

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR
JOSÉ MIGUEL CARRERA

IMPLEMENTACIÓN DE BOMBA FLUX EN SILO GRANEL EMPRESAS MELÓN
S.A.

Trabajo de Titulación para
optar al Título de TÉCNICO
UNIVERSITARIO en
ELECTRICIDAD

Alumnos:

David Olivares
Richard Órdenes

Profesor Guía:
José López

Profesional Correferente:
José Miguel de la Vega

“Este trabajo es fruto de un gran esfuerzo y sacrificio tanto personales como colectivos y mediante estas palabras expresar nuestros agradecimientos a todas aquellas personas que aportaron su granito de arena para llevar a cabo y completar esta gran obra.

Primero que todo dedicar este trabajo a los señores José López y José De La Vega profesor guía y correferente respectivamente. Además agradecer a todos los trabajadores de la empresa MELON S.A. que aportaron con información referente a nuestro trabajo; en forma muy especial a los señores Samuel Fernández, David Vásquez y Eduardo Castro perteneciente al área de producción de la planta industrial, facilitando información sobre el proceso de almacenamiento de material pulverizado (Cemento) hacia el sector granel, siendo este importante para la concreción de este proyecto”.

RESUMEN EJECUTIVO

Capítulo 1: El sistema que existe actualmente para el almacenamiento de cemento hacia los silos del sector granel es totalmente mecánico, es ahí donde nace el proyecto de implementar un nuevo sistema de almacenamiento de material, el cual será completamente automático; cabe mencionar que este sistema tiene 20 años aproximadamente de funcionamiento lo que en la actualidad genera serios inconvenientes y constantes fallas imprevistas que suben en gran medida el costo de producción.

Capítulo 2: Se realiza un estudio detallado de los equipos e instalaciones que existen en el sistema de la bomba Fuller, es decir, un catastro completo de éstos analizando cada uno de ellos, y la factibilidad de reutilizarlos en el sistema de la Bomba Flux, tales como: regueras, compresores, harneros, sistemas de protección y canalización, roscas, etc., además de sus ventajas y desventajas que puedan presentar en el nuevo proceso.

Capítulo 3: Este sistema opera en forma totalmente automática, comandada mediante un PLC que controla todo el proceso de envío de material hacia los silos del sector granel. Además, se detallan las etapas que contempla el nuevo proceso, cumpliendo con todas las normas ambientales establecidas por la empresa.

Capítulo 4: Se detallan todos los equipos y elementos que componen la Bomba Flux, como son tipos de compresores, modelo y marca de PLC, tipos de sensores, ventiladores, motovibrador, etc. Se describe el modo de operación, características técnicas y factibilidad de operación dentro del nuevo sistema.

Capítulo 5: Describe y detalla claramente el sistema de control que se implementará en el proceso, como es el tipo de lenguaje de programación, explicado en el anexo 1, además de los sistemas de enlace entre PC y CPU del autómeta, teniendo en consideración además los circuitos de emergencia para los equipos.

Capítulo 6: Estudio y cálculo de las protecciones y alimentadores, tanto de los circuitos principales como de los derivados, realizando aplicaciones de fórmulas y parámetros especificados en la norma NCH 4-84. Además de realiza el cálculo de la corriente de cortocircuito, en caso de una falla en un punto determinado, logrando con esto una mejor coordinación y selectividad de protecciones.

Capítulo 7: Se especifica el tipo de mantenimiento que se deberá aplicar a los equipos de mayor envergadura que contempla este nuevo sistema, como son compresores y sistema de transporte recomendado expresamente por cada fabricante.

Capítulo 8: Contempla el análisis presupuestario que abarca la implementación de este nuevo sistema de almacenamiento de cemento. Se toma en cuenta sólo los equipos y elementos principales o de mayor costo, y además se estima la forma y duración a corto plazo de la recuperación del capital invertido en la automatización del proceso.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS DEL PROYECTO

CAPITULO 1: BOMBA FULLER (SISTEMA ACTUAL)

1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO ACTUAL

1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL

1.3. CATASTRO DEL PROCESO ACTUAL

1.4. CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA ACTUALES

1.4.1. Compresores BOMBA FULLER

1.4.2. Motor BOMBA FULLER

CAPITULO 2: ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO

2.1. ALTERNATIVAS E INNOVACIONES

2.2. CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN EL PROCESO

2.2.1. Cambio del tipo de bomba

2.2.2. Tolva de recepción o alimentación

2.2.3. Sistema de aire comprimido para el proceso

2.2.4. Sistema de alimentación y canalización eléctrica

2.2.5. Sistema de comando, protección y control del proceso

2.3. ESTUDIO TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS
PARA EL NUEVO PROCESO

2.3.1. Tolva de Recepción

2.3.2. Compresores

2.3.3. Opciones para evitar la obstrucción del material
pulverizado

2.3.4. Sensores de Nivel o de proximidad

2.3.5. Sistema de canalización

2.3.6. Sistema de Alimentación eléctrico

2.3.7. Tableros

2.3.8. Sistema de Control

2.4. RESUMEN DE ALTERNATIVA ELEGIDA

CAPITULO 3: BOMBA FLUX

- 3.1. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO BOMBA FLUX
- 3.2. CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

CAPITULO 4: ESPECIFICACIONES TECNICAS

- 4.1. INTRODUCCION A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS
- 4.2. SENSORES DE PROXIMIDAD CAPACITIVOS
 - 4.2.1. Sensor Capacitivo 875C 3 hilos, CC
- 4.3. ELECTROVÁLVULAS
 - 4.3.1. Características y Especificaciones
- 4.4. MOTOVIBRADOR
 - 4.4.1. Características técnicas
- 4.5. VENTILADORES CENTRÍFUGOS
 - 4.5.1. Características
- 4.6. SENSOR DE PRESIÓN
 - 4.6.1. Sensor de presión OMRON E8F2-D10C
- 4.7. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO
 - 4.7.1. Características técnicas
 - 4.7.2. Tamaños de cables eléctricos.
- 4.8. TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN SS/EE GRANEL.

CAPITULO 5: SISTEMA DE CONTROL

- 5.1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL PROGRAMADO
 - 5.1.1. Ventajas
- 5.2. AUTÓMATAS SIEMENS
- 5.3. PLC SIEMENS S7-200, CPU 224
 - 5.3.1. Componentes del Sistema
 - 5.3.2. Lenguajes de programación y editores de programación
 - 5.3.3. Datos técnicos de CPU 224
- 5.4. SISTEMA DE CONTROL DE BOMBA FLUX
 - 5.4.1. Detalles de la programación
 - 5.4.2. Tabla de símbolos del sistema de control
 - 5.4.3. Montaje del PLC
- 5.5. CIRCUITO DE CONTROL PARA VENTILADOR TOLVA
- 5.6. CIRCUITOS DE EMERGENCIA

CAPITULO 6: CÁLCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES

- 6.1. SISTEMA DE ALIMENTACION DE BOMBA FLUX
- 6.2. DISEÑO DEL CCM
 - 6.2.1. Lista de motores a considerar
 - 6.2.2. Dimensiones y Características
- 6.3. CÁLCULOS DE PROTECCIONES DE CIRCUITOS DERIVADOS
- 6.4. CÁLCULO DE ALIMENTADORES DE CIRCUITOS DERIVADOS
- 6.5. CÁLCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES PRINCIPALES
- 6.6. CÁLCULOS DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES AUXILIARES
- 6.7. CÁLCULO DE CORRIENTES DE FALLA
 - 6.7.1. Cálculo de corriente de cortocircuito y nivel de ruptura

CAPITULO 7: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA FLUX Y COMPRESORES

- 7.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS COMPRESORES ESPECIFICADO POR EL FABRICANTE
 - 7.1.1. Programa de mantenimiento preventivo
 - 7.1.2. Planes de servicio:
- 7.2. PLAN DE MANTENCION DE LA BOMBA FLUX
 - 7.2.1. Mantenimiento preventivo
 - 7.2.2. Texto explicativo

CAPITULO 8: ANÁLISIS PRESUPUESTARIO

- 8.1. PRESUPUESTO ESTIMATIVO

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

PAGINAS DE INTERNET

ANEXOS

- ANEXO A: PLC SIEMENS
- ANEXO B: SENSOR PRESION OMRON

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1: Esquema de funcionamiento antiguo
- Figura 1-2: Circuito de fuerza y control de compresor de Bomba Fuller
- Figura 1-3: Circuito de fuerza y control de motor de Bomba Fuller
- Figura 3-1: Esquema de funcionamiento de Bomba Flux
- Figura 4-1: Distribución física de los componentes
- Figura 4-2: Esquema de funcionamiento del sensor capacitivo
- Figura 4-3: Sensor capacitivo no blindado
- Figura 4-4: Anclaje del sensor capacitivo
- Figura 4-5: Dimensiones del sensor capacitivo
- Figura 4-6: Diagrama de cableado del sensor capacitivo
- Figura 4-7: a) Dibujo esquemático del electroimán
b) Diseño real de la electroválvula
- Figura 4-8: Ventilador centrífugo
- Figura 4-9: Sensor OMRON línea E8F2
- Figura 4-10: Vista interior de Compresor GA55W
- Figura 5-1: Componentes de un sistema Micro-PLC S7-200
- Figura 5-2: Montaje de CPU 224 y EM 223
- Figura 5-3: Circuito de control y fuerza de Ventilador tolva
- Figura 5-4: Esquema de conexión de Switch de emergencia para compresor, vent. 1 y motovibrador
- Figura 6-1: Dimensiones CCM
- Figura 6-2: Esquema para el cálculo de Corriente de cortocircuito

INDICE DE TABLAS

- Tabla 4-1: Especificaciones técnicas del sensor capacitivo
- Tabla 4-2: Especificaciones técnicas de la electroválvula
- Tabla 4-3: Especificaciones técnicas del sensor de presión
- Tabla 4-4: Especificaciones de compresor GA55W

Tabla 4-5: Tamaño de los cables eléctricos

Tabla 5-1: Especificaciones de la CPU 224

Tabla 5-2: Entradas y salidas con su respectiva dirección

Tabla 6-1: Compresores GA55W.

Tabla 6-2: Ventiladores N° 1 y 2

Tabla 6-3: Motovibrador

Tabla 7-1: Programación de la mantención preventiva

Tabla 7-2: Planes de servicio

Tabla 7-3: Lista de trabajos con su respectiva periodicidad

Tabla 8-1: Lista de precios

INTRODUCCIÓN

La empresa Melón S.A. se dedica a la producción de diversos tipos de cemento, cumpliendo con las normas internacionales de Seguridad y Medio Ambiente. Actualmente, consta con la certificación 2004 de la norma ISO 14001.

Dada la importancia en cuanto a la globalización y el mercado en que se rigen actualmente la mayoría de las empresas, los recursos se destinan a la aplicación de nuevas tecnologías en donde se brinde mayor seguridad y producción. Es donde nace la idea de actualizar los sistemas de transporte de cemento con la mejor tecnología y haciendo del trabajo un lugar seguro, todo esto mediante la Bomba Flux.

La Bomba Flux se implementará en el sector GRANEL, ubicado en la Planta Industrial de la empresa Melón S.A., con dirección Pedro de Valdivia #98 en la ciudad de La Calera, V región Chile.

La Bomba Flux es un equipo cuyo fin es el transporte de polvo fino (pulverizado) a través de cañerías. El transporte es discontinuo y el medio es aire comprimido, que se mezcla íntimamente con el polvo a una presión suficiente para transportarlo a la distancia deseada con todos los cambios geométricos que tenga la cañería. La bomba Flux es un equipo que trabaja de forma automática.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Implementar un sistema de control automático para el sistema de llenado de material pulverizado (cemento).
- Brindar seguridad mediante protecciones a equipos y sistemas, como también al operador.
- Ahorrar tiempo, personal y mejorar el proceso de almacenamiento de cemento en sector GRANEL.
- Evitar emanación de material pulverizado al medio ambiente.
- Implementar un programa de mantención a la Bomba Flux.

CAPITULO 1: BOMBA FULLER (SISTEMA ACTUAL)

1. BOMBA FULLER (SISTEMA ACTUAL)

1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO ACTUAL

El proceso que existe en el sector de la planta GRANEL básicamente se basa en:

- El material es extraído de los molinos 21 y 22 mediante unas roscas, o tornillos sin fin, los cuales envían el material a un harnero denominado N° 1.
- El harnero consta de un motor que separa el material fino del grueso, mandando este último de nuevo a la molienda. A la vez es un medio de transporte del material.
- Una vez finalizado el recorrido del harnero N° 1, el material es recopilado por un elevador de capachos, el cual lo traslada a un harnero N° 2.
- Desde el harnero N° 2 pasa a una tolva de acopio y desde allí, el material es enviado mediante la denominada BOMBA FULLER.
- La BOMBA FULLER está compuesta de un tornillo sin fin muy pequeño, en donde cae el material por inercia. Este tornillo es movido mediante un motor, y la única función que posee es la de trasladar el material hacia el exterior. Además, posee cuatro pequeñas válvulas, conectadas a los compresores, en donde se inyecta aire comprimido al movimiento del tornillo y se consigue el transporte del material.
- Este sistema básicamente es mecánico por lo tanto no permite medir la cantidad de cemento que se envía

hacia los silos, además necesita de una mantención constante a la esclusa y los demás componentes.

- Otra desventaja de este sistema es que muchas veces el material sobrepasa los límites de la tolva de acopio, lo cual provoca un gran problema al operador del sector GRANEL, debiendo detener todo el proceso de almacenamiento de cemento.

1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ACTUAL

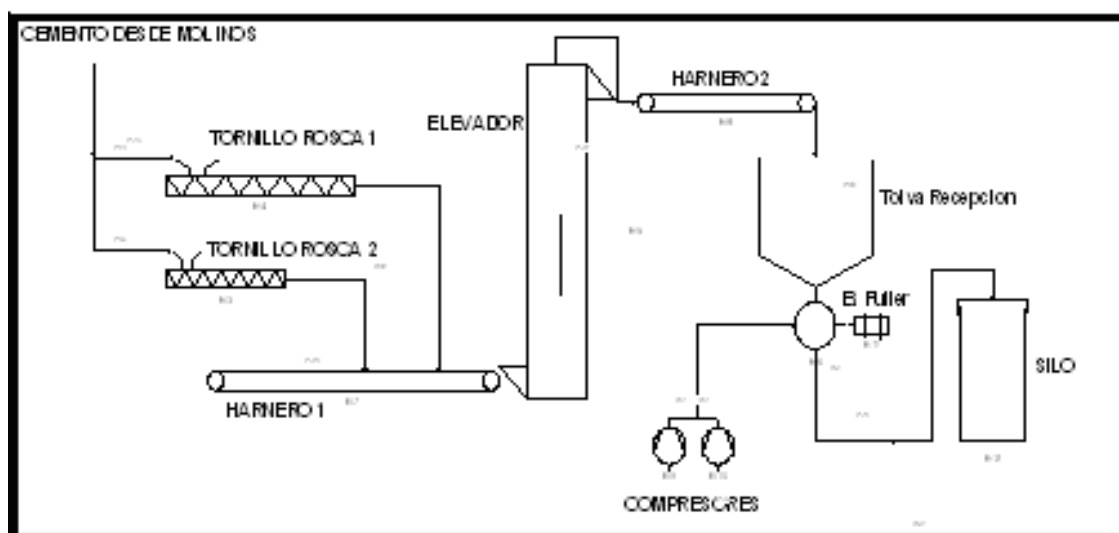


Figura 1-1: se muestra el esquema de funcionamiento antiguo.

