

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS DE UNA LINEA DE  
ENVASADO DE CERVEZA.

**Autores:**

BILLY CARLOS SEGURA CARRASCO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Chiclayo, Perú**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**



**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS DE UNA LINEA  
DE ENVASADO DE CERVEZA”**

## **TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**SUSTENTADO ANTE EL JURADO CALIFICADOR:**

**ING. HUGO JAVIER CHICLAYO PADILLA**  
**PERSIDENTE**

**MG. ING. OSCAR UCHELLEY ROMERO CORTEZ**  
**SECRETARIO**

**MG. ING. NOMBERA LOSSIO MARTÍN AUGUSTO**  
**VOCAL**





**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRONICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL PARA  
AUTOMATIZAR LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS DE UNA LINEA  
DE ENVASADO DE CERVEZA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRONICO**

-----  
**ING: CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA**  
**ASESOR**

-----  
**BACH: BILLY CARLOS SEGURA CARRASCO**  
**TESISTA**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mis padres que siempre estuvieron brindándome su constante apoyo en todo lo que me propuse a lo largo de mi vida, ya que sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis.

## **ÍNDICE**

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>I. ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>14</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
<b>2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL	17
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
3.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.4. HIPOTESIS Y VARIABLES	19
3.4.1. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS	19
<b>II. BASE TEORICA</b>	<b>20</b>
<b>1. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA</b>	<b>21</b>
1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	21
<b>2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS</b>	<b>27</b>
2.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL?	27
2.2. DEFINICIONES BASICAS	28
<b>3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>28</b>
3.1. SENSORES	28
3.1.1 SENSORES INDUCTIVOS	28
3.1.2 SENSORES FOTOELECTRICOS	32
3.2. ELECTROVÁLVULAS	35
3.2.1 DEFINICIÓN	35
3.2.2 FUNCIONAMIENTO	35
3.3. VARIADORES DE FRECUENCIA	36
3.4. MOTORES AC	38
3.5. GUARDAMTOR	41
3.6. AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC's)	43
3.6.1. INTRODUCCIÓN	43
3.6.2. UTILIZACIÓN	43
3.6.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES	44
3.6.4. ESTRUCTURA MODULAR	44
3.7. HMI	49
3.8. FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS	52

	<b>Pág.</b>
<b>III. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL</b>	<b>54</b>
<b>1. PROCESO DE ETIQUETADO DE BOTELLAS</b>	<b>55</b>
<b>2. LOGICA DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>56</b>
<b>3. LISTA DE ENTRADAS Y SALIDAS</b>	<b>57</b>
<b>4. LISTA DE EQUIPOS</b>	<b>58</b>
4.1. HOJA DE DATOS DE VARIADOR DE VELOCIDAD	58
<b>5. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL</b>	<b>60</b>
5.1. DIMENSIONAMIENTO DEL PLC	60
5.1.1. HOJA DE DATOS DEL CPU	60
5.1.2. HOJA DE DATOS DE MODULO DE ENTRADAS DIGITALES	61
5.1.3. HOJA DE DATOS DE MODULO DE SALIDAS DIGITALES	62
5.1.4. HOJA DE DATOS DEL HMI	63
<b>6. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL</b>	<b>64</b>
6.1. DISEÑO Y ELABORACION DE PLANOS ELECTRICOS	64
6.2. CONFIGURACIÓN DEL PLC	65
6.3. DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC	65
6.4. PROGRAMA DEL PLC, EN LENGUAJE LADDER	70
6.4.1. PAROS DE EMERGENCIA DE MAQUINA	70
6.4.2. MARCHA ETIQUETADORA EN AUTOMATICO Y MANUAL	70
6.4.3. MARCHA VARIADOR DE VELOCIDAD	71
6.4.4. ELECTROVALVULA BLOQUEO DE BOTELLAS	72
6.4.5. BIT DE REGISTRO	73
6.4.6. REGISTRO DE CORRIMIENTO	73
<b>7. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN</b>	<b>65</b>
7.1. CREACIÓN DE VARIABLES	77
7.2. CREACIÓN DE LA CONEXIÓN ENTRE EL PLC Y EL HMI	78
7.3. CREACIÓN DE LA PANTALLA PRINCIPAL	79
7.4. CREACIÓN DE LA PANTALLA DE ALARMAS	80
7.5. CREACIÓN DE LA PANTALLA DE INTERCAMBIO DE SEÑALES	81
7.6. CREACIÓN DE LA PANTALLA DE VARIABLES DEL	82

VARIADOR

<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>83</b>
<b>1. COSTOS DEL PROYECTO</b>	<b>84</b>
1.1. COSTOS DE HARDWARE	84
1.1.1. COSTOS DE EQUIPOS	84
1.1.2. COSTOS SISTEMA DE CONTROL	84
1.2. COSTOS DE INGENIERÍA	85
1.3. COSTOS DE CAPACITACIÓN	85
<b>2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>86</b>
2.1. BENEFICIOS	86
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>88</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>91</b>
<b>VII. ANEXOS</b>	<b>93</b>



## **ÍNDICE DE TABLAS**

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>TABLA N° 01:</b> Listado de Equipos (Variador de Velocidad)	58
<b>TABLA N° 02:</b> Requerimientos mínimos del Variador de Velocidad	58
<b>TABLA N° 03:</b> Requerimientos mínimos del CPU	60
<b>TABLA N° 04:</b> Requerimientos mínimos del Módulo de Entradas Digitales	61
<b>TABLA N° 05:</b> Requerimientos mínimos del Módulo de Salidas Digitales	62
<b>TABLA N° 06:</b> Requerimientos mínimos del HMI	63
<b>TABLA N° 07:</b> Costos de los Equipos del Proyecto	84
<b>TABLA N° 08:</b> Costos del Sistema de Control	84
<b>TABLA N° 09:</b> Costos de Ingeniería del Proyecto	85
<b>TABLA N° 10:</b> Costos de Capacitación	85
<b>TABLA N° 11:</b> Resumen del Costo Total del Proyecto	86
<b>TABLA N° 12:</b> Comparación del tiempo perdido por fallas de máquina	86
<b>TABLA N° 13:</b> Comparación del tiempo perdido por fallas operativas	87

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>FIGURA N° 01:</b> Principio de Caja Negra	27
<b>FIGURA N° 02:</b> Sensor Inductivo	29
<b>FIGURA N° 03:</b> Sensor Inductivo Blindado	29
<b>FIGURA N° 04:</b> Características de respuesta	30
<b>FIGURA N° 05:</b> Conexión eléctrica del Sensor Inductivo	32
<b>FIGURA N° 06:</b> Sensor Fotoeléctrico tipo reflexión sobre espejo	32
<b>FIGURA N° 07:</b> Sensor Fotoeléctrico usado en la etiquetadora	33
<b>FIGURA N° 08:</b> Sensor Fotoeléctrico usado en la etiquetadora	33
<b>FIGURA N° 09:</b> Conexión eléctrica de Sensor Fotoeléctrico	34
<b>FIGURA N° 10:</b> Electroválvula	36
<b>FIGURA N° 11:</b> Conexión eléctrica de Sensor Fotoeléctrico	36
<b>FIGURA N° 12:</b> Motor Jaula de Ardilla	38
<b>FIGURA N° 13:</b> Conexión Estrella-Triangulo	39
<b>FIGURA N° 14:</b> Conexión Estrella-Triangulo	39
<b>FIGURA N° 15:</b> Despiece del Motor	41
<b>FIGURA N° 16:</b> Guardamotor	42
<b>FIGURA N° 17:</b> Símbolo de Guardamotor	42
<b>FIGURA N° 18:</b> Estructura Modular del PLC	45
<b>FIGURA N° 19:</b> Símbolos de Contactos, Lenguaje Ladder	49
<b>FIGURA N° 20:</b> HMI (INTERFACE HOMBRE-MAQUINA)	51
<b>FIGURA N° 21:</b> Partes de una Etiquetadora, vista isométrica	52
<b>FIGURA N° 22:</b> Variador de Velocidad FC302.	59
<b>FIGURA N° 23:</b> CPU 315-2EH14-0AB0	61
<b>FIGURA N° 24:</b> Modulo de Entradas Digitales 322-1BH01-0AA0	62
<b>FIGURA N° 25:</b> Modulo de Salidas Digitales 322-1BH01-0AA0	63
<b>FIGURA N° 26:</b> HMI 6AV2123-2GB03-0AX0	64
<b>FIGURA N° 27:</b> Configuración del PLC	65

## **ÍNDICE DE FOTOS**



## **INDICE DE FOTOS**

	<b>Pág.</b>
<b>FOTO N° 01:</b> Caja de Mando de la Etiquetadora	15
<b>FOTO N° 02:</b> Tablero de Control Etiquetadora	16
<b>FOTO N° 03:</b> Tablero de Control Etiquetadora	16

## **Resumen**

El presente proyecto propone el DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL PARA AUTOMATIZAR LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS DE UNA LINEA DE ENVASADO DE CERVEZA.

El sistema de control estará basado en un controlador lógico programable de la marca Siemens, modelo S7300-CPU315, para el sistema de supervisión se usará una HMI Touchscreen a color de 7" de la marca Siemens, modelo 6AV2123-2GB03-0AX0, el cual me permitirá controlar y monitorear el funcionamiento de la Etiquetadora de Botellas.

En el Capítulo I se plantea el problema, los objetivos y la justificación para el sistema de supervisión y control propuesto.

En el Capítulo II se muestra y/o propone la base teórica necesaria para poder diseñar el sistema de supervisión y control, como por ejemplo teoría acerca de variadores de velocidad, sensores fotoeléctricos, sensores inductivos, motores AC, guardamotores, PLC, etc.

En el Capítulo III se diseña el sistema de supervisión y control, se seleccionan los variadores de velocidad, PLC y módulos de entrada y salida digital, se elaboran los planos de interconexión de los módulos del PLC, adicionalmente se muestra la programación del PLC y los Faceplate del HMI.

En el Capítulo IV se realiza todo el sustento económico del sistema de control, costos de hardware y software, costos de ingeniería, costos de capacitación y el tiempo de recuperación de la inversión realizada.

En el Capítulo V se muestran las conclusiones y las recomendaciones del sistema de supervisión y control.

**CAPITULO I**  
**ASPECTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa cervecera la cual es objeto de estudio en la presente tesis se dedica a la elaboración y venta cerveza, cuenta con 5 plantas cerveceras en todo el Perú, una de ellas está ubicada en el distrito de Motupe, provincia de Lambayeque, la cual posee una línea de envasado de cerveza de 12 mil botellas/hora. La línea de envasado posee una etiquetadora de botellas que no está automatizada, el control de todo el proceso de etiquetado se realiza mediante contactores, lógica de relés, pulsadores, etc. El cableado excesivo que posee el tablero de control dificulta la resolución rápida cuando se presenta una falla eléctrica, adicionalmente debido a que la etiquetadora es ciega en referencia a que no posee un HMI que nos ayude en la operación, las fallas operativas son recurrentes, las fallas operativas y las fallas de máquina producen pérdida de producción (eficiencia) y desabastecimiento de producto terminado en el mercado. Para poder incrementar la eficiencia de la línea de envasado se necesita que las máquinas sean confiables, en tal sentido se está proponiendo diseñar un sistema de supervisión y control para automatizar la etiquetadora de botellas.

**Foto N° 01:** Caja de Mando de la Etiquetadora antes de la Automatización



**Fuente:** Línea de Envasado de Cerveza

**Foto N° 02:** Tablero de Control de la Etiquetadora antes de la Automatización



**Fuente:** Línea de Envasado de Cerveza

**Foto N° 03:** Tablero de Control de la Etiquetadora antes de la Automatización



**Fuente:** Línea de Envasado de Cerveza



## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo Diseñar un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Etiquetadora de Botellas de una Línea de Envasado de Cerveza?

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Etiquetadora de Botellas de una Línea de Envasado de Cerveza.

### **3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Identificar y plantear la lógica de funcionamiento de la etiquetadora de botellas en base a la operación actual.
2. Cuantificar y realizar un listado de las señales de entrada y salida para el nuevo sistema de supervisión y control propuesto.
3. Determinar y seleccionar los equipos del sistema de supervisión y control para automatizar la Etiquetadora de Botellas.
4. Diseñar los planos eléctricos para el nuevo Sistema de Control.
5. Realizar la programación del PLC y HMI en base a la lógica de funcionamiento propuesta en el punto 1.

### **3.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN:**

En la línea de envasado la etiquetadora de Botellas es una máquina que posee baja eficiencia, debido a la cantidad considerable de horas acumuladas por fallas, lo cual resta productividad a la línea de envasado e incumplimiento de la producción, esta investigación es importante para la empresa porque producto de la automatización de la Etiquetadora de Botellas se reducirá el tiempo empleado para la solución de problemas por falla de máquina o por falla operativa, por lo tanto se contará con más tiempo para producción.

La operación de la Etiquetadora de Botellas lo realiza una persona por turno, haciendo uso de pulsadores ubicados en una caja de mando cercana a la máquina, toda la lógica de control de la Etiquetadora de Botellas se realiza mediante relés y contactores, estos dispositivos al poseer partes mecánicas con el tiempo sufren desgaste y traen como consecuencia fallas de máquina, parada de la línea de envasado y pérdida de producción, adicionalmente el cableado excesivo en el tablero de control dificulta la resolución de problemas que se puedan presentar.

La Etiquetadora de Botellas es una máquina totalmente ciega en el sentido de que no posee un HMI, por lo que las fallas de máquina toman demasiado tiempo en ser solucionadas, debido a que no se tiene una ayuda textual y/o visual de la ubicación de la falla, para poder ser solucionada en el menor tiempo posible.

Finalmente, el Motor al poseer solo arranque directo, el costo del mantenimiento preventivo y el consumo de energía son elevados, por tal razón se propondrá el uso de un variador de velocidad para incrementar el tiempo de Rampa de aceleración y la velocidad de la Etiquetadora de Botellas.

### **3.4. HIPOTESIS Y VARIABLES**

#### **3.4.1. FORMULACIÓN DE LA HIPOTESIS**

¿Cómo diseñar un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la Etiquetadora de Botellas de una Línea de Envasado de Cerveza?

Constará de:

- Un PLC Modular el cual reemplazará a toda la lógica de control existente, la cual usa relé y contactores.
- Un HMI, el cual eliminará la caja de mando antigua.
- Un Variador de velocidad para el motor principal de la Etiquetadora de Botellas.
- Se usará el mismo motor que actualmente usa la Etiquetadora de Botellas.
- Se usarán los mismos sensores y electroválvulas que actualmente usa la Etiquetadora de Botellas.

