

Trabajo de Diploma

Autor: Ismael Méndez Méndez

Tutor(es): MSc. Luisa Villafruela

Loperena

Ing. Manuel Liranzo

Morales

Santiago de Cuba

2017

Trabajo de Diploma

Título: Diseño de un Sistema de Control para los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la planta Beneficiadora de Soya en la fábrica de Cereales Frank País “La Molinera”.

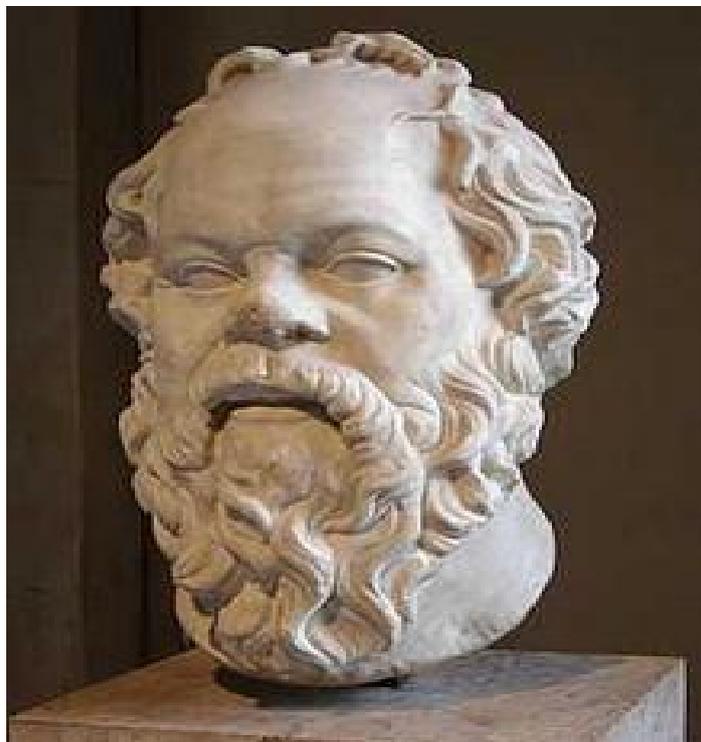
Autor: Ismael Méndez Méndez.

Tutor(es): MSc. Luisa Villafruela Loperena
Ing. Manuel Liranzo Morales

Santiago de Cuba
2017

“No es perezoso el que no hace nada, sino también el que pudiendo hacer algo mejor, no lo hace”

Sócrates.



Agradecimientos

A todos aquellos que de alguna manera u otra me brindaron su apoyo incondicional y desinteresado, a Dios y a la Virgen.

A mis padres, Ismael e Imilse, a mi hermanito pequeño, mis amigos y mis familiares, todos con la comprensión y la ayuda necesaria para que terminara mis estudios.

A todos mis compañeros en estos años de universidad, que hemos sabido apoyarnos y brindarnos ánimo para seguir adelante.

A mi tutora Luisa Villafruela y a los ingenieros Manuel Liranzo y Yoel Blanco, sin ellos no hubiera sido posible la realización de este trabajo, con sus correcciones a tiempo y sus oportunos y sabios consejos.

A todos los profesores que han influido en mi formación como ingeniero.

A todos, Muchas Gracias.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis familiares, en especial a mi padre que está siempre en mi corazón y que me está viendo desde el cielo, papi esto es para ti. A mis amigos que siempre me han apoyado, a mis profesores, forjadores de un futuro para muchos estudiantes como yo, y a todos los que siempre me apoyaron y creyeron en mí.

Resumen

El presente trabajo muestra una propuesta de un sistema automatizado para el control de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la Planta Beneficiadora de Soya de la Fábrica de Cereales Frank País "La Molinera". Para desarrollar el presente trabajo se estudiará el flujo productivo de estos procesos identificando sus requerimientos funcionales, se realizará un estudio sobre la tecnología e instrumentación para así seleccionar los instrumentos más adecuados en la propuesta de un sistema de automatización para los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado. Se realizará la programación del autómatas que controla dichos procesos a partir de los modelos en Redes de Petri que se obtendrán en este trabajo investigativo.

Abstract

This project work shows a proposal of the automatized system to control of the process of cleaning, preparation and put into bag of the beneficial plant of factory soja of cereals Frank País "La Molinera". To develop this present project work was studied the productive flux of this process identifying its functional requirements, it was made a study about technology and instrumentation more appropriate in the creation of a automatic system for cleaning, preparation and putting into bag. The automata programation was made to control this process at the beginning of these models net of Petri obtained in this researching project work.

Contenido

Introducción	1
Capítulo 1.-Fundamentos teóricos de automatización, control y supervisión	5
Introducción	5
1.1.- Orígenes de la soya	5
1.1.1.-Descripción y características físicas de la soya	6
1.1.2.-Beneficios y propiedades del grano de soya	6
1.2.- Descripción del flujo productivo en la Planta Beneficiadora de Soya	7
1.2.1.-Proceso de Limpia de la Soya	7
1.2.2.-Proceso de Preparación y Acondicionamiento de la Soya	9
1.2.3.- Proceso de Ensacado.....	10
1.3.- Automatización Industrial	11
1.3.1.-Estado del arte internacional de la automatización	12
1.4.-Comunicación industrial	13
1.4.1.-Protocolos de comunicación.....	14
1.5.-Los Controladores Lógicos Programables (PLC's).....	16
1.5.1.-Lenguajes programación	17
1.5.2.-Criterios para la selección de un PLC.....	19
1.5.3.- Funciones principales que pueden realizar los PLC	20
1.5.4.- Campo de aplicación de los PLC.....	20
Conclusiones del capítulo.....	21
Capítulo 2.-Desarrollo del sistema de automatización propuesto.....	22
2.1.- Propuesta de automatización	22
2.2 Estructura de principales lazos de control de la planta.....	23
2.3.- Selección de componentes para la propuesta de automatización.....	25
2.3.1.- Medición de temperatura con RTD Pt-100	25
2.3.2.- Sensor de nivel.....	28

2.3.3.- Selección de las válvulas de control	30
2.3.4.- Báscula automática Tubex.	31
2.3.5.- Arrancadores suaves	33
2.3.6.- Selección del PLC	38
2.4.- Modelación en redes de Petri.....	40
2.5.- Programación del PLC.....	43
2.6.-Valoración económica	45
Conclusiones del capítulo.....	46
Conclusiones	47
Recomendaciones	48
Bibliografía.....	49
Anexos	50

Introducción

El sector agroalimentario ha impulsado su crecimiento en las últimas décadas, debido a que integra todas las empresas que intervienen en el proceso de producción agrícola, industrial y de comercialización con resultados ventajosos [1]. Este proceso también puede ser aplicado en la producción de aquellos agroproductos que representen una ventaja comparativa para los países subdesarrollados y así, se puede aliviar el gran peso que representan las compras de alimentos dentro de las importaciones de estos países. La producción de soya dentro del sector agroalimentario mundial ha tomado mayor auge desde la década del 60 debido a sus múltiples usos y sus propiedades proteicas, nutritivas y curativas. Sus principales países productores y comercializadores (Estados Unidos, Brasil y Argentina), en ese orden, ocupan más del 80% en el comercio mundial. Cuba cuenta con vastas posibilidades técnicas y económicas para incrementar la producción de semillas de la oleaginosa, así como la producción industrial de algunos de sus derivados: aceite refinado comestible, lácteos, harina de consumo humano y animal, texturizado y lecitina, que ha venido desarrollando desde el 2007 con las experiencias nacionales en algunas de sus empresas; todo ello tributaría a aliviar de manera significativa el peso de las importaciones agroalimenticias y a impulsar el sector agroindustrial [2].

La Planta Beneficiadora de Soya, ubicada en Santiago de Cuba, suministra el suplemento nutricional que demandan todas las empresas lácteas de la región oriental para confeccionar el yogur, parte del helado, los cereales y otros renglones alimenticios [2]. Se fabrican como promedio diario entre 3 y 7 toneladas de yogur con la materia prima que reciben de la empresa santiaguera, cuya cobertura apoya la merienda escolar, las dietas hospitalarias y otras responsabilidades sociales; pero la explotación continua de una tecnología de segunda mano, existente actualmente en la empresa, sin piezas de repuesto ni un esquema financiero definido para efectuar los ciclos de mantenimiento indispensables, condujeron a que la industria redujera su eficiencia y capacidad productiva.

La creciente demanda de productos derivados de soya requiere mejorar la automatización en la Planta Beneficiadora de Soya, para que el producto final

tenga una calidad óptima y se reduzcan las pérdidas en el proceso, dicho producto es importado de diferentes países por lo que el grano de soya con que se trabaja en la Beneficiadora de Soya no tiene la misma calidad, esto, sumado a los problemas de la planta como el tiempo de estancia de los granos en los silos de almacenamiento y el grado de humedad con que llega a los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado llevan a que la planta no cumpla con los planes de producción establecidos (1680 toneladas mensuales).

En los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado no existe control automático alguno y la instrumentación presente cuenta con un elevado período de explotación, provocando que parte de los equipos dedicados a la medición se encuentre de baja técnica y otra parte no trabaje correctamente.

Por la presente situación, se plantea como **problema de la investigación** la deficiencia y baja calidad del producto final en los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la planta Beneficiadora de Soya en la fábrica de Cereales Frank País debido a la inexistencia de un sistema de automatización y control en la planta. Se define como **objeto de la investigación** la automatización de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la Planta Beneficiadora de Soya.

Para la solución del problema existente, se define como **objetivo de la investigación**, diseñar un sistema de control que permita mejorar la eficiencia y la calidad del producto de la Planta Beneficiadora de Soya en la Fábrica de Cereales Frank País. Por tanto, se decidió orientar la investigación hacia el **campo de acción** la automatización, empleando Autómatas Programables (PLC), de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la Planta Beneficiadora de Soya

Esto permite plantear como **hipótesis** que, si se diseña un sistema de control, operativo y eficaz en los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado, se puede aumentar la calidad en el producto, alcanzar una mayor eficiencia y una mejora en la productividad de la Empresa.

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se tomaron las siguientes **tareas de la investigación:**

1. Estudiar las características y funcionamiento de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado.
2. Seleccionar la instrumentación para el sistema en cuestión.
3. Diseñar un sistema de automatización eficiente para los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado.
4. Modelar el sistema analizado en Redes de Petri.
5. Programar el Autómata (PLC).

Métodos y técnicas empleados en la investigación:

1. Técnicas empíricas: Observación, Entrevistas.
2. Análisis de fuentes documentales.
3. Método histórico-lógico.
4. Investigaciones en el área de trabajo.
5. Métodos experimentales: Programación y simulación.

El ***Aporte de la investigación*** será la propuesta de un Sistema de Automatización mediante el empleo y la programación de un PLC, en función de la mejora de la productividad, eficiencia de la planta y la calidad del producto final.

Estructura del informe:

El informe del proyecto de tesis está estructurado en dos capítulos de la siguiente forma:

El Capítulo 1: Está dedicado a presentar el marco teórico que relaciona los diferentes aspectos que se deben tener en cuenta para el diseño del sistema de control de los procesos en cuestión. Se introducen los conceptos fundamentales de los PLC y las comunicaciones industriales. Se particulariza esto para el caso bajo estudio que es el flujo tecnológico de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado.

El Capítulo 2: Está dedicado a la propuesta del sistema de control de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado y se describe como se realizó la programación del PLC a partir de los modelos del sistema de control propuesto, en Redes de Petri.

Capítulo 1.- Fundamentos teóricos de automatización, control y supervisión

Introducción

En este capítulo se hace una breve referencia a los principales aspectos teóricos de los PLCs en la industria, así como de los sistemas de control, explotando sus potencialidades mediante las comunicaciones industriales. Finalmente, se particulariza en el caso bajo estudio a partir del flujo tecnológico de la planta Beneficiadora de Soya, enfatizando en el proceso de Preparación y Acondicionamiento de la soya.

1.1.- Orígenes de la soya

El valle del Río Amarillo es bien conocido por ser el lugar donde nació una de las civilizaciones más antiguas y complejas del mundo, China, pero menos conocido por ser el lugar de origen de la soya. Los chinos no sólo domesticaron la soya, aclimatando las variedades silvestres, sino que también iniciaron la elaboración de productos derivados. Fermentaban la soya para hacer tofu y vino, la usaban como alimento para el ganado y como medicina e inventaron técnicas para extraer el aceite (21% del peso de cada poroto). Después del siglo XV aparecieron los talleres para el prensado y las tortas de residuos sólidos que quedaban después de la extracción, pronto reemplazaron a los porotos como abono y forraje. De China, la soya se extendió a Corea, Japón, Indonesia, Filipinas, India, Tailandia y otros países asiáticos. Los agricultores de cada lugar al que llegaba la soya crearon sus propias técnicas de elaboración y desarrollaron variedades del cultivo localmente adaptadas.

Fue desconocida en el mundo occidental hasta años relativamente recientes, cuando vertiginosamente se ha convertido en uno de los cultivos más importantes del mundo para la producción de aceite y proteína para el consumo humano y animal. La producción mundial de soya rebasa en el presente la cifra de doscientos millones de toneladas. No se conoce la existencia de un alimento que presente una composición química como la de la soya. Es la fuente de proteína más concentrada que existe y muy completa en el balance de aminoácidos. Además, sobresale por su riqueza en minerales, como calcio,

fósforo, hierro, selenio, y vitaminas liposolubles A, E y K, y las del complejo B, especialmente B1 y B6. Es, en realidad, un alimento verdaderamente excepcional.

El cultivo de soya, además de ser un factor muy valioso, ayuda al ser humano si se efectúa en el marco de un cultivo por rotación estacional, ya que fija el nitrógeno en los suelos, agotados tras haberse practicado otros cultivos intensivos. En cambio, el monocultivo de soya, acarrea desequilibrios ecológicos y económicos si se mantiene prolongadamente y en grandes extensiones.

1.1.1. Descripción y características físicas de la soya

La soya varía en crecimiento, hábito, y altura. Puede crecer desde 20 cm hasta 1 metro de altura y tarda por lo menos 1 día en germinar. Las vainas, tallos y hojas están cubiertas por finos pelos marrones o grises. Las hojas son trifoliadas, tienen de 3 a 4 prospectos por hoja y los prospectos son de 6-15 cm de longitud y de 2-7 cm de ancho. Las hojas caen antes de que las semillas estén maduras. Las flores grandes, inconspicuas, auto-fértiles nacen en la axila de la hoja y son blancas, rosas o púrpuras. El fruto es una vaina pilosa que crece en grupos de 3-5, cada vaina tiene 3-8 cm de longitud y usualmente contiene 2-4 (raramente más) semillas de 5-11 mm de diámetro. La soya se da en varios tamaños y la cáscara de la semilla es de color negro, marrón, azul, amarillo, verde o abigarrado. La cáscara del poroto maduro es dura, resistente al agua y protege al cotiledón e hipocótilo (o "germen") de daños. Si se rompe la cubierta de la semilla, ésta no germinará. La cicatriz, visible sobre la semilla, se llama hilum (de color negro, marrón, gris y amarillo) y en uno de los extremos del hilum está el micrópilo, o pequeña apertura en la cubierta de la semilla que permite la absorción de agua para brotar. Algo para destacar es que las semillas que contienen muy altos niveles de proteína, como las de soya, pueden sufrir desecación y todavía sobrevivir y revivir después de la absorción de agua.

1.1.2. Beneficios y propiedades del grano de soya

Beneficios del grano de soya:

- ✓ Hipoglucemia: reduce la tasa de azúcares en la sangre (tratamiento de diabetes).
- ✓ Fuente de proteínas en la alimentación
- ✓ Previene los trastornos cardiovasculares; reduce el colesterol.
- ✓ Alivia los trastornos de la menopausia y menstruales por presentar:
 - ✓ Isoflavonoides: con acción hipocolesterolizante.
 - ✓ Fitoestrógenos: estrógenos de origen vegetal.
- ✓ Previene la osteoporosis por la reducción de estrógenos femeninos.
- ✓ De la soya se obtienen diversos derivados, como la bebida de soya o el tofu, excelentes alimentos para personas intolerantes a la lactosa o alérgicas a la proteína láctea.
- ✓ Por su composición lipídica, se obtienen derivados como la lecitina, utilizada como ingrediente por la industria agroalimentaria. La lecitina de soya es altamente calórica, unas 800 calorías por cada 100 gramos, básicamente porque se trata de lípidos, por lo que su consumo debe ser moderado.

