UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

Tesis Monográfica para optar al Título de

Ingeniero Eléctrico

Titulo

“Diseño y simulación para el mando y control de carga de Silo utilizado en la industria CEMEX mediante Logo PLC”.

Autores:

- Br. Javier Jesús Ampie González 95-11025-3
- Br. Francisco José González García 2007-21448

Tutor:

MSc.Ing. Ernesto Lira Rocha

Managua, mayo 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. Introducción 1

II. Antecedente 3

III. Objetivos del Estudio 4

3.1. Objetivo General 4

3.2 Objetivo Específico 4

IV. Justificación 5

V. Marco Teórico 6

5.1 Qué es la automatización 6

5.2 Características de la automatización 6

5.3 Accionamiento eléctrico 7

5.4 Descripción de la planta 10

5.5 Operación y control de la planta. 11

5.6 Proceso de funcionamiento de un silo 13

5.7 Generalidades de la programación PLC Logo 230RC 16

5.7.1 Que es Logo 16

5.7.2 Funciones Generales 19

5.7.3 Funciones especiales 19

VI. Metodología de Trabajo 27

VII. Propuesta de control y mando en Logo Soft 29

7.1 Descripción del funcionamiento 29

7.2 Controlling a Silo filling system 32

VIII. Conclusiones 33

IX. Bibliografía 34

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Control Lógico Programable
FUP	Diagrama de funciones
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
CPU	Unidad de procesamiento central
V	Voltio
Hz	frecuencia
P	Potencia
VCA	Voltaje de corriente alterna
W	Vatios
Hp	Potencia

I. Introducción

Este trabajo de tesis consiste en la elaboración de la ingeniería básica y de detalles, de la disciplina de instrumentación y control, necesarias para la implantación de un sistema automatizado y centralizado para la vigilancia de instalaciones de carga de silos tomando como eje la utilización de un PLC de la Familia Relé Programable de la marca Logo Siemens en el cual se pretende programar íntegramente.

Con lo cual se obtiene una mejora en el abastecimiento y disponibilidad de material en los diferentes equipos de despacho de cemento, disminuyendo así también tiempos de parada, mejorando la productividad y manejando de manera correcta el vaciado del silo.

Esta aplicación es multiplicable de manera sencilla para más silos, ya que es una aplicación estándar. Se necesita menos espacio que en la solución hasta ahora empleada. Se necesitan menos componentes que en la solución convencional.

El PLCs Logo se utiliza para aplicaciones universales. Su gran funcionalidad hace que logo Soft ofrezca un alto grado de rentabilidad en prácticamente cualquier aplicación y sector, caso específico el control de llenado de Silo.

Un silo es una estructura de generalmente 4 a 8 m de diámetro y 10 a 25 m de altura, construida de materiales tales como vigas de madera, hormigón, vigas de hormigón, y chapa galvanizada ondulada. Estas estructuras buscan almacenera materia en forma de grano, polvos o rocas y generalmente se descargan desde su parte superior.

El siguiente trabajo busca simular el proceso de carga de un silo de cemento llevando el proceso mediante la automatización de un PLC. Para llevar a cabo esto será utilizado el programa logo SOFT.

La automatización permite que movimientos repetitivos que causan desgaste y/o molestias en las personas operarias que cargan el producto, puedan ser realizados por mecanismos de una forma más sencilla y rápida, además mientras que un operario o varios llenan el Silo, con procesos automáticos el tiempo de llenado es más rápido.

Esto contempla el diseño de una arquitectura de control adecuada, teniendo en cuenta las condiciones ambientales del lugar y procurando la reducción de cableado y trabajos de instalación. De igual manera se incluye el estudio de la filosofía de control que residirá en el controlador instalado con el objetivo principal de: mejorar el flujo de cemento por las líneas, reducir el número de derrames de cemento y aumentar la tasa de despacho en las líneas de producción que componen la Terminal. Y también se incorpora la especificación de la interfaz hombre máquina con la que debe contar el operador del sistema para poder controlar y supervisar los componentes de este de manera cómoda y efectiva.

Aunque el sistema que se desarrollara para esta tesis no tiene mucho de innovador, se decidió trabajar sobre él porque requiere subsistemas tanto mecánicos como eléctricos y electrónicos, lo cual representó un reto que enriquece nuestra formación profesional.

El estudio está dividido en una introducción que habla del objeto de estudio de este trabajo tesis. A continuación los antecedentes del uso de SILOS industriales para almacenamiento, así como la orientación del mercado.

Después el planteamiento del problema, del porque la necesidad que surgiera la idea del desarrollo de este estudio, además los objetivos que se buscan alcanzar con el desarrollo del mismo.

Por último, el marco teórico donde se desarrollará los conceptos que describen los componentes de un silo de carga y funcionamiento, así como las Características de los motores, características del sistema de control, Descripción de la instalación y la programación del PLC Logo SOFT 230 RC.

II. Antecedente

Este sistema que se utiliza en la planta actualmente tiene una serie de problemas o aspectos que pueden ser mejorados y modernizados para obtener un mejor rendimiento de los equipos y aumentar la capacidad de producción. A continuación, se enumeran algunos aspectos que pueden ser mejorados ya que implican problemas en la operación los cuales se traducen en bajas de producción sectores como Cemex y Holcim.

- Mando descentralizado
- Equipos no supervisados
- Ruptura de correas de sopladores, de ventiladores y cadenas en válvulas rotativas.
- Salida de equipos sin enclavamiento.
- Lenta respuesta ante eventualidades
- Factor humano

Haciendo un recuento de todo lo escrito en esta sección se puede decir que hay muchas operaciones que efectúa el personal de planta que se pudiesen hacer por equipos automáticos de manera más eficiente e independiente de tantos factores humanos. Se tendría una mejor maniobrabilidad de los equipos y un mayor control sobre la producción. Reduciendo el número de variables a controlar, es decir, teniendo menos personal responsable del manejo de la planta se hace más fácil mantener el control de esta.

En control actual es muy lento y poco predecible, de esta manera no se puede contar con estimados de producción certeros y los tiempos de carga de las unidades que provoca una dificultad a la coordinación logística y colocación de producto.

Por otro lado, no se encontró ningún trabajo relacionado en el centro de documentación monográfico de la FEC, por lo que el tema es factible para su desarrollo.

III. Objetivos del Estudio

3.1. Objetivo General

- Diseñar y simular el mando para el control de carga de Silo utilizado en la industria CEMEX mediante Logo PLC.

3.2 Objetivo Específico

- Diseñar el programa para el control y funcionamiento para la carga del Silo.
- Automatizar la carga de cemento de los silos.
- Reducir el tiempo de carga de los camiones cisterna manteniendo el nivel de la tolva de granel en su punto óptimo.
- Utilizar la herramienta computacional LOGO SOFT V8 para implementar la simulación de carga de Silo.
- Reducir el índice de derrames de cemento

IV. Justificación

Con la nueva propuesta los Operadores de silos contaran con la ayuda de unos bombillos que encienden cuando el sensor de alto nivel de la tolva registra contacto de cemento en ese punto. En este momento el operador debe dirigirse a la(s) boca(s) de extracción que alimenta(n) la línea cuya tolva dio la señal y cortar el suministro de aire de fluidización para impedir que siga pasando el material. Por el otro lado, para el caso en que la tolva se vacía; los operadores de ensacado o de granel deben avisar la eventualidad al operador de silos para que este efectúe la maniobra pertinente para aumentar el caudal de cemento en la línea que lo precise; ya sea aumentar la apertura de la cuchilla de la boca de extracción, abrirla en caso de que se haya quedado cerrada o cambiar de boca debido bajo caudal que suministre ese punto en particular

En la actualidad la carrera de ingeniería eléctrica cuenta con el laboratorio de máquinas eléctricas donde se encuentran módulos de Automatización que es el medio propicio para que se lleve a cabo el proceso de aprendizaje de materias impartidas en el plan de estudio como lo son accionamiento eléctrico, sistemas de control.

