04.pdf&p_Reference=S1A10945

[11] E Mandado, *Automatas Programables y Sistemas de Automatización*. Barcelona, España: Marcombo, 2010, ch. 4, pp. 263 - 269.

[12] S Simatic. (2009, Nov.) Controlador programable S7-1200 manual de sistema. [Online]. https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF

[13] S Simatic. (2012, Abril) Simatic Hmi Paneles de Operador Instrucciones de servicio. [Online]. https://support.industry.siemens.com/cs/document/31032678/simatic-hmi-paneles-de-operador-basic-panels?dti=0&lc=es-WW

[14] Delta. (2017, Junio) Dtb series temperature controller. [Online]. http://www.deltaww.com/filecenter/Products/download/06/060405/Catalogue/DELTA_IA-SS_DT_C_EN_20160204.pdf

[15] Siemens. (2017, Junio) Tia portal. [Online]. http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-

portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx

[16] E Paredes, *Automatización y control de producción en el sistema de envasado de Stevia*. Quito, Ecuador: EPN, 2012.

[17] V Martinez, *Automatización Industrial Moderna*. Mexico: Alfa omega , 2001.

[18] O Doebelin, *Sistemas de medicion e instrumentación diseño y aplicación*, 5th ed.: Mc Graw Hill, 2005.

6 ANEXO A

6.1 DATOS TECNICOS DEL PLC S7-1200

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente	 • 25 KB • 1 MB • 2 KB		 • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales • Digitales • Analógicas	 • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas	 • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas	 • 14 entradas/10 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos • Fase simple • Fase en cuadratura	3 • 3 a 100 kHz • 3 a 80 kHZ	4 • 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz • 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	6 • 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz • 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

Memoria	
Memoria de trabajo	
• integrada	50 kbyte
• ampliable	No
Memoria de carga	
• integrada	2 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.	24 Mbyte; con SIMATIC Memory Card
Respaldo	
• existente	Sí; el proyecto completo en EEPROM integrada (no precisa mantenimiento)
• sin pila	Sí

Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, típ.	0,1 µs; /Operación
para operaciones a palabras, típ.	12 µs; /Operación
para artitmética de coma flotante, típ.	18 µs; /Operación

CPU-bloques	
Nº de bloques (total)	DBs, FCs, FBs, contadore y temporizadores. El número máximo de bloques direccionables es de 1 a 65535. No hay ninguna restricción, uso de toda la memoria de trabajo
OB	
• Número, máx.	Limitada únicamente por la memoria de trabajo para código

Áreas de datos y su remanencia	
Área de datos remanentes (incl. temporizadores,	2 048 byte

Hora	
Reloj	
• Reloj de hardware (en tiempo real)	Sí
• Duración del respaldo	240 h; típicamente
• Desviación diaria, máx.	+/- 60 s/mes a 25 °C
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	14; integrado
• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Fuente/sumidero (M/P)	Sí
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 V DC at 2,5 mA
Intensidad de entrada	
• para señal "1", típ.	1 mA
Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— parametrizable	0,2 ms, 0,4 ms, 0,8 ms, 1,6 ms, 3,2 ms, 6,4 ms y 12,8 ms, elegible en grupos de 4
— en transición "0" a "1", máx.	0,2 ms
— en transición "0" a "1", máx.	12,8 ms
para entradas de alarmas	
— parametrizable	Sí
para contadores/funciones tecnológicas:	
— parametrizable	Monofásica: 3 con 100 kHz y 1 con 30 kHz, Diferencial: 3 con 80 kHz y 1 con 30 kHz
Longitud del cable	
• apantallado, máx.	500 m; 50 m para funciones tecnológicas
• no apantallado, máx.	300 m; Para funciones tecnológicas: No
Salidas digitales	
Número de salidas	10
• de ellas, salidas rápidas	2; Salida de tren de impulsos 100 kHz
Protección contra cortocircuito	No; a prever externamente
Limitación de la sobretensión inductiva de corte a	L+ (-48 V)
Poder de corte de las salidas	

7 Anexo B

7.1 DATOS TECNICOS DE LA PANTALLA KTP400

Peso

	KTP400 Basic mono PN	KTP400 Basic color PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color DP	KTP600 Basic color PN
Peso sin embalaje	aprox. 320 g	aprox. 340 g	aprox. 1070 g		

Pantalla

	KTP400 Basic mono PN	KTP400 Basic color PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color DP	KTP600 Basic color PN
Tipo	LCD mono FSTN	LCD-TFT	LCD mono FSTN	LCD-TFT	
Área activa de la pantalla	76,8 x 57,6 mm (3,8")	95 x 53,8 mm (4,3")	115,2 x 86,4 mm (5,7")		
Resolución	320 x 240 píxeles	480 x 272 píxeles	320 x 240 píxeles		
Colores representables	4 niveles de gris	256	4 niveles de gris	256	
Regulación de contraste	Sí	No	Sí	No	
Ajuste de brillo	No	Sí	No	No	
Retroiluminación Half Brightness Life Time (MTBF[1])	LED 30.000 h	LED 50.000 h	CCFL 50.000 h		
Categoría de error de píxel según DIN EN ISO 13406-2	-	II	-	II	

[1] MTBF: horas de servicio tras las cuales el brillo máximo se reduce a la mitad respecto al valor original. Utilizando la función de atenuación integrada, p. ej., con un protector de pantalla controlado por tiempo o de forma centralizada mediante PROFIenergy, el MTBF aumenta.