1.2.- Descripción del flujo productivo en la Planta Beneficiadora de Soya

La creciente demanda de productos derivados de soya hace que la fabricación de estos productos sea una necesidad en el país. La planta beneficiadora de soya en Santiago de Cuba es la utilizada en la fabricación de la soya beneficiada, materia prima necesaria por las empresas lácteas de las 5 provincias orientales. Por tales razones el estudio, mantenimiento y mejoramiento del sistema productivo de dicha fábrica es una tarea indispensable para el logro de mejores volúmenes de producción.

La producción de soya beneficiada se puede dividir en tres etapas: limpia, preparación y ensacado

1.2.1.- Proceso de Limpia de la Soya

Para que se efectuó el Proceso de Limpia (figura 1.1) el producto llega de los silos de almacenamiento a través de un elevador al depósito de $5 m^3$. El nivel del silo se controla por medio de 2 sensores (nivel alto s2 y nivel bajo s1). De este depósito el producto es extraído y dosificado por el regulador de paso sobre un separador con canal de aspiración. Aquí se efectúa la limpieza de la

soya sobre 2 tamices con ayuda de un movimiento lineal. El rechazo del tamiz superior consiste en residuos que mandados a una boca de ensaque. El rechazo del tamiz inferior (tamiz de arena) alimenta el canal de aspiración. Aquí el producto es distribuido en forma de cortina y aspirado a través de una corriente de aire regulable, logrando eliminar las impurezas ligeras que no se pudieron eliminar en los tamices.

Después el producto llega a un tambor magnético, las partes magnéticas son detenidas por un imán permanente montado dentro de un cilindro de forma que son separadas del producto y caen por gravedad en un depósito recogedor.

A continuación, la soya llega a un segundo separador clasificador, sin canal de aspiración. Aquí se puede separar la soya quebrada.

Después el producto llega a la despedradora donde los granos de soya son repartidos a través de la entrada sobre todo lo ancho de la máquina, y sobre la superficie de la lámina perforada superior el producto es separado por diferencia de peso específico. Esto ocurre con ayuda de un movimiento oscilatorio y con el aire a succión producido por el ventilador, el cual pasa desde abajo a través del producto. Las partes ligeras se desplazan hacia arriba, las partes pesadas incluidas las piedras se quedan abajo y caen sobre un tamiz inferior. El producto limpio abandona la máquina por medio de una válvula de goma.

Luego la soya pasa por una báscula TUBEX donde se controla por peso la cantidad de producto limpio para tener una relación entre el producto que llega a la empresa y el que sale.

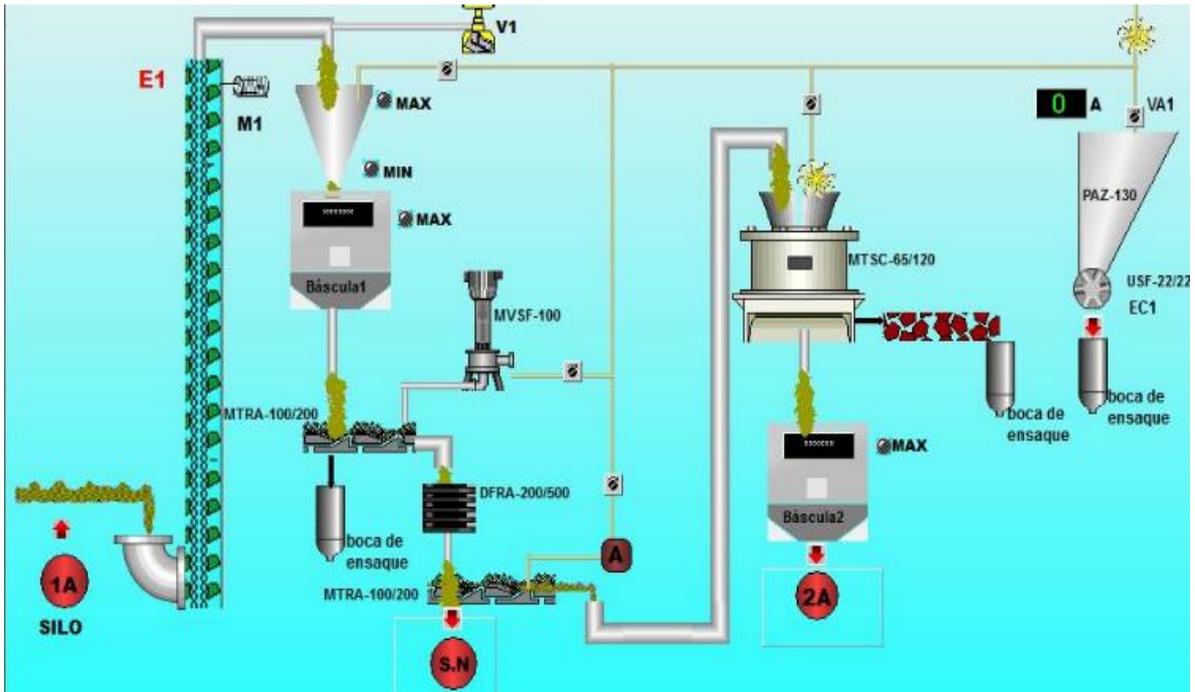


Figura 1.1.-Proceso de Limpia.

1.2.2.-Proceso de Preparación y Acondicionamiento de la Soya

Para el Proceso de Preparación (figura1.2) la soya llega a un siro, con un sensor de nivel alto, donde el producto va a las secciones de calentamiento del siro por medio de un dosificador incluido en la tolva de entrada.

Los granos de soya son calentados con ayuda de vapor indirecto. El siro consume vapor a baja presión (0.5 bar), el calor es transferido a los granos de soya a través de tubos recalentados. Los granos se desplazan por la fuerza de gravedad y son controlados en la parte de extracción del siro. El flujo se controla a través de un extractor mecánico con desplazamiento lineal.

Los granos de soya sudados en el siro con (76°C) son llevados a la cámara fluificadora (OTW-150) donde se produce el POPPING, es decir la acción rápida de un golpe de calor elevado (100°C), que hace que la humedad que queda retenida entre la cáscara y el grano se transforme de golpe en vapor. Este vapor hace explotar la cáscara de los granos. Para realizar esta operación los granos son calentados sobre una lámina perforada con aire caliente desde abajo. Una cadena de transporte especial desplaza el producto por la zona de proceso hacia la salida de la máquina. Este movimiento con velocidad regulable permite un control preciso del tiempo de estancia.

Las cáscaras sueltas son separadas de los granos en la cámara fluificadora por medio de aire caliente y a través de un ciclón (PAZ-130), llevados al sistema neumático para su transporte al siro de cáscara. La cámara OTW está prevista de un sistema de recirculación de aire, para producir una ligera depresión bajo la cámara, el aire es recalentado a través de un intercambiador de calor. Después el producto sale de la cámara OTW hacia la quebradora DOSB.

Una rosca dosificadora alimenta los granos de soya limpia y acondicionada a través de un aparato magnético en la descascaradora, un rotor con placas de golpeo lanza el producto contra un cono de choque, con ello se separa la cáscara y los granos se parten en 2 mitades. El producto cae sobre el separador de cáscaras, en el separador el producto cae desde el tubo de entrada sobre un cono de distribución con regulación propia y desde ahí en una zona circular. En la zona circular el aire de respiración pasa a contracorriente, este aire separa las partes ligeras del producto. El producto sale de la máquina y llega al elevador E2.

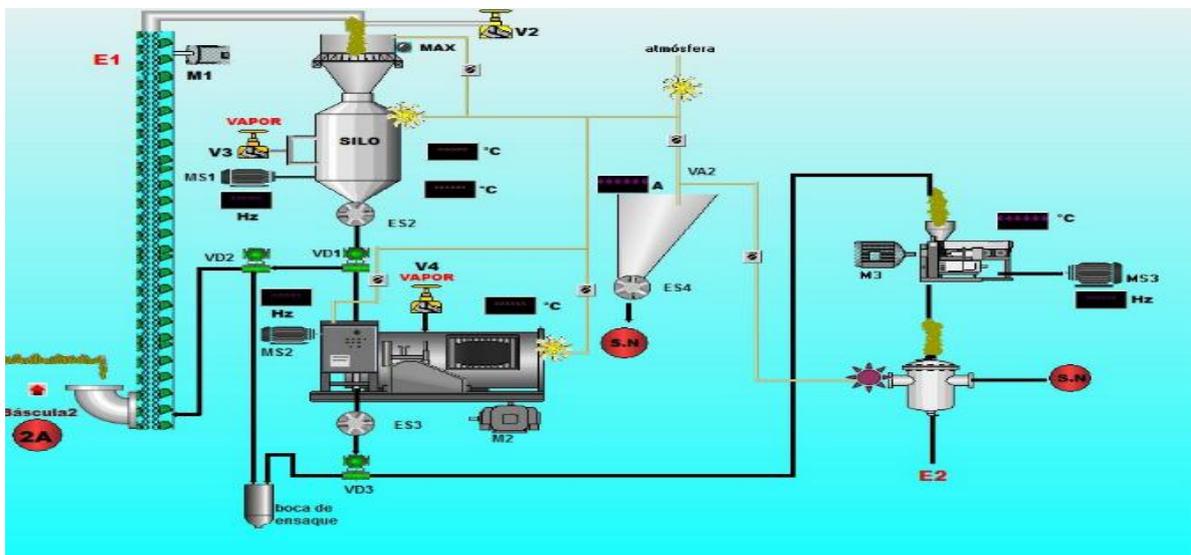


Figura 1.2.-Proceso de Preparación.

1.2.3.- Proceso de Ensayado

Para el Proceso de Ensayado (figura1.3), el producto llega del elevador E2 al depósito de aspiración (30m³). Un ventilador succiona el aire a través del depósito, para refrigerar los granos a (10-15°C) por encima de la temperatura ambiente. La báscula automática pesa y ensaca el producto en sacos de 50kg, los cose y los transporta para su almacenamiento.

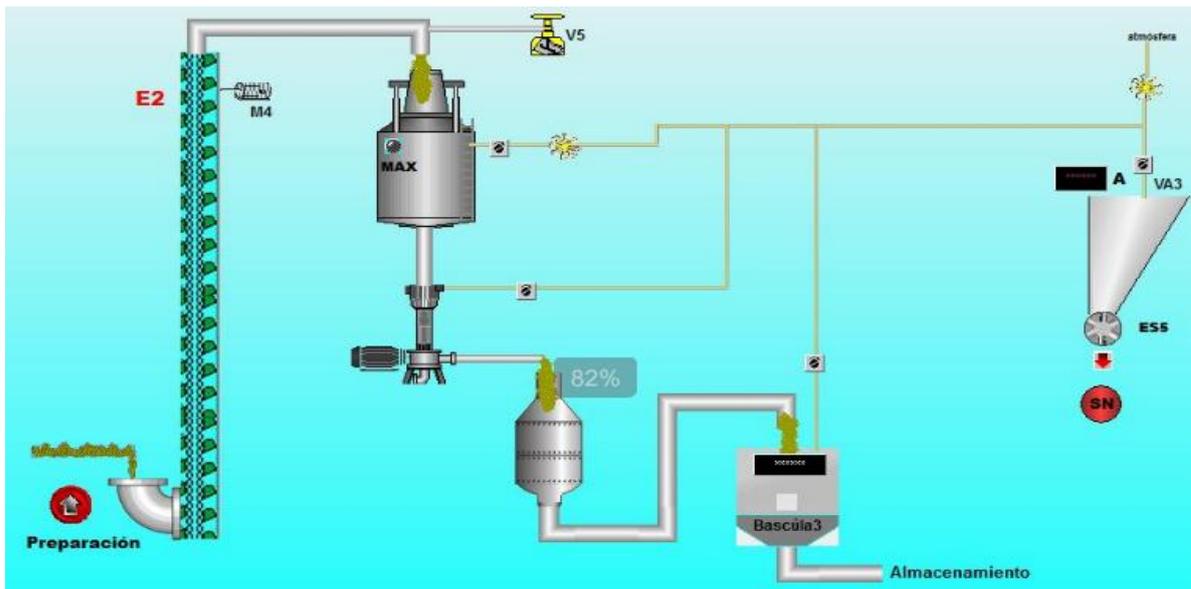


Figura 1.3.-Proceso de Ensacado.

1.3.- Automatización Industrial

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos, a un conjunto de elementos tecnológicos. No es más que el funcionamiento de un conjunto de máquinas encaminado a un fin único, permitiendo realizar con poca o ninguna intervención del hombre una serie de trabajos industriales. En la esfera internacional la automatización ha alcanzado un gran desarrollo. Desde que la actividad artesanal comenzó a ser sustituida por la industrial, las empresas han procurado la obtención del máximo rendimiento del trabajo mediante la acción combinada de herramientas, máquinas y organización. Además, en el orden económico, social y tecnológico se ha demostrado que la automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios, pudiéndose resaltar las siguientes:

- ✓ Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- ✓ Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- ✓ Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
- ✓ Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.

- ✓ Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.
- ✓ Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
- ✓ Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico.
- ✓ Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- ✓ Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.

1.3.1.-Estado del arte internacional de la automatización

La automatización moderna ha evolucionado a la integración de diferentes tecnologías en redes de automatización industrial, donde coexisten equipamientos de diferentes fabricantes [3]. Esto sólo ha sido posible con la aparición de los denominados “sistemas abiertos” (*Open Systems*). Con el surgimiento del transistor la automatización actual migró a la utilización de la lógica transistorizada y los microprocesadores, siendo los PLC (*Programmable Logic Controller*) y los DCS (*Distributed Control Systems*) las tecnologías de automatización más aceptadas en la industria, además de la explosión de las PCs (*Personal Computers*) estas últimas ampliamente utilizadas en los conocidos sistemas SCADAS (Supervisión, Control y Adquisición de Datos). En la jerarquía de comunicaciones es útil considerar que la red de una planta es estructurada y el desarrollo de sus actividades está valorado por varios niveles. Estos niveles están reflejados en la figura 1.4 por la denominada pirámide de automatización, la cual en este caso percibe tres niveles: el de campo, control, y supervisión.

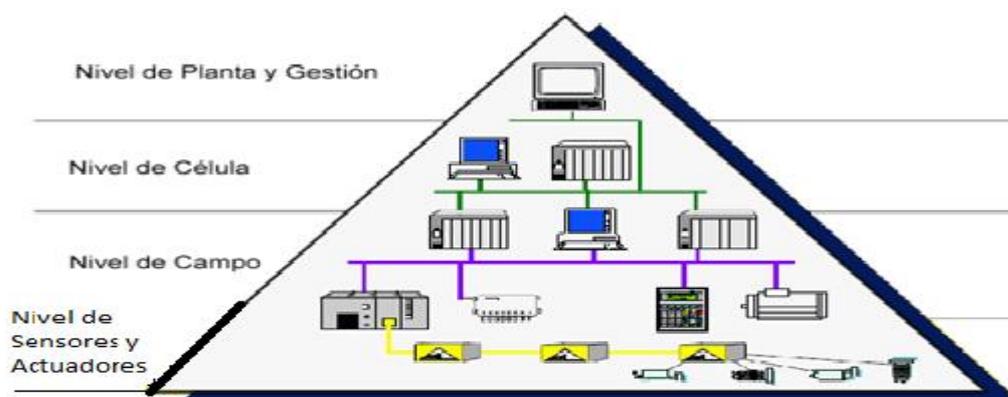


Figura 1.4.-Pirámide de Automatización.

Nivel de campo: El nivel de campo comprende los sensores y actuadores que son requeridos para la interacción con el proceso de la planta. Los sensores miden las variables del proceso como: temperatura, presión, nivel, flujo, etc., y transmiten la señal al próximo nivel, el control. Existen dos tipos básicos de señales de campo:

Digitales: informan si una variable del proceso que se está supervisando está dentro o fuera de límites, o si existió algún cambio de estado. En la actualidad las señales convencionales requieren de tarjetas de entrada/salida (en los PLC modulares) apropiadas en el sistema de control.

Continuas: Es una señal proporcional (generalmente) a una variable del proceso. En la actualidad existen varios estándares para las señales analógicas (4 a 20 mA, 0 a 100 mv, ± 5 V, 0.2 a $1.0 \frac{kgf}{cm^2}$, entre otros).