1.3. CATASTRO DEL PROCESO ACTUAL

- Rosca 1: Moto-Reductor de 5,5 HP - 550 V - 1440 RPM
- Rosca 2: Moto-Reductor de 5,5 HP - 550 V - 1440 RPM
- Sensores pulso (2): sensores lógicos que operan si las roscas están en funcionamiento

- Elevador de capachos: Moto-Reductor de 15 HP - 550 V - 1445 RPM
- Sensor de pulso (1): sensor lógico que opera si el elevador está en funcionamiento
- Sensores de Posición (4): Sensor con haz de luz infrarrojo (emisor - receptor) que emiten una señal si el elevador se sale de su posición normal de trabajo.
- Compresores BOMBA FULLER (2): motores de 100 HP - 550 V - 985 RPM
- BOMBA FULLER: motor de 75 HP - 550 V - 970 RPM
- Harnero 1 y 2: motores de 5 HP - 380 V - 1430 RPM

1.4. CIRCUITOS DE CONTROL Y FUERZA ACTUALES

1.4.1. Compresores BOMBA FULLER:

- Datos de Placa 100 HP - 550 V - 985 RPM.
- Dada la gran potencia del motor, su corriente de arranque es muy elevada, por lo que poseen un sistema de arranque estrella - triángulo automatizado.
- El motor trabaja ininterrumpidamente.
- El conmutador cumple la función de energizar el sistema de manera manual como medio de seguridad. Además este conmutador posee un sistema de seguridad, por si el motor estuviera en

mantención, se bloquea con un candado haciendo imposible su puesta en funcionamiento.

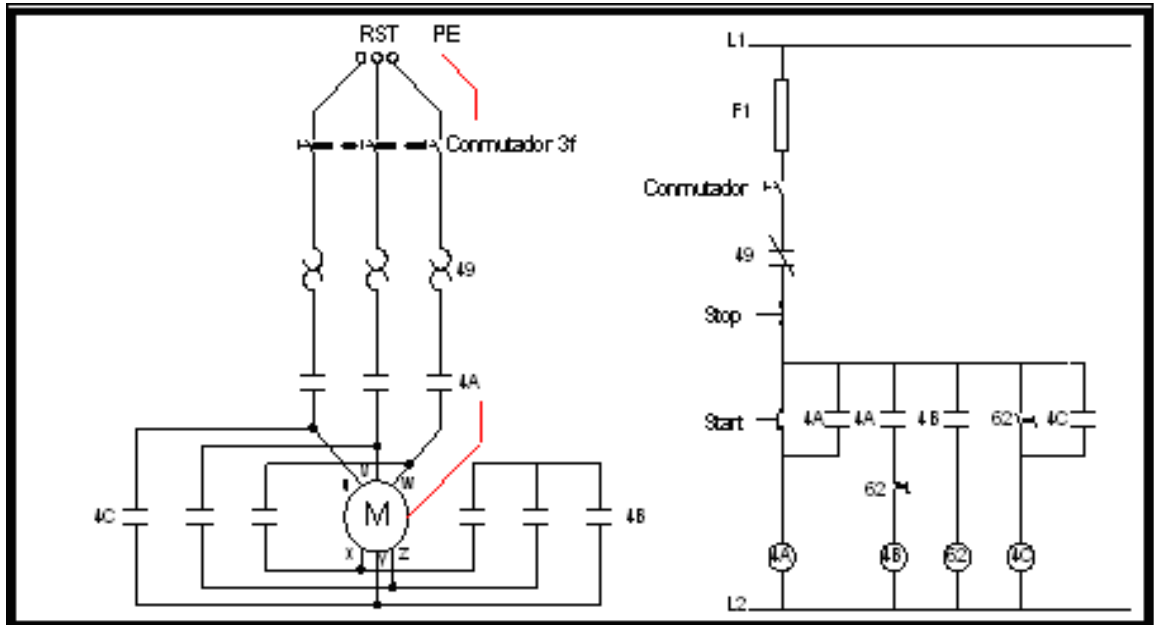


Figura 1-2: circuito de control y fuerza de compresor BOMBA FULLER.

1.4.2. Motor BOMBA FULLER:

- Datos de Placa 75 HP - 550 V - 970 RPM.
- Este motor consta con un arranque estrella - triángulo dada la gran corriente de arranque del motor.
- La función del motor es proporcionar un torque a una pequeña rosca, que mediante válvulas inyectoras de aire comprimido, transportan material al silo.
- El motor también posee un conmutador para bloquear su funcionamiento en caso de mantención.
- El motor funciona ininterrumpidamente.

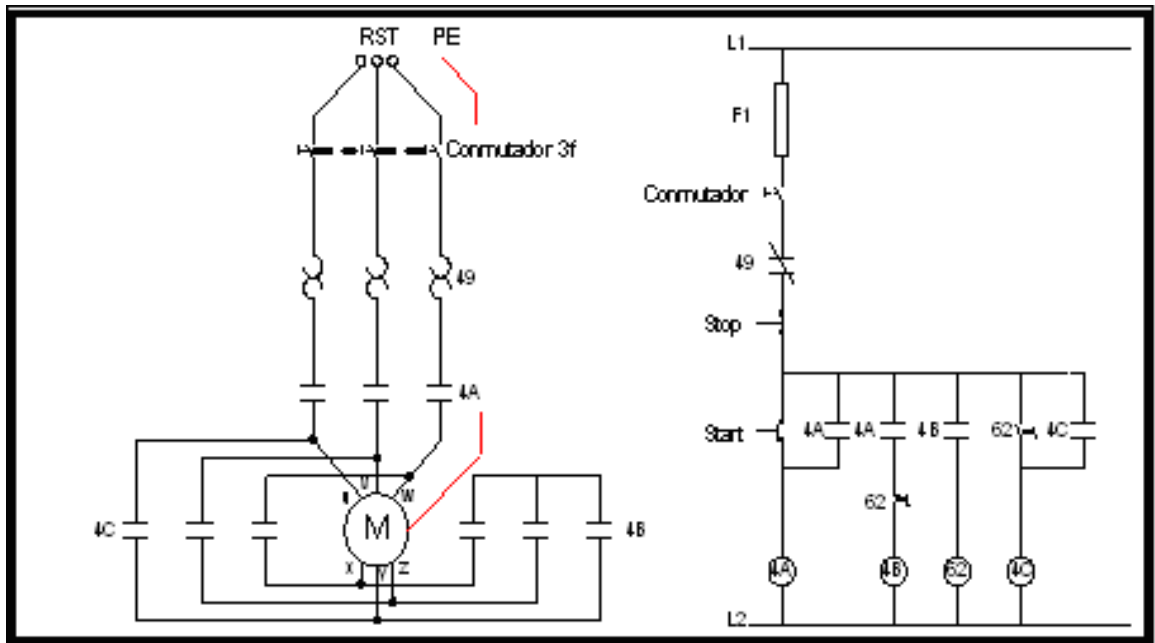


Figura 1-3: circuito de control y fuerza del motor de la BOMBA FULLER

CAPITULO 2: ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO

2. ESTUDIO TECNO-ECONÓMICO

2.1. ALTERNATIVAS E INNOVACIONES

- Implementación de nuevos compresores para la bomba Flux, que cuenten con mejor rendimiento y sean más productivos.
- Conservación de los compresores actuales (BOMBA FULLER), estos son denominados Compresores Pre, son del tipo sincrónico y en funcionamiento mejoran el factor de potencia. Deberán reacondicionarse para que cumplan las normas de seguridad mínimas para el personal.
- Reutilización de la tolva de recepción de la BOMBA FULLER, agregando nuevas tecnologías de manera de optimizar el proceso (moto vibradores, sensores de proximidad, válvulas solenoides y filtros capaces de extraer el polvo en suspensión de la tolva).
- Reutilización de los sensores de pulso de los motores que se utilizan actualmente.
- Implementación de Filtros con sus respectivos ventiladores para evitar la emanación de polvo a la superficie.

2.2. CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN EL PROCESO

Dentro de los cambios a efectuar en el proceso de almacenamiento de cemento en el sector GRANEL contempla los siguientes puntos:

2.2.1. Cambio del tipo de bomba

Cambio de BOMBA FULLER por la bomba FLUX, porque está última es más eficiente, rápida y de mejor rendimiento en el proceso de almacenamiento de cemento.

2.2.2. Tolva de recepción o alimentación

- Mantener tolva de alimentación actual en el proceso.
- Diseñar y construir tolva de recepción que cumpla con las exigencias del nuevo proceso de almacenamiento de cemento.
- Implementar 2 moto-vibradores en la parte inferior de la tolva para evitar el atollo de material pulverizado (cemento).
- Instalar compresor de pequeñas dimensiones para los efectos de fluidización del material, mediante regueras ubicadas a un costado inferior de la tolva.
- Implementar 2 sensores para indicar el nivel máximo de la tolva, estos estarán ubicados en la parte superior derecha y el otro en el izquierdo de la tolva de recepción (uno actuará de respaldo en caso de falla de alguno de ellos)
- Instalar solo un sensor en la parte superior central de la tolva, que cumpla la misma función de los anteriores.

2.2.3. Sistema de aire comprimido para el proceso

- Reutilización de los actuales compresores del tipo sincrónicos (compresores PRE) para el proceso de aire comprimido, realizando cambios para cumplir con las

nuevas exigencias del proceso, cabe mencionar que estos compresores tienen en funcionamiento más de 25 años. Una de las principales ventajas para mantener en vigencia estos tipos de compresores, es que en funcionamiento mejoran el factor de potencia en la planta.

- Instalar nuevos compresores diseñados con una mejor tecnología, óptimo en su funcionamiento, mínima mantención y de mejor rendimiento para el proceso.

2.2.4. Sistema de alimentación y canalización eléctrica

- Mantener el sistema de alimentación eléctrica en cuanto al diseño que existe actualmente para el sector GRANEL, realizando cambios en los dispositivos de comando y protección que implica la instalación de la bomba FLUX. Este sistema utiliza como canalización un sistema de túneles, la alimentación eléctrica se realiza mediante escalerillas porta conductores que alimentan el sector GRANEL desde la S/E B.
- Realizar la alimentación eléctrica hacia el sector GRANEL mediante bandejas con ciertas características, debido a la gran cantidad de polvo en suspensión. Estas irán adosadas a las murallas del recinto llegando finalmente al CCM de la bomba FLUX.
- El sistema de canalización aérea no es viable debido a normas internas que existen dentro de la empresa y el continuo tráfico en el sector de GRANEL de camiones de grandes dimensiones.

2.2.5. Sistema de comando, protección y control del proceso

- El proceso que existe actualmente es totalmente manual, debido a esto se deberá utilizar un modelo de

PLC para todo el sistema de automatización del proceso de almacenamiento de cemento, el cual deberá contar con las características técnicas y eléctricas que involucra el proceso de la bomba FLUX.

- Instalar un sistema de botoneras de parada de emergencia y de prueba local para todos los motores que constituyan este nuevo proceso, para ser más eficiente el proceso de mantención de ellos o en caso de falla (ventiladores, compresores, etc.)

2.3. ESTUDIO TECNOLÓGICO Y ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL NUEVO PROCESO

2.3.1. Tolva de Recepción

La tolva de recepción actual, está diseñada con un material bastante rígido, además cuenta con una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 40 toneladas. En general se encuentra en un buen estado, sin deterioros ni fisuras que puedan dañar la tolva para su nuevo funcionamiento.

Se cree que no es necesario el implementar una nueva tolva, pese a que ésta venga con los agujeros ya hechos para ensamblar sensores, válvulas, etc. No es rentable, puesto que se posee una tolva que cumple con todas las exigencias, y el único cambio a realizar, sería la perforación de agujeros para los nuevos artefactos.

2.3.2. Compresores

Según el estudio realizado, se concluye que los compresores Pre, o del tipo sincrónico, presentan una ventaja primordial, puesto que el factor de potencia es muy bueno. Sin embargo, éstos han estado en funcionamiento durante aproximadamente 30 años, son modelos muy antiguos y

si se consideraran para el nuevo proceso, tendrían que someterse a muchas optimizaciones. Desde el punto de vista económico, resultan poco rentables, puesto que necesitarán una mantención muy periódica, y por ende requerirá de mucho personal para su funcionamiento óptimo.

Al implementar nuevos compresores, se tendrá un gasto adicional, pero dicho gasto se recuperara a mediano plazo debido a un aumento en la producción, por otra parte el rendimiento de estos compresores es óptimo, y cumplen con todas las exigencias mínimas para el nuevo proceso.

2.3.3. Opciones para evitar la obstrucción del material pulverizado

Utilizar regueras en el interior de la tolva, éstas deberán ser alimentadas mediante aire comprimido que lo proporcionará un compresor anexo a los de la esfera de transporte.

Implementar un moto-vibrador en la parte inferior de la tolva. El propósito que tendrá, será el de estar instalado en un lugar estratégico para que produzca una vibración uniforme en la tolva.

Si se analiza desde el punto de vista económico, resulta más costoso el adquirir un compresor, y por ende es más económico un motovibrador. Además un compresor emite mayor contaminación acústica que un moto-vibrador, y este último resulta más fácil de instalar y calibrar, dado que la tolva se tendrá que someter a cambios para la instalación de las regueras, que deberán ser varias.

2.3.4. Sensores de Nivel o de proximidad

Si se consideran sensores ópticos para el funcionamiento en el interior de la tolva y de la esfera, se debe desechar de inmediato, puesto que en ambos casos existe polvo en suspensión, esto podría causar que operen anormalmente, por ende son descartados. En estos, las señales que se transmiten y detectan son luminosas. En los

sensores ópticos el emisor y el receptor suelen ser elementos separados. El primero suele ser un diodo emisor de luz (LED) y el receptor un fotodiodo.

Se reduce a la elección de dos tipos de sensores, los inductivos y los capacitivos. Se debe considerar que el sensor a instalar deberá ser de fácil mantención, montaje y desmontaje. Además, estarán en funcionamiento en una zona con un ambiente polvoriento, lo cual puede hacer operar erróneamente a los sensores. Los sensores inductivos poseen la desventaja de que son muy susceptibles a operar de forma errónea, puesto que el tamaño y aspecto del objeto a detectar puede disminuir considerablemente la distancia de detección, haciéndolos poco rentables. Además, no poseen una sonda de compensación que los haga más resistentes a cambios de humedad y a ambientes polvorientos. Es por consecuencia, que por estos pequeños detalles, se ha decidido elegir los sensores capacitivos, que si poseen una protección contra polvos circundantes y, por lo tanto, son más efectivos.

2.3.5. Sistema de canalización

Dado que en la empresa existen túneles que abarcan todo el lugar, se tiene la ventaja de realizar la canalización eléctrica por túneles, en los cuales existen escalerillas porta conductores.

En la empresa constantemente se están instalando equipos nuevos, que son transportados mediante camiones. Muchos de estos equipos son de gran tamaño, que muchas veces superan la altura de un poste de A.T. Además existen los camiones de transporte de cemento que trabajan las 24 horas del día.

Además, es un factor contaminante visual, y genera muchos peligros el tenerlos expuestos a la intemperie. Por estas razones, se ha decidido ocupar los túneles existentes y además, contar dentro de la sala de la Bomba Flux, con bandejas a la vista para conectar los equipos con los respectivos tableros y el CCM.