## **CAPITULO II**

### **BASE TEORICA**

## 1. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

### 1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Titulo	Automatización De Etiquetadora De Botellas Krones Bajo PLC Siemens
Autor	Domingo Alberto Díaz Esteva
Universidad	Escuela Superior Politécnica De Chimborazo
Año	2014
Resumen	<p>Este proyecto de grado surge de la necesidad del departamento eléctrico de la empresa cervecera regional, debido al funcionamiento poco deficiente de la etiquetadora 1, la cual debido al tiempo de servicio fue cayendo en deterioro y obsolescencia, la cual operaba bajo lógica de relés y contactores.</p> <p>Es por eso que se plantea la automatización y restitución de las funcionalidades originales utilizando un PLC Siemens de la serie S7-300, como parte inicial del proyecto se hizo un levantamiento del proceso de etiquetado, de planos eléctricos originales y de las funciones originales de la máquina, así como también de la interconexión con la línea de producción. Se investigó y se observó el funcionamiento de máquinas similares en diversas líneas de la planta para plantear el esquema de funcionamiento final sobre el cual se trabajaría.</p> <p>Se realizó la identificación de las entradas y salidas del sistema a controlar y los lazos de control del</p>



	<p>mismo, posteriormente se hizo un estudio del hardware de siemens para establecer la CPU y los módulos necesarios para la automatización, luego se desarrolló el software bajo la plataforma de siemens STEP 7, implementando los algoritmos de control para cada uno de los motores, control de velocidad del motor principal y la entrada y salida del carro etiquetador, para el cual se implementó un registro de corrimiento.</p> <p>Posteriormente se re-cableó el tablero control existente para incluir secuencialmente el nuevo control, debido a que la máquina no fue parada de su producción. Una vez en su totalidad instalado, se habilitaron cada una de las funciones programadas.</p>
Conclusiones	<p>Luego de haber presentado los dos puntos de vista respecto al sistema antiguo y al sistema nuevo, es notorio que el sistema implementado presenta mayor confiabilidad debido al proceso controlado y gobernado por el PLC, el cual ha venido siendo a los largo de los años el equipo preferido para la automatización industrial, gracias a su estabilidad de la operación y su adaptabilidad ante los cambios. Las funciones restablecidas de la máquina, permitirán incrementar la seguridad de operación, la calidad y el rendimiento del proceso de etiquetado y garantizar la operatividad de la misma y por ende la producción de la línea.</p>

Titulo	Diseño De Un Sistema De Supervisión Y Control De Dosificación De Agua-Mineral Para El Molino De Bolas En El Área De Molienda Secundaria De La Compañía Minera Volcán, Unidad Operativa Chungar, Junín.
Autor	Eliana Vega Tapia
Universidad	Nacional Pedro Ruiz Gallo
Año	2016
Resumen	<p>El presente proyecto propone el diseño del sistema de supervisión y control de dosificación de agua-mineral para el molino de bolas del área de molienda secundaria de la Compañía Minera Volcan, Unidad Operativa Chungar.</p> <p>El sistema de control estará basado en el controlador lógico programable de la marca Schneider, modelo M340 y para el sistema de supervisión se usará una HMI Touchscreen a color de 10.4" de la marca Schneider, modelo xbtgt5330 la cual me permitirá monitorear las variables de peso y flujo, adicionalmente se podrá modificar la relación entre agua y mineral que ingresa al molino, se podrá observar la apertura de la válvula de control y el porcentaje de velocidad de la faja alimentadora N°1.</p> <p>En el capítulo I se plantea el problema, los objetivos y la justificación para el sistema propuesto.</p> <p>En el capítulo II se muestra y/o propone la base teórica necesaria para poder diseñar el Sistema de</p>

	<p>Supervisión Y Control, como por ejemplo teoría acerca de motores eléctricos, variadores de velocidad, PLC, flujómetro, válvulas de control, sensor de nivel, lenguajes de programación, etc.</p> <p>En el capítulo III se diseña todo el sistema de supervisión y control, se dimensiona la válvula de control, flujómetro, PLC, variador de velocidad, sensor de nivel, se diseñan los planos requeridos para el sistema PID, diagramas de lazo, diagramas de interconexión, arquitectura de control, diagrama unifilar, dimensionamiento de los tableros, adicionalmente se realiza la programación del PLC y HMI.</p> <p>En el capítulo IV se realiza todo el sustento económico del sistema de control, costos de hardware y software, costos de ingeniería, costos de capacitación y el tiempo de recuperación de la inversión realizada.</p>
Conclusiones	<p>Se obtendrá una reducción del consumo de agua, debido a la exactitud del control de flujo.</p> <p>Se obtendrá una reducción de costos de mantenimiento en 50%, debido a que se dosifica la cantidad exacta de agua en relación con el mineral que ingresa al molino, ya que, si ingresa mayor cantidad de mineral y menor cantidad de agua, el consumo de corriente en el molino aumenta, además de que las bolas del molino se deterioran con mayor rapidez, anteriormente el mantenimiento se realizaba cada mes con un costo total de s/.10000, ahora el mantenimiento se realizará cada 2 meses.</p>

	<p>Se obtendrá una reducción de 15% del consumo de reactivos en la etapa de flotación, anteriormente se gastaba s/.12000 en el uso de reactivos en la etapa de flotación, luego de la automatización se gastará s/.10200.</p> <p>La recuperación de la inversión empleada es en menos de un año.</p> <p>Supervisión constante las 24 horas del día en tiempo real.</p> <p>Mejoramiento de la rentabilidad y ventaja competitiva de la empresa.</p> <p>Modularidad y la flexibilidad del hardware empleado, lo cual permite extender esta solución a otros proyectos de automatización similares.</p> <p>Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.</p>
--	--

Titulo	Diseño Y Simulación Del Sistema De Automatización Y Control Del Proceso De Floculación Para Una Planta De Tratamiento De Agua Potable Utilizando Protocolo De Comunicación Can Open
Autor	Andrés Felipe Marín Hincapié
Universidad	Universidad Tecnológica De Pereira
Año	2012
Resumen	<p>Este trabajo se ha realizado con el objetivo principal de mejorar sustancialmente uno de los procesos más importantes en el campo de la industria como lo son las plantas de tratamiento de agua y en nuestro caso particular la etapa de floculación que es donde se aglutinan las partículas contaminantes del agua mediante un proceso de agitación para posteriormente ser retiradas tras una fase de sedimentación.</p> <p>Gracias a la implementación de la automatización de procesos industriales se diseñará un sistema centralizado en donde se controlarán las condiciones de operación de cada uno de los motores que componen los agitadores y se supervisarán las variables de estado más representativas del proceso a través de una red de comunicación industrial y así lograr una operación óptima del sistema.</p>

## 2. CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

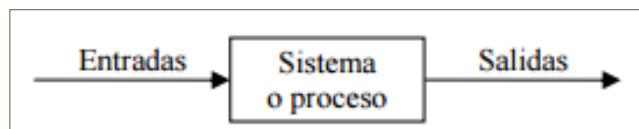
### 2.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE CONTROL?

Un sistema está conformado por un conjunto de elementos enlazados entre sí, que producen señales de salida en función de las señales de entrada.

Las variables que intervienen en un proceso se clasifican en:

- Entradas, es lo que externamente ingresa al proceso
- Salidas, es lo que sale del proceso.

**Figura N° 01:** Principio de Caja Negra



**Fuente:** Gomáriz, Biel, Matas, y Reyes, 1999, p 15

Las entradas pueden clasificarse en:

- Variables manipuladas, si sus valores pueden ajustarse libremente por el ser humano
- Variables de disturbio, si sus valores no se controlan del todo.

Las salidas se pueden clasificar en:

- Variables medibles, si sus valores se conocen por medición directa
- Variables no medibles, cuyo valor no se puede medir en forma directa (Molina, 1998).

Los elementos principales de un lazo de control son:

- El elemento de medición (sensor / transmisor)
- El elemento de decisión (controlador)
- El elemento de acción (actuador / elemento final).

## **2.2. DEFINICIONES BÁSICAS**

- Variable de entrada:  
Es una variable del sistema tal que una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.
- Variable de salida:  
Es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.
- Perturbación:  
Es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

## **3. COMPONENTES DEL SISTEMA DE CONTROL**

### **3.1. SENSORES**

#### **3.1.1 SENSORES INDUCTIVOS**

Los sensores inductivos han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él los objetos de detección metálicos y no metálicos.

**Figura N° 02:** Sensor Inductivo

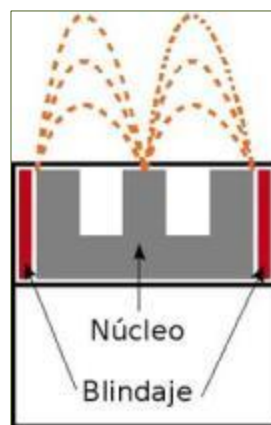


**Fuente:** [www.pepperl-fuchs.com](http://www.pepperl-fuchs.com)

#### **A. SENSORES INDUCTIVOS BLINDADOS**

- El núcleo de ferrita concentra el campo radiado en la dirección del uso
- Se le coloca alrededor del núcleo un anillo metálico para restringir la radiación lateral del campo
- Los sensores de proximidad blindados pueden ser montados al ras del metal, pero se recomienda dejar un espacio libre de metal abajo y alrededor de la superficie de sensado.

**Figura N° 03:** Sensor Inductivo Blindado



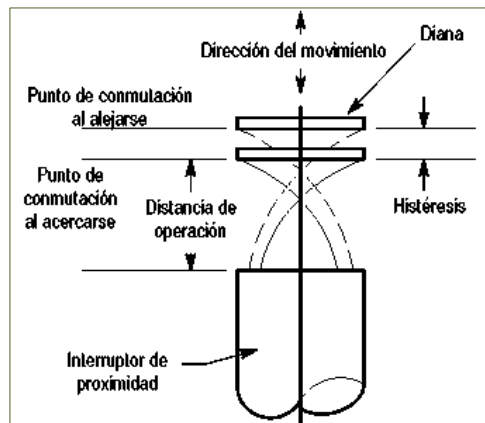
**Fuente:** Internet



## B. HISTÉRESIS

La diferencia entre los puntos de activación y relajación de un sensor se denomina histéresis. La distancia entre la posición de un objeto cuando se detecta y la posición del mismo cuando deja de estarlo ha de tenerse en cuenta al elegir la posición, tanto de los objetos a detectar como del sensor.

**Figura N° 04:** Características de respuesta



**Fuente:** Internet

## C. CONSIDERACIONES GENERALES

- La superficie del objeto a detectar no debe ser menor que el diámetro del sensor de proximidad (preferentemente 2 veces más grande que el tamaño o diámetro del sensor). Si fuera menor que el 50% del diámetro del sensor, la distancia de detección disminuye sustancialmente.
- Debido a las limitaciones de los campos magnéticos, los sensores inductivos tienen una distancia de detección pequeña comparados con otros tipos de sensores. Esta distancia puede variar, en función del tipo de sensor inductivo, desde fracciones de milímetros hasta 40 mm en promedio.

- Los sensores inductivos cilíndricos son los más usuales en las aplicaciones presentes en la industria.
- Posibilidad de montar los sensores tanto enrasados como no enrasados.
- Gracias a no poseer partes móviles los sensores de proximidad no sufren en exceso el desgaste.
- Gracias a las especiales consideraciones en el diseño, y al grado de protección IP67, muchos sensores inductivos pueden trabajar en ambientes adversos, con fluidos corrosivos, aceites, etc., sin perder operatividad.

#### **D. TERMINOLOGIA**

Alcance nominal ( $S_n$ ):

Alcance convencional que sirve para designar el aparato. No tiene en cuenta las dispersiones (fabricación, temperatura, tensión).

Alcance real ( $S_r$ ):

El alcance real se mide con la tensión de alimentación asignada ( $U_n$ ) y a la temperatura ambiente asignada ( $T_n$ ). Debe estar comprendida entre el 90% y el 110% del alcance nominal ( $S_n$ ):  $0,9S_n < S_r < 1,1S_n$

Alcance útil ( $S_u$ ):

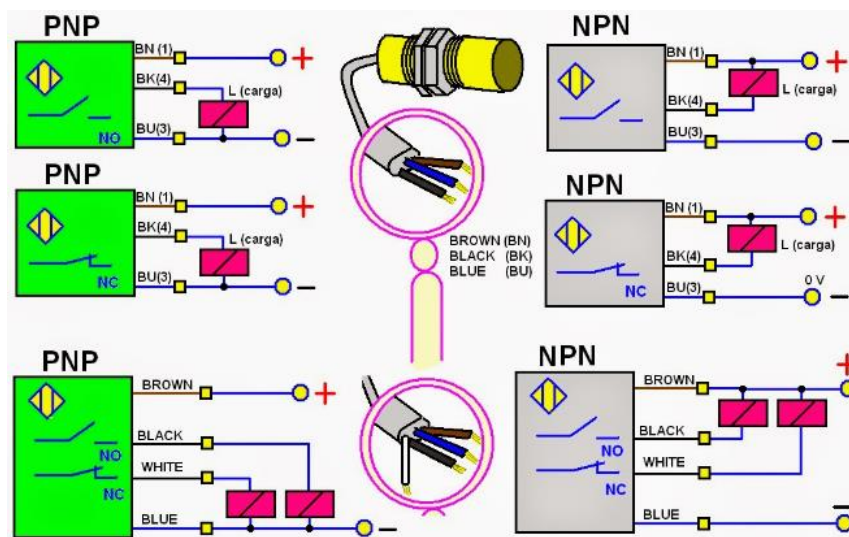
El alcance útil se mide dentro de los límites admisibles de la temperatura ambiente ( $T_a$ ) y de la tensión de la alimentación ( $U_b$ ). Debe estar comprendida entre el 90% y el 110% del alcance real:  $0,9S_r < S_u < 1,1S_r$

Alcance de trabajo ( $S_a$ ):

Es el campo de funcionamiento del aparato. Está comprendido entre el 0 y el 81% del alcance nominal ( $S_n$ ):  $0 < S_a < 0,9S_n$

## E. CONEXIÓN ELECTRICA

**Figura N° 05:** Conexión eléctrica del Sensor Inductivo



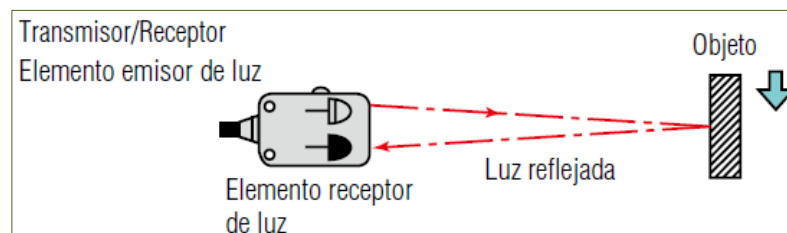
**Fuente:** Internet

### 3.1.2 SENSORES FOTOELECTRICOS

Un sensor fotoeléctrico emite un haz de luz (visible o infrarrojo) desde su elemento emisor de luz.