Los actuadores reciben la señal(es) del controlador(es), lo cual permite que estos controladores realicen su función, por ejemplo, la activación de una bomba cuando la señal cambie de estado o cerrar una válvula en la proporción a la magnitud de la señal de control.

Nivel de control: Al nivel de control llegan las señales provenientes de los sensores ubicados en el campo, las cuales son procesadas para posteriormente generar comandos a los actuadores. Los agentes usuales en este nivel son: PLC y DCS.

Nivel de Supervisión (Nivel de Planta): En este nivel se visualiza el comportamiento de los procesos productivos de la planta y a través de entornos de SCADA se posee una imagen virtual de la planta, de modo de que ésta se puede recorrer de manera detallada. Los niveles funcionales de comunicación que abarcan la propuesta de automatización son los niveles de acción y control, en los que se manifiestan los sensores y actuadores que son los elementos de medición y mando; y el PLC como el elemento de control.

1.4.-Comunicación industrial

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo esta optimizado para diferentes niveles de automatización, como se muestra en

la figura 1.5, y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores. Por ejemplo, Fieldbus Foundation, Profibus y Hart, están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio, DeviceNet y SDC están optimizados para los mercados de los dispositivos discretos (ON-OFF) de detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetitividad son factores críticos. En muchos casos no se trata de protocolos que compitan entre sí, sino que se complementan. Cada protocolo tiene un rango de aplicación, fuera del mismo disminuye el rendimiento y aumenta la relación costo/prestación.

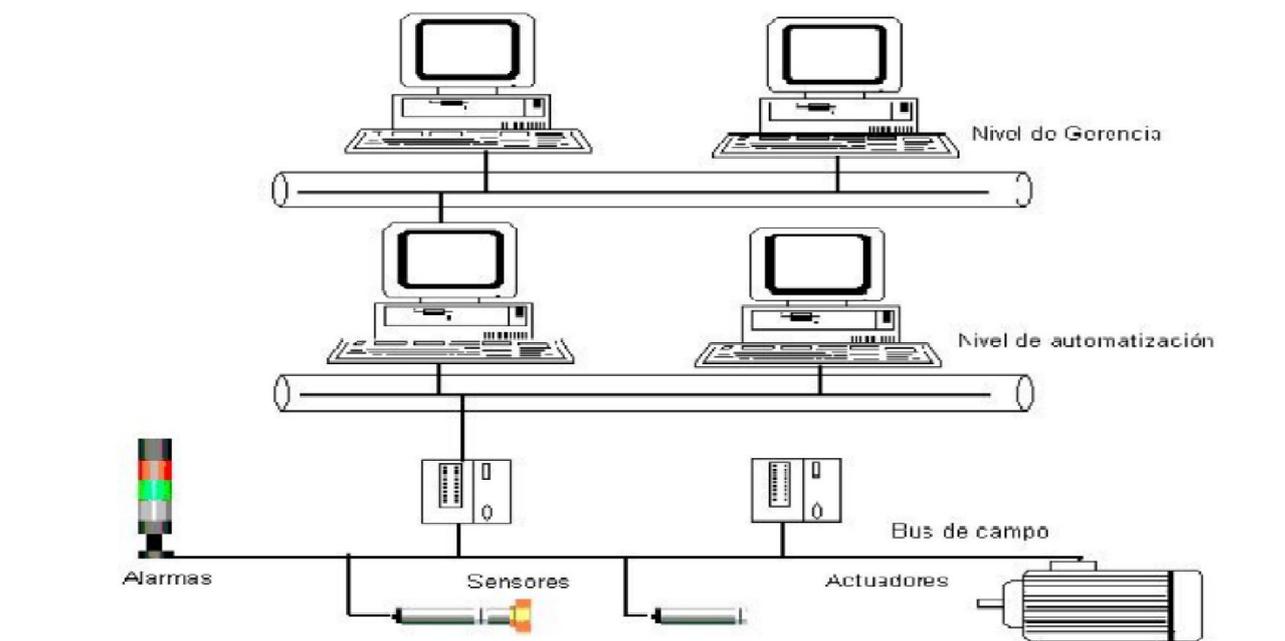


Figura 1.5.-Niveles de un sistema de comunicación.

1.4.1.-Protocolos de comunicación

Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un desarrollo gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado.

Los buses de datos que permiten la integración de equipos para la medición y control de variables de proceso, reciben la denominación genérica de buses de campo. Un bus de campo es un sistema de transmisión de información (datos) que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales utilizados en procesos de producción. El objetivo de un bus de campo es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos

de campo y el equipo de control a través del tradicional lazo de corriente de 4 - 20mA o 0 a 10VDC, según corresponda. Generalmente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores, sensores y equipos de supervisión.

Los buses de campo con mayor presencia en el área de control y automatización de procesos son:

- ✓ HART (Highway Addressable Remote Transducer): Es un protocolo de fines de 1980, que proporciona una señal digital que se superpone a la señal analógica de medición en 4-20 mA. Permite conectar varios dispositivos sobre un mismo cable o bus (Multidrop), alimentación de los dispositivos, mensajes de diagnósticos y acceso remoto de los datos del dispositivo, sin afectar la señal analógica de medición. La mayor limitación es su velocidad (1200 baudios), normalmente se pueden obtener 2 respuestas por segundo. La alimentación se suministra por el mismo cable y puede soportar hasta 15 dispositivos.
- ✓ MODBUS: Es un protocolo utilizado en comunicaciones vía módem-radio, para cubrir grandes distancias a los dispositivos de medición y control, como el caso de pozos de petróleo, gas y agua. Velocidad a 1200 baudios por radio y mayores por cable.
- ✓ DEVICENET: Resulta adecuado para conectar dispositivos simples como sensores fotoeléctricos, sensores magnéticos, pulsadores, etc. Provee información adicional sobre el estado de la red para las interfaces del usuario.
- ✓ AS-i (Actuador Sensor-interface): Es un bus de sensores y actuadores binario y puede conectarse a distintos tipos de Controladores Lógicos Programables (PLC), controladores numéricos o computadores (PC). El sistema de comunicación es bidireccional entre un maestro y nodos esclavos. Está limitado hasta 100 metros (300 metros con un repetidor) y pueden conectarse de 1 a 31 esclavos por segmentos. El maestro AS-i interroga un esclavo por vez y para el máximo número tarda en total 5 ms. Es un protocolo abierto y hay varios proveedores que suministran todos los

elementos para la instalación. Constituye un bus de muy bajo costo para reemplazar el tradicional árbol de cables en paralelo.

- ✓ PROFIBUS: Esta desarrollada a partir del modelo de comunicaciones de siete niveles IS/OSI (*International Standard /Open System Interconnet*).
- ✓ FIELDBUS FOUNDATION (FF): Esta desarrollada a partir del modelo de comunicaciones de siete niveles IS/OSI (*International Standards /Open System Interconnet*). Es un protocolo para redes industriales, específicamente para aplicaciones de control distribuido. Puede comunicar grandes volúmenes de información, ideal para aplicaciones con varios lazos complejos de control de procesos y automatización de la fabricación. La longitud máxima por mensaje es de 256 bytes, lo que permite transferir funciones de control con el concepto de objetos.
- ✓ ETHERNET INDUSTRIAL: La aceptación mundial de Ethernet en los entornos industriales y de oficina ha generado el deseo de expandir su aplicación a la planta. Es posible que con los avances de Ethernet y la emergente tecnología Fast Ethernet se pueda aplicar también al manejo de aplicaciones críticas de control, actualmente implementadas con otras redes específicamente industriales existentes, como las que aquí se mencionan.

1.5.-Los Controladores Lógicos Programables (PLC's)

La historia del Controlador Lógico Programable comienza en 1968, cuando Ford y General Motors, preocupados por los elevados costos de los sistemas de control a base de relés de lógica cableada, comenzaron a trabajar con Digital en el desarrollo de un sistema de control que evitara estos inconvenientes, el resultado de la colaboración fue un equipo programado, denominado PDP-14, cuyo empleo no tardó en extenderse a otras industrias. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a los computadores industriales ya en servicio en la industria. A medio camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de autómatas, también llamados Controladores Lógicos Programables (PLC's). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los autómatas se desarrollaron rápidamente, y extendieron sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas.

En la actualidad es posible encontrar en el mercado entornos de desarrollo de aplicaciones para PLC's que permiten crear programas siguiendo las recomendaciones IEC1131, simularlos en una PC y hacer automáticamente las conversiones necesarias para ejecutarlos en equipos de diferentes fabricantes. Hoy en día, los PLC's no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores Proporcional Integral Derivativo (PID). Los PLC's actuales pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC) o Autómata Programable a toda máquina electrónica, diseñada para controlar procesos secuenciales en tiempo real y en medio industrial. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico o electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: series, paralelas, temporizaciones, conteos y otras más potentes, como cálculos, regulaciones, etc.

1.5.1.- Lenguajes programación

El lenguaje de programación es una codificación a una lista de instrucciones que el PC del controlador lógico programable pueda entender (Ramon L. Yuste Yuste, 2005).

Existen varios lenguajes utilizados para la programación de los PLC, entre los más utilizados en la actualidad son:

- ✓ IL (Lista de instrucciones). Similar a lenguaje ensamblador.
- ✓ LD (Esquema de contactos). Diagrama de escalera
- ✓ FBD (Diagrama de bloques funcionales)
- ✓ SFC (Carta de Funciones Secuenciales)

Editor IL (Lista de instrucciones).

El editor IL (Lista de instrucciones) permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. Por lo general, el editor IL se

adecua especialmente para los programadores expertos ya familiarizados con los sistemas de automatización y con la programación lógica.

Los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor IL son:

- ✓ El lenguaje IL es más apropiado para los programadores expertos.
- ✓ En algunos casos, IL permite solucionar problemas que no se pueden resolver muy fácilmente con los editores LD o FBD.

Editor FBD (Diagrama de funciones).

El editor FBD (Diagrama de funciones) permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a los circuitos de puertas lógicas, para luego ser cableados entre sí de forma análoga al esquema de un circuito

Los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor FBD son:

- ✓ El estilo de representación en forma de puertas gráficas se adecua especialmente para observar el flujo del programa.
- ✓ El editor FUP se puede utilizar con los juegos de operaciones IEC 1131.

Editor LD (Esquema de contactos).

El editor LD (Esquema de contactos) permite crear programas con componentes similares a los símbolos para contactos usados en relés, temporizadores, funciones lógicas, etc.

Los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor de LD son:

- ✓ El lenguaje LD les facilita el trabajo a los programadores principiantes.
- ✓ La representación gráfica es fácil de comprender, siendo el más popular.

Editor SFC (Carta de Funciones Secuenciales).

Es un lenguaje gráfico que proporciona una representación diagramática de una secuencia de control. En esencia, el diagrama de funciones secuenciales es un entorno parecido a un diagrama de flujo, que organiza los subprogramas subrutinas (programadas en lenguaje de escalera, bloques funcionales, lista de instrucciones y texto estructurado) que constituyen un programa de control. El

SFC es particularmente útil para operaciones de control secuencial, donde el programa fluye de un paso a otro una vez se verifica una determinada condición.

El entorno de programación SFC contiene tres elementos principales que organizan el programa de control:

- ✓ Pasos
- ✓ Transiciones
- ✓ Acciones

El diagrama de funciones secuenciales tiene sus orígenes en el estándar francés Grafcet, un lenguaje de programación similar a los diagramas de flujo. El lenguaje Grafcet también usa pasos, transiciones y acciones que operan de manera similar a como lo hace el SFC. En Grafcet, cuando un paso está activo, el procesador monitorea las E/S y líneas de programa pertinentes a las acciones del paso, así como la lógica que define la transición. Al igual que el Grafcet, el SFC es similar a un diagrama de flujo en la manera en que el control es transferido de un paso a otro. Además, también al igual que el Grafcet, el SFC puede ser programado directamente relacionado con diagramas de eventos y tiempos.

1.5.2.-Criterios para la selección de un PLC

Para seleccionar un PLC es necesario considerar ciertos requerimientos que se debe cumplir desde el punto de vista de software y hardware.

- ✓ Número de entradas y salidas. La cantidad de entradas y salidas, dependerá del esquema para el circuito a controlar, es decir depende del número de sensores y actuadores que el diseño disponga.
- ✓ Tipo de entradas y salidas. En el caso de las entradas, adaptan las señales de sensores para que la CPU las reconozca. En el caso de las salidas, activan un circuito de conexión (transistor, triac o relé) ante una orden de la CPU.
- ✓ Fuente de alimentación. Se debe verificar los niveles de voltaje necesario el cual puede variar desde 220, 110, 24, 12 voltios.

- ✓ Capacidad de memoria. Es importante definir al momento de realizar el programa, debido a que según el número de instrucciones o extensión del programa será la capacidad de memoria a utilizar.
- ✓ Programa fácil de editar. La visualización del programa debe ser editada en una pantalla en forma simple, y en cualquier lenguaje de programación.
- ✓ Poseer una memoria no volátil y de respaldo. Esta memoria de respaldo es importante ya que permite almacenar el programa necesario.
- ✓ Protocolos. Esto se refiere a los diferentes tipos de protocolos necesarios para la comunicación con los dispositivos a interactuar.

1.5.3.- Funciones principales que pueden realizar los PLC

1. Gobierno de sistemas de medición para valores límites de variables del proceso, finales de carrera, detectores de proximidad u otros sensores binarios.
2. Gobierno de sistemas de señalización y protecciones automáticas de distintos tipos. Control secuencial y de trabajo de distintos procesos.
3. Control de regímenes de arranque y parada del proceso y funcionamiento en condiciones de alarma o avería.
4. Sistemas de autodiagnóstico, autoprotección y determinación de fallas dentro y fuera del equipo.
5. Medición, conversión, filtraje y validación de señales analógicas del proceso para indicación, registro y/o control.
6. Control de señales analógicas (reguladores ON - OFF, PID, etc.).
7. Facilidades de modificación y perfeccionamiento del sistema de automatización del proceso.
8. Facilidades para el funcionamiento como maestros o esclavos de redes de automatización.
9. Control económico y optimización del proceso.

1.5.4.- Campo de aplicación de los PLC

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control o señalización, por tanto, su aplicación abarca desde

procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales hasta control de instalaciones. Sus reducidas dimensiones, la facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

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

Ejemplos de aplicaciones generales:

- Agricultura (sistemas de regadíos, máquinas recolectoras).
- Gestión técnica de edificios (control de ascensores, centrales telefónicas).
- Construcción (construcción de puentes, sistemas de perforación de túneles).
- Industria alimenticia (fabricación de pan, procesamiento de alimentos).
- Servicio públicos (tratamiento para aguas residuales, bomba de agua potable).
- Transporte (control de sistemas sanitarios en barcos de pasajeros, ferrocarril).
- Medicina (esterilización, comprobación de aparatos de respiración artificial).

Conclusiones del capítulo

En este capítulo se llevó a cabo un estudio de los procesos a controlar (procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la planta Beneficiadora de Soya de la fábrica de Cereales Frank País), además del estado del arte sobre la automatización y sus características a nivel internacional y se dio una breve información acerca de los autómatas programables PLC y las comunicaciones industriales.

Capítulo 2.-Desarrollo del sistema de automatización propuesto

En el presente capítulo se propone el diseño de un sistema de automatización y la instrumentación adecuada para lograr mejorar el funcionamiento de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la Planta Beneficiadora de Soya, así como un nuevo diseño de sistema de control, utilizando como soporte el software STEP 7 v5.4. Para conformar una excelente propuesta de automatización se analizan los principales aspectos de la programación del PLC seleccionado, basados en el modelo en redes de Petri. Para luego finalizar, realizando la correspondiente valoración económica de la presente propuesta.

2.1.- Propuesta de automatización

Partiendo de la situación actual en la que se encuentra el control de los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la Planta Beneficiadora de Soya en la Fábrica de Cereales Frank País de Santiago de Cuba, se realiza la siguiente propuesta con el objetivo de automatizar los procesos, con esta propuesta se persigue el mejoramiento de las condiciones de producción, minimizar las interrupciones del proceso y optimizar el funcionamiento del proceso para obtener así mayor eficiencia y calidad en la entrega del producto final.