Es importante señalar que uno de nuestras motivaciones principales es el hecho de desarrollar el diseño de silo de carga la cual es de uso común las cementeras, teniendo en cuenta que la lógica que maneja es elaborada por nuestro criterio, respetándose claramente los sistemas que ya se conocen en los diseños de silos de carga y descarga, pero no con el comportamiento exacto, porque creemos que no hay dos silos de diferentes empresas que lleven la misma lógica.

Con el fin de promover el legado de enseñanza y para contribuir a que el estudiantado posea las herramientas necesarias para una formación integral, una de las formas más eficientes en la consolidación del conocimiento es mediante la realización de un estudio teórico de la información con una posterior aplicación en la práctica de la misma.

V. Marco Teórico

5.1 Qué es la automatización

La automatización es: el proceso de mecanización de las actividades industriales para reducir la mano de obra, simplificar el trabajo, etc. Así se define a la automatización.

La automatización de los procesos industriales actualmente es una realidad, ya que las exigencias de hoy en día van más allá de sólo elaborar un producto. Los procesos deben ser capaces de abastecer a una gran población que exige calidad y economía en los productos que compra. Estas exigencias sólo se pueden lograr si los costos de producción son bajos, la producción es alta y existe un riguroso control de calidad en los productos desde la materia prima hasta el producto terminado.

5.2 Características de la automatización

Por ejemplo, existen procesos en los cuales se realizan las mediciones de las variables, se envían hasta los cuartos de control donde son recibidas por PLC's y equipos convencionales que continuamente están supervisando el proceso y que según su programación, tiene la capacidad de: realizar las regulaciones de las variables medidas, avisar al operador de que válvulas se encuentran abiertas y cerradas, que bombas se encuentran encendidas y apagadas, que alarmas se han presentado, cuales están presentes, realizar impresiones sobre papel de los sucesos más importantes a lo largo del día, etc., además de lograr un alto nivel de seguridad ya que el sistema tiene la capacidad, según la programación realizada, de: en cada fase o paso del proceso, automáticamente abrir y cerrar válvulas para dar la condición de arranque del siguiente paso en la receta del proceso, en una condición que se considere peligrosa y que pueda, si no se actúa inmediatamente, ocasionar algún accidente; el sistema actuará rápido y sin miramientos para regresar al proceso a condiciones estables, y muchas cosas más.

Ventajas y desventajas de la automatización

Como se puede ver, la automatización tiene grandes ventajas, pero también tiene sus desventajas. A continuación veremos algunas ventajas y desventajas de la automatización.

Ventajas:	**Desventajas:**
- Reduce los costos.	- Genera desempleo.
- Aumenta la productividad.	- La inversión es muy alta.
- Mayor calidad en los productos.	- El servicio y operación requiere de
- Optimización de recursos.	Personal especializado.
- Mayor organización.	- El mantenimiento es caro.
- Seguridad para el personal e instalaciones.	- Complejidad del proceso.

Estas son las ventajas y desventajas más relevantes de realizar una automatización en un proceso de producción industrial.

Hay que considerar que no todos los procesos son factibles de automatizar, ya que hay ocasiones que sería mejor dejar el proceso como se encuentra a realizar una automatización que no lograría gran cosa**.**

5.3 Accionamiento eléctrico

Definición

Un accionamiento eléctrico es un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos (de potencia), y electrónicos (de control), interconectados adecuadamente y alimentado desde un sistema eléctrico de potencia con el fin de obtener una respuesta mecánica controlada tanto en sus parámetros cinemáticos: [2]

- posición (x, θ)
- velocidad (v, Ω)

como en sus parámetros dinámicos:

- fuerza (f), par (T)
- potencia (P)

Los requerimientos que se exigen al sistema mecánico son de índole dinámica o de precisión: [2]

Requerimientos de índole dinámica:

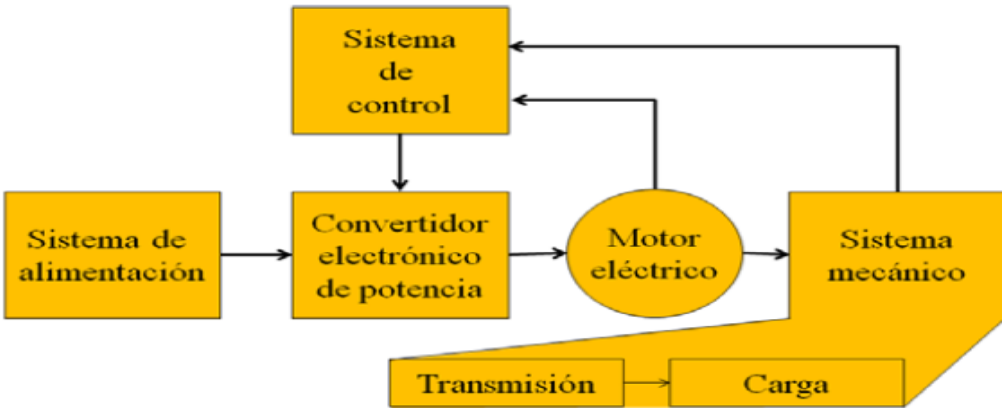
- Control de aceleración
- Tiempos de respuesta cortos

Requerimientos de precisión:

- Mantenimiento de velocidad constante
- Mantenimiento de par a bajas velocidades
- Parada en posición

Estructura de los accionamientos

Las partes de que consta un accionamiento se representan en la Figura. A continuación, comentamos brevemente cada una de las partes: [2]



Sistema de alimentación: Suministra la potencia eléctrica necesaria tanto para todos los elementos eléctricos y electrónicos del accionamiento.

La alimentación puede estar disponible en DC o AC desde la red eléctrica, generadores aislados o baterías.

Motor eléctrico. Se encarga de poner en funcionamiento el sistema mecánico. Actualmente se puede usar cualquier motor industrial tanto de AC como de DC.

El estudio de los accionamientos eléctricos es fundamentalmente el estudio del comportamiento dinámico de los motores eléctricos.

Convertidor electrónico de potencia. Entrega al motor la energía eléctrica en la forma adecuada a la respuesta que se espera de éste. Su estructura en general es la de un convertidor electrónico que, según las características del motor y de la alimentación, pude ser AC-DC, AC-AC, DC-AC o DC-DC. [2]

En muchos casos son *reversibles* (permiten que el motor devuelva energía a la red, como en el caso del frenado regenerativo del motor).