Un sensor fotoeléctrico de tipo reflectivo se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objeto.

**Figura N° 06:** Sensor Fotoeléctrico tipo reflexión sobre espejo



**Fuente:** Internet

**Figura N° 07:** Sensor Fotoeléctrico usado en la etiquetadora

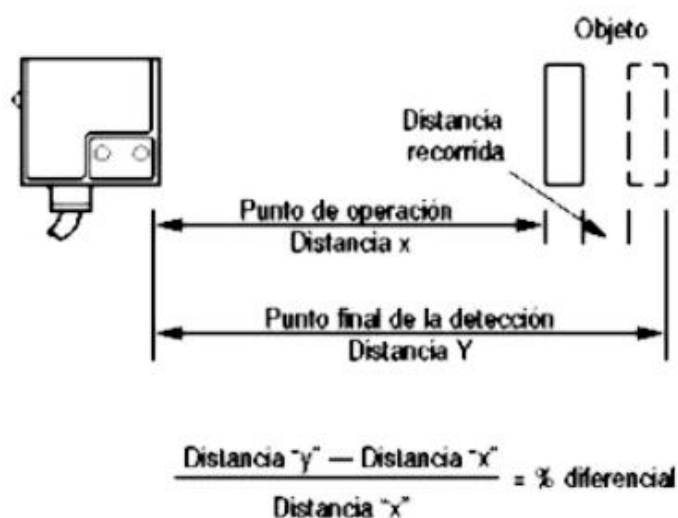


**Fuente:** [www.sick.com](http://www.sick.com)

## A. HISTERESIS

La histéresis de un sensor fotoeléctrico es la diferencia entre la distancia en la que se puede detectar un objeto a medida que se mueve hacia el sensor y la distancia que se tiene que mover en dirección opuesta al sensor para que deje de ser detectado.

**Figura N° 08:** Sensor Fotoeléctrico usado en la etiquetadora



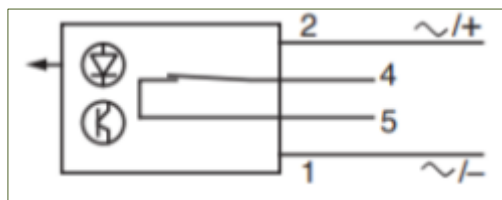
**Fuente:** [www.sick.com](http://www.sick.com)

## B. VENTAJAS

Las fotocélulas de reflexión sobre objeto se componen únicamente de un emisor y un receptor montados bajo una misma carcasa, por lo que el montaje es sencillo y rápido.

## C. CONEXIÓN ELECTRICA

**Figura N° 09:** Conexión eléctrica de Sensor Fotoeléctrico



**Fuente:** Internet

Los sensores fotoeléctrico e inductivo tienen tipo de salida PNP y son de 4 hilos. Este tipo de sensores requieren una fuente externa de 24 Vcc que es proporcionado por el módulo de entrada.

La función de cada hilo se puede identificar mediante un código de colores, esto ya está normalizado: el color marrón y azul son el polo + y – respectivamente de la alimentación del sensor. El blanco o el negro es para la señal que va al PLC.

Estos sensores conmutan por medio de un transistor, que pueden tener salida PNP o NPN, la diferencia está: PNP la señal de salida es positiva y NPN es negativa.

Los módulos de entradas de los PLC son compatibles tanto para PNP como para NPN solo se debe tener en cuenta como lo cableemos el común, es decir, si utilizamos los sensores PNP el común (COM) debemos alimentarlo con 0V (y con los NPN con +24V) para que el circuito cierre y la entrada del módulo del PLC pueda recibir la señal de estado del sensor.

## **3.2 ELECTROVÁLVULAS**

### **3.2.1 DEFINICIÓN**

Las electroválvulas resultan del acoplamiento de un sistema electromecánico (solenoides–electroimán de accionamiento) a una válvula de distribución neumática elemental convirtiéndola a una de accionamiento eléctrico.

### **3.2.2 FUNCIONAMIENTO**

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales:

- El solenoide: el solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula
- La válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento.

Es normal que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle.

Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

Las electroválvulas pueden ser normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando no hay alimentación eléctrica queda cerradas o bien pueden ser normalmente abiertas y quedan abiertas cuando no hay alimentación.

**Figura N° 10:** Electroválvula



**Fuente:** [www.festo.com](http://www.festo.com)

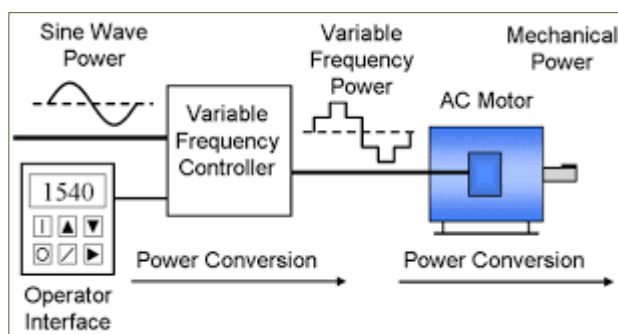
### **3.3. VARIADORES DE FRECUENCIA**

#### **A. PRINCIPIO GENERAL**

El convertidor de frecuencia, alimentado a tensión y frecuencia fijas por la red, suministra al motor, en función de las exigencias de velocidad, alimentación en corriente alterna a tensión y frecuencia variables.

Para alimentar correctamente un motor asíncrono a par constante, sea cual sea la velocidad, es necesario mantener el flujo constante. Por tanto, necesita que la tensión y la frecuencia varíen simultáneamente y en las mismas proporciones.

**Figura N° 11:** Conexión eléctrica del Variador de Frecuencia



**Fuente:** <https://es.wikipedia.org>

## **B. LAS PROTECCIONES INTEGRADAS**

El variador se autoprotege y protege al motor contra calentamientos excesivos desconectándose hasta que se alcanza una temperatura aceptable.

Se desconecta también con cualquier perturbación o anomalía que pueda alterar el funcionamiento del conjunto, como las sobretensiones o la subtensión, el fallo de una fase de entrada o de salida.

## **C. POSIBILIDADES DE AHORRO CON UN VARIADOR**

### **Ahorro en mantenimiento**

- Los elementos de transmisión de potencia duran más: ejes, poleas, correas, reductores, etc.
- Las máquinas duran más: menor desgaste a menor velocidad

### **Menor tiempo muerto**

- Productividad

### **Ahorro en tiempo de instalación**

- El variador de velocidad incorpora todos los elementos necesarios para un gobierno total del motor y su instalación es muy simple

### **Ahorro en potencia activa**

- El consumo de potencia activa de un motor conectado a un variador de velocidad es similar a la potencia mecánica, eficiencia, controlando la velocidad del motor según lo que demande el proceso, para que el motor no trabaje a su máxima potencia durante todo el ciclo de trabajo, logrando así reducir la potencia activa absorbida por el motor.



### 3.4. MOTORES AC

#### A. INTRODUCCION

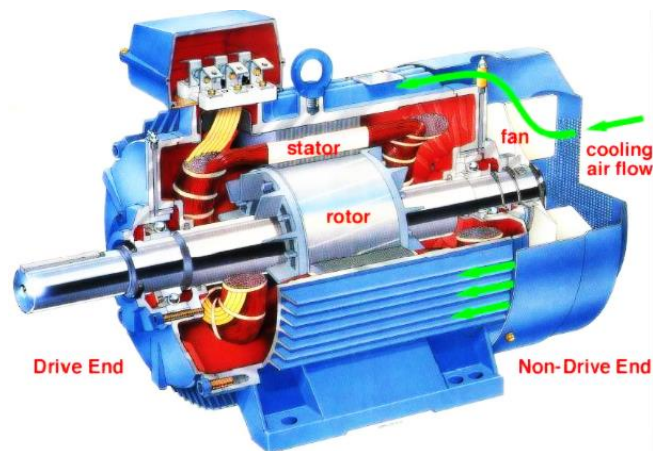
El más simple de todos los tipos de motores eléctricos es el motor de inducción de jaula de ardilla que se usa con alimentación trifásica.

La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas.

El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluyen una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del árbol y paralelos a él.

Cuando no tienen núcleo, los conductores del rotor se parecen en su forma a las jaulas cilíndricas que se usaban para las ardillas.

**Figura N° 12:** Motor Jaula de Ardilla



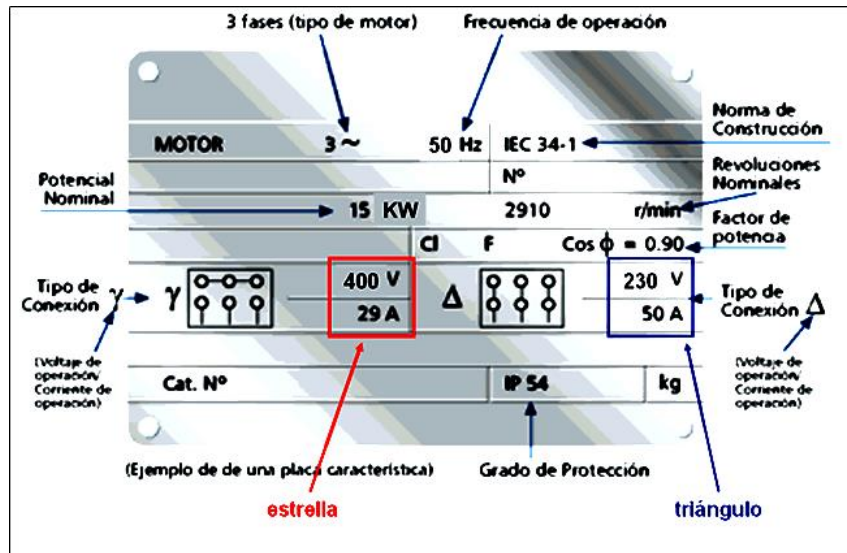
**Fuente:** <https://es.wikipedia.org>

#### B. CONEXIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS

Los motores trifásicos se conectan a través de tres conductores R, S, T.

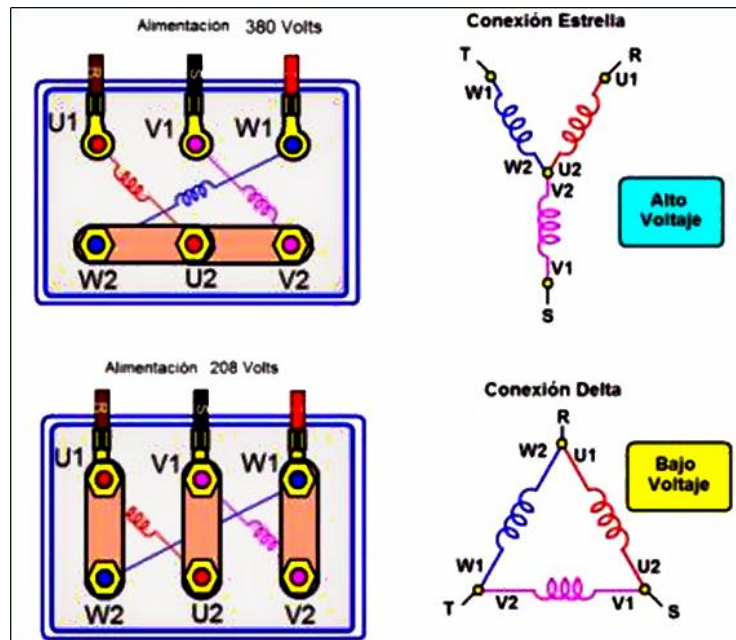
La tensión nominal del motor en la conexión de servicio tiene que coincidir con la tensión de línea de la red (tensión de servicio).

**Figura N° 13:** Placa de Características de un Motor Trifásico



**Fuente:** Internet

**Figura N° 14:** Conexión Estrella-Triangulo



**Fuente:** Internet

### **C. SENTIDO DE GIRO DE LOS MOTORES**

Los bornes de los motores trifásicos están marcados de tal manera, que el orden alfabético de la denominación de bornes U, V, W, coincide con el orden cronológico si el motor gira hacia la derecha.

Esta regla es válida para todas las máquinas, cualquiera que sea su potencia y su tensión.

Tratándose de máquinas que sólo sean apropiadas para un sentido de giro, estará éste indicando por una flecha en la placa de características.

Debajo de la flecha consta en qué orden se desconectarán los bornes con las fases correlativas de la red.

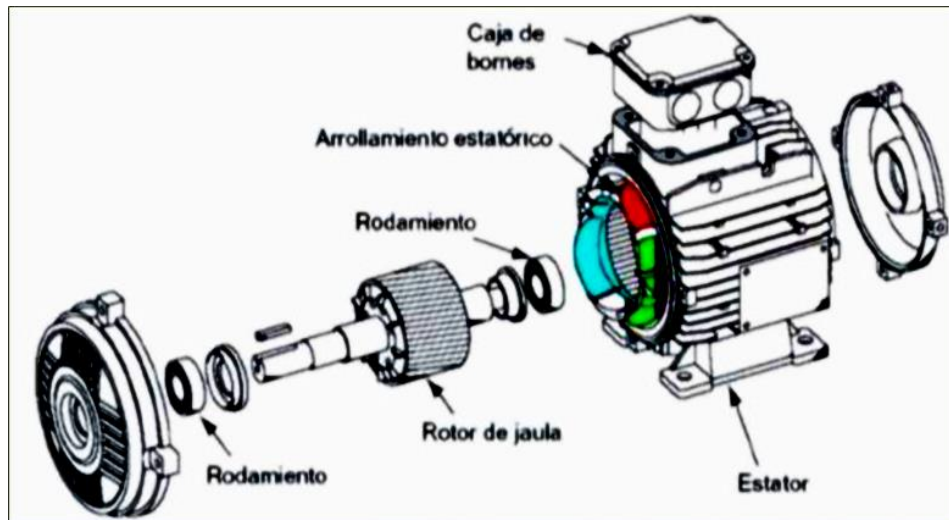
Se consigue invertir el sentido de giro, intercambiando la conexión de dos conductores de fase. Antes de poner en marcha el motor debe revisarse la conexión y el sentido de giro.

### **D. PUESTA A TIERRA**

Los motores tienen en la caja de conexiones un tornillo para empalmar el conductor de tierra.