2.3.6. Sistema de Alimentación eléctrico

Una posibilidad es la de cambiar todas las protecciones del sistema de alimentación, pero resultaría muy desventajoso económicamente. Esta opción sólo se daría si los compresores fueran de una potencia mayor a la que soportan las protecciones y conductores actuales.

Se piensa en la posibilidad de contar con nuevos compresores, que por una parte, no superaran la potencia de los compresores del tipo PRE, pero que fueran con un buen rendimiento y con características técnicas semejantes a los compresores actuales.

Con esto se evitaría el diseñar una nueva subestación, y sólo se estudiaría la nueva calibración y coordinación de las protecciones eléctricas.

2.3.7. Tableros

Los tableros actuales son muy antiguos, fueron diseñados para circuitos de control cableado, cuyo medio de montaje es a través de rieles DIN. Son tableros cerrados, que no cuentan con un sistema de seguridad adecuado e impiden ver si están funcionando los contactores y todo lo relacionado con instrumentación.

Se tiene la intención de instalar nuevos tableros, ya sea de fuerza (CCM) como de control (PLC). Estos tableros deberán contar con pantalla acrílica transparente, con el fin de ver el funcionamiento sin tener que abrir puertas. Además, tiene como ventaja el que se pueda instalar un sistema de seguridad, con conmutadores que sean operables desde el exterior.

2.3.8. Sistema de Control

Resulta más económico conservar contactores, botoneras, paradas de emergencia para el caso de los motores, puesto que se encuentran en buen estado.

Se analizó el caso de instalar un PLC compacto, pero el número de entradas y salidas resultó bastante grande. Se consideró más rentable el contar con un PLC modular, puesto que si se requieren cambios o renovaciones en el proceso, es más fácil el adquirir más módulos, en vez de comprar otro PLC compacto.

2.4. RESUMEN DE ALTERNATIVA ELEGIDA

- Reutilización de la tolva de recepción de la BOMBA FULLER, haciendo las debidas modificaciones para el nuevo proceso.
- Utilización de nuevos compresores, con mejor rendimiento y poca mantención.
- Para evitar la obstrucción de material, se utilizará un moto- vibrador que otorgará las vibraciones necesarias y de forma uniforme en la tolva.
- Se utilizarán sensores de proximidad capacitivos, que son mucho más resistentes a condiciones ambientales extremas (ambientes polvorientos), lo cuales garantizan la detección del polvo cemento.
- El sistema de canalización será a través de túneles existentes en la planta. Para la conexión desde los tableros a la bomba, se utilizarán bandejas a la vista.
- En el sistema de alimentación eléctrica no existirán cambios de protecciones, sólo una nueva selectividad y coordinación de las protecciones.
- Se contará con tableros, tanto como el CCM y el PLC, de diseño metálico con tapas acrílicas

transparentes, para observar el buen funcionamiento. Además, constan de conmutadores de seguridad (con candado)

- Se constará con un PLC modular, dada la gran cantidad de entradas y salidas a controlar; y pensando en futuros cambios o innovaciones al proceso, es más económico instalar más módulos en vez de comprar un PLC nuevo.

- Se reutilizarán todos los contactores, conmutadores, botoneras, paradas de emergencia para el nuevo proceso.

CAPITULO 3: BOMBA FLUX

3. BOMBA FLUX

3.1. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO BOMBA FLUX

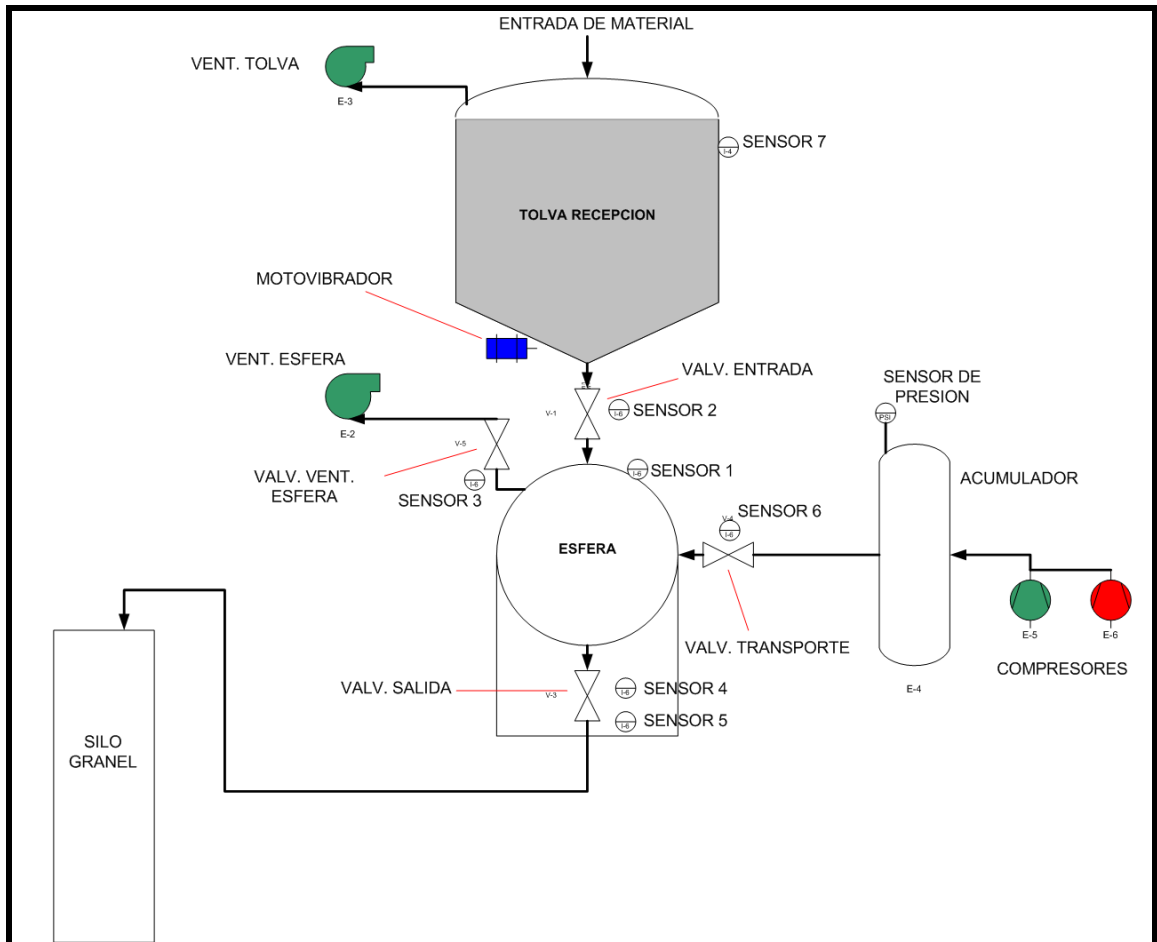


Figura 3-1: Esquema de funcionamiento de la Bomba Flux, en donde se aprecian todos los componentes y su función en el proceso.

A continuación se especifica las posiciones de los sensores en los respectivos cilindros que mueven las compuertas.

Sensor 2: Compuerta Cerrada

Sensor 3: Compuerta Cerrada

Sensor 4: Compuerta Abierta

Sensor 5: Compuerta Cerrada

Sensor 6: Compuerta Cerrada

3.2. CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

La bomba FLUX está provista en su parte superior de una tolva de alimentación que recibe material proveniente de los molinos a través de la entrada.

La tolva de alimentación está equipada con un indicador de nivel Capacitivo, que activa un sistema de seguridad, de modo que pasado un cierto tiempo y el material no ha sido conducido fuera de la caja de alimentación, el sensor manda la señal de detener el molino y todo el sistema.

Durante el llenado de la tolva de alimentación, el polvo desprendido por el material es desviado a través del tubo de ventilación que va directamente al filtro de aire, en donde existe un ventilador centrífugo N° 2.

En la parte inferior de la tolva va montado un motor-vibrador, cuya función es evitar el atascamiento del material en la salida de la tolva.

La salida de la tolva está conectada mediante una cañería a la electroválvula de entrada de la esfera.

La esfera de la bomba FLUX se llena a través de la electroválvula de entrada. Esta electroválvula funciona conjuntamente con la electroválvula de ventilación de la esfera (ventilador centrífugo N° 1), que tiene como función absorber todo el polvo circundante en la zona de la esfera en el proceso de llenado, siendo también de apoyo para que no se depositen partículas de polvo en el sensor Capacitivo que puedan enviar una señal errónea.

Una vez llena la esfera se activa un sensor Capacitivo, el cual se ubica en la parte superior de ésta. El sensor envía una señal que cierra tanto la válvula de entrada como la válvula de ventilación de la esfera (ventilador centrífugo N° 1) y pone en funcionamiento el proceso de vaciado de la esfera mediante aire comprimido.

Una vez que la tolva se ha llenado con polvo-cemento, abre la electroválvula de salida de la esfera, en donde abre paso para que el material se dirija al silo. Pero el elemento que da el disparo de aire comprimido es la electroválvula de transporte, pero ésta sólo se abrirá si se cumplen 3 grandes condiciones:

- a) Se debe disponer de una presión de 100PSI.
- b) Se deben tener cerradas las Electroválvulas de entrada y ventilación de la esfera.
- c) Se debe abrir completamente la electroválvula de salida.

Si estas condiciones se cumplen, se abre la electroválvula de transporte de material.

Mediante un compresor se dirige aire comprimido al conducto, en el interior de la esfera se produce un efecto torbellino que mezcla el material pulverizado con el aire que va en dirección a la válvula de salida de la esfera. Esta válvula envía inmediatamente el material hacia el silo.

Para el transporte del material se debe considerar que se posee un switch de dos posiciones, el cual selecciona uno de los dos compresores para el disparo. La selección es manual dado que en caso de mantención a uno de los equipos, se deja funcionando el otro de respaldo. Este switch se debe ir cambiando cada 2 días para que los compresores funcionen equitativamente.

Una vez que el material ha sido enviado en su totalidad, y la presión de transporte ha decrecido a un valor de 20 PSI, se debe cerrar la electroválvula de transporte.

Terminada la etapa se cierra la válvula de salida, y posteriormente se abren las válvulas de entrada y ventilación de la esfera, preparadas para el siguiente disparo de la Bomba funcionando este ciclo ininterrumpidamente.

Como dato importante cabe destacar también que la Bomba disparará siempre y cuando se cumplan todas las condiciones anteriores y, más importante aún, si se dispone de la presión necesaria para realizar dicho disparo. Además, las Electroválvulas funcionan con un cilindro que abren o cierran compuertas, por ende éstas deben poseer límites o sensores capacitivos para su funcionamiento.

CAPITULO 4: ESPECIFICACIONES TECNICAS

4. ESPECIFICACIONES TECNICAS

4.1. INTRODUCCION A LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS

En los capítulos anteriores se han podido sacar claras conclusiones de qué elementos se deberán implementar para tener mayor rendimiento en el sistema a menor costo. El objetivo de esta sección, es de aclarar todas las dudas en cuanto al diseño, características, tipos, ventajas y desventajas de todos los elementos a utilizar. En la siguiente figura se muestra la vista en planta del lugar físico del proceso, mostrando todas las partes constitutivas.

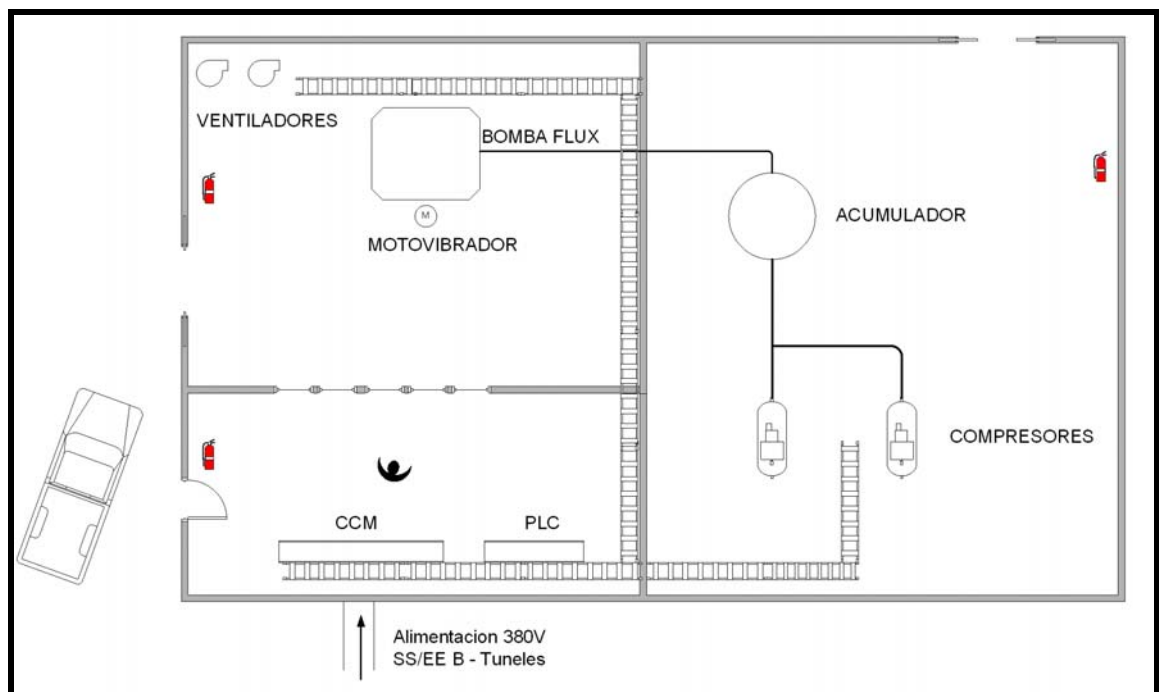


Figura 4-1: Distribución física de los componentes.

Como se puede apreciar en la figura N°4.1, la alimentación del sistema eléctrico se realizará desde la SS/EE B de la planta, en donde se transporta por túneles mediante escalerillas porta conductora. Luego llega al

centro de control de motores de la sala, en donde se instalarán equipos de protecciones y maniobra de las máquinas existentes. Después del CCM, se alimenta a las máquinas mediante bandejas a la vista. Todos los equipos de maniobra estarán conectados a un PLC, el cual también poseerá una canalización por bandejas.

4.2. SENSORES DE PROXIMIDAD CAPACITIVOS

Como bien se conoce, el cemento cuando es transportado siempre desprende polvo a la superficie, y una vez que cae en la tolva de acopio del material, se genera un gran desprendimiento de polvo que puede alterar cualquier sistema que no esté protegido con éste. Como anteriormente se había visto, los sensores de luz no tienen ninguna posibilidad de ser utilizados, puesto que con el polvo en el ambiente, estos tendrían muchos errores de operación.

Existen, en cambio, otros tipos de sensores, los inductivos y los Capacitivos. Los sensores inductivos han sido diseñados para trabajar generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse el disparo de la señal, permitiendo la detección de objetos férricos y no férricos. El sensor consiste en una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor del nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. La desventaja que poseen es que tienen un problema con la distancia de detección del objeto, puesto que el tamaño y el aspecto pueden afectar la operación. Por lo general, los materiales no férricos reducen la distancia de detección. Muchos de estos sensores no poseen un sistema que impida que el polvo sea dañino en la operación, puesto que muchos de estos sensores son diseñados para operar con materiales férricos y no garantizan el funcionamiento correcto con materiales no férricos.