Transmisión. Es el elemento que transmite la energía mecánica del motor a la carga. Puede ser directa (hay un eje común al motor y a la carga, como en el caso de un taladro), o indirecta (el motor se conecta a la carga a través de engranajes, correas, bielas…, como en el caso de un montacargas)

Carga mecánica. Es el elemento *contra* el que se realiza la fuerza o el par para realizar el movimiento. Puede ser pasiva (la fuerza o el par resistente es opuesto a la velocidad –taladro–), o activa (la fuerza o el par resistente tiene un sentido concreto, independiente del sentido de la velocidad –ascensor–).

Sistema de control. Se encarga de generar y entregar las órdenes de funcionamiento del accionamiento a partir de la información recibida de los sensores y de las consignas (manuales o programadas) que se le hayan dado. Se

implementa con circuitos electrónicos de baja potencia (microcontroladores, circuitos lógicos,).

Sensores. Miden los parámetros de salida y entregan la información al Sistema de control. Pueden ser eléctricos (transformadores de intensidad, sondas Hall,), o mecánicos (tacómetros, finales de carrera, encoders,).

Pueden estar *acoplados mecánicamente*, o tomar la información a distancia (detector de proximidad, sensores optoelectrónicos,), en cuyo caso le llaman *observadores. [2]*

5.4 Descripción de la planta

En este capítulo se describirá detalladamente el proceso de las líneas de producción de la planta siguiendo el sentido de flujo del producto. Elementos de la línea de producción:

- Ensacadoras
- Torre de despacho a granel

Descripción de equipos principales

En las distintas líneas de producción se utilizan equipos similares ya que los procesos son muy parecidos. A continuación, se enumeran estos equipos

- Roscas de transporte – tornillos sin fin
- Aerodeslizadores y sopladores
- Tolva
- Tamiz o criba vibratoria
- Válulas de alimentación
- Bandas transportadoras de sacos

Línea de flujo del cemento

A continuación, se explicará de manera un poco más detallada por todos los pasos que pasa el cemento para ser despachado; desde que ingresa hasta que abandona la planta.

- Suministro de cemento
- Almacenamiento de cemento
- Extracción de los silos
- Alimentación de las líneas de despacho
- Alimentación de la línea de despacho a granel
- Alimentación de las líneas de ensacado
- Filtros y colectores de polvo
- Compresores de aire y bombas de agua

5.5 Operación y control de la planta.

Toda la planta se opera de manera manual y se requieren operadores para ejecutar muchos procesos. A continuación, se hará la descripción del arranque de las líneas de producción:

Descripción de los operadores de planta

En esta sección se explicará brevemente el trabajo que realizan los principales operadores de la planta de modo de ilustrar el funcionamiento de esta y entender los problemas que trae este tipo de manejo del Terminal.

Operador de silos

Es la persona encargada de abrir y cerrar las guillotinas que regulan la extracción de cemento de los silos al igual que las válvulas de aire de fluidización de las bocas que estén operativas. El trabajo de maniobrar las guillotinas implica el uso de una mandarria para golpear la palanca que mueve esta cuchilla.

Es un trabajo muy exigente físicamente; ya que además de ser de desgaste físico, se hace en un lugar hostil como lo es el túnel de extracción ya que debido a la naturaleza del producto que maneja; presenta mucho polvo la mayor parte del tiempo. Adicionalmente es la encargada de controlar el giro de las roscas de extracción, él define en el tablero de control de extracción los sentidos de giro de cada una de las roscas. Y también está encargado del arranque de las líneas de producción.

Por otro lado, esta persona también debe asegurarse de que las tolvas de las distintas líneas estén siempre colmadas y no se rebosen. Para lograr esto el operador cuenta con la ayuda de unos bombillos que encienden cuando el sensor de alto nivel de la tolva registra contacto de cemento en ese punto. En este momento el operador debe dirigirse a la(s) boca(s) de extracción que alimenta(n) la línea cuya tolva dio la señal y cortar el suministro de aire de fluidización para impedir que siga pasando el material.

Por el otro lado, para el caso en que la tolva se vacía; los operadores de ensacado o de granel deben avisar la eventualidad al operador de silos para que este efectúe la maniobra pertinente para aumentar el caudal de cemento en la línea que lo precise; ya sea aumentar la apertura de la cuchilla de la boca de extracción, abrirla en caso de que se haya quedado cerrada o cambiar de boca debido bajo caudal que suministre ese punto en particular.

5.6 Proceso de funcionamiento de un silo

- **Silo de almacenamiento y extracción de cemento**

El cemento es transportado hasta el silo por medio de un sistema compuesto de un elevador de cangilones, que eleva el producto final hasta un aerodeslizador, desde aquí es descargado por la parte superior del silo, y se almacena sobre la losa de fondo y el cono.

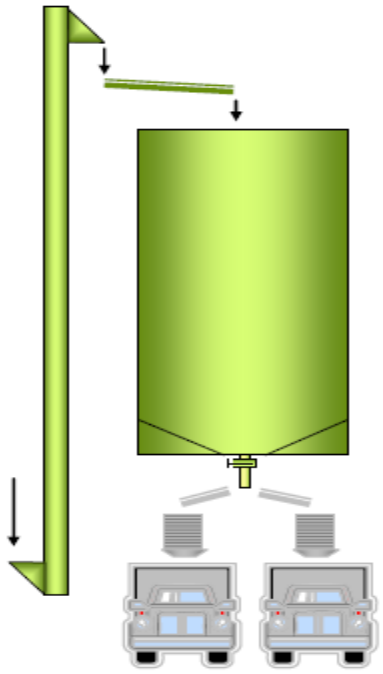


Figura: Almacenamiento y extracción

La misión de los silos es el almacenamiento temporal de material, se trata de elementos verticales, de forma generalmente cilíndrica de gran altura con respecto a su diámetro.

El silo contará con una puerta de inspección situada en el techo y otra en la parte baja para comprobar el correcto funcionamiento y realizar labores de mantenimiento.

Para controlar el nivel de llenado del silo, se instalarán dos indicadores de nivel, uno de nivel máxima, y otro de “nivel máximo”, que impide la parada inmediata del llenado del silo. Además de estos dispositivos se incluirá un sensor de nivel continuo que permite tener un control continuo, en tiempo real, del nivel de producto almacenado en el interior del silo.

En función de las características estructurales y de almacenamiento, los productos almacenados pueden formar taludes, grumos o apelmazamientos, por lo que el fondo del silo se fluidifica inyectando aire a presión de modo que el material se comporte como una masa fluida, la gran ventaja obtenida de la fluidificación neumática es la aireación del material comprimido mediante la aportación de aire con el fin de ahuecarlo, disminuyendo su carga por rozamiento.

La fluidificación se realiza por una serie de soplantes, que, a través una red de tubería, fluidificará un cierto sector del silo a través de los aerodeslizadores abiertos que recorren el fondo de silo, y empuja el cemento en la cámara interior debajo del cono. Para evitar aumentos de la presión se dispone en la parte superior del silo un sistema de descompresión, este permite que penetre el aire para reemplazar el cemento que se descarga y que escape el proveniente de la fluidificación y de la alimentación neumática.

