

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA



LATACUNGA-ECUADOR.

**“AUTOMATIZACIÓN DE UNA SELLADORA DE
FUNDAS PLÁSTICAS TIPO L PARA LA EMPRESA
EDUPLASTIC”**

VICTOR HUGO YANCHAGUANO CANDO

Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:
INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

Año 2013

OBJETIVOS:

- **Objetivo general:**

AUTOMATIZAR UNA SELLADORA DE FUNDAS PLÁSTICAS TIPO L MEDIANTE UN PANEL OPERACIONAL PARA LA EMPRESA EDUPLASTIC.

Objetivos específicos:

- Determinar el funcionamiento de la máquina y definir las variables más relevantes a controlar en el proceso de sellado.
- Elaborar el diseño eléctrico y electrónico para el sistema de potencia y control.
- Seleccionar los dispositivos y equipos necesarios para el sistema mecánico, eléctrico y de control.
- Desarrollar la programación del PLC y el panel operacional e implementación del sistema.
- Ejecutar pruebas y validar el ajuste, calibración y resultados del funcionamiento del sistema.

JUSTIFICACIÓN:

- El desarrollo del presente proyecto tiene como finalidad la automatización de la maquinaria para mejorar los niveles de productividad, una empresa productiva es la que siempre se encuentra produciendo en su modo óptimo, “EDUPLASTIC” ha invertido dinero en la adquisición de una maquina selladora, con el fin de mejorar el proceso de producción de la misma, ésta máquina se encuentra actualmente sin ser operada ya que la operación es manual, lenta y en este momento se encuentra dañada.
- Con la reconstrucción de la maquinaria al implementar el proceso automático se aprovechará el sistema de sellado, se mejorara los tiempos de proceso, se reducirá los desperdicios, garantizando la calidad en la productividad.

ESPECIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS PREVIO A LA REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA.

Para la selección correcta de los materiales a utilizar, es necesario realizar un estudio previo del estado inicial de la máquina selladora.

Artículo	Voltaje (V)	Frecuencia (Hz)	Potencia (W)	Corriente (A)	rpm
Motor del Cabezal	220	50	550	1.75	1400
Motor de Bandas	220	60	1100	4.43	1720
Niquelina	220	60	1500	6.81	-

Estado inicial de la Máquina



PROCESO DE SELLADO DE FUNDAS EN LA EMPRESA EDUPLASTIC

- **Alineación y Doblado del Rollo Plástico:**

Es el primer paso que se realiza antes de que el material ingrese en la máquina de sellado.



- **Tensado de la Película Plástica:**

Este proceso es necesario, para que la película de plástico no se doble ni arrugue durante el proceso que dura hasta llegar a los rodillos principales



- **Arrastre de la película Plástica al Cabezal de Sellado.**

En este proceso, por medio de un servomotor la película es arrastrada por los rodillos principales, hasta un rodillo secundario el cual está cubierto de teflón, es en él en donde se produce el sellado de la película plástica.

- **Sellado.**

Este proceso se lleva a cabo, al producirse contacto entre el rodillo secundario de teflón con la cuchilla, la misma que tiene en su interior una niquelina que la calienta hasta una determinada temperatura, que es la adecuada para que se produzca el sellado de la funda

- **Transporte Final del Producto.**

Finalmente después de todos los procesos citados con antelación, las fundas son transportadas por medio de un sistema de bandas, que se acciona por un motor secundario por medio de poleas, y llega hasta el operador, para su posterior empacado.

SELECCIÓN DE ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS PARA LA REPOTENCIACIÓN DE LA MÁQUINA

Selección del Servomotor:

- Se seleccionó un servomotor de la marca GSK debido a la disponibilidad en el mercado
- Fue seleccionado debido al gran esfuerzo que la máquina realiza en sus múltiples ciclos de arranque y de parada.
- Este tipo de servomotores poseen un torque constante desde su velocidad de reposo, hasta su velocidad nominal y pueden generar torques instantáneos de hasta tres veces el nominal.