De esta problemática, nace la idea de implementar sensores que tengan un total y correcto funcionamiento ya sea con materiales férricos y no férricos, los sensores capacitivos.



Figura 4-2: Esquema de funcionamiento del sensor capacitivo.

Los sensores de proximidad capacitivos, según la figura 4-2, han sido diseñados para trabajar generando un campo electrostático y detectando cambios en dicho campo a causa de un objeto que se aproxima a la superficie de detección. Los elementos de trabajo del sensor son, a saber, una sonda capacitiva de detección, un oscilador, un rectificador de señal, un circuito de filtraje y el correspondiente circuito de salida. En ausencia de objetos, el oscilador se encuentra inactivo. Cuando se aproxima un objeto, éste aumenta la capacitancia de la sonda de detección. Al superar la capacitancia un umbral predeterminado se activa el oscilador, el cual dispara el circuito de salida para que cambie entre "on" (encendido) y "off" (apagado)

La capacitancia de la sonda de detección viene condicionada por el tamaño del objeto a detectar, por la constante dieléctrica y por la distancia de éste al sensor. A mayor tamaño y mayor constante dieléctrica de un objeto, mayor incremento de capacitancia. A menor distancia entre objeto y sensor, mayor incremento de capacitancia de la sonda por parte del objeto.

Entre los sensores capacitivos de proximidad existen 2 tipos, los blindados y los no blindados. Los sensores blindados son más adecuados para detectar materiales de baja constante dieléctrica (difíciles de detectar) debido a la alta concentración de campos electrostáticos. Poseen una ventaja, y es que pueden detectar objetos que los no blindados no podrían bajo ninguna circunstancia. Pero poseen una gran desventaja, los hace muy susceptibles a disparos en falso a causa de acumulación de suciedad o humedad en la superficie de detección.

En cambio los sensores capacitivos no blindados están equipados con una sonda de compensación que permite al sensor ignorar el agua pulverizada, polvo, un poco de suciedad y aceite pulverizado o vapor de agua condensado en el sensor. La sonda de compensación también hace al sensor más resistente a las variaciones de humedad ambiental. Por lo tanto, el tipo no blindado es la mejor opción para ambientes polvorientos y/o húmedos, adecuado para el proceso. Además se tiene que recordar que la Bomba Flux posee un ventilador centrífugo que extrae todo el polvo en suspensión, mejorando las condiciones de funcionamiento.

Para cada material a detectar se deben tener distintas distancias de detección. Según el fabricante, Allen Bradley, el rango de detección de un sensor está fijado por la siguiente fórmula:

$$\text{Rango de detección} = \text{Rango de detección nominal} * \text{Factor de corrección}$$

Según fabricante, el factor de corrección del polvo cemento es de 0,25.

4.2.1. Sensor Capacitivo 875C 3 hilos, CC

4.2.1.1. Descripción

El sensor capacitivo a utilizar es de la familia Allen Bradley, modelo 875C de estado sólido, diseñados para detectar la proximidad de materiales diversos sin tocarlos.

Esta unidad posee dos indicadores LED que indican la alimentación y salida. Están alojados en un cuerpo de plástico que cumplen con los estándares de envoltentes NEMA 12 e IP65 (IEC 529). Las opciones de conexión incluyen cable de PVC, así como también conectores micro y pico.

Posee una sección de detección de 30mm.

4.2.1.2. Características

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos.
- Distancia ajustable de detección
- Operación y conexión por 3 hilos
- 10-60 VCC
- Salida normalmente abierta o cerrada
- Protección contra ruidos transitorios

4.2.1.3. Especificaciones

Tabla 4-1: Especificaciones técnicas del sensor cap.

Corriente de carga	≤ 400 mA
Corriente de fuga	0,1 mA
Tensión de trabajo	10 - 60 VCC
Caída de tensión	≤ 3 V
Repetibilidad	≤ 10 %
Histéresis	≤ 20 %
Protección contra ruidos transitorios	Incorporado
Protección contra inversión de polaridad	Incorporado
Protección contra sobrecargas	Incorporado
Protección contra cortocircuitos	Incorporado
Envolvente	NEMA 12, IP65 (IEC 529) Cilindro de latón niquelado
Homologaciones	Marca CE para todas las directivas aplicables
Conexiones	Cable: 2 m de longitud 3 hilos PVC Conector: Micro de 4 pines
Indicadores LED	Verde: Alimentación Amarillo: Salida
Temperatura de operación	-25 ° C a + 70 ° C
Distancia de detección nominal mm	2 a 10 mm



Figura 4-3: Imagen del sensor Capacitivo a utilizar en el proyecto, tipo no blindado.

El sensor de proximidad capacitivo se encuentra en 7 ubicaciones en el sistema. Dos de ellos en la parte superior de la tolva de alimentación y esfera respectivamente, y otros 5 como límites de accionamiento para los cilindros comandados por electroválvulas. Estos sensores serán montados mediante un sistema de anclaje roscado para el sensor del mismo diámetro del sensor (34mm) (figura 4.4)



Figura 4-4: Anclaje del sensor Capacitivo.

4.2.1.4. Dimensiones y Diagrama de cableado

Se debe tener en cuenta que el sensor estará conectado como entrada en el PLC que se analizará más adelante. Este posee un diagrama de cableado según figura 4.6, en donde no importa si la carga está conectada antes o después del sensor, por supuesto carga que realmente no existe puesto que será una variable de entrada en el PLC.

Las dimensiones, según figura 9, son $A = 30$ mm, $B = 82$ mm, $C = 61$ mm y $D = 1$ mm.

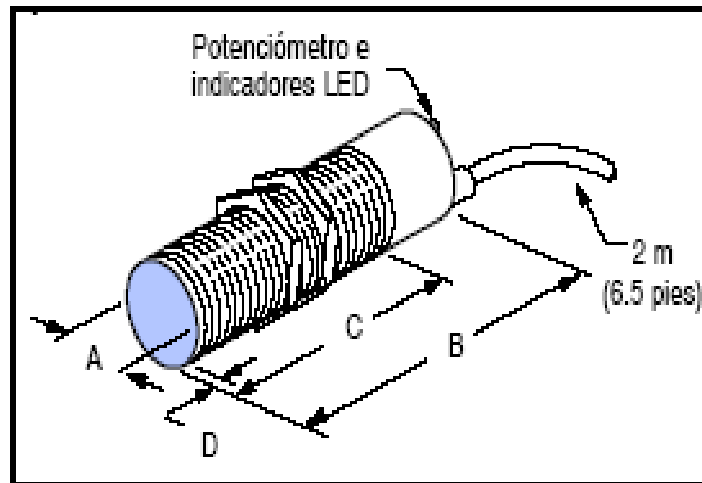


Figura 4-5: Dimensiones del sensor capacitivo

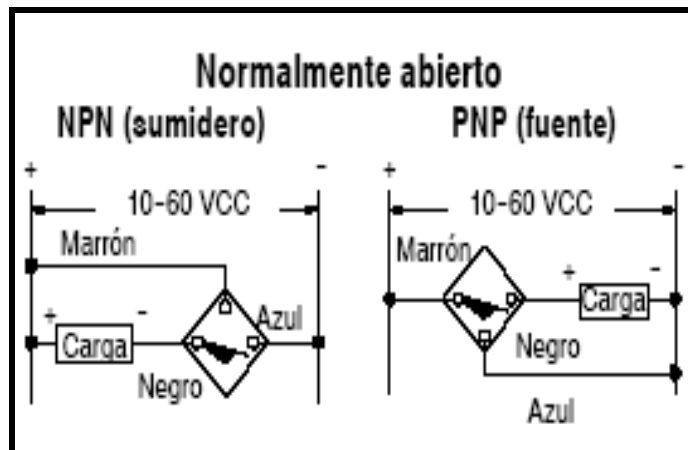


Figura 4-6: Diagrama de cableado del sensor capacitivo

4.3. ELECTROVÁLVULAS

La función fundamental de estos dispositivos es controlar el paso de fluidos, siendo muy utilizadas en el ámbito industrial. Constan, en su formación básica, de un electroimán y un pistón que transforma la energía de transmisión por el aire en energía mecánica, estos también son llamados actuadores neumáticos.

Por supuesto que la bobina del electroimán debe ser excitada, pero será excitada con CA desde el PLC, puesto que será una salida en el programador lógico.

Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen. Por ejemplo, una válvula 3/2 tiene 3 orificios o puertos y permite dos posiciones diferentes.

En este proyecto se utilizarán Electroválvulas de 3/2, puesto que su uso no amerita un diseño especial y más costoso si cumplen funciones muy simples. Esto quiere decir que posee, según la figura 8, una salida hacia el actuador neumático, por lo tanto, este tendrá que ser un pistón de una sola posición, puesto que internamente posee un resorte que permite, si el electroimán ha sido desenergizado, volver a la posición de reposo o normal.

El sistema en general opera de la siguiente manera: una señal de corriente enviada desde el sistema de control dará la orden de operación a la electroválvula para poder enviar aire comprimido, otorgado por los compresores a instalar, hacia los puertos de salida en donde un pistón de una sola posición moverá una compuerta para el uso correspondiente en el proceso.

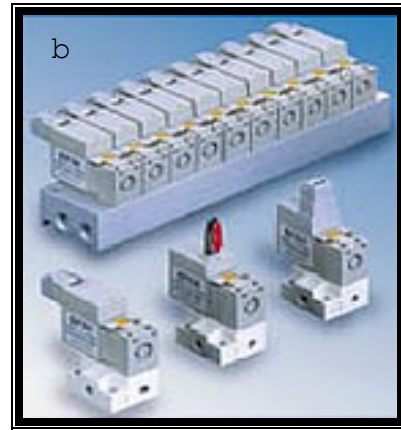
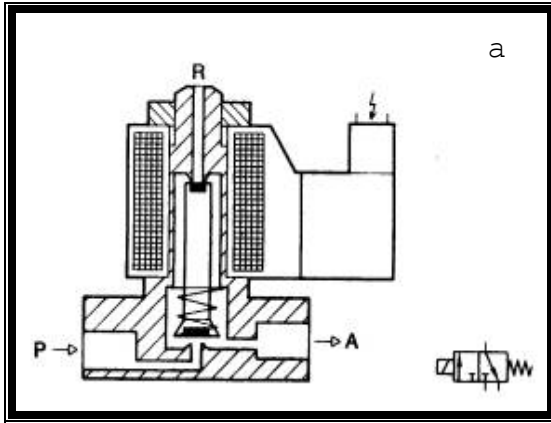


Figura 4-7: a) dibujo esquemático del electroimán, b) diseño real de electroválvula

4.3.1. Características y Especificaciones

- Duración superior a 100 millones de maniobras
- Utilizable para sobrepresión y vacío
- Anchura de cuerpo 10 mm
- Electroválvulas de bajo consumo 0,55W
- Libre de cobre

Tabla 4-2: Especificaciones de la electroválvula

Tipo de válvula	Voltaje	Presión de trabajo (bar)		Caudal
		Sobre presión (bar)	Presión Vacío (bar)	
3/2 vías	220 VCA	0 ~ 7 bar	Vía P: -1~ 0 bar Vía R: -1~ 6 bar	8 Nl/min 0,0008 Cv

4.4. MOTOVIBRADOR

Como requisito fundamental en este proyecto, se debe brindar un correcto funcionamiento, es decir, tratar de que no ocurran fallas tan probables como la obstrucción de cemento en la entrada de la esfera de transporte. Es una gran responsabilidad el evitar que ocurra este fenómeno, pero gracias al estudio que se ha realizado, se pudo concluir que los motovibradores en general poseen la gran ventaja de operar con vibraciones de alta frecuencia, además son diseñados con la más alta protección por normas, para garantizar el perfecto funcionamiento de ellos en la industria.

Se ha dado enfoque al fabricante de motovibradores ITALVIBRAS, cuyo modelo MVSS tiene como característica general la protección del equipo con acero inoxidable.

Los motovibradores inox serie MVSS se caracterizan por la total protección contra líquidos, polvos, agentes agresivos y contaminantes, gracias a la carcasa y a los componentes externos realizados en acero inoxidable. Las características eléctricas y mecánicas, las dimensiones exteriores y el sistema de fijación son las mismas que las de la serie MVSI y sus pilares son siempre la fiabilidad, la seguridad y las elevadas prestaciones, reconocidas en el mercado como sus principales características.

La serie MVSS, con grado de protección mecánica IP 66 y grado de protección contra impactos IK 08, ha sido diseñada para funcionar en cualquier condición de uso y ambiente: el encapsulado bajo vacío del devanado del estator con resina especial o el sistema de impregnación "gota a gota", realizado con resina bicomponente en clase de aislamiento H, garantizan la seguridad total del aislamiento eléctrico y el bloqueo mecánico del devanado para prevenir eventuales daños provocados por altas vibraciones inducidas. El acabado superficial y el nuevo diseño favorecen el deslizamiento y la eliminación de depósitos en proceso (polvos, líquidos, productos

densos,...). Por estas características, los motovibradores inox series MVSS son ideales para aplicaciones en los sectores químico, petroquímico, alimenticio, farmacéutico, íctico, ecológico y en todas las aplicaciones en las que es necesaria la protección total del motovibrador contra los agentes agresivos. El devanado ha sido sometido a los controles severos previstos por las normativas en el 100% de las piezas fabricadas.

4.4.1. Características técnicas

- Alimentación: trifásica de 380V a 50 Hz ó 60 Hz, la frecuencia de alimentación se puede variar con continuidad de 20 a 60 Hz, con par constante, mediante variador estático de frecuencia tipo Vibravar o CFV.
- Potencia: 3 HP, Cos φ : 0.86
- Fuerza centrífuga: regulable de 0 hasta el valor máximo indicado.
- Protección mecánica y contra impactos: IP 66, IK 08.
- Temperatura ambiente: de -30° C a $+40^{\circ}$ C para un funcionamiento correcto.
- Lubricación: tipo "Larga Vida" sin mantenimiento.
- Funcionamiento: servicio continuo al máximo de la fuerza centrífuga y de la potencia eléctrica.
- Materiales: todas las piezas externas son de acero inoxidable.

- Masas excéntricas: laminares y de pinzas con continuidad de 0 al valor máximo de la fuerza centrífuga, mediante escala graduada.

4.5. VENTILADORES CENTRÍFUGOS

Uno de los objetivos principales que se ha propuesto es tener, a parte de un sistema productivo eficiente, un sistema productivo que cuide el medio ambiente. Es de mucha importancia recordar que se está trabajando con un material altamente contaminante hacia las poblaciones contiguas, por lo tanto, se debe poseer un sistema que acapare todos los polvos en suspensión del proceso.

Se tienen dos casos en la bomba Flux, la tolva de recepción del material y la esfera de transporte. Es vital recordar que ambos recipientes constan con sensores capacitivos de proximidad, y por tanto debemos prevenir que trabajen con polvo circundante en las zonas de operación del sensor. En consecuencia, se debe sacar todo el polvo en suspensión de ambos recipientes y el sistema a implementar será mediante ventiladores centrífugos. (Figura 4.8)



Figura 4-8: Ventilador Centrífugo.

El sistema de la bomba Flux consta con dos ventiladores centrífugos, en la tolva de recepción habrá uno que estará constantemente en funcionamiento, pero en cambio el ventilador centrífugo de la esfera formará parte del sistema de control, puesto que una electroválvula será la encargada de, mediante un pistón, mover una compuerta que dejará fluir el aire en dirección al ventilador.