## E. DESPIECE DEL MOTOR

Figura N° 15: Despiece del Motor



Fuente: Internet

### 3.5. GUARDAMOTOR

Se conoce como guardamotores a los elementos de protección térmica para los motores. Físicamente se componen de tres placas bimetálicas (una por fase) y sobre ellas van arrolladas una serie de espiras de hilo de aleación especial (calefactor) que es por donde pasa la corriente absorbida por el motor. Disponen de tres conexiones para entrada de corriente (que provienen del contactor), otras tres conexiones para la salida de la corriente (al motor) y de dos contactos de maniobra.

El principio de funcionamiento es sencillo. Cuanta más corriente pasa, más se doblan los bimetales por efecto del calor. Cuando se doblan más de la cuenta (Intensidad prefijada) cambian de estado los contactos de maniobra que contiene. Generalmente estos contactos de maniobra son uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, que se suelen utilizar el NA para señalización de disparo del relé térmico (guardamotor) y el NC para cortar corriente a la maniobra del

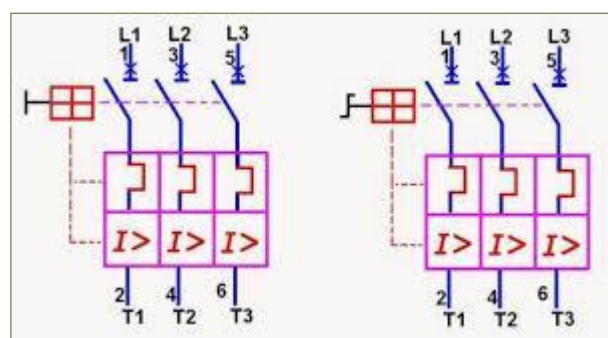
automatismo, de esta forma se consigue que el motor se pare antes de averiarse.

**Figura N° 16:** Guardamotor



**Fuente:** [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

**Figura N° 17:** Símbolo de Guardamotor



**Fuente:** Internet

### **3.6. AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC's)**

#### **3.6.1. INTRODUCCIÓN**

El término PLC proviene de las siglas en inglés Programmable Logic Controller, que traducido al español se entiende como “Controlador Lógico Programable”.

Se trata de un equipo electrónico, que tal como su mismo nombre lo indica se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

Por lo general, están diseñados para controlar máquinas y procesos en ambientes industriales.

El tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo.

#### **3.6.2. UTILIZACIÓN**

Su utilización se da en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc. Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio reducido
- Procesos de producción periódicamente cambiantes
- Procesos secuenciales

- Maquinaria de procesos variables
- Instalaciones de procesos complejos y amplios
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso

### **3.6.3. VENTAJAS E INCONVENIENTES**

#### **A. VENTAJAS**

- Control más preciso.
- Mayor rapidez de respuesta.
- Flexibilidad Control de procesos complejos.
- Seguridad en el proceso.
- Empleo de poco espacio.
- Fácil instalación.
- Menos consumo de energía.
- Mejor monitoreo del funcionamiento.
- Menor mantenimiento.
- Detección rápida de averías y tiempos muertos.
- Menor tiempo en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin elevar costos.
- Posibilidad de gobernar varios actuadores con el mismo autómatas.

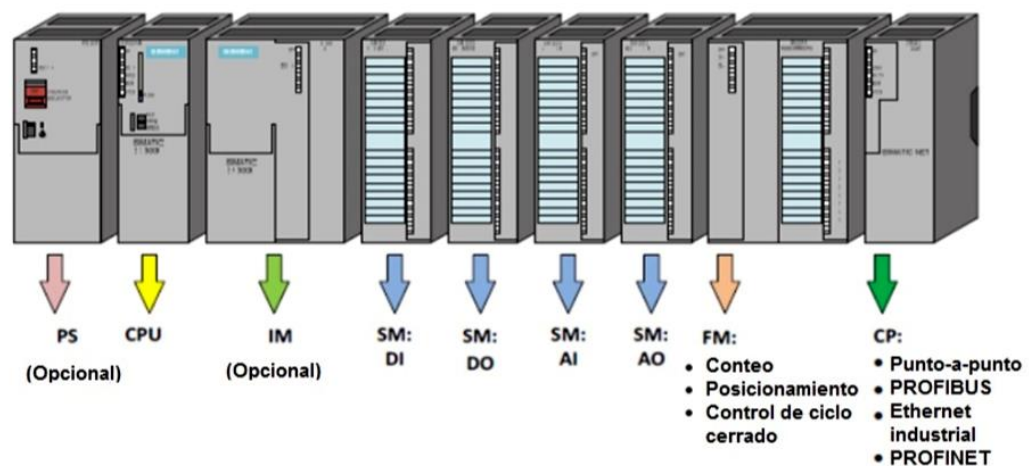
#### **B. INCONVENIENTES**

- Hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

### **3.6.4. ESTRUCTURA MODULAR**

Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

**Figura N° 18:** Estructura Modular del PLC



**Fuente:** <http://www.ieec.uned.es>

## A. FUENTE DE ALIMENTACIÓN (PS)

La fuente de alimentación proporciona las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos circuitos del sistema.

La alimentación a la CPU puede ser de continua a 24 Vcc, tensión muy frecuente en cuadros de distribución, o en alterna a 110/220 Vca.

En cualquier caso es la propia CPU la que alimenta las interfaces conectadas a través del bus interno.

La fuente de alimentación del autómata puede incorporar una batería, que se utiliza para el mantenimiento de algunas posiciones internas y del programa usuario en memoria RAM, cuando falla la alimentación o se apaga el autómata.



## **B. CPU**

La principal función del CPU es comandar y gobernar la actividad del PLC. Éste recibe información de sensores del proceso, ejecuta un programa de control previamente almacenado en su memoria mediante un equipo programador y suministra el resultado de la ejecución de las instrucciones del programa a los actuadores o dispositivos de salida. Este proceso se realiza de una manera continua y cíclica.

## **C. ENTRADAS Y SALIDAS (SM)**

La sección de entradas mediante el interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores.

- Entradas digitales
- Entradas analógicas

### **C.1. ENTRADAS DIGITALES**

Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómatas, captadores de tipo todo o nada como finales de carrera o pulsadores.

Los módulos de entrada digitales trabajan con señales de tensión, por ejemplo cuando por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y cuando llegan cero voltios se interpreta como un "0"

El proceso de adquisición de la señal digital consta de varias etapas.

- Protección contra sobretensiones
- Filtrado
- Puesta en forma de la onda

- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

## **C.2. SALIDAS DIGITALES**

Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los pre-accionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.

El valor binario de las salidas digitales se convierte en la apertura o cierre de un relé interno del autómata en el caso de módulos de salidas a relé.

En los módulos estáticos (bornero), los elementos que conmutan son los componentes electrónicos como transistores, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticos al suministrar tensión, solo pueden actuar sobre elementos que trabajan todos a la misma tensión, en cambio los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, pueden actuar sobre elementos que trabajen a tensiones distintas. El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento
- Circuito de mando (relé interno)
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

## **D. LA PROGRAMACIÓN**

El sistema de programación permite, mediante las instrucciones del autómata, confeccionar el programa de usuario. Posteriormente el programa realizado, se trasfiere a la memoria de programa de usuario.

Una memoria típica permite almacenar como mínimo hasta mil instrucciones con datos de bit, y es del tipo lectura/escritura, permitiendo la modificación del programa cuantas veces sea necesario. Tiene una batería para mantener el programa si falla la tensión de alimentación.

La programación del autómatas consiste en el establecimiento de una sucesión ordenada de instrucciones, escritas en un lenguaje de programación concreto. Estas instrucciones están disponibles en el sistema de programación y resuelven el control de un proceso determinado.

### **D.1. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN**

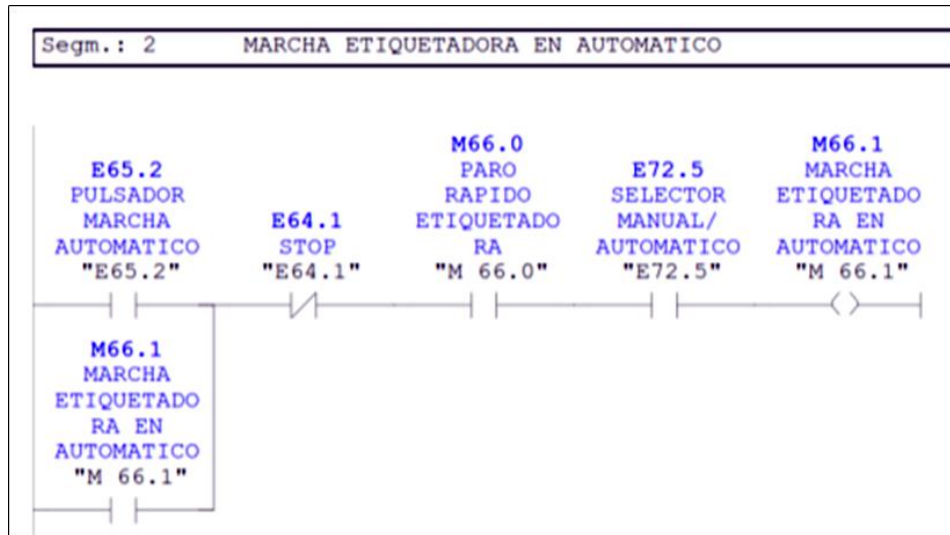
El Lenguaje de Programación en cambio, permite al usuario ingresar un programa de control en la memoria del PLC, usando una sintaxis establecida.

Existen varios tipos de lenguaje de programación, los lenguajes de programación más empleados en la actualidad son LD (Ladder), LI (Lista de Instrucciones) y Bloques.

#### **D.1.1. LADDER**

También denominado lenguaje de contactos o de escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los Controladores Lógicos Programables (PLC), debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

**Figura N° 19:** Símbolos de Contactos, Lenguaje Ladder



**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7. HMI

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación).

El autómatas posee el verdadero control sobre el proceso. Por lo tanto existe una interfaz entre el operador y WinCC flexible (en el panel de operador) y una interfaz entre WinCC flexible y el autómatas.

Un sistema HMI se encarga de:

- Representar procesos: El proceso se representa en el panel de operador. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.

- **Controlar procesos:** El operador puede controlar el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el operador puede especificar un valor teórico para el autómatas o iniciar un motor.
- **Emitir avisos:** Si durante el proceso se producen estados de proceso críticos, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).
- **Archivar valores de proceso y avisos:** El sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso. De esta forma se puede documentar el transcurso del proceso y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos de producción.
- **Documentar valores de proceso y avisos** El sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes. De este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.
- **Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina** El sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en "Recetas". Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómatas en un solo paso de trabajo para que la producción cambie a otra gama de productos.

## **A. SOFTWARE**

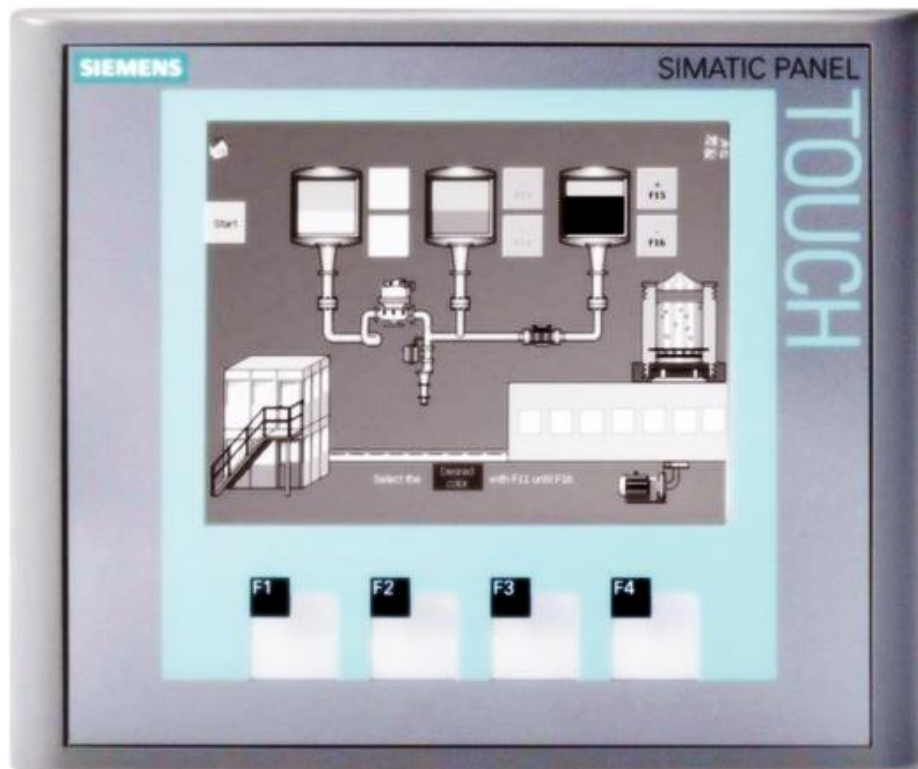
### **WinCC flexible Engineering System.**

Es el software que permite realizar todas las tareas de configuración necesarias. La edición de WinCC flexible determina qué paneles de operador de la gama SIMATIC HMI se pueden configurar.

### **WinCC flexible Runtime.**

Es el software para visualizar procesos. En runtime, el proyecto se ejecuta en modo de proceso.

**Figura N° 20:** HMI (INTERFACE HOMBRE-MAQUINA)

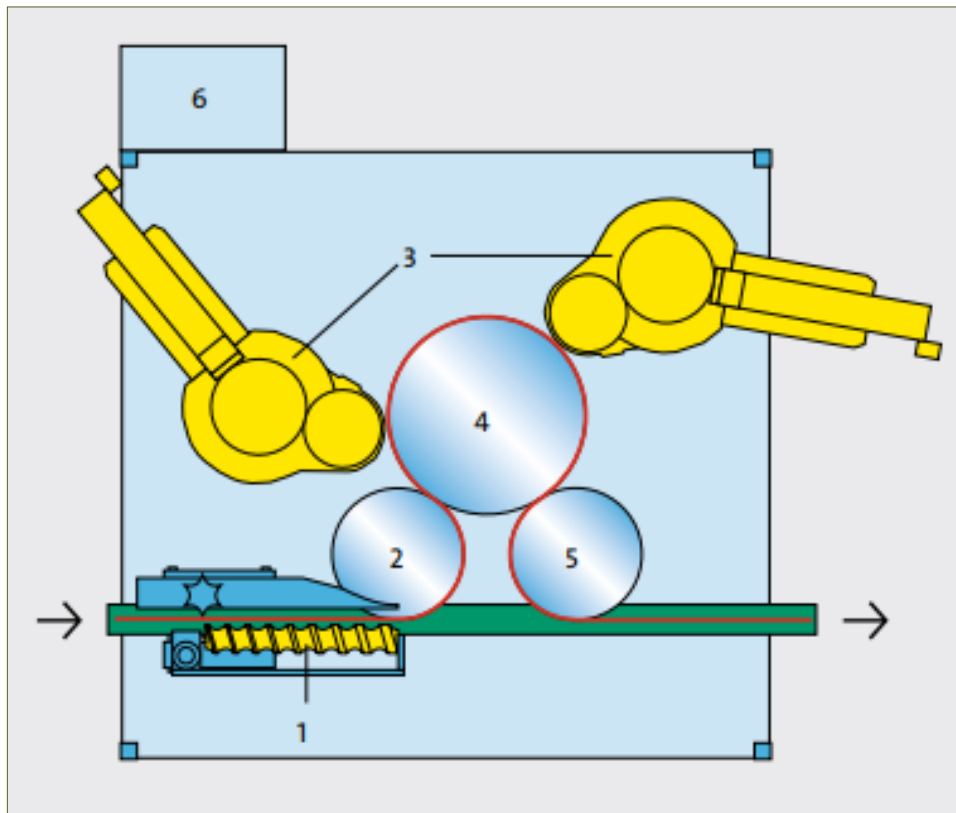


**Fuente:** <http://www.siemens.com>

### 3.8. FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS

La Etiquetadora de Botellas es la máquina diseñada para etiquetar las botellas.