Servomotor	Características
Marca	GSK
Tipo	130 SJT – M150B(A)
Voltaje	220 V
Corriente	8.5 A
Frecuencia	60 HZ
R.p.m	1500 - 2000

Selección del Controlador lógico Programable.

Para el desarrollo del proyecto de automatización de la maquina selladora se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- El ambiente de trabajo.
- Tipo de sistema.
- Tipo de comunicación.
- El número de entradas y salidas requeridas.
- Tipo de señales de sensores o transductores que se mantendrán del sistema.



Designación de entradas y salidas del PLC XINJE:

- Después de realizar el análisis de las funciones de la máquina y las operaciones de sus diferentes etapas y los elementos que involucra el control de la máquina, se planteó la designación del número de entradas y salidas necesarias para el desarrollo del proyecto.

Características		Símbolo	Observaciones
Entradas (I)	Digitales	X0	Final de Carrera
		X1	Sensor de Contraste
		X2	Sin utilizar
		X3	Avance del servomotor
		X4	Regreso del Servomotor
		X5	Mando automático
		X6	Mando manual
		X7	Paro de emergencia
		X10	Inicio de ciclo
Salidas (O)	Digitales	Y0	Envía pulso al PIN 1 del servomotor
		Y1	Envía una señal al PIN 15 del servomotor
		Y2	ON – OFF de la banda y la niquelina
		Y3	ON – OFF del cabezal
		Y4	ON – OFF del servomotor (PIN 23)
		Y5	Sin utilizar
		Y6	ON – OFF del Sensor de Contraste
		Y7	ON – OFF de la Sirena

Relé de Estado Sólido

- Este dispositivo se ha seleccionado en base a las características de compatibilidad con la niquelina, ya que se ha visto que es el más adecuado para soportar el nivel de potencia que se maneja, la corriente máxima de soporte del relé es superior a la que circularán en sus contactos internos, para asegurar el funcionamiento correcto del dispositivo incluso si se presentaran sobrecargas de energía u operación.



Marca	Voltaje de Entrada	Voltaje de Salida	Corriente
NUX HANYOUNG	24 VDC	220 VAC	40 A

Selección del Relé Falta de Fase

Se eligió la marca Camscos porque se basa en la medición de las tensiones respecto al neutro y en detectar el orden en que estas aparecen. Si una o más de estas tensiones caen por debajo del 20% o si la secuencia es incorrecta temporiza y opera el desenganche del sistema protegido.



Selección del Sensor de Contraste

Se seleccionó el sensor de la marca Sick, porque cumple con las características necesarias para trabajar en conjunto con los dispositivos ya seleccionados para la máquina, es idóneo para la correcta detección de la marca de corte de las fundas y así evitar pérdidas en la producción, además posee una carcasa metálica que la hace resistente.



Selección del Variador de Frecuencia

Para la selección de estos dispositivos se realizaron de acuerdo a las intensidades nominales y potencia de cada motor, tomando en cuenta también que el voltaje de alimentación es de 220 V. trifásico.

- Para el variador del motor del cabezal se tomarán como referencia los valores de 1,75A y 0,55 KW.
- Para el variador del motor de bandas se tomarán en cuenta los valores de 4,43A y 1,1 KW



Variador	Características	
Marca	Altivar	
Potencia	0.75 KW	
Voltaje	200-240 V	
Frecuencia	50/60 Hz	0,5/ 500 Hz
Corriente	8,9 A (Max)	4,8 A

Variador	Características	
Marca	Altivar	
Potencia	1,5 KW	
Voltaje	200-240 V	
Frecuencia	50/60 Hz	0,5/ 500 Hz
Corriente	15,8 A (Max)	8 A

Selección del Contactor.

El contactor se lo seleccionará en base al valor de la intensidad nominal del sistema ya que se utilizará un solo contactor.