El sistema a proponer para la modernización de los sistemas de Instrumentación y Control está diseñado teniendo en cuenta un Sistema de Control basado en PLC para el tratamiento de las variables de proceso. La instrumentación a definir estará basada en tecnología eléctrica con transmisores de 4...20 mA. En el caso de las temperaturas se propone un controlador PI y 2 válvulas solenoides para el control de temperatura en el siro del Proceso de Preparación y en la Cámara Fluificadora, además se realizará una evaluación específica sobre el tipo de conexión con el PLC a utilizar. Los circuitos de entradas y salidas digitales serán a 24 VDC. Toda la información de proceso será recogida en un PLC donde serán tratadas.

Como puntos fundamentales de la propuesta de automatización hecha en este trabajo están:

- ✓ Detección de nivel bajo y alto en el siro del Proceso de Limpia, el siro del Proceso de Preparación y el siro del Proceso de Ensacado para apertura y cierre automático de las válvulas correspondiente a la entrada de granos.
- ✓ Medición y control de temperatura del grano en el siro del Proceso de Preparación y la Cámara Fluificadora.
- ✓ Instalación de electroválvulas (tipo solenoide) a la entrada y salida de granos del siro del Proceso de Limpia, el siro del Proceso de Preparación y el siro del Proceso de Ensacado.
- ✓ Sustitución de la báscula existente actualmente en la planta por la báscula automática Tubex debido a que no se encuentra en funcionamiento.
- ✓ Re-utilización del PLC SIEMENS existente en la fábrica (en desuso) para todas las funciones de control.
- ✓ Dejar listas las condiciones en el PLC para su comunicación con un sistema SCADA desde el cual se puedan supervisar y ejecutar acciones manuales sobre el proceso desde una sala de control.

La calidad de la instrumentación y accesorios utilizado, con montaje adecuado, variantes de mantenimiento y una adecuada formación del personal técnico garantizan la fiabilidad de esta propuesta.

2.2 Estructura de principales lazos de control de la planta

Como el proceso de tratamiento a la soya es mayormente secuencial, donde las variables que intervienen en el proceso son de tipo digital (cierre o apertura de electroválvulas, basculas, sensores de fin de carrera, de presencia, etc.), solo hay dos áreas de la planta donde se tiene en cuenta alguna variable analógica; en el Siro y en la Cámara Fluificadora, ambos de la fase de Preparación.

Dentro del Siro, los granos de soya son calentados indirectamente con ayuda de vapor. El calor es transferido a los granos a través de tubos recalentados. Las zonas de transferencia de calor están montadas una sobre la otra y desplazadas 90° para garantizar un acondicionamiento uniforme. Los granos se desplazan por la fuerza de gravedad y son controlados en la parte de extracción del Siro. El flujo se controla a través de un extractor mecánico con un desplazamiento lineal. Los granos de soya sudados en el siro deben

mantenerse a una temperatura de 76 °C para que el resultado tenga la calidad requerida.

Teniendo esto en cuenta, se propone un lazo de control de temperatura en el Siro utilizando para ello la medición de un sensor pt-100 y manipulando la entrada de vapor a través de una válvula de control. El esquema de este lazo se puede ver en la figura 2.1

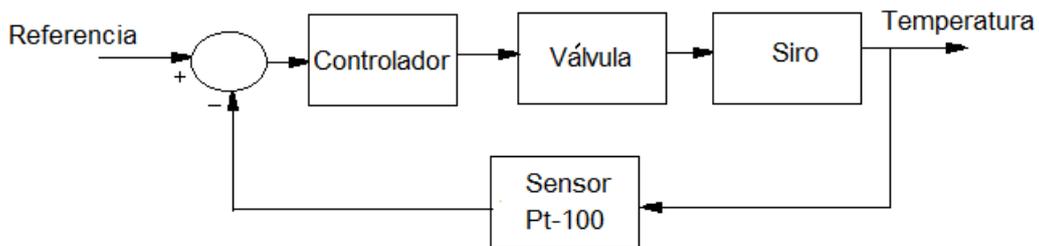


Figura 2.1.-Lazo de control de Temperatura en Siro.

Una vez que salen del Siro, las cáscaras sueltas son separadas de los granos en la Cámara Fluidificadora por medio de aire y a través de un ciclón PAZ-130 y una esclusa USF-22/22, llevada al sistema neumático para su transporte al silo de cascadas. La Cámara Fluidificadora está prevista de un sistema de recirculación del aire para producir una ligera depresión bajo la cámara fluidificada, el aire es recalentado a través de un intercambiador por vapor.

Es precisamente este el otro subproceso que cuenta con la presencia de otra magnitud analógica que necesita ser controlada. En este caso es también temperatura, pero en este caso del grano dentro de la Cámara Fluidificadora. Se manipula el flujo de vapor que le cede calor al aire usado en el proceso a través de una válvula de control. El esquema de este lazo se puede ver en la figura 2.2.

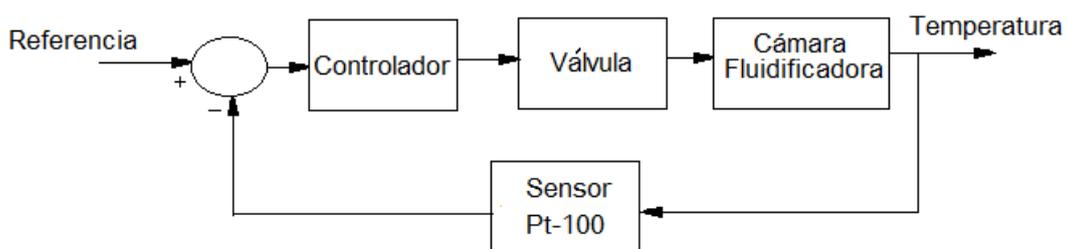


Figura 2.2.-Lazo de control de Temperatura Cámara Fluidificadora.

La configuración de control escogida para ambos casos responde a un simple lazo realimentado con estrategia de control escoge un controlador PI ya que dicha configuración responde a los objetivos de control de procesos simples como este.

2.3.- Selección de componentes para la propuesta de automatización

El sistema de medición y control automático de la planta Beneficiadora de Soya debe tener una alta disponibilidad para trabajar siempre que se tenga producto de forma ininterrumpida, por lo que la arquitectura de control debe presentar características tales como:

- ✓ Escalabilidad: que implica la posibilidad de ampliarlo sin dificultades sin que esto signifique algún perjuicio para la estructura pre instalada.
- ✓ Apertura: Software y hardware que permitan interconexiones de distintos proveedores.

2.3.1.- Medición de temperatura con RTD Pt-100

La temperatura máxima a medir en el Proceso de Preparación es de 100°C por lo que parece razonable la utilización de Termoresistencia PT-100 (figura 2.3). Las termoresistencias o RTD (Resistance Temperature Detector) son generalmente construidas de platino, debido a que este es un metal que presenta una alta linealidad en la variación de su resistencia eléctrica frente a los cambios de temperatura. Esta característica se puede apreciar en la figura 2.4.



Figura 2.3.- Sensor de temperatura Pt-100

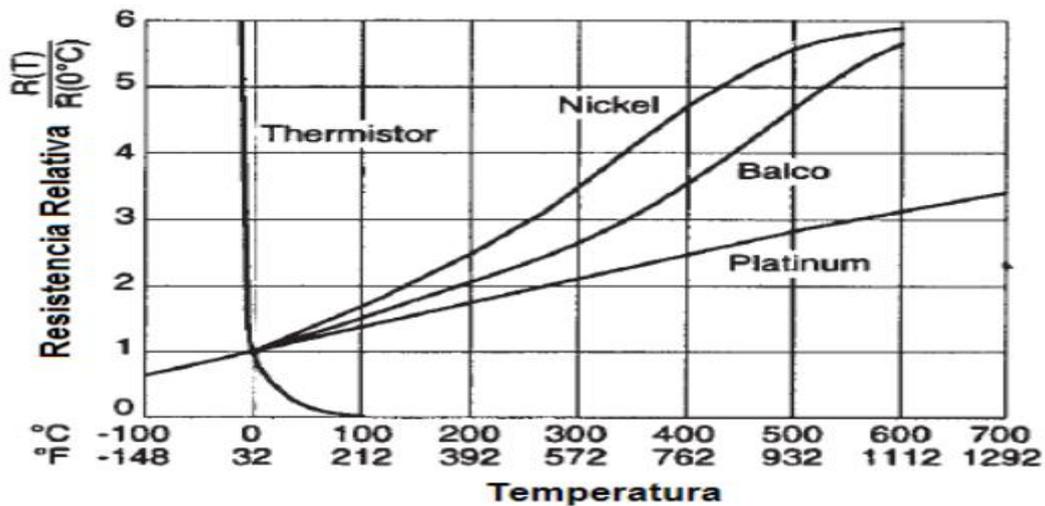


Figura 2.4.- Resistencia Relativa vs. Temperatura para RTD's y Termistores Típicos.

La RTD Pt-100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento de cerámica.

El material que forma el conductor (platino, Pt), posee un coeficiente de temperatura de resistencia α , el cual determina la variación de la resistencia del conductor por cada grado que cambia su temperatura según la ecuación 2.1:

$$R_t = R_0 + \alpha T \quad (2.1)$$

R_0 : Resistencia en Ω a 0°C

R_t : Resistencia en Ω a $T^\circ\text{C}$

T : Temperatura actual

α : Coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de

$3.850 \cdot 10^{-3} \text{ } 1/^\circ\text{C}$ en la Escala Práctica de Temperaturas Internacionales (IPTS-68).

Ventajas de las Pt-100:

Las Termoresistencia Pt-100 ofrecen mejores prestaciones en comparación con otros sensores, tales como: alta resistividad (para un mismo valor óhmico la masa del sensor será menor, pues la respuesta será más rápida), alta linealidad, amplio margen de temperatura, proporciona medidas con mayor exactitud, etc. Entre las ventajas más notables se encuentran:

- ✓ Alto coeficiente de temperatura.
- ✓ Alta resistividad, esto permite una mayor variación de resistencia por °C.
- ✓ Relación lineal resistencia-temperatura.
- ✓ Rigidez y ductilidad lo que facilita el proceso de fabricación de la sonda de resistencia.
- ✓ Estabilidad de sus características durante su vida útil.

Transmisor T53:

Este dispositivo (mostrado en la figura 2.5) es empleado para la conexión del sensor de temperatura al protocolo de comunicación 4–20 mA. Está diseñado para bus de campo FOUNDATION y PROFIBUS; tiene entrada Pt100 o termopares; precisión < 0.10%; salida: bus de campo FOUNDATION, PROFIBUS y configuración en ordenador.



Figura 2.5.-Transmisor T53.

2.3.2.- Sensor de nivel

Los sensores capacitivos son un tipo de sensor eléctrico, que reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica. Para la medición de nivel se utilizó un sensor capacitivo PFG06 (figura 2.6, ver anexo 3) para medir nivel alto y bajo en los siros de los Procesos de Limpia, Preparación y Ensacado.

Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de control de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos. También son utilizados para muchos dispositivos con pantalla táctil, como teléfonos móviles o computadoras ya que el sensor percibe la pequeña diferencia de potencial entre membranas de los dedos eléctricamente polarizados de una persona adulta.

Ventajas e inconvenientes:

Las ventajas de este dispositivo son algunas más que en el caso de los sensores inductivos. La primera ventaja es común para ambos, detectan sin necesidad de contacto físico, pero con la posibilidad de detectar materiales distintos del metal, este es el caso de los sensores capacitivos. Además, debido a su funcionamiento tiene muy buena adaptación a los entornos industriales, adecuado para la detección de materiales polvorientos o granulados. La duración de este sensor es independiente del número de maniobras que realice y soporta bien las cadencias de funcionamiento elevadas. Entre los inconvenientes se encuentra el alcance, dependiendo del diámetro del sensor, puede alcanzar hasta los 60mm, igual que la modalidad inductiva. Otro inconveniente es que depende de la masa a detectar, si se quiere realizar una detección de cualquier tipo de objeto este sensor no sirve, puesto que depende de la constante eléctrica. Esta desventaja viene encadenada con la puesta en servicio, los detectores cuentan con un potenciómetro que permite ajustar la sensibilidad. Según la aplicación será necesario ajustar la sensibilidad para que se adapte al material, por ejemplo para materiales de constante dieléctrica débil como el papel, cartón o vidrio se

tiene que aumentar la sensibilidad, y en caso de tener una constante dieléctrica fuerte hay que reducir la sensibilidad, por ejemplo con objetos metálicos o líquidos. Para el caso que nos ocupa el grano de soya.

Los detectores de nivel tipo capacitivo son empleados en las instalaciones industriales en tolvas, silos o tanques, con el propósito de detectar el nivel del material a granel. El control de nivel consta de una unidad de sensado o sonda capacitiva y un microprocesador, el cual permite el control de nivel máximo y mínimo [5]. El principio de medición capacitivo es uno de los métodos de medición de nivel más difundidos en la tecnología de medición industrial. El instrumento no requiere de mantenimiento ordinario y cuenta con 24 meses de garantía a partir de la fecha de compra y pueden ser instalados en forma vertical u horizontal en silos, tolvas, y tanques.

Desde el punto de vista puramente teórico, se dice que el sensor está formado por un oscilador cuya capacidad la forman un electrodo interno (parte del propio sensor) y otro externo (constituido por una pieza conectada a masa). El electrodo externo puede estar realizado de dos modos diferentes; en algunas aplicaciones dicho electrodo es el propio objeto a sensar, previamente conectado a masa; entonces la capacidad en cuestión variará en función de la distancia que hay entre el sensor y el objeto [5]. En cambio, en otras aplicaciones se coloca una masa fija y, entonces, el cuerpo a detectar se utiliza como dieléctrico se introduce entre la masa y la placa activa, modificando así las características del condensador equivalente. Para el proceso en cuestión se propone colocar el sensor en la parte baja de los silos ya que el sensor se somete a inmersión y en proximidad con el material a granel varía el campo magnético generado por este.

Datos técnicos del sensor:

- Rosca tipo gas de 1"1/2.
- Material: latón 62-03 PD01 G/20, protección IP65.
- Sonda con protección 66-13A G/30.
- Voltajes disponibles: V.110/220 a.c. 50/60 Hz, V.24/48 a.c. 50/60 Hz, V.24 d.c.

- Contacto de uso: 5 A at 250 V AC.
- Máxima presión de operación: 1.1 bar.
- Rango de temperatura ambiente: -20 a +70°C.
- Máxima temperatura al interior del recipiente: +80 ° C.



Figura 2.6.-Sensor Capacitivo PFG06.

2.3.3.- Selección de las válvulas de control

En muchas aplicaciones es necesario controlar el paso de algún tipo de flujo, desde corriente eléctrica hasta gases o líquidos. Esta tarea es realizada por válvulas. En particular, las accionadas por solenoides permiten su implementación en lugares de difícil acceso y facilitan la automatización del proceso al ser accionadas eléctricamente [6]. La válvula como elemento de acción final del control, es el mecanismo que modifica la magnitud de la variable manipulada en respuesta a cualquier cambio operado en la señal de salida del controlador o de algún dispositivo de control operado manualmente [7].

Electroválvulas (Válvulas solenoides):

Este tipo de válvulas son controladas variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina). Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal (figura 2.7). Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar [6] El solenoide, bajo el efecto de la corriente circulante, se comporta como un electroimán; atrae materiales ferromagnéticos, producto de la alineación de momentos magnéticos atómicos. El campo magnético, creado al circular corriente por el solenoide, actúa sobre el émbolo móvil de material magnético. Se produce una fuerza que ocasiona el desplazamiento del émbolo permitiendo el cierre o apertura de la válvula.



Figura 2.7.-Válvulas solenoides.

2.3.4.- Báscula automática Tubex

Actualmente las básculas funcionan con métodos y sistemas electrónicos, mostrando en una pantalla de fácil lectura la masa del objeto que se pesa. Las básculas electrónicas utilizan sensores conocidos como célula de carga o celdas de carga. Las celdas de carga convencionales consisten en una pieza de metal a la que se adhieren galgas extensométricas [8]. Estas galgas

cambian su resistencia eléctrica al traccionarse o comprimirse cuando se deforma la pieza metálica que soporta el peso del objeto. Por tanto, miden peso. El metal se calcula para que trabaje en su zona elástica; esto es lo que define la operatividad de una celda. El ajuste de las resistencias se hace con un puente de Wheastone, de modo que al alimentarse con un voltaje entregan una salida de voltaje proporcional a la fuerza aplicada en el metal (en el orden de milivoltios). Asimismo se utilizan filtros electrónicos pasa bajo para disminuir el efecto de las perturbaciones de alta frecuencia.