**Figura N° 21:** Partes de una Etiquetadora



**Fuente:** Manual de Usuario de etiquetadora, p20

#### 1. Tornillo sinfín

Antes del sinfín está el bloqueador de botellas y tiene el aspecto de una pequeña estrella giratoria con cavidades circulares donde ingresan las botellas, sirve para trasladar las botellas al sinfín. Tiene un pistón abajo que cuando esta retraído, lo libera y empieza a girar con la misma presión de

las botellas que están ingresando, cuando el pistón se extiende lo inmoviliza, evitando que entren.

El tornillo sinfín sirve para guiar la botella para que entre suave y separada de las otras a la estrella de entrada, sino tuviera eso las botellas llegarán de golpe y se chocarán.

## 2. Estrella de Entrada

Se encarga de trasladar las botellas primero a la fotocelda y al carrusel donde están los conjuntos etiquetadores. También tiene cavidades para que ingresen las botellas. Debajo de ella hay una leva, o un disco dentado cuyas prolongaciones están alineado con cada cavidad y cerca un sensor de proximidad inductivo que va conectado al PLC, entonces cuando la estrella se mueve este disco también se va a mover y el inductivo va detectando los pulsos

## 3. Conjuntos de Etiquetado 1 Y 2

Pega las etiquetas en el cuello y cuerpo respectivamente.

## 4. Carrusel

Aquí se encuentran las estaciones etiquetadoras.

## 5. Estrella de Salida

Su función es trasladar las botellas al transportador de botellas

## 6. Armario eléctrico

Solo hay un motor en la etiquetadora de 4KW de potencia nominal, el motor mueve el carrusel y por abajo están enlazados mecánicamente con la estrella de entrada, salida y el sinfín, es decir, si se mueve el carrusel se mueve todo, si para el carrusel se para todo.



**CAPITULO III**

**DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL**

## **1. PROCESO DE ETIQUETADO DE BOTELLAS**

- Las botellas ingresan a la estrella de entrada por medio del tornillo sinfín, luego de abrirse el bloqueador de botellas.
- La estrella de entrada traslada las botellas al carrusel, al mismo tiempo la fotocelda envía una señal indicando presencia de botellas.

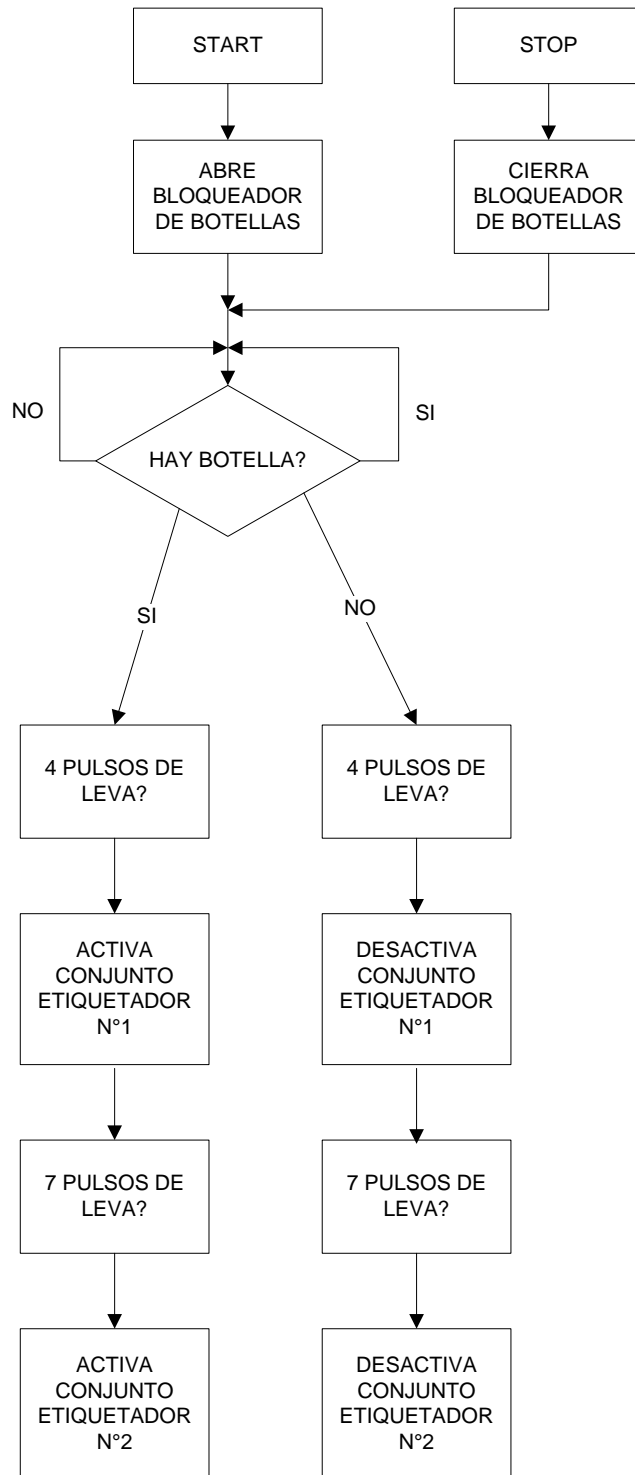
Si la fotocelda detecta botellas:

- Luego de 4 pulsos de la leva, ingresa el conjunto etiquetador N° 1.
- Luego de 7 pulsos de la leva ingresa el conjunto etiquetador N° 2.
- El carrusel entrega las botellas a la estrella de salida y esta a su vez entrega la botella al transportador de salida.

Si la fotocelda NO detecta botellas:

- Luego de 4 pulsos de la leva, se retrae el conjunto etiquetador N° 1.
- Luego de 7 pulsos de leva, se retrae el conjunto etiquetador N° 2.

## 2. LOGICA DE FUNCIONAMIENTO DE LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS



### 3. LISTA DE ENTRADAS Y SALIDAS

ENTRADAS	SALIDAS
PULSADOR DE STOP	SEÑAL HACIA TRANSPORTE DE BOTELLAS - ETIQUETADORA FUNCIONANDO
PARADA DE EMERGENCIA ESTACIÓN 1	SEÑAL HACIA TRANSPORTE DE BOTELLAS - BLOQUEO DE BOTELLAS
PARADA DE EMERGENCIA ESTACIÓN 2	ELECTROVÁLVULA DE AVANCE CILINDRO DE ETIQUETAS ESTACION 1
PULSADOR DE BLOQUEO MANUAL - INGRESO DE BOTELLAS	ELECTROVÁLVULA DE AVANCE CILINDRO DE ETIQUETAS ESTACION 2
PULSADOR DE MARCHA AUTOMATICO	ELECTROVÁLVULA BLOQUEO DE BOTELLAS
PULSADOR DE MARCHA EN MANUAL	
FOTOCELDA DE ENVASE PRESENTE	
SENSOR INDUCTIVO DE DETECTOR DE LEVA	
SEÑAL DESDE TRANSPORTE DE BOTELLAS - ACUMULACION SALIDA	
SELECTOR MANUAL-AUTOMATICO	
SEÑAL DE FALLA VARIADOR 4U1	

Con respecto a las entradas digitales, suman 11 entradas en total, se considera un 60% de reserva, lo que daría como resultado 18 entradas, por lo tanto la cantidad de módulos a usar es: 2 Módulos de 16 canales.

Con respecto a las salidas digitales, suman 5 salidas en total, se considera un 60% de reserva, lo que daría como resultado 8 salidas, por lo tanto, la cantidad

de módulos a usar es: 1 Módulo de 16 canales, pero para nuestro caso se ha considerado un módulo adicional, en total serían 2 módulos de salida digital.

Esto se hace para futuras ampliaciones, lo que hará al sistema más moldeable. Ejemplo: si tu cliente te pide otra caja de pulsadores, a 5 metros, para que el etiquetador que está haciendo algún trabajo se vaya allá y desde ahí nomás arranque.

O también puedes agregar una baliza y que se prenda cuando hay falla, entonces con el PLC no tienes que estar recableado todo, solo desde el pulsador hasta el canal, nada más, lo demás es programación.

#### 4. LISTA DE EQUIPOS

**Tabla N° 01:** Lista de Equipos Nuevos

TAG	DESCRIPCIÓN	POTENCIA
4U1	VARIADOR MOTOR PRINCIPAL	4 KW

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1. HOJA DE DATOS DE VARIADOR DE VELOCIDAD

**Tabla N° 02:** Requerimientos mínimos del Variador de Velocidad

Marca	Modelo	DANFOSS	FC302
Potencia		4 KW	
Alimentación		380 - 480 Vac	
Entrada Analógica	Entradas Digitales	2 (Tensión y Corriente)	4, Programables (PNP y NPN)
Salida Analógica	Salidas Digitales	1, Tipo 4 - 20 mA	2, Tipo 24 Vdc y 2, Tipo Relé
Grado de Protección		IP 55	
Protecciones Eléctricas del Variador		<ul style="list-style-type: none"> <li>Protección Térmica del Motor en caso de Sobre Carga</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección Contra Cortocircuitos en los terminales del motor</li> <li>• Protección contra falta de fase</li> <li>• Protección contra falla a Tierra en los terminales del motor</li> </ul>
Display de Configuración	SI, Alfa numérico
Comunicación	SI, Profibus DP

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 22:** Variador de Velocidad FC302 - Danfoss.



**Fuente:** <http://www.vlt-drives.com.ua>

## 5. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

### 5.1. DIMENSIONAMIENTO DEL PLC

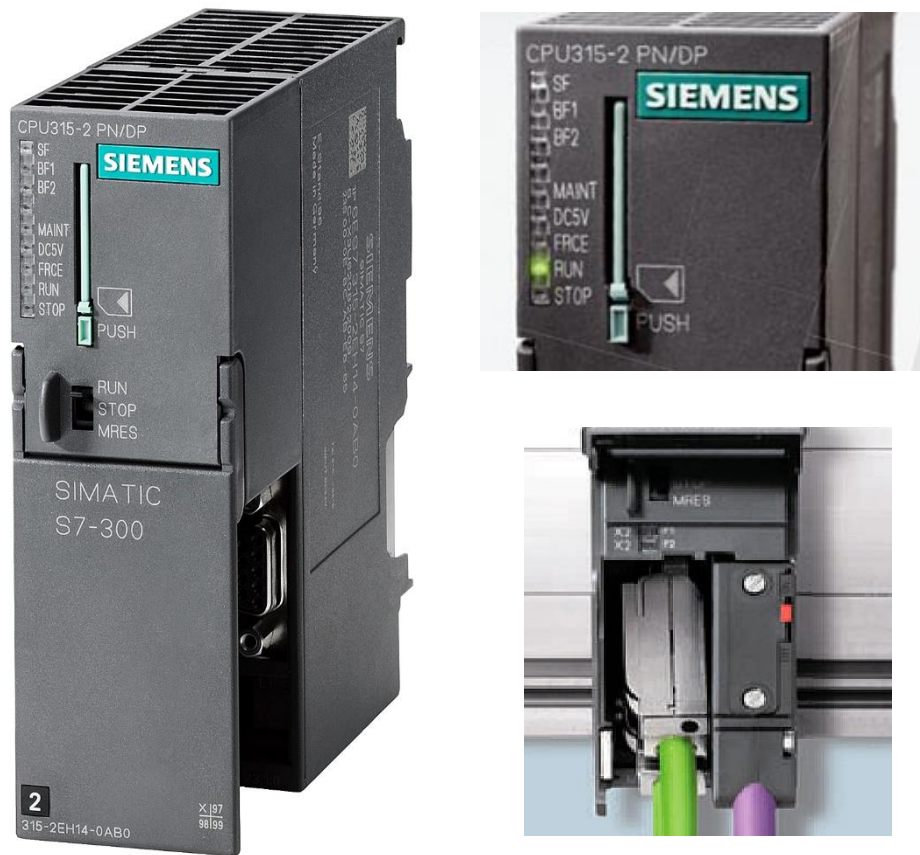
#### 5.1.1. HOJA DE DATOS DEL CPU

**Tabla N° 03:** Requerimientos mínimos del CPU

Manufactura	Siemens
Modelo	S7300
Tipo	315-2EH14-0AB0
Alimentación	24 Vdc
Memoria	384 Kbyte
Protocolo de Comunicación	1 Interface MPI/DP 12 Mbit/s 1 Interface Ethernet Profinet

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 23:** CPU 315-2EH14-0AB0



**Fuente:** <http://www.siemens.com>

### 5.1.2. HOJA DE DATOS DE MODULO DE ENTRADAS DIGITALES

**Tabla N° 04:** Requerimientos mínimos del Módulo de Entradas Digitales

Manufactura	SIEMENS
Modelo	S7300
Tipo	321-1BH02-0AA0
Alimentación	24 Vdc
Número de Canales	16
Tipo	PNP o NPN
Consumo de Corriente por Canal	10 mA



**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 24:** Modulo de Entradas Digitales 321-1BH02-0AA0



**Fuente:** <http://www.siemens.com>

**5.1.3. HOJA DE DATOS DE MODULO DE SALIDAS DIGITALES**

**Tabla N° 05:** Requerimientos mínimos del Módulo de Salidas Digitales

Manufactura	SIEMENS
Modelo	S7300
Tipo	322-1BH01-0AA0
Alimentación	24 Vdc
Número de Canales	16