Interfaces

	KTP400 Basic mono PN	KTP400 Basic color PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color DP	KTP600 Basic color PN
1 x RS 422/RS 485	-	-	-	Máx. 12 Mbit/s	-
1 x Ethernet RJ45	10/100 Mbits/s			-	10/100 Mbits/s

Tensión de alimentación

	KTP400 Basic mono PN	KTP400 Basic color PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color DP	KTP600 Basic color PN
Tensión nominal	DC +24 V				
Rango admisible	de 19,2 V a 28,8 V (–20 %, +20 %)				
Transitorios, máximo admisible	35 V (500 ms)				
Tiempo entre dos transitorios, mínimo	50 s				
Consumo					
• Típico	aprox. 100 mA	aprox. 100 mA	aprox. 240 mA	aprox. 350 mA	
• Corriente continua máx.	aprox. 150 mA	aprox. 120 mA	aprox. 350 mA	aprox. 550 mA	
• Corriente transitoria de conexión I^2t	aprox. 0,5 A^2s	aprox. 0,5 A^2s	aprox. 0,5 A^2s	aprox. 0,5 A^2s	
Fusible interno	Electrónico				

Unidad de entrada

	KTP400 Basic mono PN	KTP400 Basic color PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color DP	KTP600 Basic color PN
Tipo	Pantalla táctil analógica resistiva				
Teclas de función	4		6		
Tiras rotulables	Sí				

Memoria

	KTP400 Basic mono PN	KTP400 Basic color PN	KTP600 Basic mono PN	KTP600 Basic color DP	KTP600 Basic color PN
Memoria de aplicación	512 kB				

8 ANEXO C

8.1 DATOS DE CONFIGURACION DEL CONTROLADOR DE TEMPERATURA DBT

5	Temperature Sensor Type and Temperature Range

Input Temperature Sensor Type	Register Value	LED Display	Temperature Range
0~50mV Analog Input	17	50	-999 ~ 9999
4~20mA Analog Input	16	4A4	-999 ~ 9999
0~20mA Analog Input	15	0A0	-999 ~ 9999
0V~10V Analog Input	14	0 10	-999 ~ 9999
0V~5V Analog Input	13	05	-999 ~ 9999
Platinum Resistance (Pt100)	12	Pt	-200 ~ 600°C
Platinum Resistance (JPt100)	11	JPt	-20 ~ 400°C
Thermocouple TXK type	10	txk	-200 ~ 800°C
Thermocouple U type	9	U	-200 ~ 500°C
Thermocouple L type	8	L	-200 ~ 850°C
Thermocouple B type	7	b	100 ~ 1800°C
Thermocouple S type	6	S	0 ~ 1700°C
Thermocouple R type	5	r	0 ~ 1700°C
Thermocouple N type	4	n	-200 ~ 1300°C
Thermocouple E type	3	E	0 ~ 600°C
Thermocouple T type	2	t	-200 ~ 400°C
Thermocouple J type	1	J	-100 ~ 1200°C
Thermocouple K type	0	K	-200 ~ 1300°C

Note 1 : An external 250Ω precision resistor should be connected when the current input is selected as the input temperature sensor type..

Note 2 : SP (Operation mode) must be set if user wish to specify decimal point position. Except for the thermocouple B, S, R type, the decimal point positions of all the other thermocouple type input sensors can be set.

The default range of analog input is -999 ~ 9999. For example, when a 0~20mA analog input is selected as the input temperature sensor type, -999 indicates 0mA and 9999 indicates 20mA. If change the input range to 0 ~ 2000, then 0 indicates 0mA and 2000 indicates 20mA. One display scale is equal to 0.01mA.

5 Operation

There are three modes of operation: operation, regulation and initial setting. When power is applied, controller gets into the operation mode. Press the SET key to switch to regulation mode. If the SET key is pressed for more than 3 seconds, controller will switch to the initial setting mode. Pressing the SET key while in the regulation mode or initial setting mode, forces the controller to return to the operation mode.

PV/SV: Sets the temperature set point and displays the temperature process value. Use ∨ ∧ keys to set the temperature set point.

Setting method: While in any function mode, press the key to select the desired function and use the ∨ ∧ keys to change settings. Press SET key to save the changes.

The next flow chart shows how to switch for settings and internal functions:

Regulation Mode	Operation Mode	Initial Setting Mode
At Auto-tuning (Set in PID control and RUN mode) Press ⇩	1234 Use ∨ ∧ key to set temperature set point Press ⇩	InPt Set input type Press ⇩
Pidn 4 groups PID modes (n=0~3). When n=4, PID control is auto regulated. Press ⇩	r-S Control setting RUN or STOP Press ⇩	tPUn Set temperature unit do not display when analog input Press ⇩
PdoF PD control offset setting (When PID control is ON and Ti=0, set the value of PdoF. Press ⇩	Ptrn Start pattern setting (PID program control and PStP Time setting. Press ⇩	tP-H Set upper-limit of temperature range Press ⇩
HtS Heating hystereisis setting (Set in ON/OFF control mode) Press ⇩	SP Decimal point position selection (except for B, S, R type, all the other types can be set) Press ⇩	tP-L Set lower-limit of temperature range Press ⇩
CtS Cooling hystereisis setting (Set in ON/OFF control mode) Press ⇩	AL1H Upper-limit alarm 1 (This parameter is available only when ALA1 function enables) Press ⇩	Ctrl Select control mode (See "Pattern and set Editing selection" for detail) Press ⇩
HtPd or CtPd Heating/Cooling control cycle setting (Set in PID control mode) Press ⇩	AL1L Lower-limit alarm 1 (This parameter is available only when ALA1 function enables) Press ⇩	S-HC Select heating/cooling control or dual loop output control Press ⇩
HCPd Control cycle setting of 2nd output group (Set in PID control and Dual Loop output control mode) Press ⇩	AL2H Upper-limit alarm 2 (This parameter is available only when ALA2 function enables) Press ⇩	ALA1 Alarm 1 mode setting Press ⇩