- Para esto se suman todas las intensidades:
- $I_T = 21,49 \text{ A}$
- Debido a que el contactor tiene una condición de servicio ligera se va a tomar un factor de 25% por seguridad
- $I_{\text{cont}} = 1.25 * I_T$
 $I_{\text{cont}} = 26,86$
- Con el dato de la intensidad y el voltaje de la bobina que es de 220 V, se puede hacer la elección correcta.



Contactor	Características
Marca	Schneider
Modelo	LC 1 D 18
Voltaje	200-240 V
Frecuencia	60 Hz
Intensidad	32 A

Selección de la Termocupla.

- Convierte una magnitud física en una señal eléctrica. Esta constituida por dos alambres metálicos diferentes, que unidos desarrollan una diferencia de potencial eléctrico entre sus extremos libres que es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre estas puntas y la unión.
- Se selecciona la termocupla tipo J por su utilización en el campo industrial plástico.

Tipo	Combinación de Metales	Sensibilidad	Rango de Temperatura	Linealidad
J	Hierro, cobre y níquel	5,6 mV/100°C	-40°C a 750°C	No
K	Cromo y aluminio	3,6 mV/100°C	-40°C a 1200°C	No
T	Cobre	4,5 mV/100°C	-50°C a 400°C	No
E	Cromo	7,9 mV/100°C	-40°C a 900°C	No

Selección del Controlador de temperatura.

Los siguientes puntos fueron considerados al seleccionar el controlador:

- Tipo de sensor de entrada (termopar, RTD) y rango de temperatura
- Tipo de salida requerida (relé electromecánico, SSR, salida analógica)
- Algoritmo de control necesario (encendido / apagado, proporcional, PID)



Controlador	Características
Marca	HANYOUNG NUX
Modelo	AX4-1A
Alimentación	100-240 Vac
Frecuencia	50/60 Hz
Termocupla	Tipo J
Rangotemperatu.	-100 a 500 °C
Tipo de entrada	Análoga
Tipo de salida	Digital

PARÁMETROS DE DISEÑO

Cálculo para el Incremento de Sellado en el Motor Cabezal.

- Actualmente esta máquina realiza un sellado máximo de 60 fundas por minuto, es por eso que se ha visto necesario implementar un incremento, por ello se rediseña el sistema de movimiento del cabezal, por lo que es necesario calcular nuevos diámetros para las poleas con sus respectivas bandas.
- La velocidad del motor es 1400 revoluciones por minuto y se requiere que el eje conducido gire a 120 revoluciones por minuto; el sistema está unido por bandas y por una caja reductora de 11 a 1, las poleas serán de tipo A, debido a su disponibilidad en el mercado.

$$N_1 * d_1 = N_2 * d_2 = N_3 * d_3$$

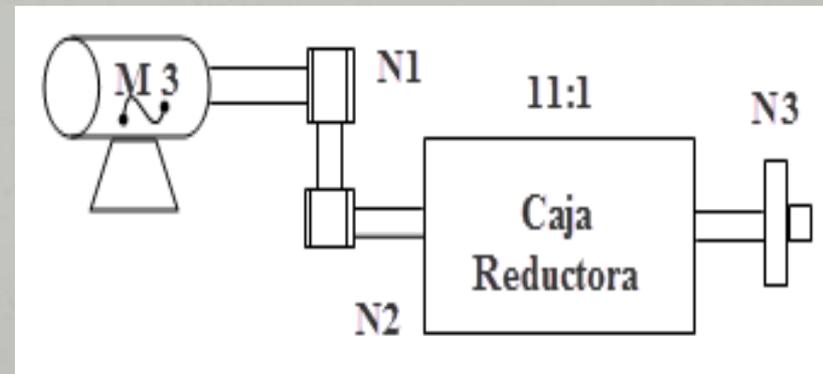
De donde:

N1= Velocidad de la polea de entrada.

N2= Velocidad de la polea de salida.

d1= Diámetro de la polea de entrada.

d2= Diámetro de la polea de salida.