Pero como anteriormente se había dicho, debemos proteger el medio ambiente, y por tanto todo ese polvo recolectado por el ventilador llega a un filtro manga, en donde todas las partículas serán capturadas y no habrá ninguna emanación de polvo hacia el ambiente. Este accesorio lo posee el otro ventilador, por lo tanto se cumplen las expectativas de cuidar el medio ambiente.

4.5.1. Características

- Caudal: 0,018 a 10 m³/seg
- Presiones: 100 a 1000 mm.c.a
- Rotor: Centrífugo de acero, con alabes semiradiales o inclinados hacia atrás.
- Motor trifásico 220/380V, 50Hz, 3HP
- Protección IP55
- Transmisión Directa
- Cos φ : 0.86

4.6. SENSOR DE PRESIÓN

Una de las características que incluye el sistema de la Bomba Flux es controlar el paso de aire comprimido hacia la esfera. Se debe tener en cuenta que existen diferentes tipos de presiones, pero sin detallar, se dispone de un acumulador, el cual en su interior está en vacío, esto quiere decir que no existen moléculas en su interior (Fabricante). Por esto se debe utilizar un sensor de

presión que sea capaz de medir presiones positivas, en una condición de vacío absoluto.

A la vez se debe tener en cuenta que existen dos tipos de salidas que pueden entregar, las digitales y las análogas. Puesto que la CPU y Módulo de expansión sólo poseen entradas de tipo digital, se debe poseer un sensor que entregue este tipo de salidas para no disponer de otro módulo más, que significaría un costo mayor para un uso poco productivo.

Teniendo en cuenta todas estas condiciones, se definirá el tipo de sensor a utilizar en el sistema.

4.6.1. Sensor de presión OMRON E8F2-D10C

Este tipo de sensor se caracteriza por ser un sensor tipo "cubo", que posee un display de lectura y ofrece una gran precisión y sensibilidad. Posee un estilo compacto, siendo el modelo más pequeño y más ligero de la industria. Como rasgos generales posee 2 salidas independientes discretas, además se puede utilizar tipos de salida NPN y PNP (figura 4-9).



Figura 4-9: Sensor OMRON línea E8F2

El sensor OMRON E8F2-D10C, mide presiones positivas, cuyo rango de lectura varía de 0 a 145 PSI, rangos que se pueden regular al valor que el usuario desee. En este caso, para poseer una medición en 100 y 20 PSI.

Este sensor posee, como anteriormente se había dicho, dos salidas discretas NO/NC, las cuales son del tipo ON/OFF o encendido/apagado; que operan cuando llegan al valor de presión deseado. En este caso, ON serán los 100 PSI y OFF 20 PSI.

4.6.1.1. Características Técnicas

Tabla 4-3: Especificaciones del sensor de presión

ITEM	DESCRIPCION
Fuente de poder	12 a 24VDC
Corriente Máx. de salida	70mA Máx.
Tipo de presión	
Rangos de Presión	0 - 145 PSI
Rangos de selección de Presión	0 - 145 PSI
Sobre Presión Máx.	216,7 PSI
Modo de operación	Modo histéresis Modo Window Modo Auto-teaching
Precisión de Repetición (ON/OFF output)	± 1% FS máx.
Linealidad	± 1% FS máx.
Tiempo Respuesta (ON/OFF output)	5 ms. Máx.
ON/OFF output	NPN Conector (NO/NC)
	Corriente nominal: 30mA
	Voltaje de salida: 30VDC máx.
	Voltaje Residual: 1V máx. con una corriente de 30mA
Display	3-5 dígitos LED rojo
	LED verde indicador BAR
	Indicador de Unidades Verde
Precisión de Display	± 3% FS ± 1% digit máx.
Protección Circuito	Conexión con polaridad reversible, sobre corriente y cortocircuito.
Temperatura Ambiente	Operando: 0°C a 55°C
Humedad Ambiente	Operando: 35% a 85% (sin condensación)
Dieléctrico	1000 VAC en 1 min.

4.7. SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO

En este proyecto se hace imprescindible la utilización de aire comprimido para el transporte de material pulverizado (cemento) hacia los silos de acopio del sector granel de la planta.

En los capítulos anteriores se concluyó que era más factible la compra de nuevos compresores, reemplazando los compresores PRE que existen actualmente, estos nuevos compresores tienen nueva tecnología lo cual hace más eficiente el proceso de transporte de cemento.

Los compresores que se adquirirán serán del tipo **GA 55W**, construidos por ATLAS COPCO. Se prefirió este modelo ya que son los mismos que se utilizan para el sistema de alimentación de materia prima para el Horno N° 9 de la planta industrial, figura 4.10.

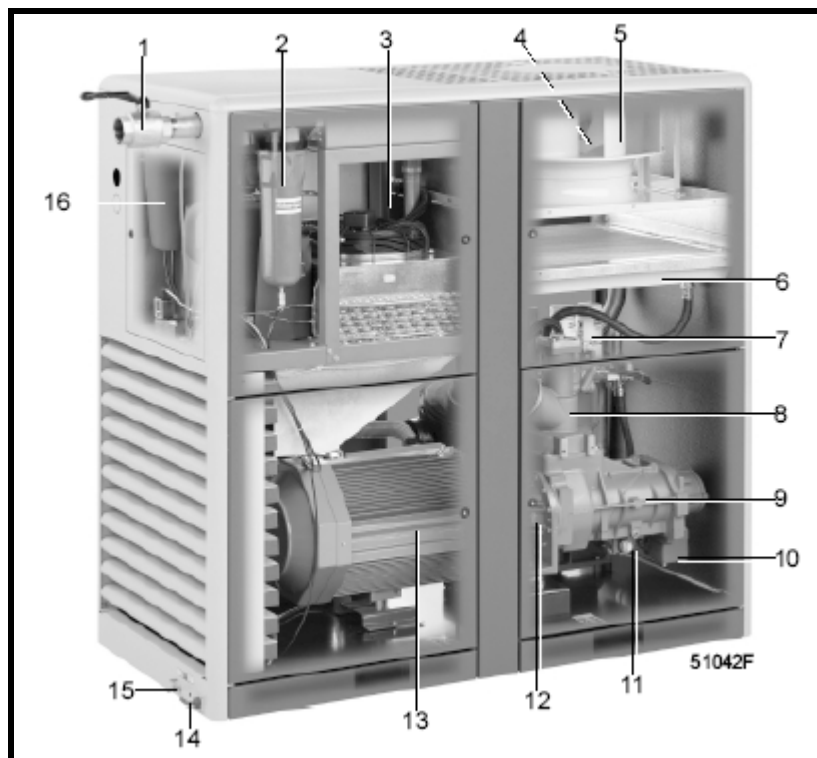


Figura 4-10: Vista interior de Compresor GA55W.

4.7.1. Características técnicas

Tabla 4-4: Especificaciones de Compresor GA55W

Frecuencia	Hz	50
Presión máxima de descarga	bar	7.5
Presión de trabajo nominal	bar	7
Temperatura de aire válvula salida aprox. °C		30
Velocidad del eje motor	rpm	2960
Potencia de alimentación	Kw.	63.7
Capacidad de aceite	l.	26.5
Nivel medio de presión acústica	db	66
Consumo de agua refrigeración	l.	84
Tensión de servicio	V.	550

4.7.2. Tamaños de cables eléctricos.

En la siguiente tabla se detalla la medida de los cables que se deben utilizar para el montaje de este tipo de compresores, los cuales son los especificados por el fabricante.

Tabla 4-5: Especificaciones de medida de conductores.

Tensión nominal	Cable MC mm ² /AWG	Cable LC mm ² /AWG
550 V.	3X35+35	3X35+35

4.8. TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN SS/EE GRANEL.

Debido a que el proyecto esta orientado a un perfil de control del proceso, se deberá instalar un transformador de

distribución para reducir 550V a 380V, el cual alimentará los motores más pequeños del proceso. (motovibrador y ventiladores)

Este tipo de transformador no son comunes en el mercado, por lo tanto deberá ser construido a pedido. Para el este caso, se estimó mediante el siguiente cálculo:

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot V = \sqrt{3} \cdot 12 \cdot 380 = 7,89KVA$$

Cálculo referido al lado secundario del transformador.

Se estima un transformador de **10 KVA**, por concepto de cargas futuras.

CAPITULO 5: SISTEMA DE CONTROL

5. SISTEMA DE CONTROL

5.1. INTRODUCCIÓN AL CONTROL PROGRAMADO

Anteriormente a los autómatas, muchas de las tareas de control se realizaban mediante relés o contactores. A este sistema se le denominaba Control mediante Lógica Cableada. Se tenían que diseñar los diagramas del circuito, especificar e instalar los componentes eléctricos, y realizar una tarea específica. Sin embargo, cuando se cometía un error, los cables tenían que volver a conectarse correctamente. Es más, cuando el sistema se quería ampliar, requería cambios en los componentes y su recableado. Cuando ocurre una falla, es muy difícil detectarla inmediatamente, causando pérdidas por la detención de la producción.

Hoy en día una interrupción en la producción trae consigo pérdidas millonarias, a parte del posible desprestigio del producto por fallas imprevistas.

Es así como nace la necesaria idea de implementar un control que sea fácil de montar, cablear y operar, y como característica fundamental, el de factor error cero, es decir, que no haya incertidumbre por posibles fallas.

5.1.1. Ventajas

- Menor tamaño físico que las soluciones de cableado.
- La realización de cambios es más fácil y más rápida.
- Los autómatas llevan integradas funciones de diagnóstico.
- Las aplicaciones pueden ser inmediatamente documentadas
- Se pueden duplicar las aplicaciones más rápidamente y con un menor costo.

5.2. AUTÓMATAS SIEMENS

A pesar de que existen bastantes marcas de fabricantes, se quiso enfocar este proyecto a los PLC's siemens. Siemens fabrica varios líneas de autómatas de la familia SIMATIC® S7, en donde destacan: S7-200, S7-300 y S7-400.

En el caso de este proyecto se utilizó un autómata de la línea S7-200. Se le denomina "microsistema" a causa de su pequeño tamaño. El S7-200 tiene un diseño compacto que significa que la fuente de alimentación y las entradas/salidas las lleva incorporadas. Más específicamente, se refiere a la CPU 224, la cual consta, como característica principal, de 14 entradas y 10 salidas, número de variables que cumple con los requisitos de este sistema.

5.3. PLC SIEMENS S7-200, CPU 224

5.3.1. Componentes del Sistema

El sistema de control programado consta de varios componentes que hacen posible su funcionamiento. Existen diversos tipos de automatizaciones, las de gran escala, en donde se usan autómatas de alta complejidad, y otros en donde no se requieren autómatas de grandes características como es el caso de este proyecto. Es por una sencilla razón tecno-económica que se utilizarán los micro PLC o pequeños autómatas. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los micro-PLC S7-200 son apropiados para tareas de automatización sencillas.

Los componentes básicos de un sistema micro-PLC S7-200 (figura 5.1), cuentan con el CPU S7-200 (CPU 224), un PC, el software de programación STEP 7-Micro/WIN 32 (versión 3.0 o superior) y el cable de comunicación. Pero para poder

utilizar el PC, se debe disponer de uno de los siguientes equipos adicionales:

- Un cable PC/PPI.
- Un procesador de comunicaciones (CP) y un cable de interfase multipunto (MPI).
- Una tarjeta de interfase multipunto (MPI). El cable de comunicación se suministra con la tarjeta (MPI).

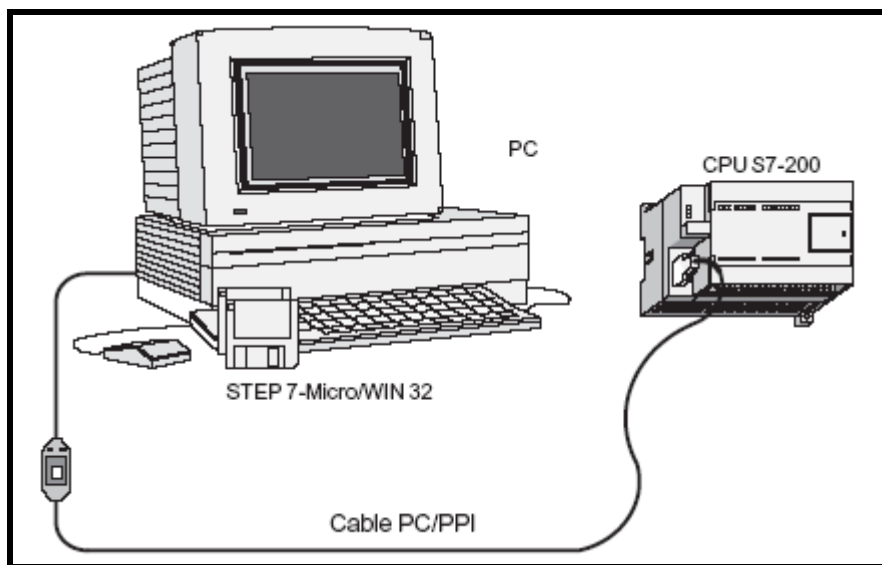


Figura 5-1: Componentes de un sistema Micro-PLC S7-200

5.3.2. Lenguajes de programación y editores de programación

La mayoría de los sistemas de automatización ofrecen los mismos tipos básicos de operaciones, pero por lo general existen pequeñas diferencias en cuanto al aspecto, al funcionamiento, etc. de los productos de los diferentes fabricantes. En el caso del autómatas S7-200, posee dos tipos de editores de programación:

5.3.2.1. Simatic

El editor de programación SIMATIC se ha diseñado para los sistemas de automatización S7-200. Un gran número de operaciones tienen un aspecto y funcionamiento diferentes si se comparan con otras marcas de sistemas de automatización. Los principales aspectos a considerar cuando se usa el editor SIMATIC son:

- Tiempo de ejecución de operaciones más breve
- Cuentan con 3 tipos de lenguajes de programación, los cuales son:
 - AWL (Lista de instrucciones)
 - KOP (Esquema de contactos o circuitos)
 - FUP (Diagrama de funciones o circuitos de compuertas lógicas)

5.3.2.2. IEC 1131-3

La Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) o International Electrotechnical Commission (IEC), es un organismo mundial que desarrolla normas globales para todos los campos de la electrotécnica. Durante los últimos años, dicha comisión ha desarrollado una norma que se dedica a numerosos aspectos de la programación de autómatas programables. El objetivo de dicha norma es que diferentes fabricantes de autómatas programables ofrezcan operaciones similares tanto en su aspecto como en su funcionamiento. En resumen son operaciones estándar comunes para todos los fabricantes de autómatas programables.

En el Sistema de control a implementar, se utilizará el lenguaje SIMATIC, puesto que cuenta con un tiempo de operación menor al de la norma, y además posee el lenguaje AWL o de instrucciones, que hace más fácil el programar y corregir errores; el lenguaje AWL no lo posee la norma IEC.

Internamente el autómata sólo trabaja con lista de instrucciones, sin embargo, si se realiza el sistema en KOP, éste es traducido a AWL por Step7.