Sobre la base interna del silo existe un cono de hormigón que forma lo que se llama cámara de depresión, de esta forma se consigue que el cemento que se localice en el interior de esta no sufra las cargas del resto del material almacenado, la correcta regulación del caudal de fluidificación persigue que el cemento se introduzca dentro de esta cámara, ya que es aquí donde se localizan los sistemas de descarga.

La extracción del material se lleva a cabo gracias a sistemas neumáticos de descarga con aparatos para la regulación del caudal, una tajadera manual (para cortar el paso de material en caso de mantenimiento), una caja aireada, una compuerta neumática (para regulación del caudal) y una compuerta motorizada (para cierre rápido).

La extracción se realiza siempre con fluidificación del material, esta se regula de acuerdo a la capacidad de descarga requerida. Desde aquí una serie de aerodeslizadores serán los encargados de transportar el material hasta los dispositivos de expedición de cemento.

En el interior del cono se encuentra una pequeña sala donde se puede acceder desde las plataformas metálicas mediante una escalera. En esta sala se ubica un filtro que desempolva los sistemas de descarga

5.7 Generalidades de la programación PLC Logo 230RC

El control del elevador se realiza mediante el editor Logo Soft Comfort, utilizando el diagrama KOP (diagrama escalera o símbolos eléctricos), existen otros 2 tipos de diagramas eléctricos como los son el AWL (lista de instrucciones) y el FUP (símbolos lógicos).

El editor funciona más que nada como el enlace entre el programa y el PLC, tanto las entradas y salidas se pueden ver en la computadora y determinar que contactos se van cerrando o el tiempo que lleva un timer trabajando, esto facilita mucho el modo de operación, porqué es fácil saber la causa de que exista un error o qué es lo que está fallando en los contactos físicos (sensores, botones, interruptores, etc.).

5.7.1 Que es Logo

Es un módulo lógico universal para la electrotecnia, que permite solucionar las aplicaciones cotidianas con un confort decisivamente mayor y menos gastos."

"Mediante LOGO! se solucionan tareas o funciones en las técnicas de instalaciones en edificios y en la construcción de máquinas y aparatos (p.ej controles de puertas, ventilación, bombas de aguas, etc.)“. Ideales para solucionar pequeños problemas de automatismos en instalaciones domésticas donde un autómata puede parecer un exceso.

Toda la programación se realiza, de una forma bastante sencilla, con las 6 teclas que están situadas en su frontal.

La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc., se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica.

La intensidad permanente en los bornes de salida varía según el modelo, siendo en todos los casos inferior a 10 A, por lo tanto, si el poder de corte que necesitamos es mayor, están disponibles un contactor auxiliar, a 24 ó 230v, de hasta 25A, que puede ser alojado directamente en el raíl del cuadro de protección.

¡El modelo LOGO! 230 RLB dispone de una entrada para el bus ASi (Interface Actuador Sensor) y puede conectarse como esclavo junto a un autómata de la serie S7-200.

¡Todos los modelos de LOGO! permiten ser conectados a un PC con un cable especial que distribuye la propia Siemens. ¡Curiosamente este cable cuesta tanto como los Logo! más económicos.

La programación se realiza en un lenguaje gráfico de puertas lógicas. Los que conozcan el Step 5 apreciaran el parecido con el modo FUP de los autómatas S5.

Las funciones básicas (and, or, nand, nor, etc.…) son idénticas en todos los modelos. Las funciones especiales, como relojes, temporizadores, etc., están limitadas en alguno de los modelos de gama baja, por lo tanto, ¡se hace imprescindible consultar las características para saber si el Logo! adquirido puede realizar lo que teníamos previsto.

Existen 3 modos de funcionamiento:

- **Modo programación** - Para elaborar el programa
- **¡Modo RUN - Para poner en marcha el Logo!**
- **Modo parametrización** - Para modificar los parámetros de algunas de las funciones, tiempo, computo, relojes, etc.

El modo parametrización resulta muy interesante ya que permite al usuario realizar los ajustes de la instalación sin modificar el programa.

El técnico, en **modo programación**, decidirá cuales son los parámetros que el usuario pueda cambiar. Es decir que, si desea que el tiempo de un temporizador no sea modificado, se puede configurar dicho bloque para que no esté disponible en la parametrización

Las principales ventajas que aporta este software con respecto a la programación directa en el aparato son:

- Permite imprimir y visualizar los esquemas programados.
- Permite la simulación, de forma gráfica, ¡para comprobar el funcionamiento del circuito sin estar conectado al LOGO! Las entradas se pueden definir como pulsadores o interruptores.
- Los pequeños cartuchos de memoria EEPROM pueden ser programados directamente con el PC en conexión directa con el cable.
- Los programas se pueden almacenar en disco en formato de fichero.
- Las entradas y salidas tienen la posibilidad de etiquetarse con comentarios.
- La Ayuda es un estupendo manual de usuario en el que podemos aclarar cualquier duda de programación. ¡Incluyendo las características técnicas de todos los modelos de LOGO! disponibles en la actualidad.

Limitaciones relacionadas con la capacidad de almacenamiento y magnitud del circuito:

Entre una salida y una entrada es posible prever hasta 7 bloques en serie. Un programa no puede tener más de 30 bloques. Si se utilizan varias funciones especiales el número de bloque se reduce correspondientemente.

5.7.2 Funciones Generales

Las operaciones combinacionales más comunes se realizan con los bloques de funciones básicas, conexión serie, paralelo, negación, etc.

Todas las funciones AND, OR, XOR, NAND y NOR tienen tres entradas y una salida. La función inversora, NOT, tiene una entrada y una salida.
Y la función OR exclusiva (XOR) posee dos entradas y una salida.

5.7.3 Funciones especiales

- Temporizador con retardo a la conexión
  Activa la salida Q una vez que ha transcurrido el tiempo programado.

- Temporizador con retardo a la desconexión
  Desactiva la salida una vez transcurrida el tiempo programado. El temporizador se pone en marcha en flanco descendente.

- Relé de impulsos
  Tiene el mismo funcionamiento que un teleruptor. La salida cambia de estado, de 0 a 1, cada vez que cambia la señal en la entrada Trg.

- Reloj
  Permite controlar los instantes de activación y desactivación de la salida en un día de la semana y a una hora determinada con la precisión de un minuto.

- Relé de auto mantenimiento

  Función biestable R-S. Permite realizar la función paro-marcha típica de los automatismos a contactores. La situación no permitida R=1 S=1 se soluciona dando preferencia a R.

- Generador de pulsos

  Genera pulsos de reloj a intervalos iguales. Funcionamiento similar a un intermitente.

- Temporizador a la conexión con memoria.

  De funcionamiento similar al temporizador a la conexión, pero con la característica que no es necesario mantener la señal en Trg para que el temporizador funcione.

MÓDULOS DE ENTRADAS ANALÓGICAS

La instrumentación de campo a utilizar para el proyecto opera con señales analógicas generadas mediante una variación de corriente dentro del rango de [4,20 mA]. Estos equipos son las válvulas reguladoras de flujo de cemento. El equipo emite una señal que indica la posición de apertura [0,100 %]. Estos módulos son alimentados en corriente directa. El fabricante ofrece dos niveles de tensión; 5 o 24 VDC. Debido a las características adversas del medio ambiente de la planta; se hace uso del mayor valor de voltaje. Esto lo hace más inmune a problemas de contaminación por polvillo de cemento en los contactos de los módulos y ante ruido electromagnético en caso de haberlo. También se desea que los puntos de conexión sean individualmente aislados para reducir ruido electromagnético que se genera debido a la gran cantidad de conductores que alimentan todos los motores y demás equipos.