- Con la relación de transmisión se encuentra la velocidad de la polea de salida.

$$\frac{N2}{N3} = \frac{11}{1}$$

$$N2 = 11(120)$$

$$N2 = 1320 \text{ rpm}$$

- Ahora se puede calcular el diámetro de la polea de salida.

$$d2 = \frac{N1 \cdot d1}{N2}$$

$$d2 = 3.18 \text{ plg} \approx 3 \text{ plg.}$$

La polea seleccionada será tipo A de 3 plg.

Cálculo de la Distancia Mínima y Máxima entre Ejes.

- Se tomará en cuenta el factor i , el mismo que tomará valores de acuerdo al tipo; $M=2.5$ mm, $A=3.3$ mm y $B=4.2$ mm.
- $D_m = 0.7 (d_1 + d_2 - 4i)$
- $DM = 2(d_1 + d_2 - 4i)$

Donde:

D_m = Distancia Mínima

$$D_m = 4.18 \text{ plg.}$$

DM = Distancia Máxima

$$DM = 11.9 \text{ plg.}$$

Cálculo para Longitud de Correa

$$L_c = [(d_{1p} + d_{2p}) * \pi / 2] + 2 L_e$$

De donde:

- L_c = Longitud de Correa

$$L_c = 31 \text{ plg.}$$

- Por consiguiente se selecciona una banda de 31 plg. (A_{31}).

Diseño Eléctrico del Sistema de Potencia

Cálculo para Selección de los Conductores del Servomotor.

- Para el presente cálculo es necesario tener en cuenta las siguientes variables:

I_{sc} = Corriente del sobrecarga.