5.3.3. Datos técnicos de CPU 224

Tabla 5-1: Especificaciones de CPU 224

DESCRIPCIÓN	CPU 224 AC/DC/relé
Tamaño físico	
Dimensiones (l*a*p)	120,5mm * 80mm * 62mm
Peso	410g
Pérdida de corriente (disipación)	9W
Características	
Entradas digitales integradas	14 entradas
Salidas digitales integradas	10 salidas
Contadores rápidos (valor de 32 bits)	6 contadores rápidos
Reloj tiempo real (precisión del reloj)	2 minutos por mes a 25°C 7 minutos por mes de 0°C a 55°C
Tamaño del programa (almacenado permanentemente)	4096 palabras
Tamaño del bloque de datos (almacenado permanentemente)	2560 palabras
Almacenamiento permanente	2560 palabras
Nº de módulos de ampliación	7 módulos
E/S de ampliación digitales (máx)	16 entradas y 16 salidas
Temporizadores (total)	256 temporizadores
Respaldo por condensador de alto rendimiento o pila	64 temporizadores
1 ms.	4 temporizadores
10 ms	16 temporizadores
100 ms	236 temporizadores
Contadores (total)	256 contadores
Velocidad de ejecución booleana	0,37 µs por operación

Velocidad de ejecución de Transferir palabra	34 μ s por operación
Velocidad de ejecución de temporizadores/contadores	50 μ s a 64 por μ s operación
Velocidad de ejecución de aritmética de precisión simple	46 μ s por operación
Tiempo de respaldo por el condensador de alto rendimiento	Min. 120 h a 40°C
Comunicación integrada	
Nº de puertos	1 puerto
Interfase eléctrico	RS-485
Aislamiento (señal externa circuito lógico)	Sin aislamiento
Velocidades de transferencia PPI/MPI	9,6, 19,2 y 187,5 kbit/s
Enlaces MPI	sí
Alimentación	
Tensión de línea (margen admisible)	AC85 a 264 V 47 a 63 Hz
Corriente de entrada (sólo CPU)/carga máx.	35/100 mA a AC 240V 35/220 mA a AC 120V
Extra-corriente de serie (máx.)	20A a AC 264V
Aislamiento (corriente de entrada a lógica)	AC 1500V
Fusible interno (no reemplazable por el usuario)	2A, 250V, de acción lenta
Alimentación para sensores DC 24 V	
Margen de tensión	DC 20,4 a 28,8 V
Corriente máxima	280mA
Rizado corriente parásita	Menos de 1V pico a pico (máx.)
Corriente límite	600mA
Aislamiento (alimentación de sensores a círculo lógico)	Sin aislamiento
Características de las entradas	
Nº de entradas integradas	14 entradas

Tipo de entrada	Sumidero de corriente/fuente (tipo 1 EC)
Tensión de entrada	
Tensión máx. continua admisible	DC 30V
Sobretensión transitoria	DC 35V, 0,5 s
Valor nominal	DC 24V a 4 mA, nominal
Señal 1 lógica (min.)	Min. DC 15V a 2,5 mA
Señal 0 lógica	Máx. DC 5V a 1 mA
Separación galvánica	AC 500V, 1 minuto
Grupos de aislamiento de	8 y 6 entradas
Conexión de sensor de proximidad de 2 hilos (Bero)	
Corriente de fuga admisible	Máx. 1 mA
Características de las salidas	
Nº de salidas integradas	10 salidas
Tipo de salida	Relé, contacto de baja potencia
Tensión de salida	
Margen admisible	DC 5 a 30V ó AC 5 a 250V
Corriente de salida	
Señal 1 lógica	2.00 A
Nº de grupos de salidas	3
Nº de salidas ON (Máx.)	10
Corriente máx. por común/grupo	8A
Carga LEDs	30W DC/200W AC
Sobre corriente momentánea	7A al estar cerrados los contactos
Protección contra sobrecargas	no
Frecuencia de conmutación (salida de impulsos)	
Q 0.0 y 10.1	máx. 1 Hz
Relé	
Retardo de conmutación	máx. 10 ms

Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos abiertos/cerrados
Vida útil contactos a carga nominal	100.000 ciclos abiertos/cerrados

5.4. SISTEMA DE CONTROL DE BOMBA FLUX

Una vez finalizada la tarea de selección del autómatas, se pasa a la tarea de programar, montar e instalar los componentes que se controlaran. Para programar se consta con el software STEP 7-Micro/WIN 32 (versión 3.1), en donde se programará con el lenguaje AWL y KOP, que a continuación se detallará.

5.4.1. Detalles de la programación

En el anexo 1 se cuenta con el circuito de control en lenguaje KOP. Como se puede apreciar, en cada rama de programación se puede incluir un texto complementario para explicar que tipo de proceso se está ejecutando.

El circuito de control consta de 4 partes:

La parte 1 se encuentra desde el NETWORK 1 al NETWORK 7, en donde se muestra el sistema de control del llenado y descarga de la bomba flux.

La segunda etapa se comprende desde el NETWORK 8 al NETWORK 10, en donde se muestra la carga y descarga de los compresores hacia el acumulador. Esta etapa consta con un switch de dos posiciones, el cual permite elegir que compresor opera y cual no; sistema especial para hacer mantenimiento a cualquiera de los dos sin necesidad de detener el proceso.

La tercera parte se encuentra en el NETWORK 11, siendo una etapa que tiene dos propósitos, detener el proceso de forma normal y anormal. Se encuentran las botoneras de detención y además todas las protecciones térmicas de los motores.

La cuarta y última etapa del sistema de control, comprende desde el NETWORK 12 al NETWORK 20, en donde se encuentra el sistema de señalización de la Bomba Flux. Estas luces pilotos serán instaladas en el tablero de control y sobre un esquema arquitectónico de la Bomba Flux, permitiendo al operador visualizar todo el proceso, y detectar posibles fallas en el proceso sin tener que acudir a tener un PC conectado todo el tiempo para monitorear el sistema.

5.4.2. Tabla de símbolos del sistema de control

A continuación se enumeran todas las entradas y salidas que se utilizan en el PLC y en el módulo de expansión.

La CPU 224 consta de 14 entradas cuyas direcciones fluctúan desde I0.0 hasta I1.5, y el módulo de expansión EM 223, consta de 8 entradas cuyas direcciones fluctúan desde I2.0 hasta I2.7.

En cuanto a las salidas, la CPU 224 consta con 10 salidas, cuyas direcciones fluctúan desde Q0.0 hasta Q1.1, y el EM 223 consta de 8 salidas cuyas direcciones fluctúan desde Q2.0 hasta Q2.7.

Tabla 5-2: Entradas y salidas con su respectiva dirección

NOMBRE	DIRECCION	COMENTARIO
Start	I0.0	Inicio del Sistema
Stop	I0.1	Parada del Sistema
StopEmergency	I0.2	Parada de Emergencia
Sensor_Cap_1	I0.3	Sensor capacitivo n° 1 (límite esfera)
Sensor_Cap_2	I0.4	Sensor capacitivo n° 2 (cerrar EVA 1)
Sensor_Cap_3	I0.5	Sensor capacitivo n° 3 (cerrar EVA 2)
Sensor_Cap_4	I0.6	Sensor capacitivo n° 4 (abrir EVA 3)
Sensor_Cap_5	I0.7	Sensor capacitivo n° 5 (cerrar EVA 3)
Sensor_Cap_6	I1.0	Sensor capacitivo n° 6 (cerrar EVA 4)
Sensor_Cap_7	I1.1	Sensor capacitivo n° 7 (límite tolva)
Sensor_100PSI	I1.2	Sensor de presión SET ON 100 PSI (NO)
Sensor_20PSI	I1.3	Sensor de presión SET OFF 20 PSI (NC)
PT_Comp1	I1.4	Protección Térmica Compresor 1
PT_Comp2	I1.5	Protección Térmica Compresor 2
PT_Vent1	I2.0	Protección Térmica Ventilador Centri. 1
PT_MotVib	I2.1	Protección Térmica Moto Vibrador
Switch1	I2.2	Switch de selección de Compresores
Switch2	I2.3	Switch de selección de Compresores
Comp1	Q0.0	Compresor 1

Comp2	Q0.1	Compresor 2
EVA1	Q0.2	Electroválvula de entrada esfera
EVA2	Q0.3	Electroválvula de ventilación esfera
EVA3	Q0.4	Electroválvula de salida esfera
EVA4	Q0.5	Electroválvula de transporte
Vent1	Q0.6	Ventilador Centrífugo 1
MotVib	Q0.7	Moto Vibrador
Luz_Llenado	Q1.0	Luz indicadora de llenado de esfera
Luz_Vaciado	Q1.1	Luz indicadora de vaciado de esfera
Luz_SistemON	Q2.0	Luz de sistema en operación
Luz_SistemOFF	Q2.1	Luz de sistema detenido
Luz_100PSI	Q2.2	Luz indicadora de presión en 100PSI
Luz_20PSI	Q2.3	Luz indicadora de presión en 20PSI
Luz_PT	Q2.4	Luz indicadora de Falla OL en motor "x"
Luz_Limite_Tol	Q2.5	Luz tolva con capacidad completa
Luz_Limite_esf	Q2.6	Luz esfera con capacidad completa

5.4.3. Montaje del PLC

El PLC va montado en un riel DIN estándar (DIN 50 022), el PLC puede ir montado tanto en forma vertical como horizontal. Para el caso del módulo de ampliación, también va montado en el riel DIN, en donde se puede agrupar de manera de aprovechar el espacio disponible como se indica en la figura 5.2.

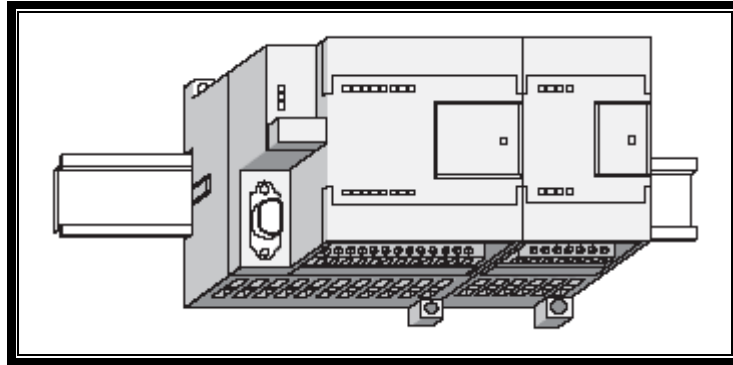


Figura 5-2: Montaje de CPU 224 y EM 223 en riel DIN

Para que se puedan traspasar información desde la CPU hasta el módulo de expansión, se deben comunicar mediante un cable o cinta de 10 pines.

Finalmente se deben instalar los componentes a controlar, el Anexo 2 (plano control), nos muestra todos los componentes y su respectiva conexión en el PLC. Se aconseja que para un mayor entendimiento se tenga presente la tabla de símbolos (Pág. 60) y el esquema de funcionamiento (Anexo 1).

5.5. CIRCUITO DE CONTROL PARA VENTILADOR TOLVA

El sistema de la bomba flux posee un sistema de control programado para la mayoría de los motores, sin embargo, el ventilador de la tolva de recepción tiene un circuito independiente, partida y parada en conexión D, esquema de conexión que se muestra en la siguiente figura:

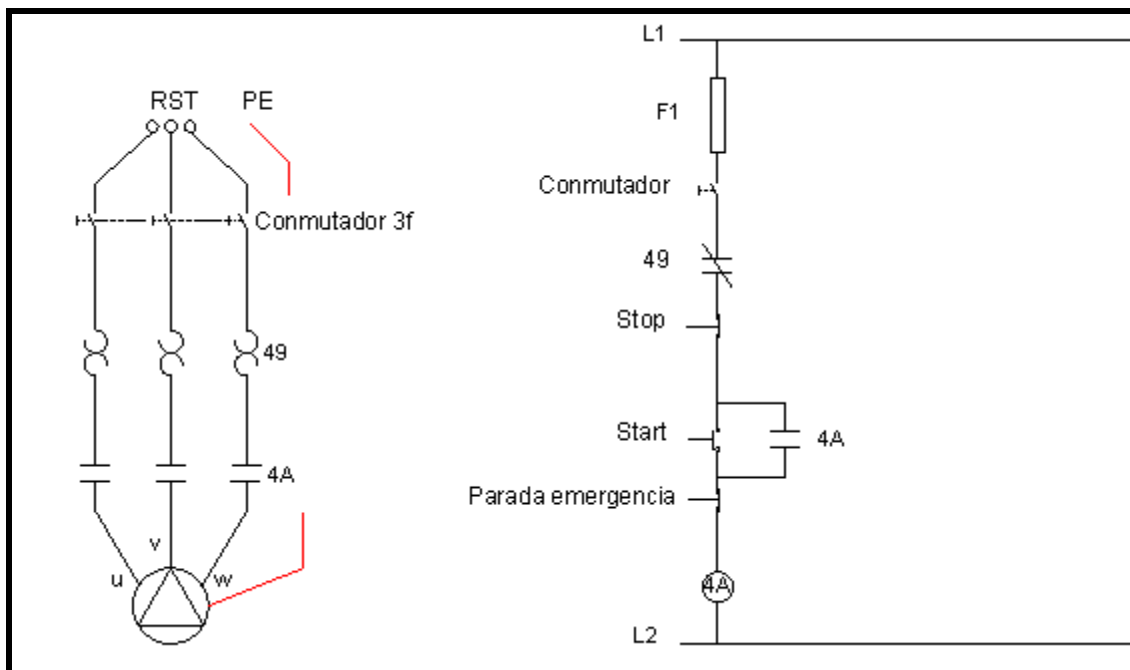


Figura 5-3: Circuito de Fuerza y Circuito de Control de ventilador tolva.

5.6. CIRCUITOS DE EMERGENCIA

Un objetivo que se establece, es el de la seguridad total, requisito fundamental para cualquier proceso que este regido bajo normas internacionales. El proceso de la Bomba Flux posee una parada de emergencia que detiene todo el proceso, y a la vez el ventilador de la tolva de recepción, también posee una parada de emergencia propia.

En cambio, los restantes motores que están sujetos a un control en base a un PLC, tienen un sistema distinto de parada de emergencia. Este tipo de parada se realiza mediante un selector o switch, que tiene la característica de interrumpir la corriente de alimentación de la bobina de los contactores cuando este un la posición de apertura.

Si bien, el proceso no se detiene, y el PLC sigue emitiendo señales a cada salida, en este caso los contactores de los restantes motores; no se energizarán las bobinas de los contactores hasta que la parada de emergencia sea repuesta a la posición cerrada.

Sin embargo, de debe tener presente lo siguiente, como política del proceso; la parada de emergencia debe ser utilizada única y exclusivamente en caso de emergencia, y debe ser notificada la falla al supervisor correspondiente para así poder mejorar y corregir los procedimientos.

La razón de esta política es simple, no se puede activar la parada de emergencia por cualquier otra situación, puesto que altera el proceso y podría ocasionar pérdidas significativas.