Cuando la celda se somete a esfuerzos por encima de su capacidad, el metal del cuerpo de la celda pasa a una zona inelástica, adquiriendo deformaciones plásticas o permanentes y ya no regresa a su estado inicial. Antes de llegar a la zona plástica, se sale de la zona de elasticidad lineal, dando lugar a que las deformaciones no sean proporcionales a la fuerza que soporta la célula de carga y, en consecuencia, la salida de voltaje no varía de manera lineal a la deformación de la pieza metálica y la célula de carga no funcione correctamente. Para evitar esto, los fabricantes colocan tornillos ajustables para limitar el movimiento de la plataforma de la báscula de manera que la celda no se flexione más allá de su rango de funcionamiento.

La báscula automática (figura 2.8) con una capacidad de 12 a 90 m^3/h es muy adecuada para el control interno de productos [8]. Se puede utilizar en el campo de calibración obligatorio o no obligatorio. Esta báscula se propone utilizar en el Proceso de Limpia por la necesidad de tener un control eficiente del producto limpio.

El depósito de pesaje, auto estable, está suspendido directamente de tres sensores electrónicos de esfuerzos de celda de carga, lo cual hace posible un registro exacto del peso por medios electrónicos. El uso del registro de peso real permite prescindir de los elementos de alimentación, tan caros y complicados. La construcción de báscula sin envoltura impide el depósito indeseado de polvo; así se garantizan unas condiciones sanitarias óptimas.

Características de la Báscula:

- ✓ Registro preciso del peso
- ✓ Facilidad de uso y de servicio

- ✓ Buenas condiciones sanitarias
- ✓ Alta seguridad de funcionamiento
- ✓ Gran intervalo de capacidades
- ✓ Posibilidad de integración en sistemas de orden superior



Figura 2.8.-Báscula automática Tubex.

2.3.5.- Arrancadores suaves

Los arrancadores son dispositivos más sencillos que los variadores, pero de gran aplicación en la industria. Son utilizados principalmente para el control de los motores cuando es necesario reducir los pares de arranque, acelerar, desacelerar o frenar suavemente, para la seguridad de las personas u objetos transportados, y arrancar máquinas progresivamente, en especial aquellas de fuerte inercia [9]. Los arrancadores tienen gran aplicación en sistemas de bombeo, compresores, transportes horizontales, ventiladores y centrifugas.

En este trabajo se propone la instalación de arrancadores para los motores que se listan a continuación que son motores de alta potencia imposibles de manipular directamente por simple conexión y desconexión eléctrica:

Altistart 01 (45 kW):

- Motor de los separadores (22 kW)
- Motor de la despedradora (25 kW)
- Motor del ventilador (30 kW)

Altistart 22 (400 kW):

- Motores de los elevadores (180 kW)
- Motores de la cámara fluificadora (210 kW)
- Motor de la quebradora (160 kW)

Una ventaja muy importante en el uso de este dispositivo, es el mejor aprovechamiento de la energía. Por tanto un equipo accionado mediante un arrancador, emplea generalmente menor energía que si dicho equipo fuera activado a una velocidad fija sin el uso de este dispositivo.

Características:

Altistart 01:

El arrancador Altistart 01(figura2.9) es un limitador de torque que permite un arranque suave, y también una detención suave, de los motores asíncronos. Son unidades de arranque suave y parada suave. Control de solo una fase de alimentación del motor trifásico para la limitación del torque y durante el arranque. Las potencias de motor están comprendidas entre 0,37 Kw y 45 Kw. Las tensiones de alimentación motor habituales son 380 V (3Ø), 50/60 Hz. Una alimentación externa es necesaria para el comando del arrancador.

La utilización del Altistart 01 mejora los performances de arranque de los motores asíncronos permitiendo un arranque suave sin golpes y controlado. Su utilización permite la supresión de los choques mecánicos que causan el desgaste, tiempos de mantenimiento y tiempos de detención de la producción.

El Altistart 01(ver anexo 1) limita el torque y las puntas de corriente durante el arranque, en las máquinas para las cuales un torque de arranque elevado no es necesario. Están destinados a las aplicaciones de cintas transportadoras, bombas, ventiladores, compresores, puertas automáticas, pequeñas puertas, máquinas a correa.

El Altistart 01 es pequeño, fácil de poner en servicio, se puede montar lado-a-lado, está conforme a normas IEC/EN 60947-4-2, certificaciones UL, CSA.



Figura 2.9.-Arrancador Suave Altistart 01

Con su uso se logra un ahorro sustancial de energía, es compacto, de fácil montaje, cableado y ajuste y muy eficiente: limitador de picos de corriente en el arranque, reducción de choques mecánicos, mayor vida en servicio de sus máquinas.

Altistart 22:

El arrancador progresivo Altistart 22(figura 2.10) admite el arranque y la parada controlados, a través de la tensión y el par, de motores asíncronos de jaula de ardilla trifásicos para potencias de entre 4 y 400 kW. Se ofrece listo para utilizarse en aplicaciones estándar con protección del motor de clase 10. Ha sido diseñado para satisfacer las necesidades de rendimiento de aquellas aplicaciones en las que la solidez, la seguridad del personal y de los equipos, y una puesta en marcha sencilla resultan fundamentales. El uso de la función de bypass (basada en un contactor de bypass) se ha simplificado mediante su integración en el arrancador. Este enfoque se ajusta a las aplicaciones en las

que puede resultar necesario bypass el arrancador al final del proceso de arranque, por ejemplo, con el fin de limitar su disipación de calor.

El arrancador progresivo Altistart 22 (ver anexo 2) dispone de terminal de visualización integrado que permite al usuario modificar los parámetros de programación y de ajuste o supervisión con el fin de adaptar y personalizar la aplicación según las necesidades del cliente. El arrancador también ofrece protección térmica para los motores así como una función de supervisión para las máquinas y, gracias al software de configuración SoMove, permite poner en marcha la instalación inmediatamente [9].

Aplicaciones:

Las funciones integradas del arrancador progresivo Altistart 22 son compatibles con los tipos de aplicaciones más habituales presentes en los sectores industriales, de la construcción o de infraestructuras tales como bombas centrífugas, bombas de pistón, ventiladores, compresores de tornillo, transportadores y máquinas especializadas (agitadores, mezcladores, máquinas centrifugadoras).

El arrancador progresivo Altistart 22 representa una solución verdaderamente rentable, ya que ofrece una reducción de los costes de instalación al optimizar el tamaño de los productos, integrar la función de bypass y reducir el tiempo de cableado, reducción de la tensión asociada a la distribución eléctrica al reducir los picos de corriente y las caídas de tensión ocasionadas por el arranque de los motores, reducción de los costes de funcionamiento de las máquinas al disminuir la tensión mecánica.

El control de las tres fases de los bobinados del motor asegura que el rendimiento siga siendo satisfactorio, sea cual sea la situación (con o sin carga, todos los rangos de tensión y alimentación, etc.).

Funciones de ajuste:

- ✓ Ajuste de la corriente del arrancador progresivo Altistart 22 en línea con la corriente nominal del motor.
- ✓ Limitación de intensidad.
- ✓ Selección del tipo de parada (libre o controlada).

Funciones de rendimiento del arrancador:

- ✓ Gestión de las tres fases de suministro
- ✓ Gestión de la rampa y el par suministrado al motor durante el periodo de aceleración y deceleración (tirón considerablemente menor)
- ✓ Variedad de perfiles de control para ajustarse a las diferentes aplicaciones
- ✓ Gestión integrada y automatizada de la función de bypass al final del proceso de arranque (basada en un contactor de bypass), conservando las funciones de protección electrónica

Funciones de protección para el motor y la máquina:

- ✓ Integración de la protección térmica del motor configurable
- ✓ Protección térmica para el arrancador progresivo Altistart 22
- ✓ Procesamiento integrado de la sonda térmica PTC con aislamiento eléctrico (gestión óptima de la protección del motor)
- ✓ Supervisión de la duración y el número de arranques (mayor seguridad de la instalación)
- ✓ Gestión del tiempo de parada antes del reinicio
- ✓ Protección contra un exceso o una falta de corriente en el estado transitorio o nominal
- ✓ Ajuste automático a la frecuencia de línea
- ✓ Detección de secuencia de fase
- ✓ Detección de pérdida de fase



Figura 2.10.-Arrancador Suave Altistart 22.

2.3.6.- Selección del PLC

El PLC escogido para el control del proceso de producción en la presente planta, debe tener características específicas. Éstas dependen de las necesidades demandadas por la instrumentación de campo propuesta. Para un proceso como este, es necesaria la utilización de un autómata con las siguientes características (ver anexo 4):

- ✓ Permitir el manejo de las variables necesarias para controlar todo el proceso: 2 entradas analógicas, 8 entradas digitales y 16 salidas digitales.
- ✓ Debe tener sus entradas y salidas en niveles de 4 a 20 mA, debido a que la instrumentación de campo maneja esos niveles de entrada/salida.

El PLC seleccionado para el diseño del control pertenece a la familia de S7-300[10], específicamente CPU 315(figura2.11), es el que está actualmente en la Fábrica y se adapta bien a las necesidades requeridas por los procesos y tiene posibilidades de ampliar la aplicación posteriormente. La gama S7 – 300 de SIEMENS consta de diversas CPUs que se pueden utilizar para numerosas tareas. Es un sistema de miniautómatas modulares para las gamas baja y media, con un amplio abanico de módulos para una adaptación óptima a la tarea de automatización en particular. De aplicación flexible gracias a la posibilidad de realizar estructuras descentralizadas e interconexiones por red. Cómodo de aplicar gracias a su facilidad de uso y a su instalación simple y sin necesidad de ventilación. Ampliable sin problemas en el caso de que aumenten las tareas. Potente gracias a la gran cantidad de funciones integradas. Posee un amplio abanico de módulos I/O para una adaptación óptima a la tarea de automatización que se desee realizar y de aplicación flexible gracias a la posibilidad de realizar fácilmente estructuras descentralizadas y a la versátil conectividad a distintas redes de comunicación.

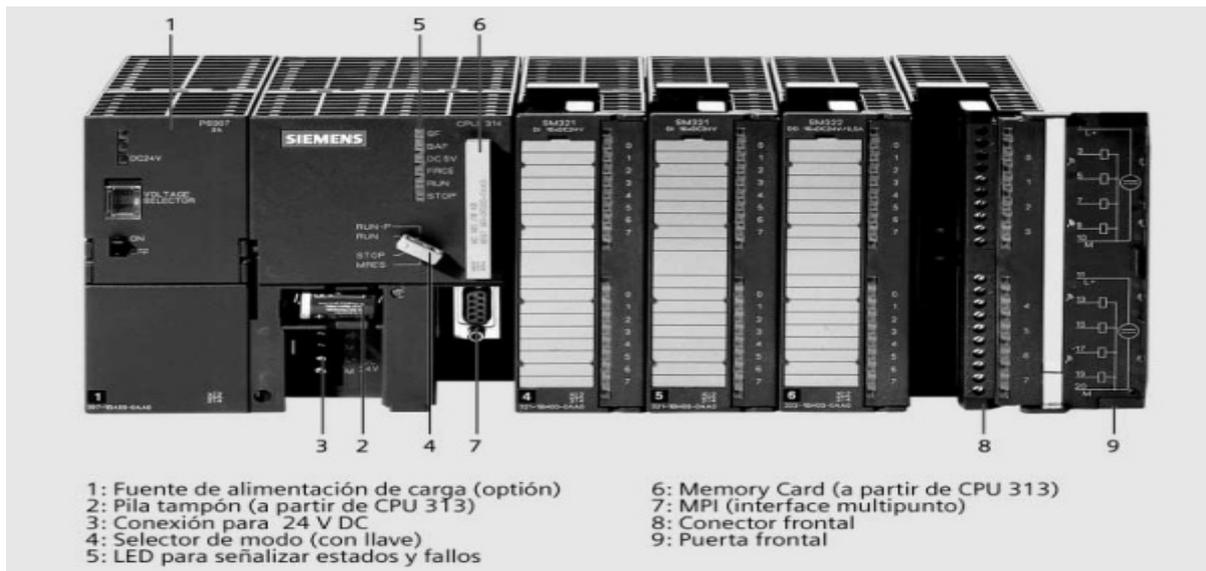


Figura 2.11.-PLC S7 – 300

Dentro de las ventajas de este PLC se destacan las siguientes:

- ✓ Posee un procesador el cual alcanza un tiempo de ejecución de aproximadamente 100 ns por instrucción binaria y 2 μ s por instrucción de coma flotante.
- ✓ Tiene una memoria de trabajo de 512 KB (corresponde a aproximadamente 170 K de instrucciones). La amplia memoria de trabajo para los componentes del programa relevantes para la ejecución ofrece espacio suficiente para los programas del usuario. Las tarjetas de memoria micro (máx. 8MB) como memoria de carga para el programa también permite almacenar el proyecto en la CPU y se puede usar para archivar datos y gestionar fórmulas.
- ✓ Presenta interfaz MPI/DP combinada e interfaz Profinet. La primera interfaz MPI/DP integrada puede establecer simultáneamente conexiones al S7-300 o conexiones al dispositivo de programación, PC. Con la MPI y la comunicación por datos globales se puede configurar una red simple con hasta 32 CPUs.

La CPU 315[10] del S7 – 300 ejecuta el programa de usuario, alimenta el bus posterior del S7-300 con 5 V y se comunica con otras estaciones de la red MPI a través de la interfaz MPI.

Características de la CPU:

- ✓ CPU con memoria de programa media a grande.
- ✓ .Extensas posibilidades de ampliación de periferia

El Step 7 v5.4 es el software (ver anexo 6) que permite la programación de esta familia de PLC's. Dentro de sus principales ventajas se encuentra el simulador de PLC en PC que permite depurar los programas para el control de procesos antes de su implementación. Se utilizó como lenguaje de programación, el lenguaje de contacto KOP, teniendo en cuenta las entradas y salidas del proceso y las especificaciones funcionales y de control del mismo.

2.4.- Modelación en redes de Petri

A la hora de diseñar un algoritmo de programación con una herramienta de software es preferible ante todo realizar una modelación o representación de las secuencias de operación con las diferentes posibilidades y flujo de la información del proceso. Para tales propósitos en este trabajo se usa la modelación en las conocidas Redes de Petri empleando el software Visual Objet Net. Aquí se modelan cada una de las etapas del proceso así como el funcionamiento en general.

El diseño del modelo en Redes de Petri (PN) está compuesto por una red principal para la selección de los procesos (figura 2.12) y otras 3 redes para los procesos (figuras 2.13, 2.14, 2.15).