I_{pc} = Corriente a plena carga

$$I_{sc} = 1.75 I_{pc}$$

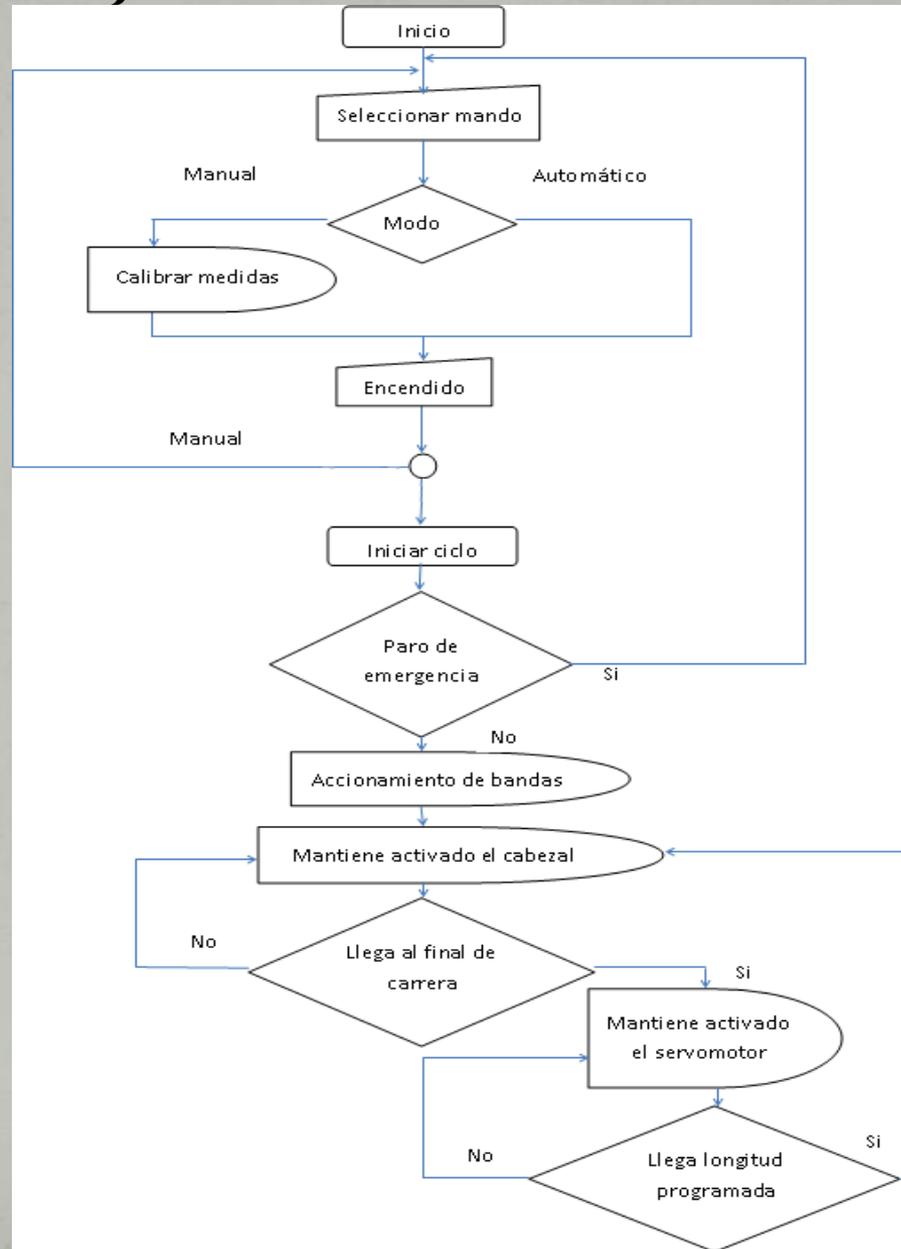
$$I_{sc} = 14.875 \text{ A}$$

- De acuerdo a la tabla de conductores, la corriente calculada corresponde al conductor AWG calibre 14.

Selección del Breaker Principal.

- Para la selección de este dispositivo se tomarán en cuenta los valores de intensidad de sobrecarga total del sistema.
- $I_s = 1,25 I_T$
- $I_s = 26,86 \text{ A}$
- Con este valor se escoge el breaker adecuado según los parámetros requeridos.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE PROCESO DE SELLADO.



DISEÑO DEL HMI.

- Para el desarrollo del HMI se utilizó el software OP20 Edit Tool.
- Para empezar a crear la Interfaz Hombre Máquina se manipulan las opciones de acuerdo a nuestra necesidad. Con los botones situados en la parte derecha del área de edición los mismos que ayudan a ingresar las etiquetas e íconos necesarios para la construcción de cada pantalla.



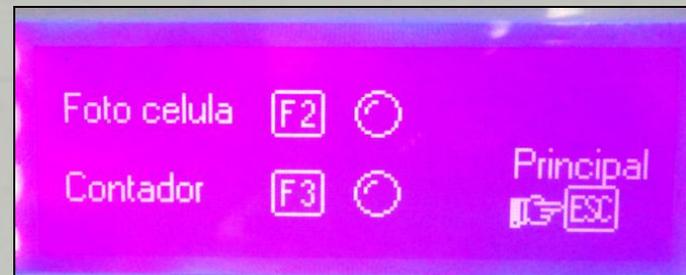
- **Ventana Principal.**

En esta pantalla se detallan los datos que se recogen en la aplicación del proceso de sellado, es decir se mostrará en pantalla el número de fundas selladas, la velocidad de sellado y del servomotor.



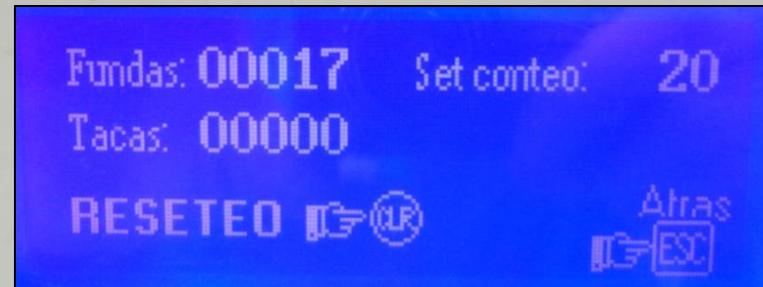
- **Ventana de Opciones**

En esta pantalla se muestran las opciones de foto célula y contador, se pueden habilitar o deshabilitar las mismas que deben ser escogidas de acuerdo a la necesidad del operador.