MÓDULOS DE SALIDA

Estos, al igual que los módulos de entrada, son definidos por el tipo de señales que manejan y estás pueden ser tanto de entrada como de salida.

MÓDULOS DE SALIDAS DIGITALES

Para todos los tableros se seleccionaron módulos de salida de contactos. Estos constan de un simple contacto normalmente abierto. Son muy versátiles ya que pueden utilizarse ya sea para tensiones de control alternas o directas. La casa fabricadora en cuestión garantiza que pueden operar en los siguientes espectros de tensión; [5, 150 VDC] o [10, 265 VAC]. Esto garantiza que se pueden utilizar los mismos módulos para los tableros que operan con distintos niveles de tensión de control.

ESTUDIO DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL

Una vez que se conoce la cantidad de señales con las que se cuenta y conociendo la ubicación de los equipos y tableros; se puede proceder a diseñar la arquitectura de control del sistema. La arquitectura de control define los equipos que se deben instalar y la ubicación de estos en la planta. Para realizar este diseño se tomarán en cuenta una serie de pautas con el fin de hacer el sistema de control eficiente, seguro y económico.

PAUTAS PARA REALIZAR EL DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL

Las pautas que se mencionarán a continuación son precisadas por el organismo interno de la compañía encargado de la supervisión de proyectos de ingeniería y pretenden garantizar la calidad de los trabajos que se hagan; para que sean de aplicación práctica, perdurables y buscando optimizar los costos.

APROVECHAR GRUPOS DE SEÑALES AGRUPADAS

Es conveniente aprovechar los grupos de señales concentradas en lugares específicos ya que esto puede significar un importante ahorro económico y de esfuerzo en cableado y canalizaciones.

SEGURIDAD DE LOS EQUIPOS DE CONTROL

Los equipos de control, como el caso de PLC, son muy sensibles ante la humedad, salitre, polvo, entre otros. Por eso; el lugar donde sean instalados debe estar resguardado de este tipo de agentes externos. En el caso cuando se presenta el polvo de cemento y el salitre debido a una ubicación en costa. Se recomienda conseguir un sitio dentro de alguna edificación; con aire acondicionado y aislado del polvo del cemento. En su defecto, si se debe instalar un tablero en campo; este debe cumplir con las mínimas exigencias técnicas para aislar a los equipos de control de los agentes externos que se presentan en el medio que lo rodea.

ESPACIO PARA REALIZAR MANTENIMIENTOS

Una vez instalado el sistema, este requerirá, como cualquier equipo, de mantenimientos rutinarios y reparaciones. Tomando estas previsiones; se debe hallar un sitio espacioso y cómodo para la instalación de tableros y gabinetes. De modo de tal que haya lugar suficiente para que una cuadrilla, de un mínimo de dos personas, pueda trabajar cómodamente para realizar cualquier tipo de mantenimiento, reparación o remodelación.

CASO DE EXTRACCIÓN DE SILOS – RACK REMOTO

Aprovechando la concentración de equipos y señales dentro del túnel de extracción, se colocará un tablero con un Flex I/O en la mezzanina que hay sobre el túnel donde se manejará todo el cableado de la instrumentación de control del proceso de extracción de cemento de los silos. Esto incluye válvulas reguladoras de flujo, válvulas actuadoras y sensores de derrame. Se colocará el tablero en la mezzanina para cumplir con las pautas de seguridad de equipos y espacio para el mantenimiento. De todas maneras, el tablero debe ser especificado para cumplir con las normas NEMA 4X, de modo que los equipos de control estén protegidos contra el polvo, rocíos de agua y corrosión.

ANÁLISIS PRVIO PARA LA UBICACIÓN DE TABLEROS

TABLERO DEL CONTROLADOR – PLC

Se recomienda finalmente ubicar el tablero con el mayor número de señales en el cuarto de motores. En este tablero estará instalado el PLC seleccionado. Se recogerá toda la data asociada a las dos líneas de ensacado y las roscas de extracción. Las señales de las líneas de ensacado se tomarán de los respectivos tableros de mando de ellas y se hará el cableado hacia el cuarto de motores.

Y las señales de las roscas de extracción se cablearán desde el panel de selección de sentido de giro de los tornillos sin-fin hasta el tablero.

Se puede colocar un tablero paralelo a los tableros de mando existentes de las ensacadoras con unidades Flex I/O para ahorrar en cableado, pero hay que estudiar el ambiente de área de ensacado, sino es sumamente adverso y el tablero requeriría una presurización interna para mantener el polvo lejos de los equipos de control.

Esto no sería un problema del todo si se tuviese una línea de aire seco en la planta para mantener la presión de los tableros, pero habría que ver el aire comprimido que se maneja en el Terminal, si cumple o no con las condiciones de humedad para garantizar el buen estado de los delicados equipos de control. Por esta razón, el fabricante de los equipos de control siempre recomienda contundentemente sobre la instalación de estos estantes –racks- remotos.

Por consiguiente, se debe tomar en cuenta optar por realizar el trabajo cableado de modo de garantizar la vida útil de estos equipos y la continuidad de la operación del Terminal. Una parada de un día puede significar una pérdida económica mayor que lo que se gastaría por concepto de realizar este cableado. Conociendo esto se puede concluir que el sistema de control debe ser lo suficientemente robusto para no presentar ningún tipo de problema que ponga en peligro la operación de la planta. Este PLC debe tener módulos de comunicación para conectarse a las redes de los racks remotos o controladores externos.

ALMACENAMIENTO DE CEMENTO

Para el almacenaje muchas industrias cuentan con varios silos cilíndricos de almacenamiento con capacidad de contener hasta 2500 TM cada uno; teniendo una capacidad de almacenamiento total instalada en el Terminal de X TM.

Por ejemplo, si de cada silo se extrae una cantidad aproximada de 2300 TM, lo que deja un peso muerto de 200 TM, es decir, hay una cantidad de cemento que se encuentra estancada en el fondo de los silos y no puede ser extraída en condiciones normales ya que las bocas de extracción se encuentran ubicadas en la parte inferior del silo cilíndrico y esto no permite el flujo de cemento una vez el nivel del producto haya bajado hasta el punto del peso muerto. Para remover el cemento muerto de un silo este debe salir de operación, se debe abrir y remover manualmente el producto. Esto se hace para efectuar mantenimiento rutinario o reparaciones internas.

FILTROS Y COLECTORES DE POLVO

Ya que el cemento es un material que produce mucho polvo al ser movilizado; existen regulaciones ambientales que velan por que las emisiones de polvo al ambiente sean mínimas. Por esta razón la planta debe contar con Colectores de polvo; ubicados a lo largo de las líneas de producción y sobre el tope de los silos.

Estos equipos toman el polvo de distintos puntos de la línea a través de tuberías de 1 o 2 pulgadas, utilizando sopladores para succionar y hacer pasar este aire a través de unas mangas de filtrado; dejando escapar el aire limpio hacia la atmósfera y reteniendo el cemento. Una vez que las mangas se cargan de cemento, se hace el sacudido de estas mediante un arreglo de cañones los cuales son accionados por interruptores de presión. El cemento que se obtiene del sacudido entra nuevamente en el sistema para ser aprovechado.