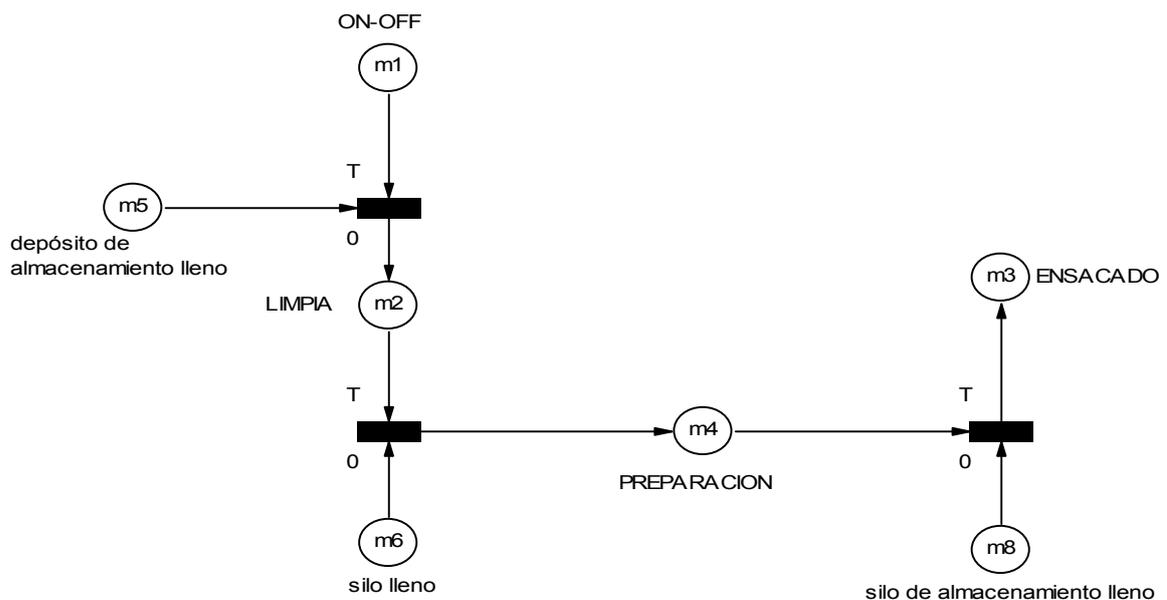


Figura 2.12.-Selección de los procesos

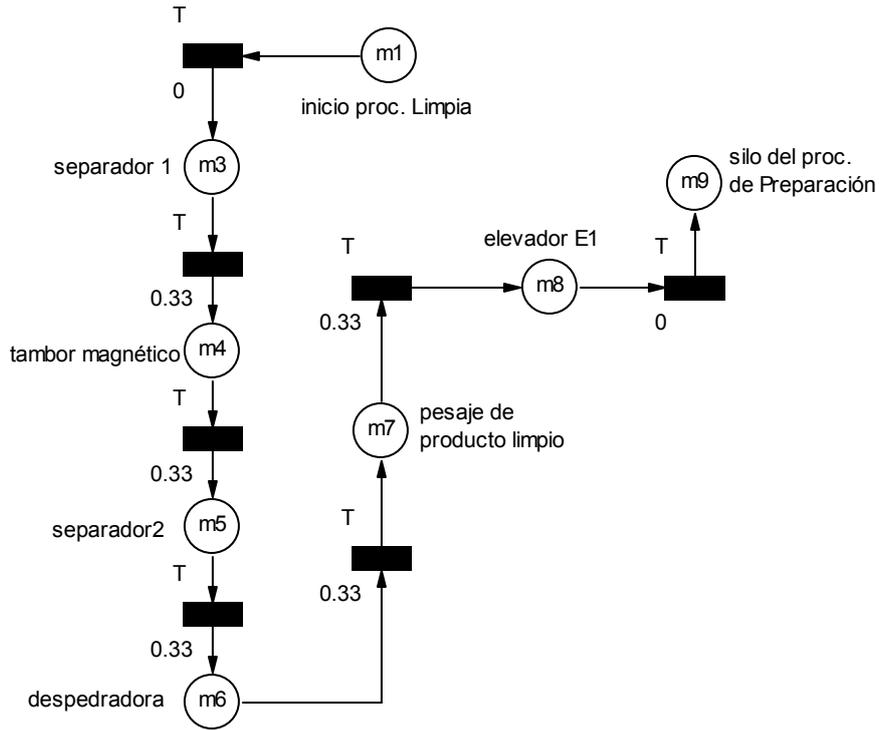


Figura 2.13.-Modelo en Redes de Petri del proceso de Limpia

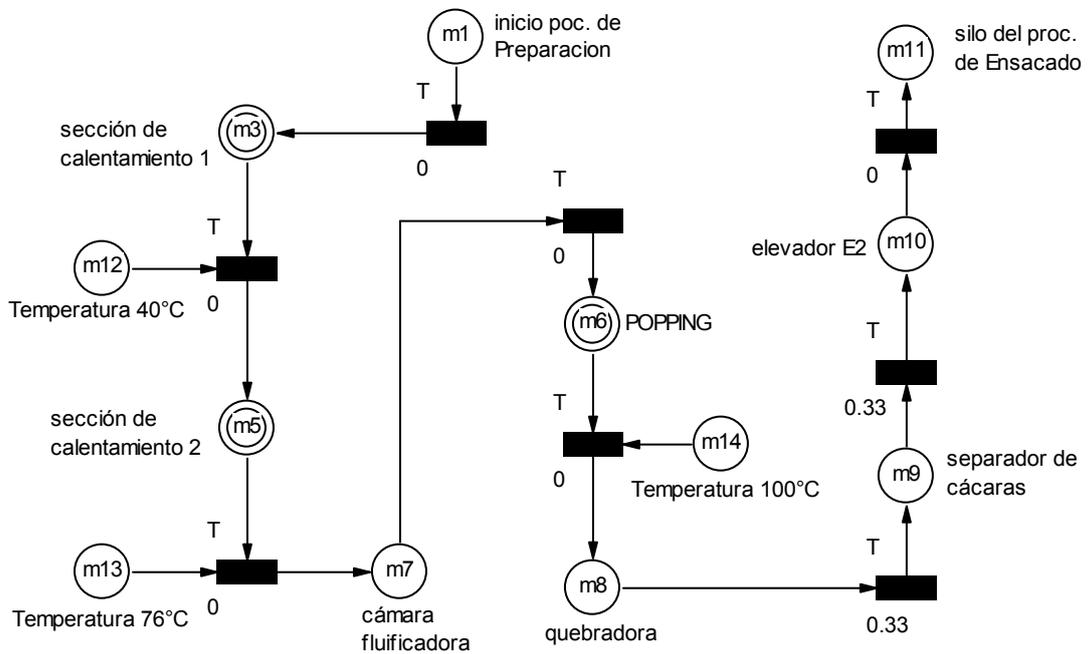


Figura 2.14.-Modelo en Redes de Petri del proceso de Preparación

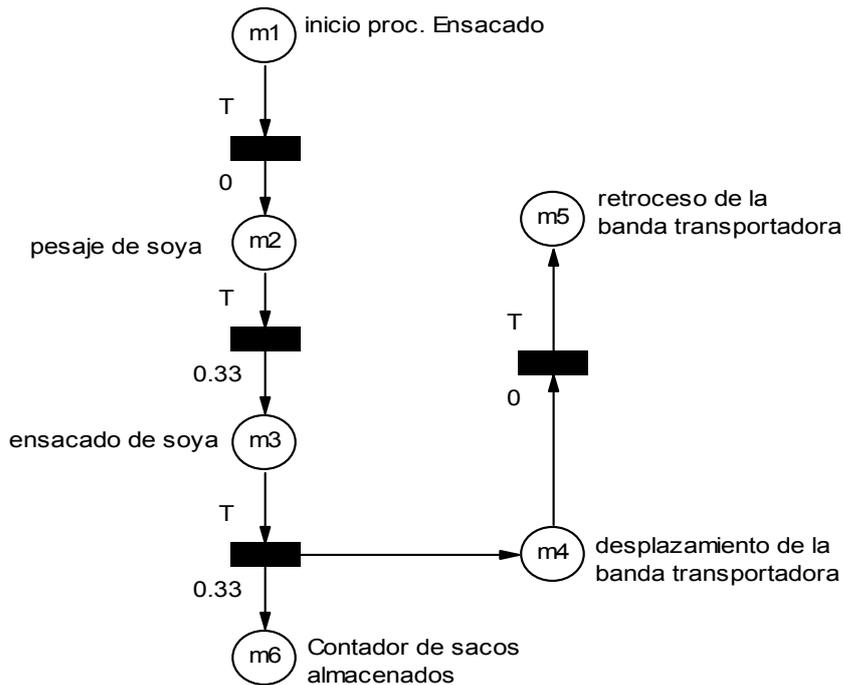


Figura 2.16.-Modelo en Redes de Petri del proceso de Ensacado.

En el Proceso de Limpia se controlan las pérdidas de producto en dicho proceso, esto se realiza para comparar la cantidad de producto limpio con lo que realmente entra a la empresa y así verificar si la planta es rentable y el producto tiene buena calidad. Estas pérdidas darán la relación de lo que verdaderamente se utiliza en la planta.

Estas pérdidas se obtienen mediante la siguiente ecuación:

$$Kpl = 1 - \frac{Pgl}{Pgi} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

Donde:

Kpl: Perdidas del Proceso de Limpia

Pgl: Peso del grano limpio

Pgi: Peso del grano inicial

2.5.- Programación del PLC

La programación del PLC [4] está encaminada a lograr el control eficiente de los procesos, para el desarrollo de este se tuvo en cuenta la instrumentación instalada y los estados de las diferentes variables utilizadas en el proceso.

El funcionamiento manual/automático del proceso, se decide a través de una variable booleana, en modo manual el operador manipulará el proceso tomando sus propias decisiones desde un sistema supervisorio objetivo en otro tema de tesis, y en el modo automático el PLC controla el proceso siguiendo el control programado. La programación se ha llevado a cabo en correspondencia con las necesidades concretas de la fábrica y en dependencia de las condiciones actuales en que se encuentra los procesos (ver anexo 5), con el objetivo de lograr una mayor eficiencia y productividad en dicha industria.

El programa está compuesto por:

- Un Bloque de Organización (OB1) en el cual está contenida la rutina donde se encuentran la programación de los 3 procesos, Limpia, Preparación y Ensacado, la selección de los modos manual/automático y las alarmas del sistema. El sistema operativo de la CPU del S7 ejecuta el OB 1 de forma cíclica: Una vez finalizada la ejecución del OB 1, el sistema operativo comienza a ejecutarlo de nuevo.

Lo primero que se realiza al comenzar el programa es seleccionar el modo de trabajo en el cual se desarrollará el sistema. En modo automático se pondrá en marcha el motor del elevador para así llenar el depósito del Proceso de Limpia y después se realiza la limpia de la soya. Luego se pasará al Proceso de Preparación en el cual mediante un control de temperatura en el siro de este proceso y en la cámara fluificadora se separará las cáscaras del grano de soya y se quebrarán en 2 mitades, para después pasar al Proceso de Ensacado donde por medio de una báscula se pesa y se ensaca el producto en sacos de 50 kg . Con un contador se cuentan la cantidad de sacos para luego ser almacenados.

A continuación de muestran en las figuras 2.17, 2.18 y 2.19 los diagramas de flujo de la programación de los 3 procesos:

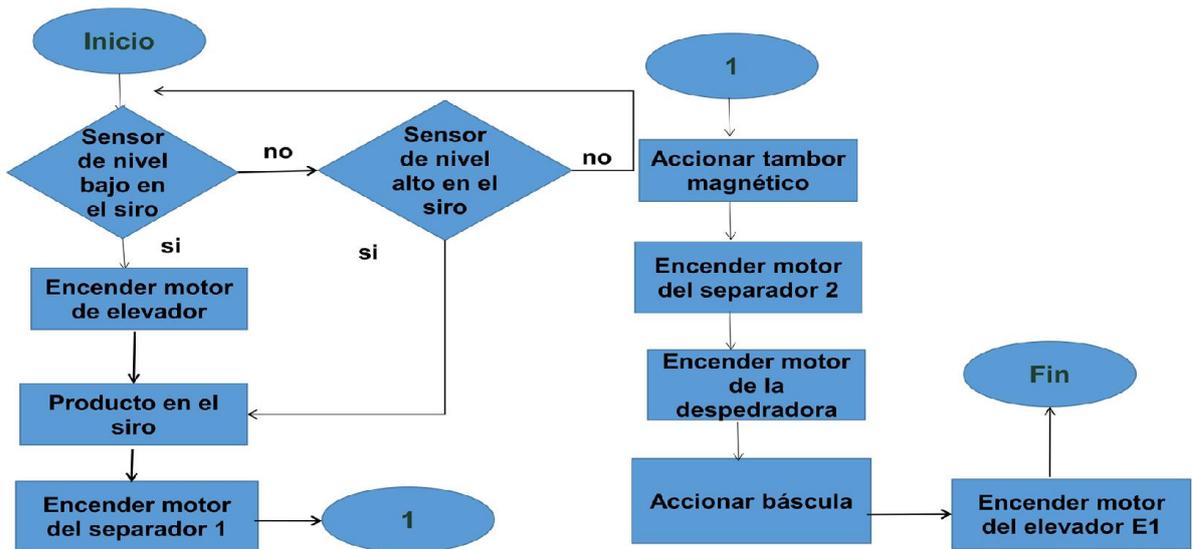


Figura 2.17.-Diagrama de flujo del proceso de Limpia

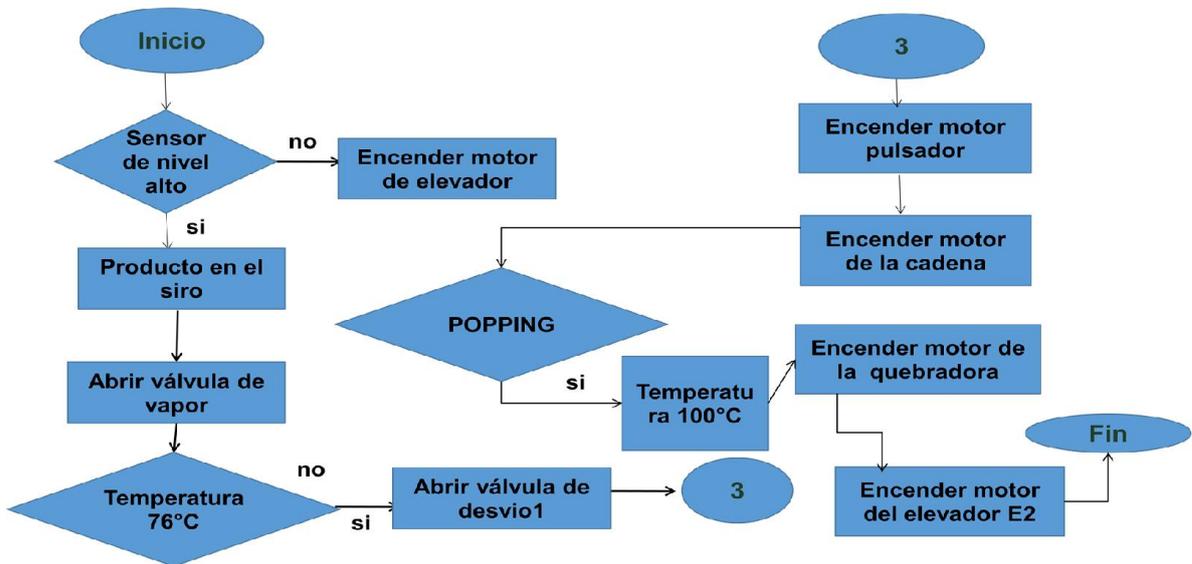


Figura 2.18.-Diagrama de flujo del proceso de Preparación

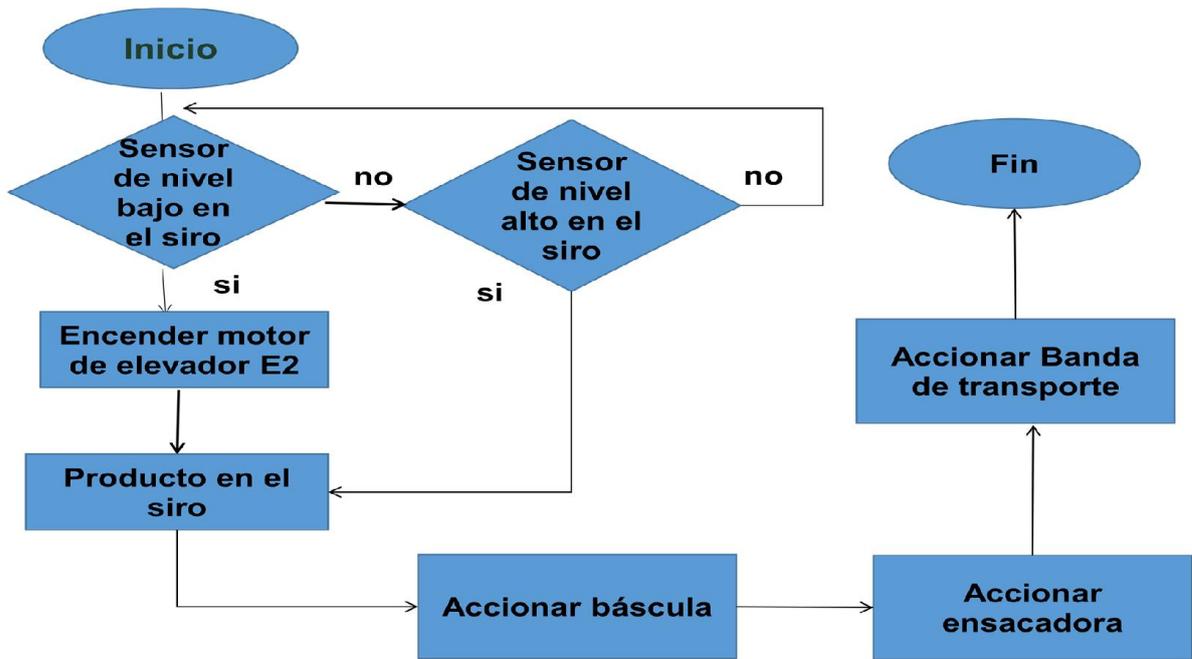


Figura 2.19.-Diagrama de flujo del proceso Ensacado.