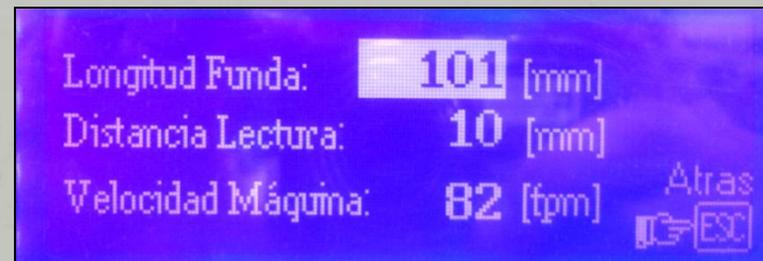


- **Ventana de Contadores.**

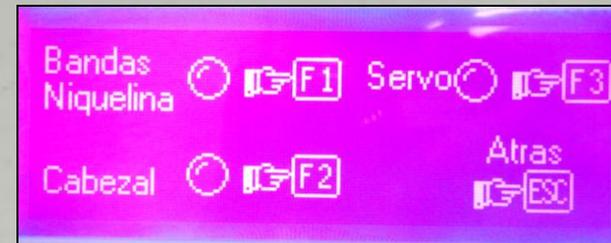
- Ventana de Contadores.



- Longitud de Funda



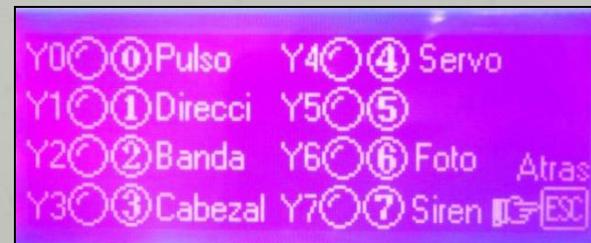
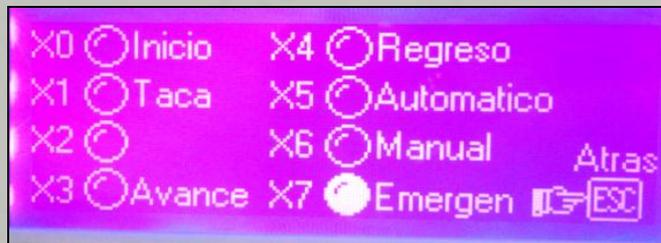
- Ventana de Mando Manual.



- Ventana de Mando Automático.



- Ventana de Entradas/salidas



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

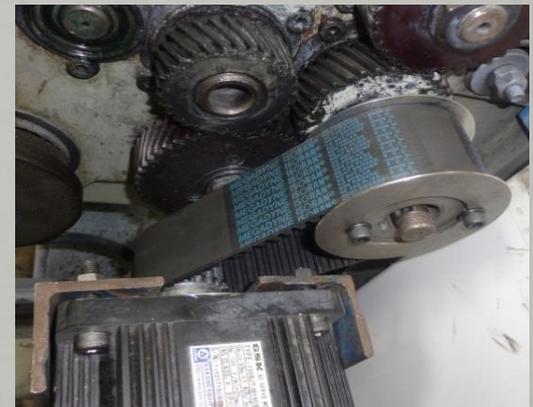
- **Montaje de Dispositivos Mecánicos**

Adaptación del servomotor

El servomotor se instala en la parte lateral de la estructura de la máquina, sostenido por pernos de 2" con rosca M8, está conectado directamente con el sistema mecánico de los engranajes, para que pueda producirse el movimiento del rodillo principal, el cual es el encargado de arrastrar el material.

Ensamblaje del Sistema de Engranajes del Servomotor.

Este sistema, se lo instaló para transmitir el movimiento que produce el servomotor hacia los rodillos principales, se lo ubicó sobre el eje del servomotor y del rodillo principal.



Adaptación del Sistema de Poleas en el Motor Cabezal.