En las líneas de ensacado se debe contar con un colector de polvo por línea. Estos tienen sus tomas en los puntos donde existe más movimiento; en la criba, la tolva y la ensacadora. Y depositan el producto recogido sobre la rosca de recuperación de su respectiva ensacadora.

En la torre de despacho a Granel se debe ubicar un filtro con tomas en la criba vibratoria, la tolva de granel y los conos de carga. Y deposita el producto recogido en la tolva de la torre de granel.

Finalmente se debe contar con 2 colectores de polvo ubicados sobre el tope de los silos; uno de ellos recoge polvo del elevador de granel y del aerodeslizador a granel, este último es bastante largo y por consiguiente genera mucho polvo, el cual, y deposita el producto recolectado en otro silo.

El otro colector es el más grande y tiene tomas en los demás silos para luego depositar el producto recogido en el siguiente Silo. Este filtro se utiliza únicamente cuando se está descargando producto desde el barco ya que en ese momento se presenta turbulencia dentro de los silos. Adicionalmente la succión que este realiza ayuda a equilibrar la presión dentro de los silos ya que esta tiende a ser muy elevada durante la descarga de producto debido a los potentes sistemas de bombeo que se utilizan para movilizar el cemento desde el barco hasta los silos.

COMPRESORES DE AIRE Y BOMBAS DE AGUA

El aire comprimido es sumamente importante en una planta de cemento por dos razones principalmente; por una parte, el cemento necesita de aire de fluidización para movilizarse y por otra es muy común el uso de equipos neumáticos.
El Terminal tiene debería tener una línea de aire de 6,9 bar (100 psi) la cual alimenta los aerodeslizadores de las bocas de extracción y todos los equipos neumáticos de la planta. Para suplir esta demanda el Terminal cuenta con varios compresores de aire, estos se alternan para no sobrecargarlos ya que se requiere del suministro de aire comprimido las 24 horas del día

VI. Metodología de Trabajo

El primer paso para el diseño del sistema de control de carga de SILO es identificar el problema a resolver, para determinar las acciones que se deben realizar y adaptar la planta al proceso de automatización.

Para lograr que el proceso de carga del silo sea automatizado, debe prescindir de componentes que funcionen bajo la intervención humana, por lo que se requiere su remplazo por otros que no la requieran.

La creación del programa se realizará en el software LOGO SOFT V8 del fabricante SIEMENS con el que se ejecuta el programa en el PLC seleccionado. Para dicha programación, se tiene en cuenta la asignación de entradas, marcas y salidas en PLC para control de carga de SILO, las condiciones de entrada y salida del proceso y la configuración de hardware pues estos son elementos importantes para la ejecución del control de cualquier sistema, en este caso para el sistema de taladrado de piezas. Los bloques de programa se encuentran programados en lenguajes permitidos por la norma IEC61131-3.

6.1 Procedimientos para el control de la maquina en LOGO Soft

- *Primero*, debemos definir la relación entre los dispositivos físicos y las entradas/salidas del módulo lógico programable. (PLC LOGOSOFT230 RC).
- *Segundo*, con la ayuda del diagrama de control industrial realizamos las ecuaciones lógicas que establezcan las condiciones de movimientos.
- *Tercero*, diseñamos y programamos el esquema de mando.
- *Cuarto*, Realizamos las simulaciones pertinentes que aseguren que el programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
- Quinto, transferimos el programa desde la computadora hacia el PLC LOGO SOFT 230 RC.

--Realizar las conexiones del módulo lógico programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (bobina del contactor y relé, además de los pulsadores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

--Realizar las conexiones del esquema de potencia

6.2 Análisis de problemas potenciales

Identificar cualquier problema potencial para adelantarnos a la falla y darle la solución más adecuada para evitar posibles paradas del ascensor innecesarias.

6.3 Búsqueda en el mercado local de PLC LOGO SOFT 230RC

De acuerdo a la teoría desarrollada y a las necesidades que presente el diseño y simulación del SILO DE CARGA se necesita la búsqueda empresas distribuidoras de PLC LOGO Soft 230RC para la evaluación de las propuestas, en cuanto a los siguientes aspectos:

- Soporte técnico
- Capacidad de adquisición de los Relé programable easy Soft
- Instalación del equipo
- Capacitación del personal en manejo, operación y programación de los PLC LOGO SOFT 230RC.
- Costo

6.4 Elaborar el informe del diseño

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del diseño y simulación del programa para la carga del Silo de que pueda ser llevado o tomado como una referencia para una posible implementación.

VII. Propuesta de control y mando en Logo Soft

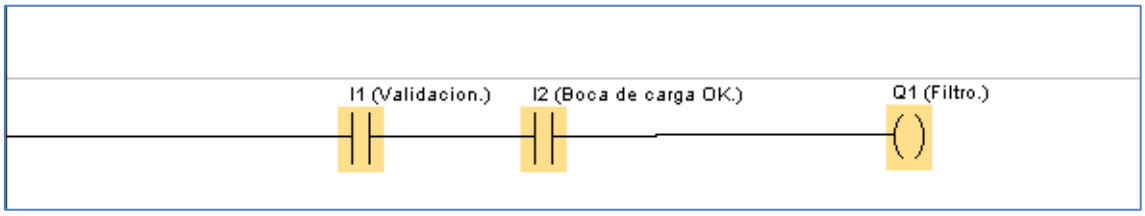
Los silos se cargan de cal o cemento mediante una manguera al efecto desde el camión.

Se definen las variables manejadas para la programación en el PLC

- LOGO! 230R
- I1 Interruptor de validación (Contacto NA)
- I2 Contacto de lámina (reed) en boca de carga (contacto NA)
- I3 Interruptor nivel llenado (Contacto NA)
- I4 Interruptor sobrepresión (Contacto NC)
- I5 Pulsador parada de emergencia (contacto NA)
- I6 Pulsador silenciador de sirena (contacto NA)
- Q1 Filtro
- Q2 Válvula de compresión
- Q3 Sirena
- Q4 Lámpara señalización de sobrepresión