2.6.-Valoración económica.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas en múltiples trabajos, se ha demostrado que con el resultado de la aplicación de técnicas de automatización se obtienen beneficios económicos, operacionales, de seguridad y calidad en el proceso de producción. En la siguiente tabla se muestra el presupuesto estimado de la inversión en los Procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la planta Beneficiadora de Soya, en los cuales se implementará la automatización avanzada en su proceso de producción. En la tabla 2.1 se puede apreciar un listado de los principales instrumentos que se requieren instalar en el proceso.

Tabla 2.1 Listado de precio de los instrumentos propuestos.

Denominación	Cantidad	Precio (USD)	Total (USD)
Sensor Capacitivo de nivel PFG06	5	50.50	252.50
PLC S7 300 CPU 315	1	—	—
Bascula automática Tubex	2	620.00	1240.00
Válvulas solenoides	8	19.88	159.04
Termoresistencia PT 100	2	870.00	1740.00
Transmisor T53	2	22.50	45.00
Arrancador Altistart 01	3	43.00	129
Arrancador Altistart 22	6	43.00	248.00
Total	25		3813.54

La implementación de este proyecto representaría para la fábrica una gran ventaja tanto técnica como económica, ya que se llevaría un control eficiente de todas las variables del sistema, así como un registro constante de las mismas. Las acciones de control dejarían de ser manuales aumentando considerablemente su precisión. El precio del PLC no está incluido ya que este se encuentra en la fábrica y lo que se propone es ponerlo en funcionamiento. Con las ganancias actuales de la industria esta inversión se amortizaría un año y medio, como se espera un incremento de las ganancias debido a una disminución de las pérdidas en la producción este tiempo podría ser menor.

Conclusiones del capítulo

Se desarrolló la programación del PLC a partir de los modelos en Redes de Petri de los procesos utilizando el software STEP 7 v5.4 (lenguaje KOP) y se comprobó su funcionamiento en modo simulación. Se propuso la instrumentación correspondiente a los procesos y se analizaron detalladamente las características de cada uno de los sensores. Con la nueva implementación de este diseño de automatización el proceso alcanzaría un nivel de automatización satisfactorio.

Conclusiones

La Planta Beneficiadora de Soya en la fábrica de Cereales Frank País presenta una deficiente y baja calidad del producto final en los procesos de Limpia, Preparación y Ensacado de la soya, debido a la inexistencia de un sistema de automatización y control en la planta, atendiendo a esto se realizó con este trabajo una propuesta de un sistema de automatización empleando un PLC de la familia SIEMENS que se encontraba sin utilizar en la industria. Para lograr este propósito se dio cumplimiento a un conjunto de tareas.

- ✓ Se llevó a cabo un estudio general del funcionamiento del proceso de limpia, preparación y ensacado en la Planta Beneficiadora de Soya de la Fábrica de Cereales Frank País, mediante el cual se pudo proponer la estrategia de control para aumentar la eficiencia del mismo.
- ✓ Se seleccionó la instrumentación necesaria para la automatización de los procesos, la cual permite un mejor control del sistema en cuestión.
- ✓ Se diseñó una propuesta de un sistema de automatización, que permitirá una vez implementado disminuir las pérdidas en los procesos y aumentar la calidad del producto final.
- ✓ Se modeló el sistema en Redes de Petri y se programó el PLC con el software STEP 7 v5.4 (lenguaje KOP), validando la programación mediante simulación.

Recomendaciones

Al culminar esta investigación y habiendo cumplido las tareas propuestas en la misma recomendamos:

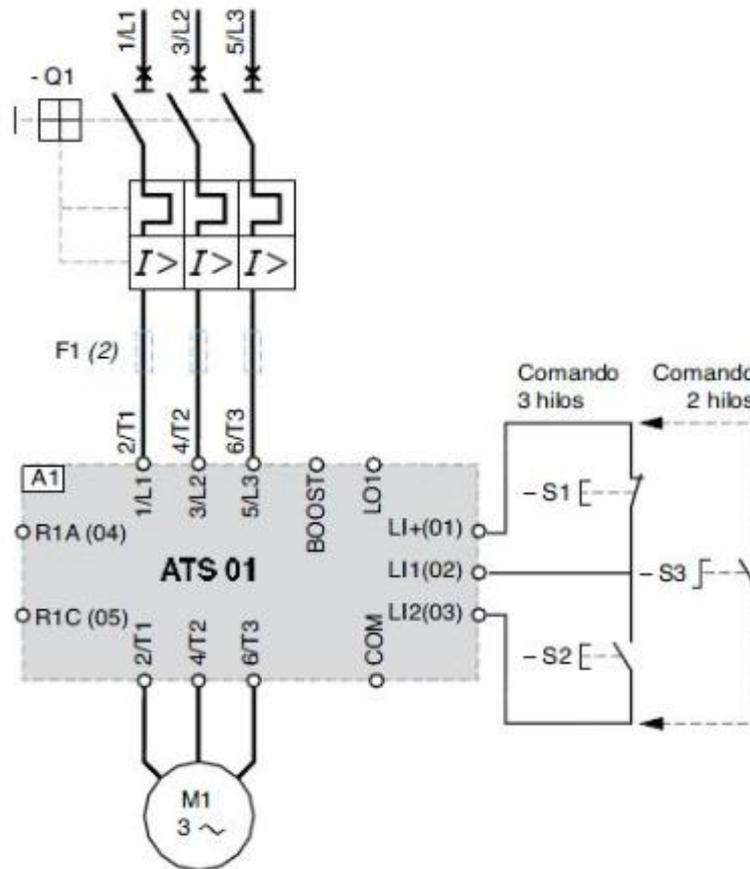
- ✓ Realizar la implementación de la propuesta de automatización.
- ✓ Realizar las evaluaciones económicas de eficiencia del proceso y calidad de la materia prima según el suministrador partiendo de las mediciones de peso del producto del producto.
- ✓ Realizar el control de flujo de vapor proveniente de la caldera.
- ✓ Realizar el control de presión en la caldera.

Bibliografía

- Marcos A. Golato. (2004). *Válvalas de Control*. México.
- Bascula-Tubex*. (s.f.). Recuperado el 1 de 4 de 2017, de www.Bascula Buhler.com
- Blanco, A. S. (2016). Molino Frank País, de Santiago de Cuba. *Sierra Maestra* .
- Carvallo, J. P. (s.f.). *Válvulas de Solenoide, Departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María*. Recuperado el 10 de abril de 2017, de <http://www.emersonclimatemexico.com/mt/mt>
- Cutiño, O. R. (2016). Por la ruta de la soya. *juventud cubana* .
- Ramon L. Yuste Yuste, L. M. (2005). *Programación de Autómata S7-300, Instrucciones básicas*. Grup de Treball Edcai.
- Schneider Electric. Arrancadores Suaves y Variadores de Velocidad.
- Sensor Capacitivo- Wikipedia, la enciclopedia libre*. (s.f.). Recuperado el 22 de 3 de 2017, de <http://www.Wikipedia.com>
- Sistema de automatización S7-300*. (s.f.). Obtenido de www.siemens.com
- Smith, C. y. (1991). *Control Automático de Procesos Teoría y Práctica*.
- Aguilar, M. G. (2013). Mesa didáctica de redes industriales con S7300. Santiago de Querétaro: Universidad Tecnológica de Querétaro.
- Automática, I. E. (2006). Comunicaciones Industriales. Universidad de Oviedo.
- Barrera, D. (2008). Diseño e implementación de un sistema de entrenamiento PROFINET para el Laboratorio de PLCs y Robótica del Departamento de Eléctrica y electrónica de la . Ecuador: trabajo recepcional de titulación. Departamento de eléctrica y electrónica.
- Mandado, M. (1999). Controladores Lógicos y Autómatas Programables. Ed. Alfaomega, Segunda .
- Romero, D. M. (2005). Introducción a Ethernet Industrial. Argentina: The Institute of Electrical and Electronics Engineers. Octubre
- Salazar, J. A. (2006). Desarrollo de Sistemas de Automatización Orientados a la Enseñanza del Control Automático en la UCA. El Salvador. Mayo
- Technologies, K. (s.f.). Siemens S7 200/300/400/1200 Ethernet OPC Server. Obtenido de <http://www.youngtec.com.tw>

Anexos

Anexo 1: Esquema de conexión del arrancador Altistart 01



Características eléctricas		ATS 01N1●●FT	ATS 01N2●●QN	ATS 01N2●●Q
Tipo de arrancador		ATS 01N1●●FT	ATS 01N2●●QN	ATS 01N2●●Q
Categoría de empleo	Según IEC 60947-4-2	Ac-53b		
Tensión asignada de empleo	Tensión trifásica	V 200 - 15 % a 480 + 10 %	380 - 15 % a 415 + 10 %	380 - 10% a 380 +15%
Frecuencia		Hz 50 - 5 % a 60 + 5 %		
Tensión de salida		Tensión trifásica máxima igual a la tensión de alimentación		
Tensión de alimentación de control		V ~ 110...220 ± 10% ~ 24 ± 10 %	Interna al arrancador	Interna al arrancador
Corriente asignada de empleo		A 3...12	6...32	44...85
Tiempo de arranque ajustable		S 1...5	1...10	1...25
Tiempo de parada ajustable		S -	1...10	1...25
Torque de arranque		% 30...80 % del torque de arranque del motor conectado directo a la red		

Arrancador suave para motores de 0,37 a 5,5 kW

Motor Potencia motor 400 V kW	Arrancador Potencia disipada		Corriente nominal A	Referencia	Peso kg
	W (1)	W (2)			
Tensión de alimentación trifásica 200...480 V 50/60 Hz					
1,5 y 2,2	1	31	6	ATS-01N106FT	0,160
5,5	1	61	12	ATS-01N112FT	0,280

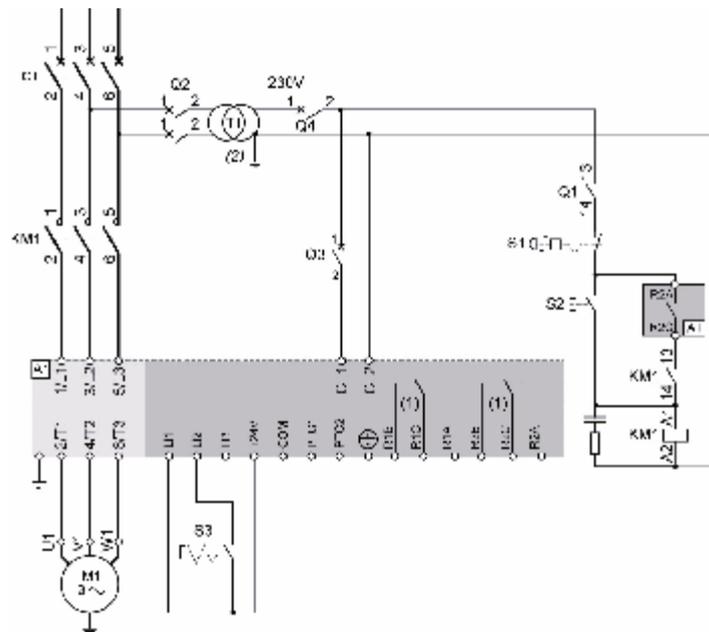
Arrancador suave ralentizador para motores de 1,5 a 15 kW

Motor Potencia motor 400 V kW	Arrancador Potencia disipada		Corriente nominal A	Referencia	Peso kg
	W (1)	W (2)			
Tensión de alimentación trifásica : 380...415 V 50/60 Hz					
1,5 y 2,2	4	64	6	ATS-01N206QN	0,420
3 y 4	4	94	9	ATS-01N209QN	0,420
5,5	4	124	12	ATS-01N212QN	0,420
7,5 y 11	4,5	224	22	ATS-01N222QN	0,560
15	4,5	324	32	ATS-01N232QN	0,560

Arrancador suave ralentizador para motores de 22 a 45 kW

Motor Potencia motor (1) 400 V kW	Arrancador Potencia disipada		Corriente nominal A	Referencia	Peso kg
	W (1)	W (2)			
Tensión de alimentación trifásica : 400 V 50/60 Hz					
22	22	268	44	ATS-01N244Q	2,400
37	23	436	72	ATS-01N272Q	3,800
45	23	514	85	ATS-01N285Q	3,800

Anexo 2: Esquema de conexión del arrancador Altistart 22

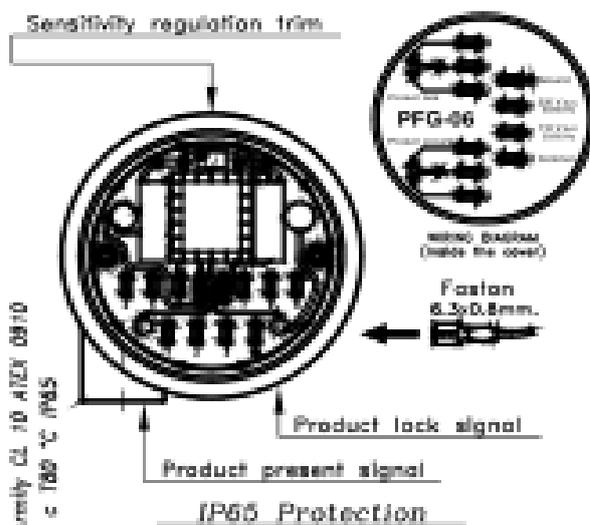
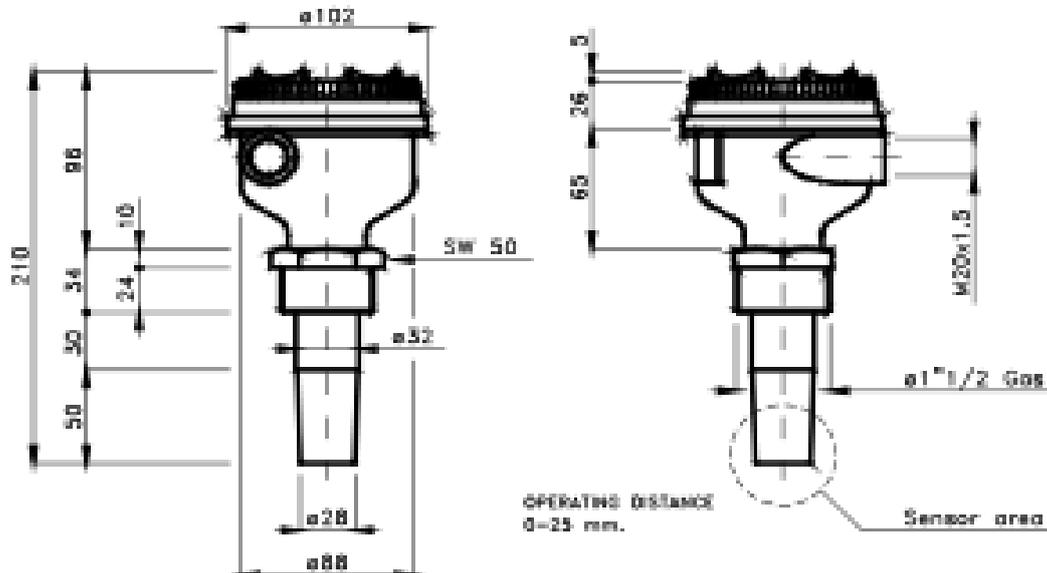


Características eléctricas			
Tipo de arrancador		ATS22---Q	ATS22---S6
Tensión asignada de empleo	V	230 a 440 a 50/60 Hz	208 a 600 a 50/60 Hz
Frecuencia		50...60Hz	
Tensión de salida		Tensión trifásica máxima igual a la tensión de alimentación	
Tensión de alimentación de control	V	110 y 230	
Protecciones		Sobre corriente, baja corriente, desbalance de corriente, secuencia de fase, pérdida de fase, bajo voltaje, sobre voltaje, entrada para sonda PTC y sobre carga	
Tiempo de arranque ajustable	S	1...60	
Tiempo de parada ajustable	S	1...60	
Numeros entradas y salidas			
Entrada análoga		1 PTC	
Entrada lógica		3	
Salida relé		2 (NC/NA)	
Partidor			
Número de fases controladas		3	
Tipo de control		Rampa de voltaje configurable	
Ciclo de operación		Estándar	
Comunicación			
Integrado		Modbus	

Anexo 3: Sensor capacitivo para medición de nivel PFG06



www.camlogic.it e-mail: camlogic@camlogic.it
LEVEL GAUGES
 vast range, long-lasting



WIRING

- 1 - Common power supply
- 2 - Power supply 110 V.a.c. 50/60Hz
- 3 - Power supply 220 V.a.c. 50/60Hz
- 4 - 1' NO contact 8A/250 V.a.c.
- 5 - 1' Common contacts
- 6 - 1' NC contact 8A/250 V.a.c.
- 7 - 2' NO contact 8A/250 V.a.c.
- 8 - 2' Common contacts
- 9 - 2' NC contact 8A/250 V.a.c.