Este motor se encuentra ubicado en la parte inferior de la máquina, sobre el eje principal, está conectado con la caja reductora mediante poleas, las mismas que fueron rediseñadas en base al cálculo presentado en el rediseño mecánico para el incremento de sellado



Adaptación del sistema de Enfriamiento.

Para adaptar este sistema, se instalaron tubos de cobre en el cabezal principal para preservar la máquina, evitando torceduras de la estructura del cabezal por las altas temperaturas.



Adaptación del Tablero de Potencia.

Para la adaptación de este tablero se coloca en la parte lateral de la máquina, utilizando pernos de 3" con rosca M10 para sujetar el tablero.



Adaptación del tablero de Control.

El tablero de control se lo ubicó en la parte frontal de la máquina, se sujetó con pernos de 2" con rosca M6.



Cubiertas Laterales.

Para elaborar las cubiertas laterales, se debió realizar el corte y doblado de las mismas, para lo cual se utilizó una plancha de tol antideslizante negro de 2mm. de espesor.



- **Montaje de Sensores y Actuadores.**

Adaptación del Sensor de Contraste.

Este sensor se ubica en la parte superior de la estructura, arriba del sistema de rodillos, por lo que se adaptó una base metálica para su soporte, está conectado al Plc para detectar la marca de referencia para el sellado en las fundas.



Instalación de la Termocupla.

La termocupla se conecta con un controlador de temperatura, y se instaló dentro de la niquelina, para controlar el calor generado en el proceso de sellado.



Final de Carrera.

Este dispositivo se lo montó, de manera que se accionará cada vez que el cabezal esté en su recorrido de movimiento ascendente, por lo que se lo colocó en la parte superior, en donde será accionado por una leva.

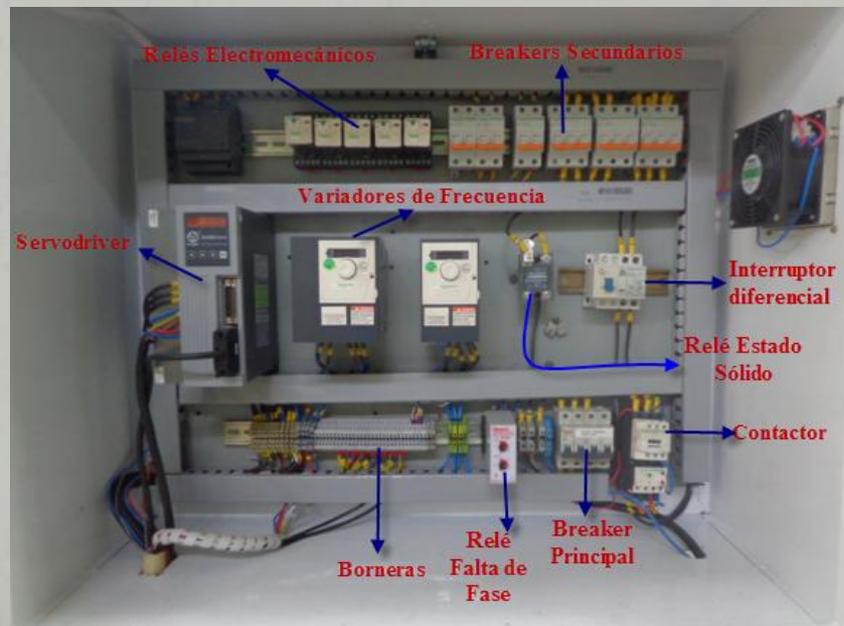


- **Montaje de Dispositivos Eléctricos.**

En el montaje e implementación del sistema eléctrico estarán presentes principios y conocimientos técnicos tales como interpretación de planos, la utilización y manejo adecuado de herramientas, marquillas, terminales y medidores de voltaje, corriente y continuidad.

Montaje de dispositivos del Tablero de Potencia.

Para realizar el montaje de los elementos que constituyen el armario eléctrico, se determina un sitio adecuado, en el cual se situaron todos los elementos de potencia de la máquina agrupados, ya que aquí se realiza todo el proceso de alimentación eléctrica para la selladora.



Montaje del Tablero de Control.