Tipo	Aisladas Ópticamente
Consumo de Corriente por Canal	0.5 A

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 25:** Modulo de Salidas Digitales 322-1BH01-0AA0



**Fuente:** <http://www.siemens.com>

#### 5.1.4. HOJA DE DATOS DEL HMI (INTERFACE HOMBRE-MÁQUINA)

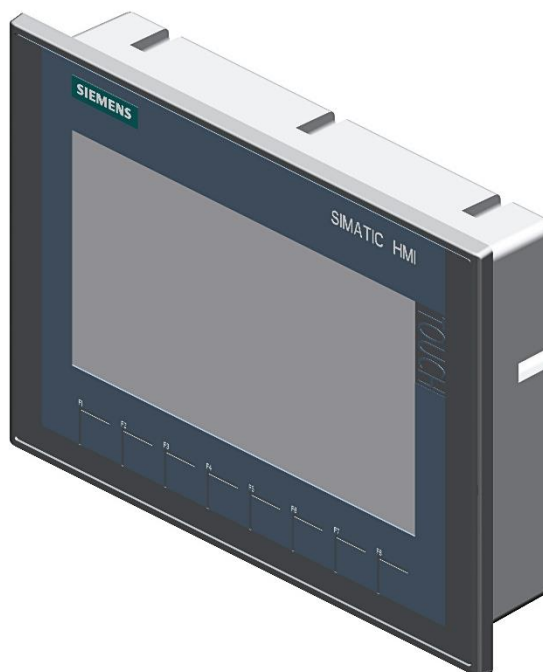
**Tabla N° 06:** Requerimientos mínimos del HMI (Interface Hombre Máquina)

Manufactura	SIEMENS
Modelo	6AV2123-2GB03-0AX0

Tamaño	7"
Tipo	TFT, LCD color
Touchscreen	SI
Resolución	VGA 640 x 480
Alimentación	24 Vdc
Protocolo de Comunicación	Profinet

**Fuente:** Elaboración Propia

**Figura N° 26:** HMI 6AV2123-2GB03-0AX0



**Fuente:** <http://www.siemens.com>

## **6. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL**

### **6.1 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PLANOS ELECTRICOS (VER ANEXO N°2)**

1.- ALIMENTACIÓN PRINCIPAL










2.- CONEXIÓN DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN

- 3.- ALIMENTACIÓN PLC Y MÓDULOS
- 4.- ALIMENTACIÓN VARIADOR 4U1
- 5.- MODULO DE ENTRADAS DIGITALES
- 6.- MODULO DE ENTRADAS DIGITALES
- 7.- MODULO DE ENTRADAS DIGITALES
- 8.- MODULO DE ENTRADAS DIGITALES
- 9.- MODULO DE SALIDAS DIGITALES
- 10.- MODULO DE SALIDAS DIGITALES
- 11.- ALIMENTACIÓN HMI
- 12.- SEÑALES EXTERNAS HACIA TRB

## 6.2. CONFIGURACIÓN DEL PLC

Según el listado de entradas/salidas y las especificaciones del sistema de control

**Figura N° 27:** Configuración del PLC

Slot	Módulo	Referencia	Firmware	Dirección MPI	Dirección E	Dirección S
1						
2	 CPU 315-2PN/DP	6ES7 315-2EH14-0AB0	V3.1	3		
X1	 MPI/DP			3	2047*	
X2	 PN-IO				2046*	
X21	 Puerto 1				2045*	
X22	 Puerto 2				2044*	
3						
4	 DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				64...65
5	 DO16xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BH01-0AA0				4...5
6	 DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			64...65	
7	 DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AA0			72...73	

**Fuente:** Elaboración Propia

Slot 1: CPU 315 2PN/DP: 6ES7-315-2EH14-0AB0

Slot 4: Módulo de salidas digitales: 6ES7-322-1BH01-0AA0

Slot 5: Módulo de salidas digitales: 6ES7-322-1BH01-0AA0

Slot 6: Módulo de entradas digitales: 6ES7-321-1BH02-0AA0

Slot 7: Módulo de entradas digitales: 6ES7-321-1BH02-0AA0

### 6.3. DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

SLOT	4
MODULO	SALIDAS DIGITALES
TIPO	322-1BH01-0AA0
DIRECCION DE PLC	DESCRIPCION
A64.0	RESERVA
A64.1	RESERVA
A64.2	HACIA TRB - MARCHA ETIQUETADORA
A64.3	HACIA TRB - BLOQUEO DE BOTELLAS
A64.4	RESERVA
A64.5	RESERVA
A64.6	RESERVA
A64.7	RESERVA
A65.0	RESERVA
A65.1	EV. AVANCE CILINDRO DE ETIQUETAS ESTACION 1
A65.2	RESERVA
A65.3	EV. AVANCE CILINDRO DE ETIQUETAS ESTACION 2
A65.4	EV.BLOQUEO DE BOTELLAS
A65.5	RESERVA
A65.6	RESERVA
A65.7	RESERVA

<b>SLOT</b>	<b>5</b>
<b>MODULO</b>	<b>SALIDAS DIGITALES</b>
<b>TIPO</b>	<b>322-1BH01-0AA0</b>
<b>DIRECCION DE PLC</b>	<b>DESCRIPCION</b>
A4.0	RESERVA
A4.1	RESERVA
A4.2	RESERVA
A4.3	RESERVA
A4.4	RESERVA
A4.5	RESERVA
A4.6	RESERVA
A4.7	RESERVA
A5.0	RESERVA
A5.1	RESERVA
A5.2	RESERVA
A5.3	RESERVA
A5.4	RESERVA
A5.5	RESERVA
A5.6	RESERVA
A5.7	RESERVA

SLOT	6
MODULO	ENTRADAS DIGITALES
TIPO	321-1BH02-0AA0
DIRECCION DE PLC	DESCRIPCION
E64.0	RESERVA
E64.1	STOP
E64.2	RESERVA
E64.3	PARADA DE EMERGENCIA ESTACIÓN 1
E64.4	PARADA DE EMERGENCIA ESTACIÓN 2
E64.5	BLOQUEO MANUAL DE INGRESO DE BOTELLAS
E64.6	RESERVA
E64.7	RESERVA
E65.0	RESERVA
E65.1	RESERVA
E65.2	MARCHA AUTOMATICO
E65.3	MARCHA MANUAL
E65.4	RESERVA
E65.5	RESERVA
E65.6	RESERVA
E65.7	ENVASE PRESENTE

SLOT	7
MODULO	ENTRADAS DIGITALES
TIPO	321-1BH02-0AA0
DIRECCION DE PLC	DESCRIPCION
E72.0	DETECTOR DE LEVA
E72.1	RESERVA
E72.2	SEÑAL DESDE TRB - ACUMULACION SALIDA
E72.3	RESERVA
E72.4	RESERVA
E72.5	SELECTOR MANUAL-AUTOMATICO
E72.6	RESERVA
E72.7	RESERVA
E73.0	FALLA VARIADOR 4U1
E73.1	RESERVA
E73.2	RESERVA
E73.3	RESERVA
E73.4	RESERVA
E73.5	RESERVA
E73.6	RESERVA
E73.7	RESERVA



## **6.4. PROGRAMA DEL PLC, EN LENGUAJE LADDER (VER ANEXO N°1)**

### **6.4.1. PAROS DE EMERGENCIA DE MAQUINA**

La etiquetadora tiene paradas de emergencia E64.3 y E64.4, a través de pulsadores tipo hongo, cuando tú presionas cualquiera de ellos debe parar automáticamente en seco, también si se activa el fallo del variador e73.0 tiene que pararse si o si, porque el variador mueve el motor principal que mueve todo.

Las paradas de emergencia están ubicados al lado de cada estación porque la etiquetadora es grande, y si el etiquetador encuentra un trabamamiento o cualquier emergencia, entonces se dirige a estas paradas de emergencia cercanas y apaga, para que ya no este viniendo corriendo hasta el panel de operador a apagar.

Entonces si se cumple cualquiera de estas condiciones la salida M66.0 representa que ha habido un paro rápido por una emergencia.

### **6.4.2. MARCHA ETIQUETADORA EN AUTOMATICO Y MANUAL**

La etiquetadora posee dos modos de marcha: manual y automático, ambos pueden seleccionarse a través de un selector de dos posiciones, cuando lo ajustas en automático debe enviar un 1 lógico a E72.5, luego presionas START, y el parado rápido debe estar deshabilitado.

La entrada invertida “stop” recibe la señal de un pulsador normalmente abierto que al activarse enviara un 1 lógico causando que se abra el circuito y la etiquetadora pare.

Se realizó un enclavamiento de la bobina para que una vez que se activa la bobina M66.1 cuando accionamos el pulsador START E65.2, la bobina quede energizada después de que se deje de pulsar, para lograr

esto se utilizó un contacto auxiliar en paralelo con E65.2 para la realimentación de la bobina.

Para habilitar la marcha en manual M66.2 presionas START que es diferente al de modo automático, el paro de emergencia debe estar deshabilitado, y debido a que el selector en posición manual ahora envía un 0, por eso la entrada E72.5 está invertido.

Cuando habilitas la marcha en automático, salta al segmento 3 y activa el bloque MOVE entonces la referencia de entrada ingresada desde el panel de operador que luego es almacenada en la palabra 12 del bloque de datos 70 se pasa al variador por comunicación Profibus a través de la memoria MD130 para que sea leído por el variador, para regular la velocidad del motor. Es decir: si en el Setpoint del panel táctil ingreso %70 se va a referencia del variador y el variador se pone a %70

Si se habilita la marcha en manual, entonces salta al segmento 5: ahora la etiquetadora tiene una velocidad prefijada de %25

#### **6.4.3. MARCHA VARIADOR DE VELOCIDAD**

Ya sea marcha en automático o en manual la etiquetadora debe moverse. Existe una comunicación entre la salida A64.2 y una entrada digital del PLC del transporte de botellas (TRB) que maneja el variador de su cadena, si la etiquetadora está funcionando le avisa mediante una señal 1, entonces manda arrancar el transporte de botellas para que ingresen las botellas, si se detiene la etiquetadora, ahora le envía un cero, haciendo que pare la cadena para que no ingresen las botellas, ese es la razón por la que he puesto M66.2 en paralelo con M66.1

Debe avisarle porque el TRB debe saber si la etiquetadora está funcionando o no, si no hay esa comunicación el transporte de botellas no

sabe y sigue metiendo botellas así la etiquetadora esta parada y se van a empezar a romper botellas

#### **6.4.4. ELECTROVALVULA BLOQUEO BOTELLAS**

El bloqueo de botellas se habilita bajo las siguientes condiciones:

Si hay un paro rápido entonces abre el circuito, por lo tanto debe estar deshabilitado

Si seleccionas el modo automático E72.5, el modo manual que es la misma entrada pero invertida se desactiva y viceversa.

Si de repente hay acumulación a la salida, la entrada E72.2 recibe una señal del TRB

Entonces se activa A65.4, al mismo tiempo la etiquetadora le comunica al TRB a través de la salida A64.3 que el bloqueador de botellas esta inmovilizado y debe parar pero la etiquetadora sigue moviéndose y las botellas que se quedaron adentro terminan de salir, finalmente se libera adelante, desbloquea y de nuevo ingresan las botellas.

Si está en modo manual, no detecta automáticamente la acumulación de la salida, pero te permite habilitar manualmente el bloqueo de botellas mediante un pulsador retentivo E64.5, y al mismo tiempo detiene el transporte de botellas y al detenerse ya no hay quien empuje las botellas.

El modo manual es para casos de mantenimiento, por ejemplo si una botella estaba media rota, y se derrama, el operador selecciona el modo manual y corta las botellas manualmente y entonces esas botellas saldrán para que quede todo vacío y empezar a limpiar.

#### **6.4.5. BIT DE REGISTRO**

Este es el primer paso para crear el registro de corrimiento

Se utilizó la función “SET/RESET”, para almacenar los estados “hay botella” y “no hay botella” en una marca definida M50.0 con la finalidad de usarlos en el registro de corrimiento para la activación o desactivación de los carros etiquetadores.

Pero siempre y cuando se active el detector de leva

Es decir:

Si E72.0 se activa porque el inductivo detecta la leva y el bit de envase presente también, es decir detecta botella, entonces M50.0 se activa, si no detecta botella entonces resetea M50.0

Pero si no hay leva:

Cualquiera que sea el valor de E65.7, será ignorado y M50.0 conserva su valor previo.

#### **6.4.6. REGISTRO DE CORRIMIENTO**

Determina la lógica que va a gobernar el funcionamiento de los carros etiquetadores 1 y 2

Se encarga de hacer que la cadena de bits de registro generados recorra una palabra MW101 desde su primer bit hasta el último para que cuando pasen por la posición 4 y 7 sean detectados por las electroválvulas de las estaciones 1 y 2 respectivamente

Solo se va a ejecutar si el detector de leva está activado, es decir:

Si E72.0 es 0, el comando SPB interrumpe la ejecución lineal del programa y salta a la meta indicada a su costado.

Si e72.0 es 1 no hace el salto y continúa a la siguiente línea:

Primero cargamos el bit de M50.0 en el espacio de memoria M102.0

Luego cargamos el contenido de MW101 en el acumulador 1

Luego ejecutamos la operación SLW 1, que desplaza el contenido del acumulador un bit a la izquierda y por lo tanto el bit proveniente de M102.0 se desplaza a la siguiente posición.

Por medio del operador transferir, el valor modificado en el acumulador 1 se copia de regreso al MW101, entonces ahora este bit estará en su segunda posición

Por lo tanto por cada pulso de leva, el bit de registro se va desplazando hasta llegar a la posición 4 y 7 de MB102 entonces entraran el carro 1 y 2 respectivamente, el objetivo es que el PLC sepa que al cuarto pulso desde que la botella ingreso ya está justo en el lado del carro 1 y debe entrar para etiquetarla, en el séptimo pulso sabe que justo en este lado está la botella, entonces el carro 2 ingresa y pega la etiqueta.

Si dejan de llegar botellas, entonces M50.0 cambia a 0 y sigue el mismo procedimiento pero esta vez los carros se retraen, porque si ya no hay botellas y sigue el carro adentro, la etiqueta se cae, porque ya no hay botellas, ya no hay en que pegarse.

## **7. DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN**

Las variables a supervisar en el HMI serán:

- 1.- Velocidad de la Etiquetadora en botellas/hora
- 2.- Cantidad de botellas que pasan por la etiquetadora
- 3.- Las variables del motor

Corriente, RPM, Potencia

- 4.- Alarmas

Mediante los datos extraídos del campo yo puedo programar las alarmas que quiera:

Acumulación en la salida, consumo de corriente alta del motor, activación de paradas de emergencia, falla del variador, etc.