7.1 Descripción del funcionamiento

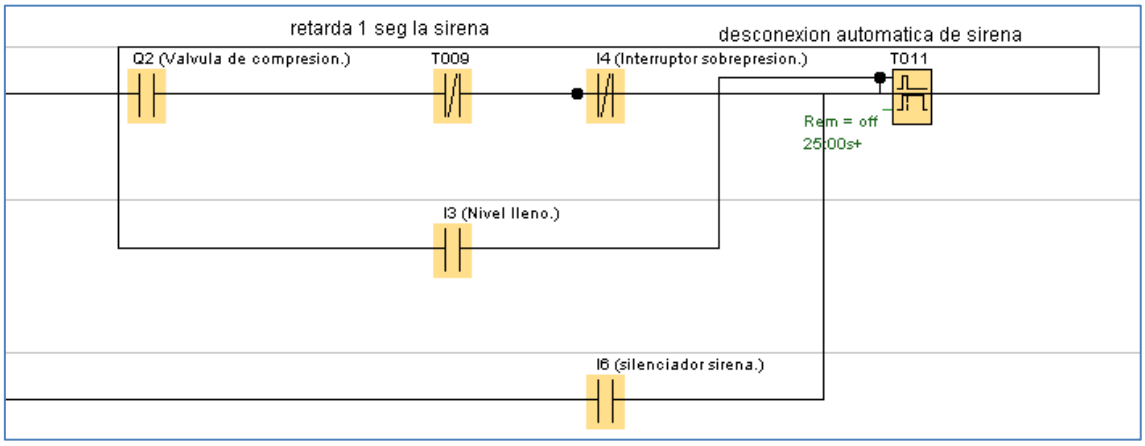
1) inicio de operación de carga



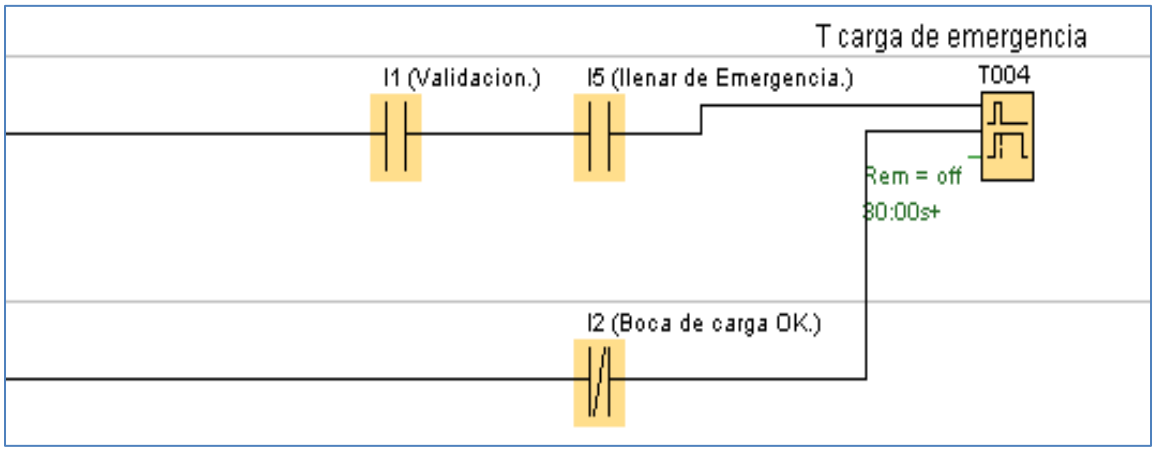
La operación de carga puede iniciarse sólo cuando el interruptor de habilitación en I1 está conectado y la manguera de carga está debidamente acoplada. Un contacto de lámina (reed) en la boca de carga señaliza si la manguera de carga está correctamente acoplada al silo. ¡Esta señal se introduce en el LOGO! mediante la entrada I2.

2) Apertura de válvula / Silenciador de sirena

Acto seguido se abre la válvula de compresión en Q2. Simultáneamente se activa el filtro de soplado en Q1. Éste debe estar conectado durante toda la operación de carga. Ahora puede bombearse cal y cemento al interior del silo.

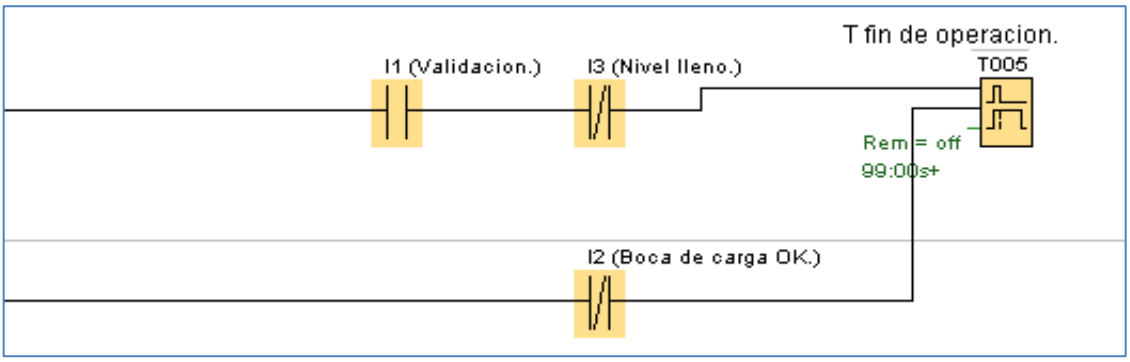


3) Parada de emergencia



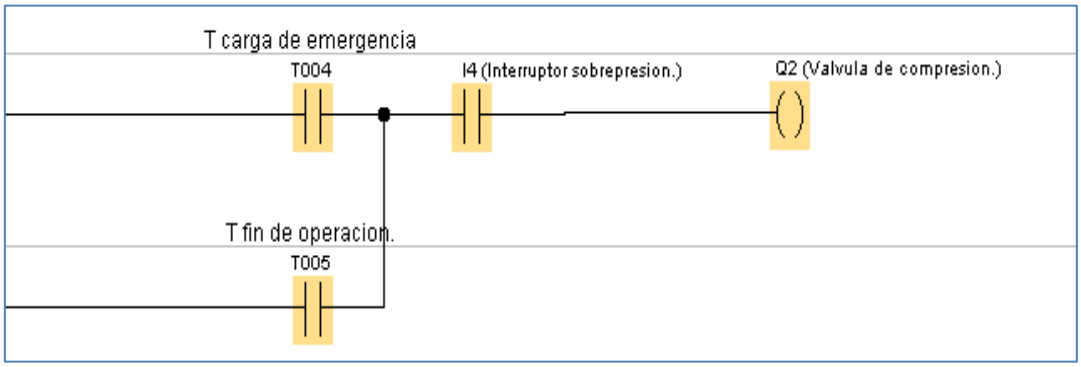
Se desconecta automáticamente al cabo de 25 segundos. Si no se ha logrado vaciar la manguera a tiempo, mediante el pulsador en I5 puede realizarse una carga de emergencia de 30 segundos.

4) Nivel de llenado



Si el silo está lleno, esto se señaliza mediante el interruptor de nivel de carga en I3. Una sirena señaliza al operario que efectúa la carga que todavía quedan 99 segundos hasta que se termine automáticamente la operación. Dentro de este tiempo, debe cerrarse la válvula del camión para que se vacíe el contenido de la manguera de carga. La sirena puede reinicializarse anticipadamente mediante el pulsador de confirmación en I6.