A este dispositivo se le adaptaron los siguientes componentes:

- **Selector de Habilitación General**

Este dispositivo da la orden de alimentación para que se inicie todo el proceso operativo de la máquina.

- **Selector de Mando Automático - Manual**

Este selector cuenta con tres posiciones, al estar alineado al centro, se entiende que está deshabilitado, al girar hacia el lado izquierdo se activa el modo automático, y si se gira hacia el lado derecho trabajará de modo manual.

- **Pulsador de Paro de Emergencia**

Este dispositivo es un pulsador de tipo hongo con enclavamiento, se utiliza únicamente en caso de emergencia o en situaciones inesperadas que requieran un paro total de la máquina.

- **Pulsador de Inicio de Ciclo**

Este pulsador sirve para activar el ciclo en modo automático, una vez que se haya calibrado todas las medidas.

- **Selector de Encendido – Apagado del Cabezal**

Este dispositivo utiliza las posiciones de encendido y apagado del motor cabezal, sólo puede manipularse cuando se encuentre trabajando en modo de mando manual.

- **Potenciómetro de Bandas.**

Es un dispositivo tipo perilla, con el cual se controla la velocidad de las bandas.

- **Potenciómetro del Cabezal.**

Puede controlar el número de fundas que se sellan por minuto, es un dispositivo de tipo perilla el cual puede trabajar de modo manual o automático.

- **Controlador de Temperatura.**

Este dispositivo es digital, posee botones de mando con los cuales se controla la temperatura de la niquelina mediante el relé de estado sólido.

- **Sirena.**

Este dispositivo da la señal de timbre, al llegar al número de fundas programadas, el mismo que es determinado por el operador de la máquina.

Tablero de control armado e indicando cada uno de sus componentes.



- **Apariencia de la máquina.**

A continuación se muestra la apariencia de la máquina antes y después de la automatización.



CONCLUSIONES:

- Se automatizó una máquina selladora de fundas plásticas mediante un panel operacional para la empresa EDUPLASTIC de acuerdo a los parámetros requeridos.
- Se diseñó, seleccionó e implementó el sistema eléctrico de control y potencia cumpliendo con todos los parámetros necesarios para el funcionamiento de la selladora.
- Se diseñó e implementó un HMI para la selladora, el cual permite monitorear variables relevantes del sistema y dar a conocer al operador el estado actual de máquina, los parámetros de producción, velocidades del proceso y conteos en tiempo real de cada lote de fundas.
- Se rediseño el sistema mecánico de sellado, calculando nuevas poleas y correas con lo que se incrementó el número de fundas selladas por minuto a 100 fundas.

- Las pruebas de funcionamiento fueron determinantes para establecer que la velocidad de la maquina depende del tamaño de funda a sellarse, la velocidad mínima y máxima de sellado es de 40 y 100 fundas por minuto respectivamente.
- Con la automatización de la máquina selladora se superó un 20% en el índice de producción en la empresa EDUPLASTIC de la ciudad de Latacunga, según los reportes del operador sobre la máquina.
- Según el análisis financiero de acuerdo al flujo de caja proyectado se puede concluir que la empresa EDUPLASTIC, recuperará su inversión inicial en un período de 7 meses y 15 días.

RECOMENDACIONES:

- Los usuarios directos de la máquina, tomen en cuenta leer el manual de operación, previo al manejo de la selladora.
- Para el correcto funcionamiento de la máquina es necesario que todos los dispositivos se conecten entre sí, tengan compatibilidad de características.
- La calidad de sellado depende también de la calidad de producto a sellarse, por ende se recomienda que el extruido, el tratado y la impresión de la película plástica sean de buena calidad.
- En caso de manipular la programación se recomienda que sea un personal con conocimientos técnicos de los equipos empleados en la automatización implementada.
- Tener cuidado al manipular el tablero eléctrico por parte del operario o al momento de realizar una posible modificación futura en dicho tablero a fin de evitar posibles accidentes.



ESPE
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



FIN

iiiiii MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!!!