Así el operador puede monitorear el sistema para que vea que está funcionando correctamente.

Si la corriente del motor es muy baja y menor a 0.1 amperios, el motor está girando en vacío, es decir tiene velocidad (frecuencia) pero no hay consumo de corriente porque quizás la faja del motor se ha desacoplado, entonces aparecerá una alarma que te diga “revisar faja de transmisión porque el consumo de la corriente del motor es baja”.

Si la corriente nominal es superior a 7 amperios, debido a que mientras más carga tiene el motor más corriente va a consumir que te diga “Revisar algún trabamiento en el motor”

Una alarma también ayuda a solucionar fallas operativas:

Tu puedes poner una advertencia que te indique que la etiquetadora o selector está en manual por ejemplo: el técnico solía poner el selector de manual/automático en modo manual y luego habilitaba manualmente el bloqueo de botellas para hacer mantenimiento o para ver si está bien cuadrado la etiqueta, luego venía el operador y empezaba a regular la

etiquetadora, al presionar el pulsador de marcha en automático no llegaban las botellas (porque lo dejaron en modo manual), y después de que hacían una revisión no entendían que pasaba, pues el técnico se olvidó de ponerlo en automático.

En consecuencia el operador, no tiene que verificar el mismo si está funcionando bien, ya sea midiendo tensiones en las relés, empezar a hacer puentes para verificar porque la etiquetadora no arranca, en consecuencia el tiempo que toma en solucionar la falla que era muy alto se reduce.

## 7.1. CREACIÓN DE VARIABLES

The screenshot displays the WinCC flexible Advanced - Panel.hmi software interface. The 'Variables' tab is active, showing a table of variables. The project tree on the left indicates the current project is 'Panel de operador\_1(KTP600 Basic color PN)'. The toolbar at the top shows various icons for project management and configuration. The table of variables is as follows:

Nombre	Conexión	Dirección	Tipo de datos	Elementos de ...	Ciclo de ac
DATA_ETIQ_HMI.Velocidad_Nom_Etiq	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 0	DInt	1	1 s
DATA_ETIQ_HMI.Velocidad_Variador_SP	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 12	Real	1	1 s
DATA_ETIQ_HMI.Velocidad_Actual_RV	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 16	Real	1	500 ms
DATA_ETIQ_HMI.Corriente_Motor_Etiq	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 20	Real	1	1 s
DATA_ETIQ_HMI.Voltaje_Motor	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 24	Real	1	1 s
DATA_ETIQ_HMI.Potencia_KW	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 32	Real	1	1 s
DATA_ETIQ_HMI.Velocidad_Actual_ref	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 36	Real	1	1 s
DATA_ETIQ_HMI.Velocidad_Actual_Etiq	CPU 315-2PN/DP	DB 70 DBD 4	DInt	1	500 ms
HMI_FUNCIONES.Reset_Contador_Botellas	CPU 315-2PN/DP	DB 71 DBX 1.0	Bool	1	1 s
BLOQUEO_MANUAL	CPU 315-2PN/DP	I 64.5	Bool	1	1 s
ACUMULACION_SALIDA	CPU 315-2PN/DP	I 72.2	Bool	1	1 s
FALLA_VARIADOR	CPU 315-2PN/DP	I 73.0	Bool	1	1 s
PARO_RAPIDO_ETOQUETADORA	CPU 315-2PN/DP	M 66.0	Bool	1	1 s
ETIQUETADORA_AUTOMATICO	CPU 315-2PN/DP	M 66.1	Bool	1	1 s
ETIQUETADORA_AUTOMATICO_0	CPU 315-2PN/DP	M 66.2	Bool	1	1 s
FALLA_EMBRAGUE	CPU 315-2PN/DP	M 70.4	Bool	1	1 s
FALLA_ESTRELLA_ENTRADA	CPU 315-2PN/DP	M 70.5	Bool	1	1 s
FALLA_ESTRELLA_SALIDA	CPU 315-2PN/DP	M 70.6	Bool	1	1 s
CONTADOR_DE_BOTELLAS	CPU 315-2PN/DP	MD 30	Real	1	1 s
BOTHORA	CPU 315-2PN/DP	MD 94	Real	1	1 s



## 7.2. CREACIÓN DE LA CONEXIÓN ENTRE EL PLC Y EL HMI

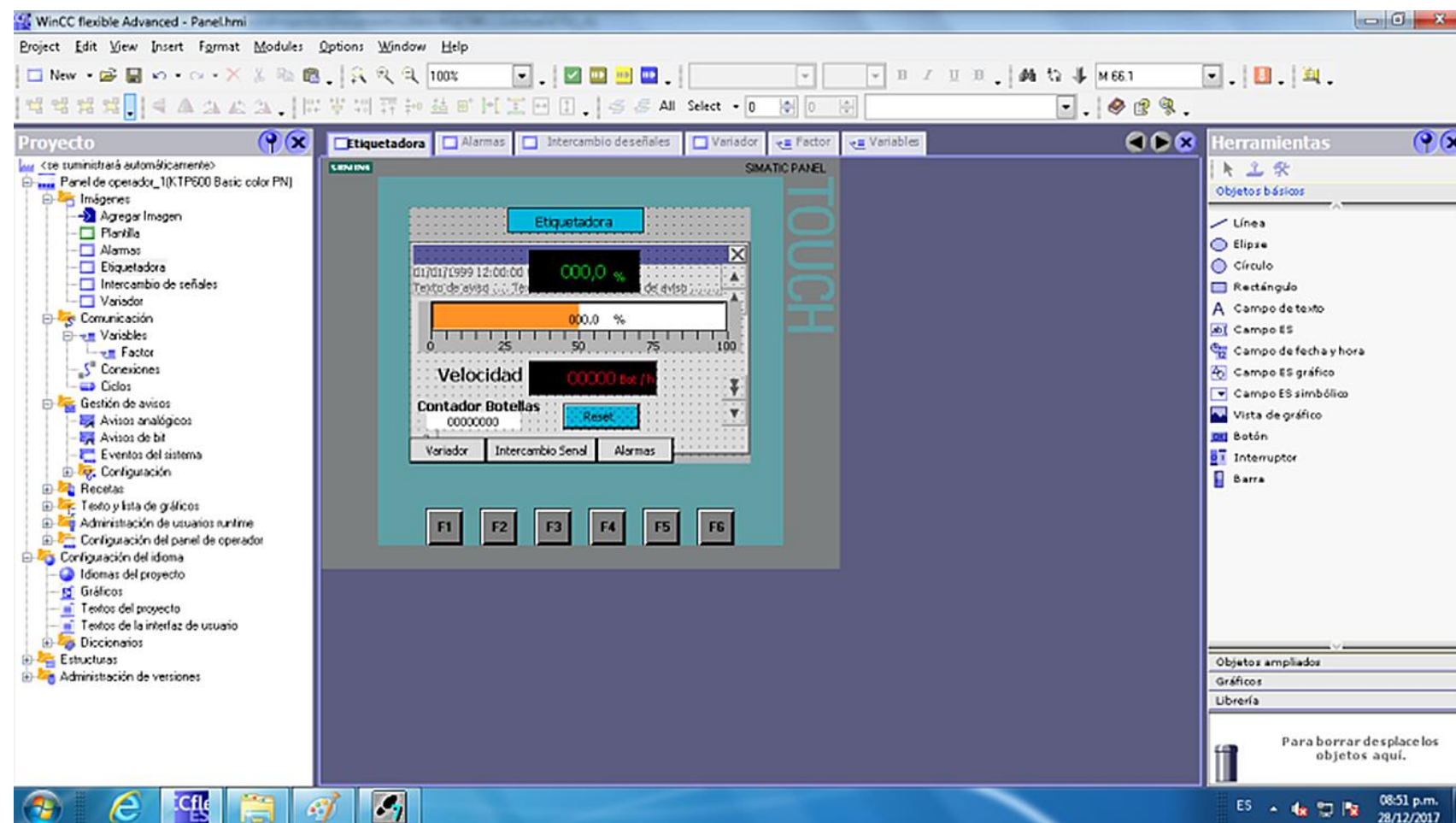
The screenshot displays the WinCC flexible Advanced - Panel.hmi software interface. The main window is titled "CONEXIONES" (Connections). On the left, a project tree shows the hierarchy of the project, including "Panel de operador\_1(KTP600 Basic color PN)". The main area shows a table with connection details:

Nombre	Driver de comunicación	Online	Comentario
CPU 315-2PN/DP	SIMATIC S7 300/400	Activado	

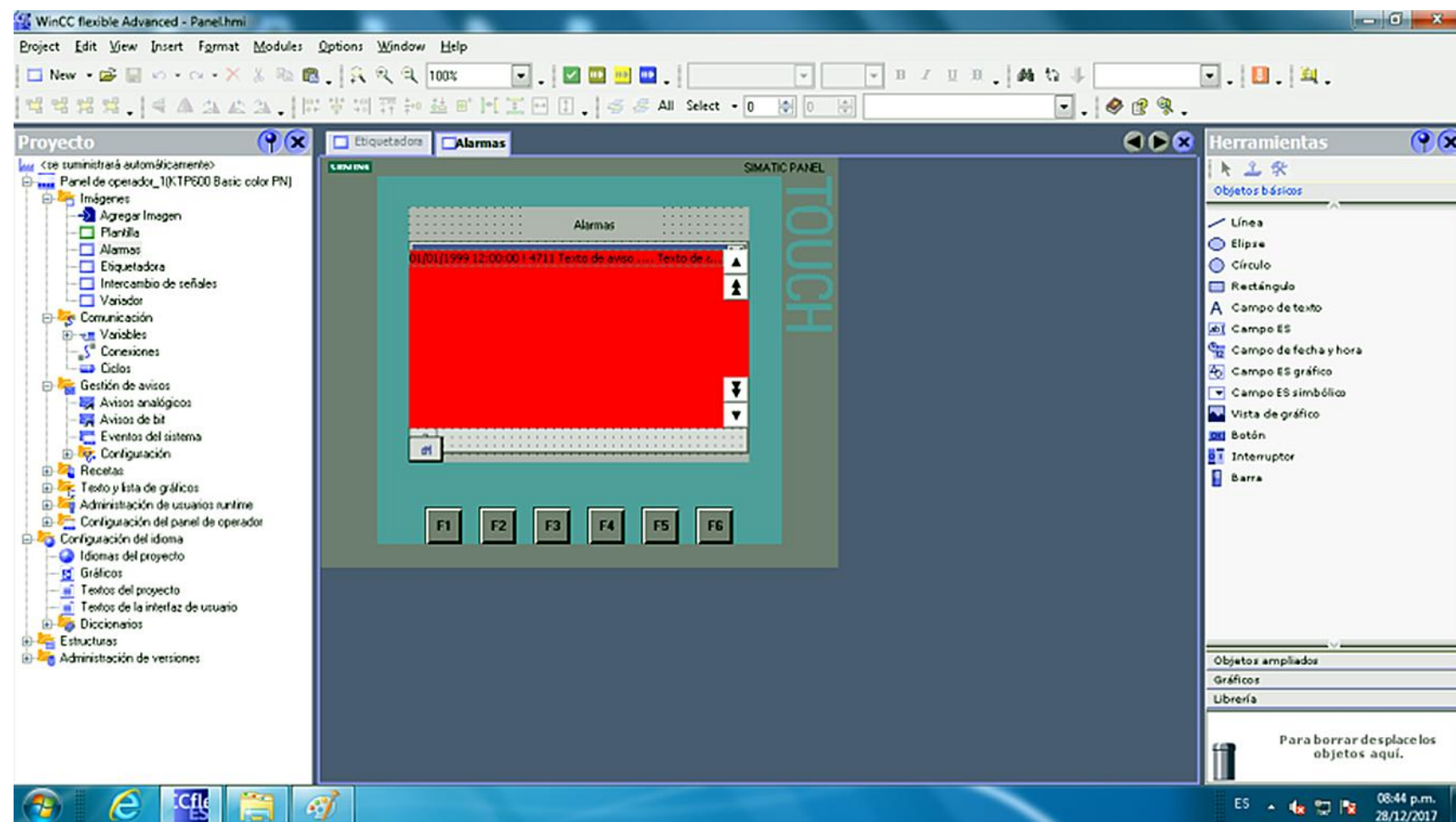
Below the table, there are two tabs: "Parámetros" and "Coordinación". The "Parámetros" tab is active, showing the configuration for the "KTP600 Basic color PN" HMI. The "Interfaz" is set to "Ethernet". The "Panel de operador" section shows the "Tipo" as "IP" and the "Dirección" as "10.165.87.47". The "Autómata" section shows the "Dirección" as "10.165.87.16", "Slot de expansión" as "2", and "Bastidor" as "0". The "Proceso cíclico" checkbox is checked.

The bottom of the screen shows the Windows taskbar with various icons and the system clock indicating 09:00 p.m. on 28/12/2017.