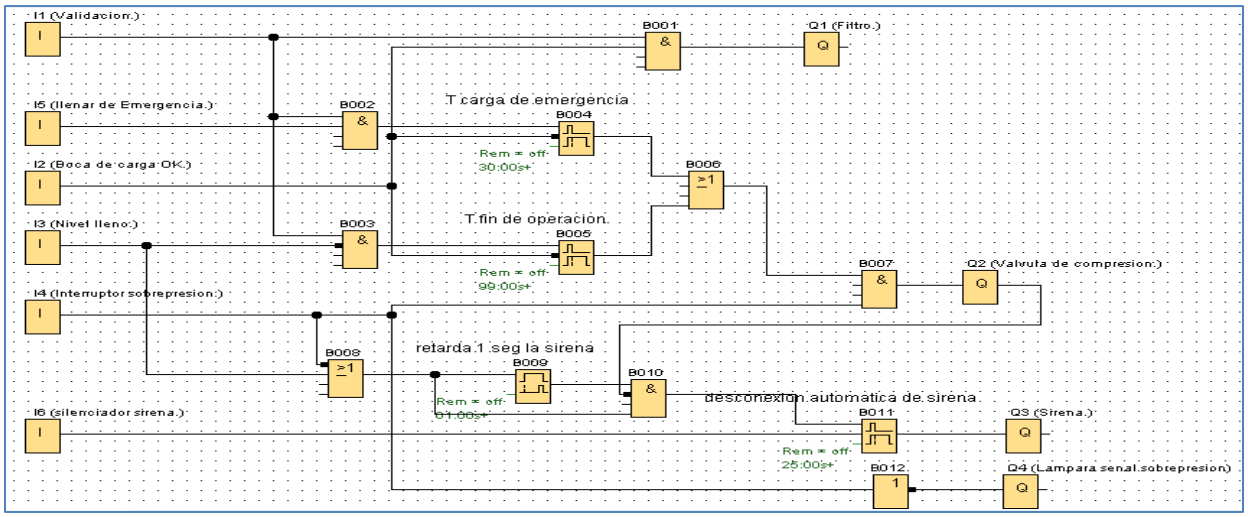
5) Válvula de compresión (sobrellenado)

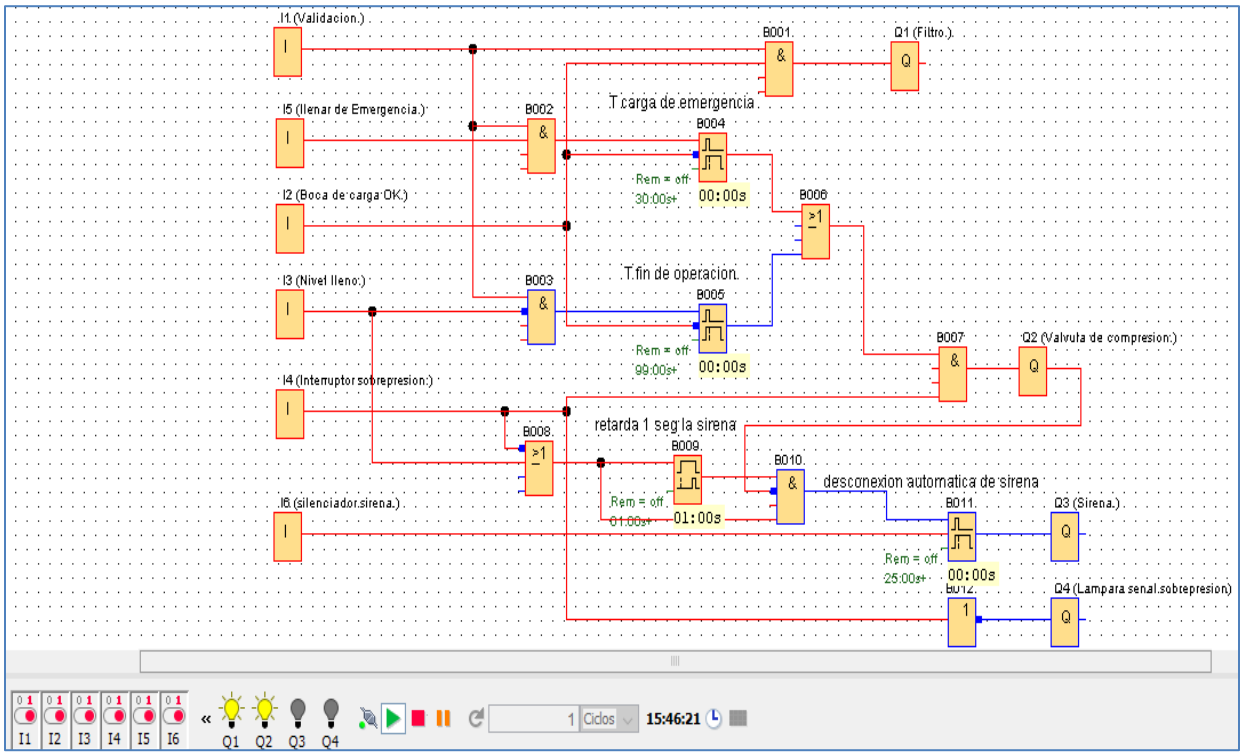


Asimismo, un dispositivo de vigilancia de sobrepresión en el silo interrumpe automáticamente la operación de carga. Esto se señaliza mediante la lámpara de señalización en Q4.

La aplicación es multiplicable de manera sencilla para más silos, ya que es una aplicación estándar. Se necesita menos espacio que en la solución hasta ahora empleada. Se necesitan menos componentes que en la solución convencional.

7.2 Controlling a Silo filling system





VIII. Conclusiones

Al implementar un sistema automatizado de control y supervisión se consigue una gran cantidad de beneficios, pero el proceso de migración entre la operación antigua y la nueva puede ser muy delicado.

Dependiendo de la manera como se lleve este cambio; el proyecto puede resultar en un éxito o en un fracaso. Luego de muchos años operando de una manera determinada y efectiva; puede resultar difícil romper el paradigma y cambiar hacia nuevos métodos.

Una vez instalado el sistema y completados con éxito los ajustes pertinentes en los lazos de control y la coordinación entre los interruptores, pulsadores, contactos de lámina, válvulas de compresión, filtro, luces de señalización en las líneas de producción; se van a comenzar a obtener las mejoras en la operación.

Finalmente, de logro diseñar el programa para el control y funcionamiento para la carga del Silo que permitirá automatizar el proceso de carga de cemento de los silos y con esto reducir el tiempo de carga de los camiones cisterna manteniendo el nivel de la tolva de granel en su punto óptimo y reducir el índice de derrames de cemento

Dicha aplicación es multiplicable de manera sencilla para más silos, ya que es una aplicación estándar. Se necesita menos espacio que en la solución hasta ahora empleada. Se necesitan menos componentes que en la solución convencional.

Se logro utilizar la herramienta computacional LOGO SOFT V8 para implementar la simulación de carga de Silo.

IX. Bibliografía

- GUTIÉRREZ LANZA, Manuel. Diseño de una instalación de molienda, almacenamiento y expedición de cemento en La Coruña., 2006
- M. Chilikin. Accionamientos eléctricos. Primera edición. Año 1972. Editorial MIR Moscú.
- Balcells, Josep y Romeral, José Luis. Autómatas programables. México. Edit. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR S.A. de C.V., 1998. 327 p.
- ROLDÁN VILORIA José. Motores Eléctricos Automatismos de Control. Editorial Paraninfo. Madrid. 1989.
- COOPER D. William, Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición, Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall Hispanoamericana, octubre de 1991, Pag 280-300
- FITZGERALD A. E. Máquinas Eléctricas. Editorial Mc Graw-Hill. México. 1986.
- Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. McGraw-Hill. 2005.Pág 382, 389, 452, 458.
- SABACA, Mariano (2006). Automatismos y cuadros eléctricos. McGraw Hill.
- [14] Raúl Cobo, El ABC de la automatización, disponible en internet: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>