Electric draw 1 W to 220 V.a.c.
 Ambient temperature range -30 to +70 °C
 Weight : 0.800 Kg
 On request power supply of 24/48 V.
 Maximum operational pressure 1.1 bar

Casing in LATHM 83-03 P001 G/30 - Probe in LATHIELD 66-13A G/30 - Stainless Steel connection EN1.4507

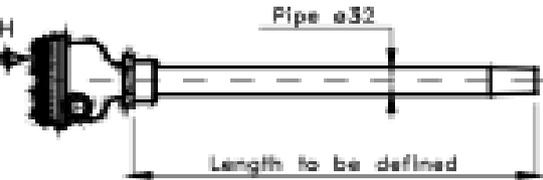
Declaration of Conformity CE 10 ATEX 0810
 Marking: U 3 D c T80 °C IP65



The trim stop clockwise position enables the static test on the equipment by exciting the relay (maximum sensitivity)

The application zone is the 22

VERSION WITH EXTENSION

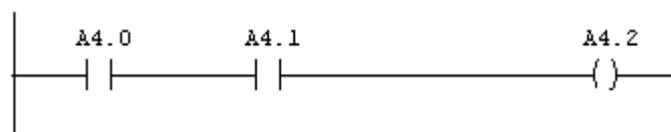


Anexo 4: Características técnicas del PLC S7 – 300

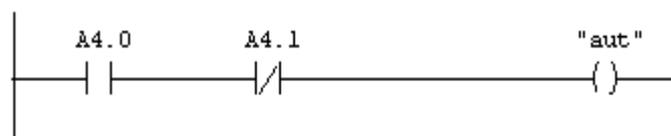
Grado de protección	IP 20 según IEC 529
Temperatura ambiente	
• con instalación horizontal	0 a 60 °C
• con instalación vertical	0 a 40 °C
Humedad relativa del aire	5 a 95%, sin condensación (RH grado de severidad 2 según IEC 1131-2)
Presión atmosférica	795 a 1080 hPa
Aislamiento	
• circuitos 24 V DC	tensión de prueba 500 V DC
• circuitos 230 V AC	tensión de prueba 1460 V AC
Compatibilidad electromagnética	requerimientos de las Directivas CEM; inmunidad a interferencias EN 50082-2, prueba según: IEC 801-2, ENV 50140, IEC 801-4, ENV 50141, IEC 801-5; Emisión de interferencias conforme a EN 50081-2, prueba según EN 55011, clase A, grupo 1
Solicitaciones mecánicas	
• vibraciones ensayadas según/con	IEC 68, parte 2-6/10 a 58 Hz; amplitud constante 0,075 mm; 58 a 150 Hz; aceleración constante 1 g; duración vibraciones: 10 barridos de frecuencia por eje en dirección a cada uno de los tres ejes perpendiculares entre si
• choques ensayados según/con	IEC 68, parte 2-27/onda semisenoidal; intensidad del choque 15 g (valor cresta), duración 11 ms

Anexo 5: Programación del PLC

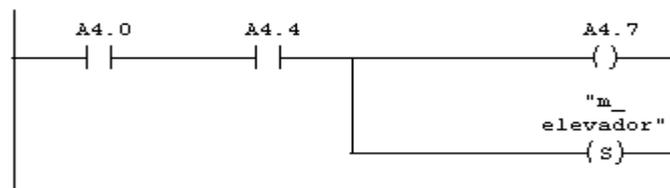
Segm. 1: Proceso de Limpia



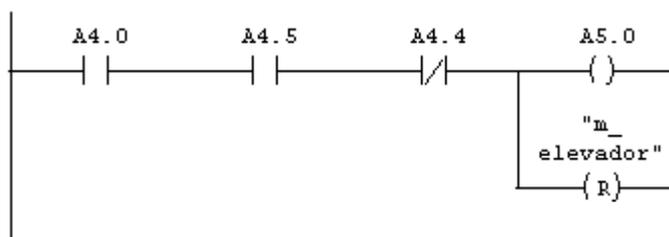
Segm. 2 : Título:



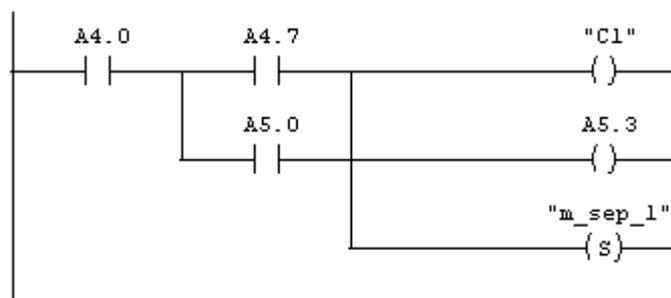
Segm. 3 : Título:



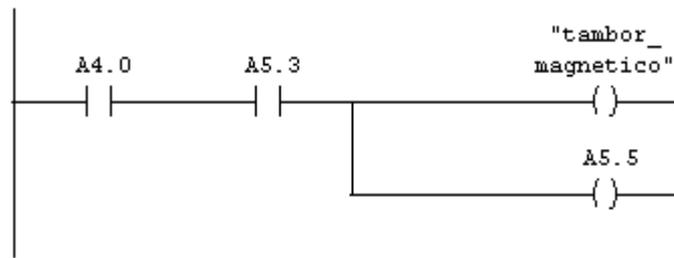
Segm. 4 : Título:



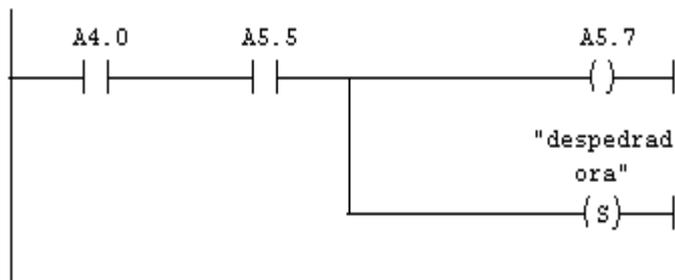
Segm. 5 : Título:



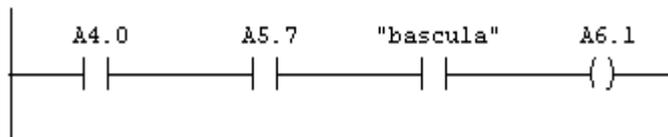
Segm. 6 : Título:



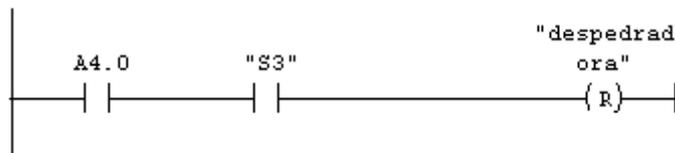
Segm. 7 : Título:



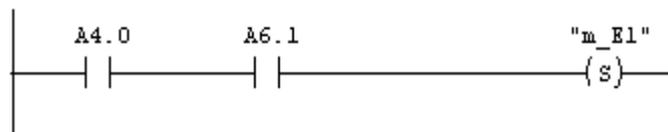
Segm. 8 : Título:



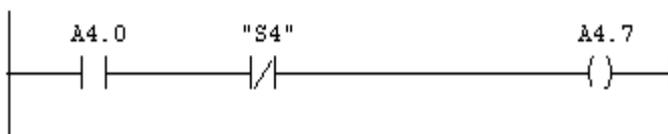
Segm. 9 : Título:



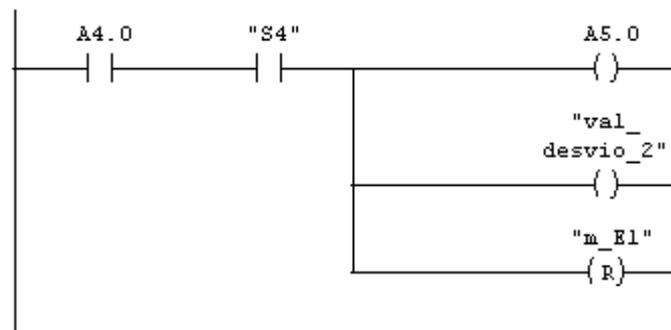
Segm. 10 : Título:



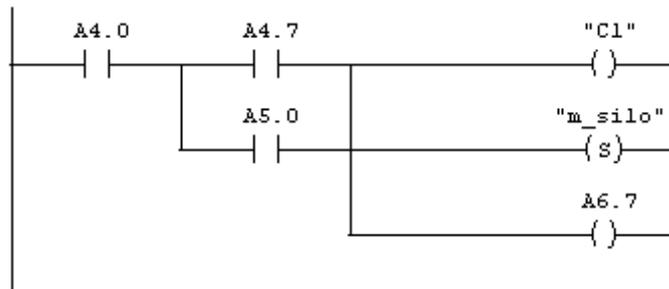
Segm. 11 : Proceso de Prepaacion



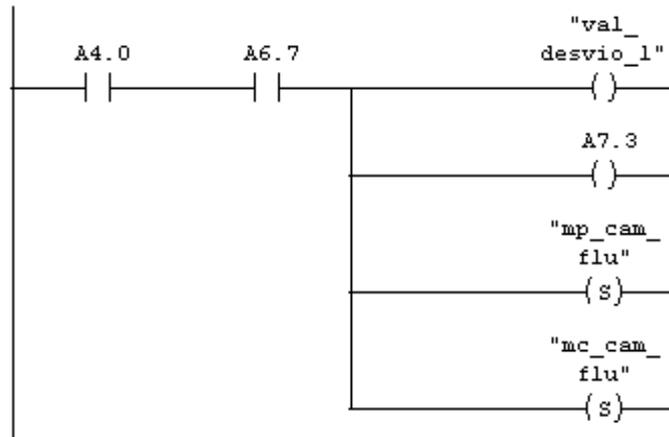
Segm. 12 : Título:



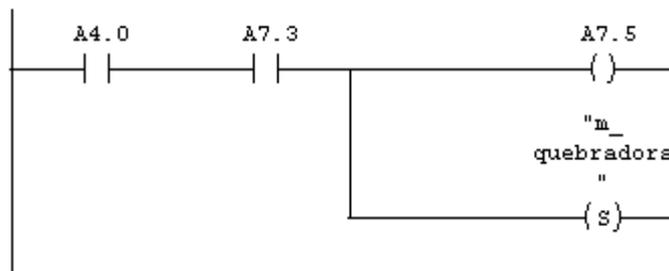
Segm. 13 : Título:



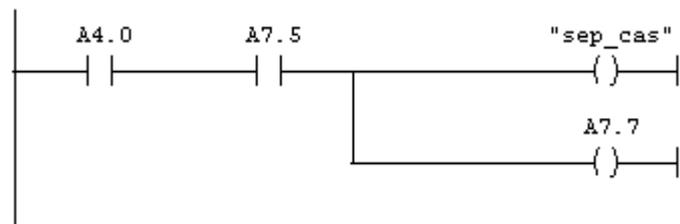
Segm. 14 : Título:



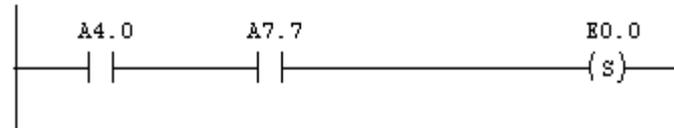
Segm. 15 : Título:



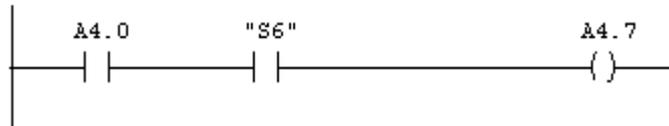
Segm. 16 : Título:



Segm. 17 : Título:



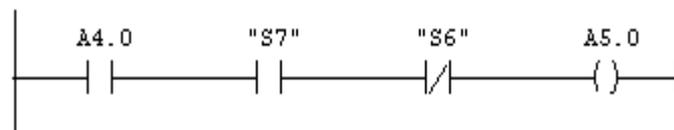
Segm. 18 : Proceso de Ensacado



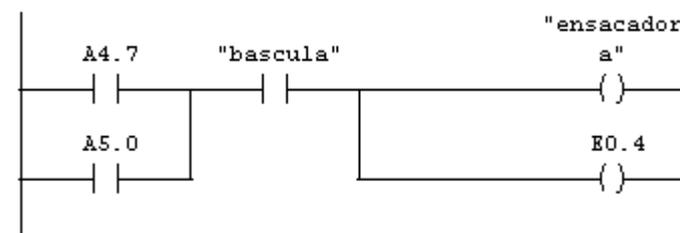
Segm. 19 : Título:



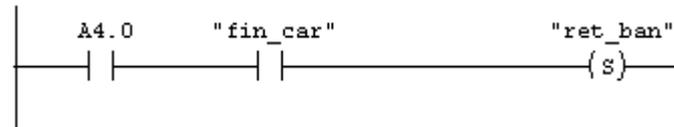
Segm. 20 : Título:



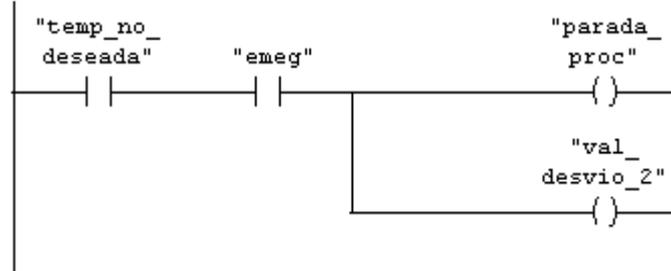
Segm. 21 : Título:



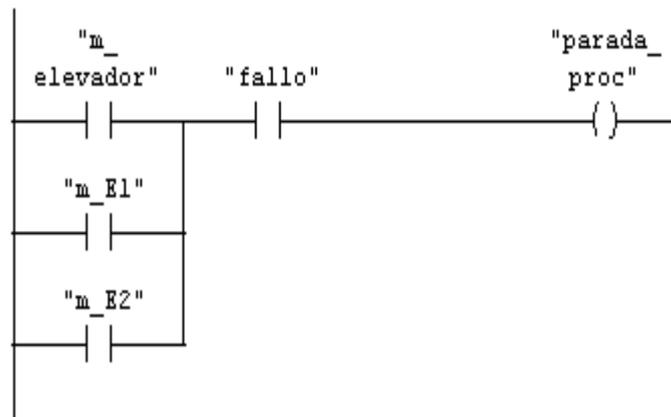
Seqm. 22 : Título:



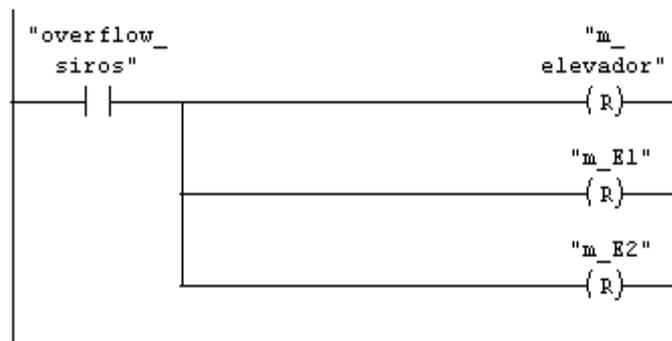
Seqm. 23 : Alarmas



Seqm. 24 : Título:



Seqm. 25 : Título:



Anexo 6: Software Step 7 para programación del PLC