El esquema de conexión se muestra en la siguiente figura:

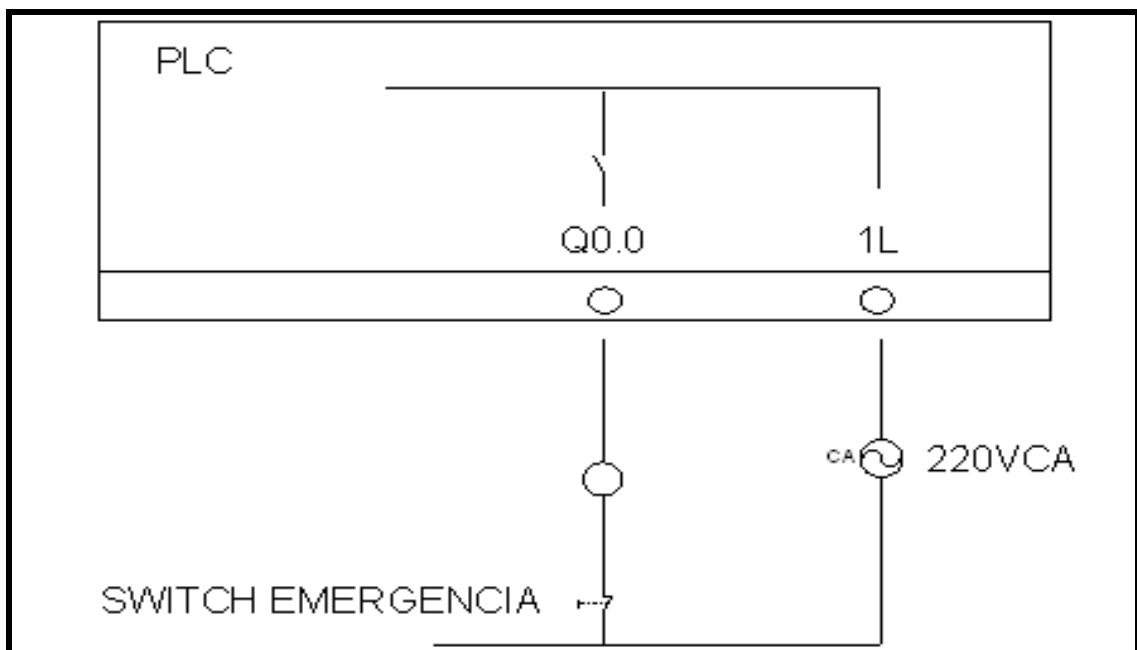


Figura 5-4: Esquema de conexión de switch de emergencia para compresores, ventilador 1 y motovibrador.

El selector o switch de emergencia se encuentra en serie con la salida Q0.0, que serán las bobinas de los contactores de los motores restantes.

CAPITULO 6: CÁLCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES

6. CÁLCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES

6.1. SISTEMA DE ALIMENTACION DE BOMBA FLUX

Se dispone a implantar un nuevo CCM que constará con todos los elementos de control y protección de los motores que componen la Bomba Flux. La alimentación de este CCM, se lleva a cabo desde la SS/EE B, sección N° 2, a una tensión de 44KV, estos conductores tienen una canalización subterránea mediante escalerillas porta conductores ubicados en los túneles.

Se debe tener en cuenta que la SS/EE más cercana a la Bomba Flux es la N° 3. Desde la SS/EE B llega a la SS/EE N° 3, en donde un transformador de 250 KVA, reduce de 44KV a 550V.

El transformador alimenta una barra de 550V, de donde se procederá a realizar un nuevo arranque para el proceso, por lo tanto, en el desarrollo de los cálculos para este nuevo CCM, se tendrá en cuenta que el alimentador principal del CCM, será conectado a la barra de 550V.

También se debe tener en cuenta que se debe alimentar a 3 motores de 220/380V, por lo tanto deberá existir un transformador de 550/380V.

Como se aclaró en capítulos anteriores este proyecto contempla el uso de dos compresores, uno principal y otro auxiliar el cual funcionará en caso de emergencia o mantención del compresor principal, conectados a la barra de 550 v, estos compresores para su protección contemplan el uso de un interruptor de cuchillas; en caso de mantención o reparación de estos, una protección termo magnética y un guardamotor. Desde esta misma barra se alimentará un transformador de 10Kva 550/380v el cual alimentará los tres motores restantes del proceso como son 2 ventiladores centrífugos y un moto vibrador cuyas características se detallan en el capítulo de especificaciones técnicas. Estos motores contemplan el uso

para su protección, de una protección termo magnética, un diferencial y un guardamotor cada uno de ellos; los que se detallan con mayor claridad en el diagrama unifilar representado en el Anexo 3.

Los cálculos para determinar las protecciones del proceso se basan en las normas chilenas eléctricas NCH ELEC. 4-84.

6.2. DISEÑO DEL CCM

Esencialmente es un tablero que tiene dispositivos de control de los motores (partida - parada) y las protecciones respectivas. La ventaja que posee, es que permite alejar los centros de control de los lugares peligrosos, facilitar el mantenimiento de las máquinas y centralizar los controles.

6.2.1. Lista de motores a considerar

Tabla 6-1: Compresores GA55W.

Potencia motor	KW	63.7
Frecuencia	HZ	50
Tensión	V	550
In	A	83,5
Forma de arranque		Y/D
Cosφ		0.8

Tabla 6-2: Ventiladores N° 1 y 2

Potencia motor	HP	3
Frecuencia	HZ	50
Tensión	V	380
In	A	4
Forma de partida		D
Cosφ		0.86

Tabla 6-3: Motovibrador

Potencia motor	HP	3
Frecuencia	HZ	50
Tensión	V	380
In	A	4
Forma de partida		D
Cosφ		0.86

6.2.2. Dimensiones y Características

El centro de control de motores debe exigir una perfecta seguridad para los operadores y en donde se desea asegurar máxima continuidad de servicio. El CCM de ROCKING™ es modular y posee argollas de suspensión que permiten el transporte por columna o conjuntos acoplados. Posee un sistema de aislantes y obturadores para barra de cobre (pivote) de 1/4" x 1 1/2" con ángulos arredondados de 3 mm. Los obturadores efectúan la protección cuando el cajón se encuentra fuera. Permite intercalar cajones fijos y extraíbles.

Resumen de características:

- Cajones extraíbles con 3 posiciones: posición extraída, posición de ensayo y posición de operación.

- Soporte para montaje de micro llave en el cajón.
- Estructura, base del CCM, divisiones y base del cajón en chapa con 2,65 mm de espesor.
- Tapas y puertas en chapa 1,9 de espesor.
- Placas de montaje hasta 600mm en chapa 1,9mm; arriba de 600mm en chapa 2,65mm de espesor.
- Cajones, placas de montaje, reglas de amarradura de los cables y regla de bornes.
- Rieles de los cajones bicromatizados.
- Grado de protección IP54
- Corriente de trabajo nominal máx. de 250A. (garras de fuerza de entrada y salida)
- Abertura de las puertas con ángulo de 180°.
- Máximo de 9 cajones de 200mm por columna.
- Acompañan por columna 1 regla de bornes y una regla para amarradura de cables montados en el compartimiento de cables.

Dimensiones CCM:

- Alto: 2300 mm
- Ancho: 750 mm
- Espesor: 500 mm
- Número máx. de cajones:
9 x 200 mm = 1800 mm

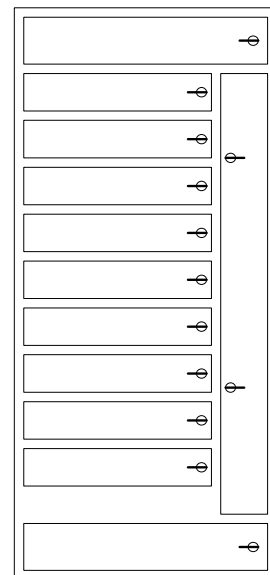


Figura 6-1: Dimensiones CCM

Las conexiones del CCM están dispuestas de tal forma de conectar, después de la protección principal, unas barras de cobre electrolítico en la barra superior, y las conexiones en la parte inferior.

Los arrancadores, interruptores termo magnéticos y guarda motores se realizan en el cálculo posterior.

6.3. CÁLCULOS DE PROTECCIONES DE CIRCUITOS DERIVADOS

- **COMPRESORES:**

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi \times \sqrt{3}} = \frac{63,7 \text{ KW}}{550 \times 0,8 \times \sqrt{3}} = 83,58 \text{ A}$$

La corriente de arranque especificada por el fabricante es de 3,5 veces la I_n :

$$I_{arr} = I_n \times 3,5 = 83,58 \times 3,5 = 292,53 \text{ A}$$

Protección termomagnética: **3 x 300 A**, Tipo LAL/LHL marca SQUARE D, Capacidad de ruptura 30 KA a 480v.

Para realizar una mantención segura, deben existir interruptores de cuchillas o interruptores seccionadores:

$$I_{secc} = 1,15 \times I_n = 1,15 \times 83,5 = 96 \text{ A}$$

El interruptor seccionador será de marca Merlin Gerin, modelo Interpact INS 100 A, con una tensión de trabajo de 690V, posee bloqueo con candado estándar.

En cuanto a la sobrecarga, la norma en el punto 12.3.1.2, establece que la regulación térmica no debe ser regulado a no más de 1,25 veces la corriente nominal del

motor, por lo tanto se reguló a un 15% más de la corriente nominal.

$$\text{Rele de sobrecarga} = I_n \times 1,15 = 83,5 \times 1,15 = 96A$$

Tipo: Motor Logic 3 polos, 600Vac máximo, regulación **45-135 A.**

- **VENTILDORES N°1-2 Y MOTOVIBRADOR:**

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos \varphi \times \sqrt{3}} = \frac{2,24KW}{380 \times 0,8 \times \sqrt{3}} = 3,96A$$

Según norma, en el punto 12.3.2.2, se establece que la capacidad nominal de las protecciones de cortocircuito de un motor, estará comprendida entre 1,5 y 3 veces la I_n , se estableció 2 veces la I_n :

$$I_{arr} = I_n \times 2 = 3,96 \times 2 = 7,92A$$

Protección termo magnética: **3 x 10 A**, Tipo DXtmD marca Legrand, Capacidad de ruptura 15 Ka

En cuanto a la sobrecarga, se tomó en consideración un 15% de sobrecarga para los motores, por lo tanto:

$$\text{Rele de sobrecarga: } I_n \times 1,15 = 3,96 \times 1,15 = 4,6A$$

Tipo Legrand, tripolar poder de ruptura 400/415v, regulación **2,5 a 4 A.**

A la vez se considera un protector diferencial por cada motor, de 3 x 25 A, 30 mA.

6.4. CÁLCULO DE ALIMENTADORES DE CIRCUITOS DERIVADOS

- COMPRESORES:

Para el dimensionamiento de los conductores, según norma, en el punto 12.2.2, se establece que la sección de los conductores que alimenten a un motor de régimen permanente será tal que asegure una capacidad de transporte por lo menos igual a 1,25 veces la corriente nominal del motor.

$$I_{cond} = 1,25 \times I_n = 1,25 \times 83,58 = 104,5A$$

Según tabla norma eléctrica 12.26 se debe aplicar un factor de dimensionamiento de conductor para régimen no permanente, siendo este de un valor 0.85 correspondiente a un régimen intermitente, puesto que los compresores funcionan de manera intermitente.

$$I_{cond} = 104,5 \times 0,85 = 88,8A$$

El conductor a utilizar será del tipo RHW, 75° C de un calibre de 3 AWG. Se utilizó este tipo de conductor, ya que posee una aislación de goma resistente a las condiciones de humedad y alta temperatura.

VENTILADOR N°1-2 Y MOTOVIBRADOR:

Tomando en consideración los puntos anteriores, se tiene:

$$I_{cond} = 1,25 \times I_n = 1,25 \times 3,96 = 4,95A$$

El conductor a utilizar será del tipo THW, 60° C, calibre 14 AWG. Este conductor posee aislación de PVC resistente a la humedad.

No se aplica el factor de régimen no permanente, puesto que el valor mínimo para dimensionar de acuerdo a la corriente permisible es de 15 A, por lo tanto no es factible aplicar el factor dada la poca potencia de estos motores.

6.5. CÁLCULO DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES PRINCIPALES

Para el cálculo de la protección del alimentador principal, se debe considerar la corriente de arranque del motor mayor, más la suma de las corrientes a plena carga de los otros motores.

$$I_{prot} = I_{arr}(\text{motor mayor}) + \sum I_n(\text{otros motores}) + I_{cargas futuras} = 292,53 + 8,3 + 7 = 307,83A$$

Nota: Se determinó adicionar al cálculo un valor de corrientes futuras en el caso de necesitar implementar otro motor o consumo dentro de este proceso, siendo este de un valor del 8% del valor de corrientes nominales que consumen los motores que contempla la bomba Flux en su principio.

Según este valor se deberá utilizar una protección termo magnética de **3 x 320 A**, esta protección ser del tipo DPX400PR marca LEGRAND tripolar con una regulación térmica de 256-320 A. a 400/ 415v.

Según norma, en el punto 12.2.5, se establece que la sección de los conductores que alimenten a un grupo de motores de régimen permanente será tal que asegure una capacidad de transporte como mínimo igual a 1,25 veces la corriente nominal del motor mayor, más la suma de las corrientes a plena carga del resto de los motores.

$$I_a = 1,25 \times I_n(\text{motor mayor}) + \sum I_n(\text{otros motores}) + I_{cargas futuras} = 1,25 \times 83,58 + 8,3 + 7 = 119,78A$$

* Este valor de corriente es la suma de las I_n de los motores que trabajan a 380v, estos valores fueron referidos al primario del transformador de 550/380v.

Según este valor, el conductor adecuado para este alimentador será del tipo RHW, 75° C de un calibre de 1 AWG.

6.6. CÁLCULOS DE PROTECCIONES Y ALIMENTADORES AUXILIARES

La ubicación de este conductor es desde la barra de 380 V, hasta la conexión con el lado secundario del transformador (380V).

$$I_{protN^{\circ}3} = I_{arr}(\text{motor mayor}) + \sum I_n(\text{otros motores}) + I_{cargas futuras} = 7,96 + 7,92 + 7 = 20,88A$$

Según este valor la protección deberá ser de una capacidad de **3 x 25A**. Esta será del tipo DPX125 Legrand, 380v nominales, con un capacidad de ruptura de 36 KA.

La corriente por el alimentador será:

$$I_a = 1,25 \times I_n(\text{motor mayor}) + \sum I_n(\text{otros motores}) + I_{cargas futuras} = 1,25 \times 3,96 + 7,92 + 7 = 19,87A$$

El conductor adecuado par este alimentador será del tipo THW, 75° C, calibre 12 AWG.

La protección N° 2, se encuentra desde el lado primario del transformador (550V), hasta la barra de 550V.

$$I_{protN^{\circ}2} = [I_{arr}(\text{motor mayor}) + \sum I_n(\text{otros motores}) + I_{cargas futuras}] \div 1,44^* = [7,96 + 7,92 + 7] \div 1,44 = 14,5A$$

Según este valor la protección deberá ser de una capacidad de 3 x 15 A. esta será del tipo SQUARE D, 600v nominales, con una capacidad de ruptura de 25 KA a 480 v.

$$I_a = [1,25 \times I_n(\text{motor mayor}) + \sum I_n(\text{otros motores}) + I_{\text{cargas futuras}}] \div 1,44^*$$

* Se aplica este factor debido a que los valores de corriente deben ser referidos a lado de alta tensión del transformador, cuya razón de transformación es de 1.44 (550/380V).

$$I_a = [1,25 \times 3,96 + 7,92 + 7] \div 1,44 = 13,79A$$

El conductor adecuado para este alimentador será del tipo THW, 75° C, calibre 14 AWG.

6.7. CÁLCULO DE CORRIENTES DE FALLA

El cálculo de la corriente de cortocircuito se puede hacer por diferentes métodos matemáticos. El problema que presenta este tipo de resolución, es que se necesitan muchos datos o información. El método que se desea aplicar es más bien con fines prácticos en instalaciones de tipo industrial.

Estos tipos de cálculos presentan la ventaja de ser bastante simples y aproximados, desde luego no son tan exactos como los teóricos, pero dan una idea de la magnitud de las corrientes de cortocircuito.