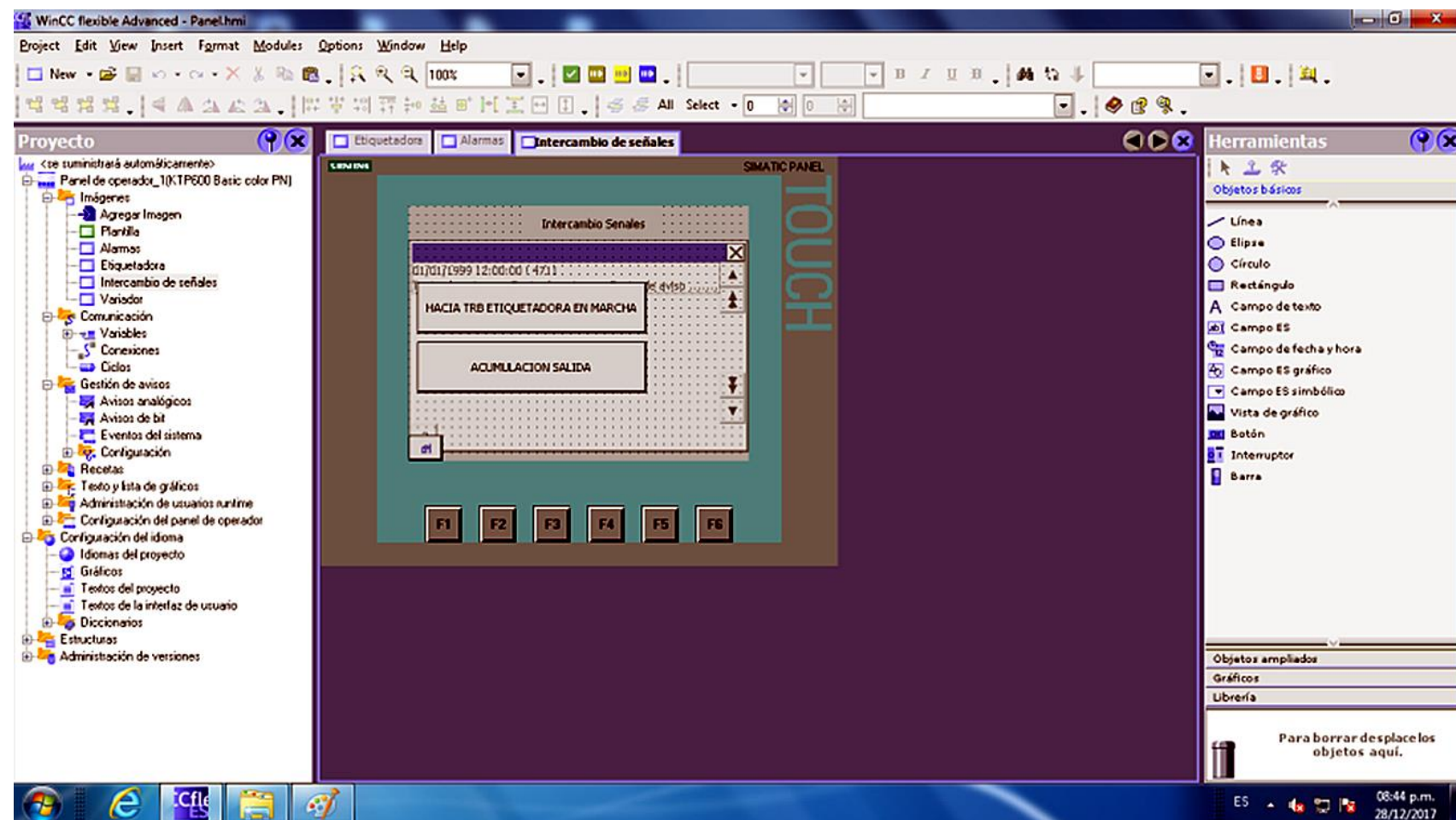
### 7.3. CREACIÓN DE LA PANTALLA PRINCIPAL



## 7.4. CREACIÓN DE LA PANTALLA DE ALARMAS

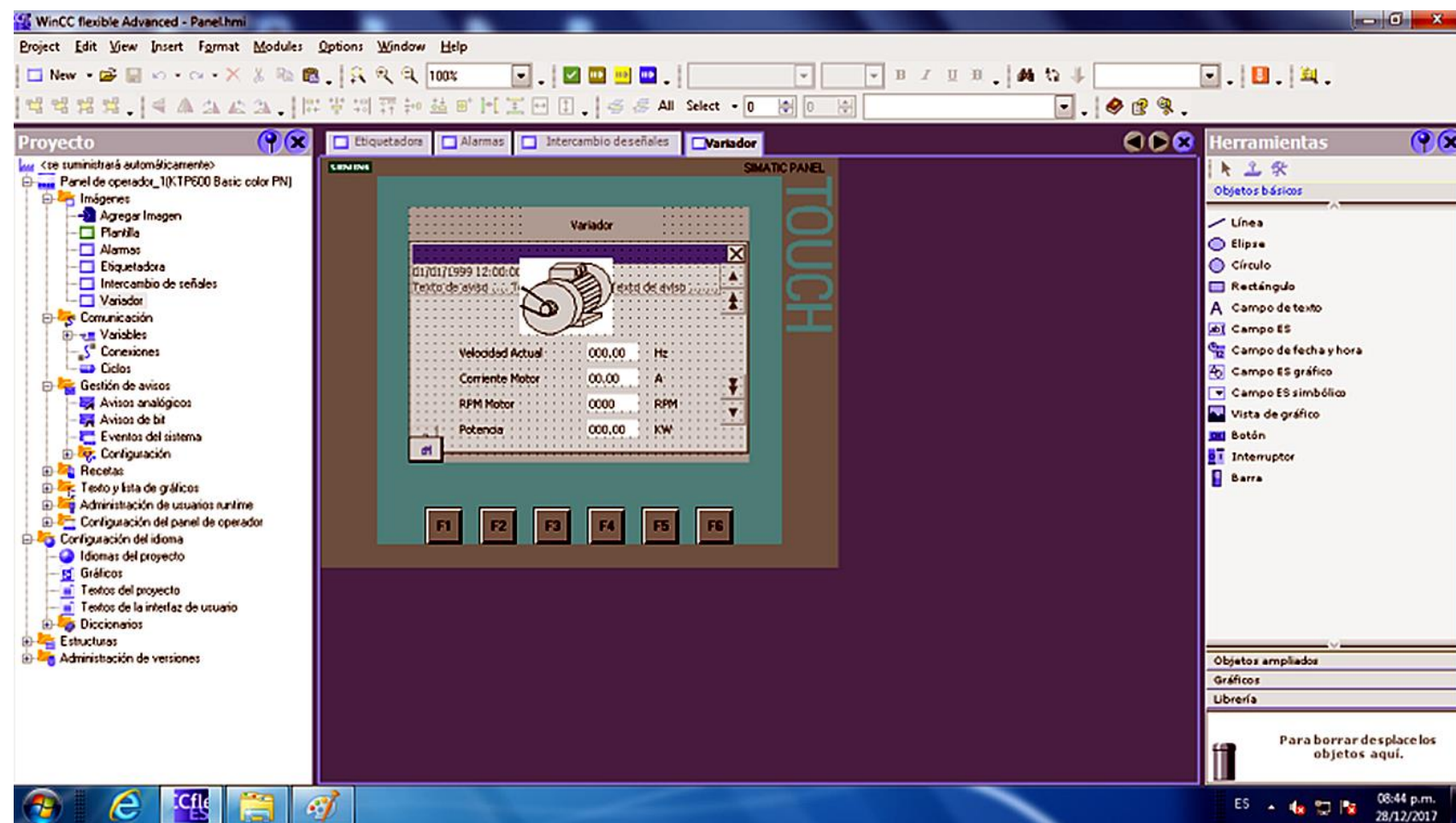


## 7.5. CREACIÓN DE LA PANTALLA DE INTERCAMBIO DE SEÑALES





## 7.6. CREACIÓN DE LA PANTALLA DE VARIABLES DEL VARIADOR



## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS**

## 1. COSTOS DEL PROYECTO

### 1.1. COSTOS DE HARDWARE

#### 1.1.1. COSTOS DE EQUIPOS

Solo se considera el costo del variador de velocidad, con respecto al motor, los sensores inductivos, los sensores fotoeléctricos, el tablero de control, electroválvulas y pistones se utilizará lo ya existente.

**Tabla N° 07:** Costos de los Equipos del Proyecto

DESCRIPCIÓN	MODELO	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Variador de Velocidad	FC302-4 KW	1	S/.7 200	S/.7 200
SUBTOTAL				S/.7 200

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 1.1.2. COSTOS SISTEMA DE CONTROL

**Tabla N° 08:** Costos del Sistema de Control

DESCRIPCIÓN	MODELO	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
HMI	6AV2123-2GB03-0AX0	1	S/.5 500	S/.5 500
CPU	315-2EH14-0AB0	1	S/.6 900	S/.6 900
Módulo de Entradas Digitales	321-1BH02-0AA0	2	S/.541	S/.1 082
Módulo de Salidas Digitales	322-1BH01-0AA0	2	S/.838	S/.1 676
Recableado	-	1	S/.5 000	S/.5 000
SUBTOTAL				S/.20 158

**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.2. COSTOS DE INGENIERÍA

Solo se considera el costo de la mano de obra para programación del PLC y HMI y también el costo de mano de obra para la elaboración de planos eléctricos. El software para programación del PLC (Step 7) y el software para programación del HMI (WinCC Flexible) fueron proporcionados por la empresa, es por eso que no ingresan en esta tabla.

**Tabla N° 09:** Costos de Ingeniería del Proyecto

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Elaboración de Planos	1	S/.1 500	S/.1 500
Programación del PLC	1	S/.800	S/.800
Programación del HMI	1	S/.800	S/.800
SUBTOTAL			S/.3 100

**Fuente:** Elaboración Propia

### 1.3. COSTOS DE CAPACITACIÓN

**Tabla N°10:** Costos de Capacitación

DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Capacitación en el Manejo del HMI	1	S/.1 500	S/.1 500
SUBTOTAL			S/.1 500

**Fuente:** Elaboración Propia



**Tabla N° 11:** Resumen del Costo Total del Proyecto

COSTOS DE HARDWARE	S/.27 358
COSTOS DE INGENIERÍA	S/.3 100
COSTOS DE CAPACITACIÓN	S/.1 500
COSTO TOTAL	S/.31 958

**Fuente:** Elaboración Propia

## 2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

$$R = \frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}}$$

### 2.1. BENEFICIOS

Los datos de los tiempos de las fallas operativas y fallas de máquina se obtuvieron del archivo de eficiencias de la línea de envasado, los cuales se muestran en el Anexo N° 3.

- Reducción del tiempo perdido por solución de fallas de máquina.

Si asumimos que el tiempo empleado para solución de fallas de máquina se reduce en 0.5 H, obtendríamos un ahorro de S/.4 000 al mes.

**Tabla N° 12:** Comparación del tiempo perdido por fallas de máquina al mes

ANTES	AHORA
6 H	5.5 H
6 - 5.5= 0.5 H adicionales para producción	
0.5 hora x 1 000 cajas/hora x 8 soles/caja= S/. 4 000	
Ahorro	S/.4 000

**Fuente:** Elaboración Propia

- Reducción del tiempo perdido fallas operativas.

Si asumimos que el tiempo perdido por fallas operativas se reduce en 0.5 H, obtendríamos un ahorro de S/.4 000 al mes.

**Tabla N° 13:** Comparación del tiempo perdido por fallas operativas al mes

ANTES	AHORA
2.3 H	1.8 H
2.3 – 1.8= 0.5 H adicionales para producción	
0.5 hora x 1 000 cajas/hora x 8 soles/cajas= S/. 4 000	
Ahorro	S/.4 000

**Fuente:** Elaboración Propia

En total los beneficios ascienden a S/.8 000 mes

Por lo tanto el tiempo de recuperación de la inversión será de:

$$\frac{31958 \text{ S/.}}{8000 \frac{\text{S/.}}{\text{mes}}} = 3.99 \text{ meses}$$

**CAPITULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

Luego de la implementación del presente proyecto de tesis se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Se propuso la lógica de funcionamiento de la etiquetadora de botellas en base a la operación actual.
2. La automatización de la etiquetadora de botellas incrementa el tiempo de producción de la línea de envasado, pudiendo recuperar la inversión en un tiempo reducido
3. Se reducirá en 10% el tiempo utilizado para solución de problemas por fallas operativas, equivalente a 0.5 h debido a la automatización de la máquina.
4. Se reducirá en 20% el tiempo utilizado para solución de problemas por fallas de máquina, equivalente a 0.5 h debido a la automatización de la máquina.
5. Se determinó y se seleccionó los equipos para el sistema de supervisión y control tomando en consideración la base instalada en la planta, para nuestro caso la marca SIEMENS.
6. La interfaz intuitiva del HMI te permite monitorear en tiempo real el sistema ayudando al operador a ubicar fácilmente las fallas.
7. El sistema con PLC se vuelve más moldeable y para nada cerrado, porque te permite hacer futuras ampliaciones con facilidad para aumentar sus prestaciones

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda realizar un procedimiento de operación del HMI, hasta lograr 100% de capacitación de los operadores.
- Se recomienda realizar el automatismo del control de velocidad de la etiquetadora que dependa de la acumulación de botellas a la salida de la etiquetadora, es decir que la etiquetadora baje la velocidad en relación al grado de acumulación a la salida.

**CAPITULO VI**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **1.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Acedo Sánchez, J. (2003). *Control Avanzado De Procesos Teoría Y Práctica*.  
Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
2. Creus Sole, A. (2011). *Instrumentación Industrial (8 Edición)*.  
Barcelona: Marcombo, S.A
3. Distefano, J. (1992). *Retroalimentación y Sistemas de Control*.  
España: Mc. Graw Hill.
4. Smith y Corripio; B. (1997). *Control Automático de Proceso. Teoría y Práctica*.  
España: Limusa.

## **1.2 REFERENCIAS WEBGRÁFICAS**

1. [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo04_1907.pdf)
2. [http://prof.usb.ve/jaller/Guia\\_Maq\\_pdf/cat\\_motores\\_ind.pdf](http://prof.usb.ve/jaller/Guia_Maq_pdf/cat_motores_ind.pdf)
3. <http://banrepcultural.org/sites/default/files/lablaa/ciencias/sena/mineria/electricidad-minas/modulo%204/modulo%204%20-%20d.pdf>
4. [http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpcoroso/gl/system/files/1TXA007106Go701\\_CT6.pdf](http://www.edu.xunta.gal/centros/cifpcoroso/gl/system/files/1TXA007106Go701_CT6.pdf)
5. <https://library.e.abb.com/public/60c66ea11b71473099ee019f266ddc77/GUIA%20MOTOR%20COLOR%20BAJA.pdf>
6. <https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Articulo%20variador%20de%20velocidad%20Siemens.pdf>
7. <http://www.schneider-electric.com.co/documents/press-release/soluciones-y-ahorro-de-energia-con-variadores-de-velocidad.pdf>
8. <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-variadores-de-velocidad-articulo-tecnico-espanol.pdf>
9. <http://new.abb.com/docs/librariesprovider78/newsletters/actualidad-colombia/actualidad-413.pdf?sfvrsn=2>
10. <http://www.infoplc.net/documentacion/12-instrumentacion-deteccion>

## **CAPITULO VII**

### **ANEXOS**



**ANEXO N°1**

**PROGRAMA PLC EN LENGUAJE LADDER**

**ANEXO N° 2**  
**PLANOS ELECTRICOS**

### ANEXO N°3 - DATOS DE TIEMPOS DE FALLAS

Los siguientes datos se extrajeron del archivo de eficiencias de la línea de envasado, en la cual se muestra el tiempo perdido ya sea por falla de máquina o falla operativa ocurrido en cada mes.

TIEMPO PERDIDO POR FALLAS DE MÁQUINA																																	
	DÍA																															TOT AL	
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
ENERO	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	6.6	
FEBRE RO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0				6.2	
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
ABRIL	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0		5.6	
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		6.3	
MEDIA																																6.0	

	TIEMPO PERDIDO POR FALLAS OPERATIVAS																															TOT AL
	DÍA																															
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
ENERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2
FEBRE RO	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5			2.6
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4
MEDIA																															2.3	

\*Datos expresados en Horas