Para los fines de cálculos, se considera que la falla pueda ser la más severa posible, es decir la que produce los daños más fuertes.

De los elementos que contribuyen a la corriente de cortocircuito son la red de alimentación y la carga local de motores que se tiene en la industria. Un cortocircuito interrumpe el suministro de potencia a los motores y los motores se tienen a frenar y finalmente parar, sin embargo,

debido a su inercia, el campo magnético giratorio del rotor hace que los motores actúen como generadores temporales y alimentan la corriente de cortocircuito hasta que paran. Es decir:

$$I_{tcc} = I_{sc} + I_{mcc}$$

I_{tcc} = Corriente total de corto circuito en el punto de falla.

I_{sc} = Corriente de cortocircuito que alimenta la red o sistema de alimentación a baja tensión.

I_{mcc} = Corriente de cortocircuito con que contribuyen los motores.

En la práctica la contribución de los motores a la corriente de cortocircuito se toma aproximadamente como cinco veces la suma de las corrientes a plena carga de los motores estén operando o no. Es decir:

$$I_{mcc} = 5 \times (\sum I_n \text{ de todos los motores})$$

6.7.1. Cálculo de corriente de cortocircuito y nivel de ruptura

En la SS/EE N° 3 se cuenta como dato que la corriente de cortocircuito en la barra de 550V es de 24KA aproximadamente. Dato proporcionado por ente interno de la Empresa. Desde la SS/EE al lugar físico en donde se implementará el sistema existen 15 m de separación.

El sistema de la BOMBA FLUX cuenta con los siguientes motores:

- 3 motores ind. de 3HP, $I_{pc} = 4 \text{ A}$
- 2 motores ind. de 63,7KW (85HP app), $I_{pc} = 83,58 \text{ A}$

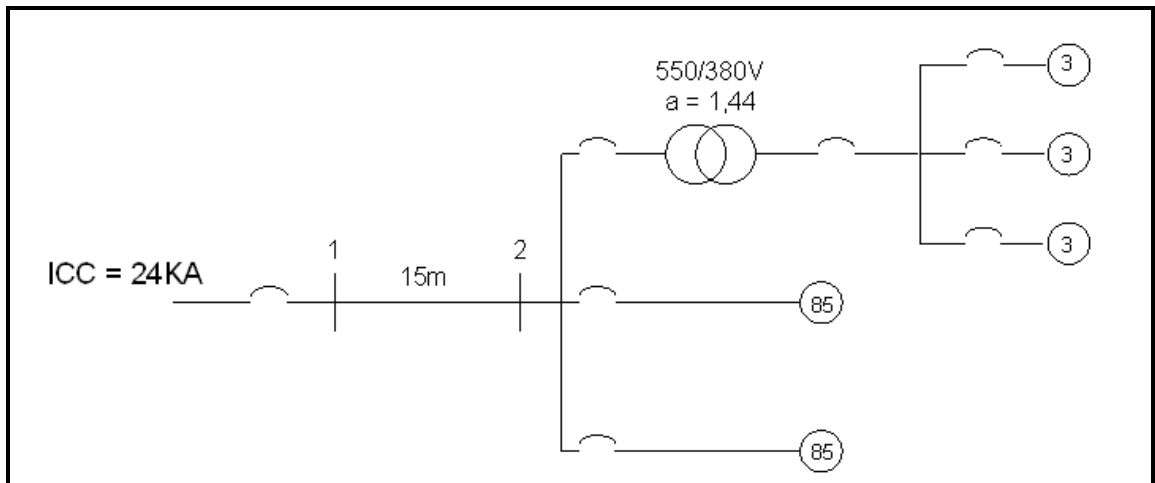


Figura 6-2: Esquema para el cálculo de Corriente de cortocircuito.

En el diagrama anterior se observan todos los dispositivos de protección (interruptores termo magnéticos). Para saber la capacidad de ruptura de éstos, se realizan tres puntos de falla que se analizan a continuación.

Falla en punto 1:

Para este punto se debe considerar el aporte de los motores a la falla, por lo tanto la corriente de corto circuito será:

$$I_{tcc} = I_{scc} + I_{mcc}$$

Para efecto del cálculo del aporte de los motores, se deben tener todos los motores trabajando a una misma tensión, sin embargo, se tienen motores que trabajan a 380V y otros a 550V. Pero si se orienta a términos de potencia, se supondrá que estos 3 motores que trabajan a 380V se convertirán, solo por efecto de cálculo, en un motor que trabaje a 550V:

Se tienen 3 motores de 3HP, cuyo $I_{pc} = 4$ A, la corriente total absorbida por todos será de $= 3 \times 4 = 12$

Transformando 12 A al lado de alta del transformador, se tiene:

$$I_{\text{primario}} = 12 \div 1,44 = 8,3A$$

Entonces, en términos de potencia son lo mismo:

$$1 \text{ motor a } 550V, I_{\text{pc}} = 8,3 \text{ A}, S = 550 \times 8,3 = 4,5KVA$$

$$3 \text{ motores a } 380V, \Sigma I_{\text{pc}} = 12 \text{ A}, S = 380 \times 12 = 4,5KVA$$

La corriente de cortocircuito de los motores, será:

$$I_{\text{ccm}} = 5 \times \Sigma(83,58 + 8,3) = 459A$$

Se considera un solo compresor, puesto que el otro es de respaldo y siempre funcionará uno de los dos.

Por lo tanto, la corriente de cortocircuito total será:

$$I_{\text{cct}} = I_{\text{ccs}} + I_{\text{ccm}} = 24K + 0,45K = 24,5KA$$

Entonces se debe implantar una protección que tenga una capacidad de ruptura mayor a este valor, por ende se tiene que la protección principal tendrá una capacidad de ruptura de **35KA a 415V**.

Falla en punto 2:

Para este punto se debe considerar el aporte de los motores a la falla, la impedancia de la línea y la corriente de cortocircuito de la alimentación:

Se tiene un alimentador principal RHW 75° C 2AWG, con un largo de 15m. La sección 2AWG corresponde a 33,69 mm².

$$Z_{\text{cond}} = (9 \times l) \div S$$

Siendo: ρ = resistividad específica, cobre 0,017

L = largo del conductor

S = sección del conductor

$$Z_{cond} = (\rho \times l) \div S = (0,017 \times 15) \div 33,69 = 0,0075\Omega$$

Para el cálculo de la I_{ccs} , se considera la impedancia de la línea.

$$I_{ccs} = \frac{V_s}{(Z_{sist} + Z_{cond}) \times \sqrt{3}}$$

La impedancia del sistema se obtiene de la siguiente forma:

$$S_{ccsist} = \sqrt{3} \cdot V_l \cdot I_{cc} = \sqrt{3} \cdot 550 \cdot 24KA = 22,86MVA$$

$$Z_{sist} = \frac{V_s^2}{S_{cc}} = \frac{550^2}{22,86MVA} = 0,013\Omega$$

$$Z_{total} = 0,013 + 0,0075 = 0,02\Omega$$

$$I_{ccs} = \frac{V_s}{Z_{total} \times \sqrt{3}} = \frac{550}{0,02 \times \sqrt{3}} = 15,87KA$$

La Corriente de cortocircuito total será:

$$I_{cct} = I_{ccs} + I_{ccm} = 15,87K + 0,45K = 16,32KA$$

Entonces se debe implantar una protección que tenga una capacidad de ruptura mayor a este valor, por ende se tiene que la protección principal tendrá una capacidad de ruptura de **35KA a 415V**. A la vez, esta corriente de cortocircuito se presenta en la protección del lado primario del transformador y en las protecciones de los compresores. Siendo el nivel de ruptura de **25KA** en el transformador y **30KA** en los compresores, ambos cumplen los requisitos.

CAPITULO 7: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA FLUX Y
COMPRESORES

7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBA FLUX Y COMPRESORES

7.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LOS COMPRESORES ESPECIFICADO POR EL FABRICANTE

En este capítulo se analizará la mantención a realizar a los compresores basado en el manual de mantenimiento entregada por el fabricante del equipo de tal manera de obtener una máxima eficiencia y rendimiento en su funcionamiento.

Antes de realizar cualquier mantención o reparación al compresor se deberá apagar el compresor por completo, este período tarda 30 segundos aproximadamente; además se deberá desconectar de las líneas de alimentación de energía eléctrica. Una vez realizado este paso se procede a cerrar la válvula de salida de aire y abrir la válvula de drenaje manual.

En todo este proceso se deben tener en cuenta todas las normas de seguridad tanto para el personal encargado de la mantención como también del equipo.

En las siguientes tablas se detallará más claramente todo el proceso de mantención, como son sus periodos y acciones a seguir en cada caso y los planes de servicios recomendados en el manual de mantenimiento.

7.1.1. Programa de mantenimiento preventivo:

Tabla 7-1: Programación del mantenimiento preventivo

Periodo	acción	Notas
Diariamente	Compruebe el nivel de aceite	-
"	Compruebe que se descarga condensado durante la carga	-
"	Compruebe el indicador de servicio del filtro de aire	-
"	Compruebe las indicaciones en el display	-
"	Compruebe el flujo de agua de refrigeración.	-
"	Purge el condensado	-
Cada 3 meses	Compruebe los refrigeradores y condensador del secador, limpiar si es preciso.	-
"	Quite el elemento del filtro de aire, limpiar con chorro de aire y revisar.	1

7.1.2. Planes de servicio:

Tabla 7-2: Planes de servicio

Horas de marcha	Acción	Notas	Plan de servicio
4000	Si se utiliza Roto-inject fluid de Atlas Copco cambie aceite y reemplace el filtro de aceite.	2y4	A
1000	Cambiar aceite y reemplazar filtro de aceite.	2,3y4	A

5000	Compruebe las lecturas de presión y temperatura.	-	B
	Lleve a cabo una prueba de los Led del Display.	7	B
	Compruebe si hay fugas de aire, aceite o agua.	6	B
	Reemplace el elemento filtrante de aire.	2	B
	Quite, desmonte y limpie la válvula del flotador del colector de condensado.	-	B
	Reengrase los cojinetes del motor de accionamiento.		
	Pruebe la función de parada de temperatura.	-	B
	Pruebe la válvula de seguridad.	8	B
8000	Reemplace el separador de aceite.	5	C

Notas:

- 1.** Más a menudo si se trabaja en un ambiente polvoriento.
- 2.** Reemplace elementos dañados o contaminados.
- 3.** Utilizar filtros originales de ATLAS COPCO.
- 4.** El intervalo para el plan de servicio A debe reducirse al intervalo mencionado si se usa aceite mineral.
- 5.** Aceite recomendado: Atlas copco Roto-inject fluid. Consulte a Atlas Copco por lo tocante al intervalo de cambio en condiciones extremas de temperatura, humedad o aire de refrigeración.
- 6.** O si la caída de presión sobre el separador excede 1 Bar. Compruebe la caída de presión con el compresor trabajando en carga y preferiblemente, con una presión de trabajo estable.
- 7.** Una fuga eventual debe repararse inmediatamente. Hay que sustituir tuberías o juntas flexibles dañadas.

8. Deberá realizarse una prueba manual de operación de los led indicadores.

9. Reduzca a los ajustes mínimos el nivel de aviso de parada y el nivel de parada para la temperatura de salida del elemento compresor. Haga marchar el compresor: la unidad debe detenerse al alcanzar el ajuste. Después reposicione los avisos y paradas a su valores originales.

7.1.2.1. Tipos de planes de servicio:

Plan de servicio A	4000 horas de funcionamiento.
Plan de servicio B	5000 horas de funcionamiento.
Plan de servicio C	8000 horas de funcionamiento.

7.2. PLAN DE MANTENCION DE LA BOMBA FLUX

El mantenimiento de la BOMBA FLUX contempla tres puntos importantes, los cuales se indicarán a continuación.

7.2.1. Mantenimiento preventivo:

Trabajos a realizar antes de las reparaciones mismas (tanto planeadas como imprevistas) y cuyo objeto es de mantener la máquina o el equipo en un estado lo suficientemente bueno para poder reducir:

- Paros en marcha (no planeados)
- Averías.
- Desgaste anormal.

Trabajos que normalmente son efectuados por el equipo de personal dedicado al mantenimiento preventivo de la empresa.

A continuación se especifica en la tabla los trabajos que contempla este punto:

Tabla 7-3: Lista de trabajos con su periodicidad

Elemento	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Bomba flux		M		2A		
Sensores				2A		
Válvula de entrada			2A			
Aparato engrasador de neblina	2 ^a			M		
Calderón de aire		M				
Filtro de aire		M				
Válvula de cierre / separador de agua		M				

7.2.2. Texto explicativo:

- 0.1 Lubricación
- 0.2 Limpieza
- 0.3 Inspección y ajustes
- 0.4 Control de estado
- 0.5 Sustitución
- 0.6 Prueba de la función.

Una cifra delante de la letra indica la frecuencia del procedimiento. Ej.: 2M = dos veces al mes.

Definición de cada una de los trabajos a realizar especificados anteriormente.

Lubricación: En este punto se deberá observar la clase y tipo de lubricante recomendado por el fabricante.

- Aparato engrasador de neblina: se deberá controlar el nivel de aceite y rellenar si hace falta.

Limpieza:

- Bomba Flux: limpiar la maquina y sus alrededores.

- Calderin de aire: vaciar el calderin de aire para eliminar agua condensada
- Filtro de aire: desmontar el filtro y limpiar el cartucho filtrante.
- Válvula de cierre/ separador de agua: limpiar el separador de agua.

Inspección y ajuste:

- Válvula de entrada: quitar la trampa de inspección y controlar las partes de la válvula. El asiento y el cono deben estar intactos, lisos y elásticos.

OBSERVAR: La menor fuga será motivo para realizar una sustitución, ya que la limpieza por chorro de arena servirá para agrandar la fuga muy rápidamente y de ese modo estropear el funcionamiento de la válvula.

- Válvula de ventilación: Abrir el grifo de control y controlar que la válvula cierre herméticamente durante el vaciado. No debe haber escape de aire ya que esto significa que la válvula es permeable.

OBSERVAR: La menor fuga será motivo para realizar una sustitución ya que la limpieza por chorro de arena servirá muy rápidamente para estropear el funcionamiento de la válvula.

Control de estado:

- Bomba Flux: Controlar que todas las juntas sean herméticas.
- Aparato engrasador de neblina: Controlar que el aparato engrasador de neblina funcione correctamente.
- Sensores: Verificar el normal funcionamiento, es decir, que emite el puso o señal hacia el comando automático de la bomba flux.

- Moto-vibradores: Controlar el valor de ajuste de vibración hasta el valor normal de funcionamiento.
- Válvula de registro. Controlar que la válvula de registro funcione correctamente.

1.- Prueba de la función:

- Válvula de seguridad. Desmontar la válvula de seguridad y comprobar si abre correctamente, antes de haber alcanzado la presión de servicio máxima a la que el recipiente ha sido aprobado según el letrero y el certificado.

2.- Fallas y sus remedios: Localización de las causas de irregularidades durante la marcha.

Remedios: Trabajos de reparación que normalmente son efectuados por el equipo de reparaciones de la fábrica.

3.- Trabajos relacionados:

- Trabajos a hacer en el taller. colocación y desmontajes de andamios, aparejos, etc.
- Transporte.

CAPITULO 8: ANÁLISIS PRESUPUESTARIO

8. ANÁLISIS PRESUPUESTARIO

8.1. PRESUPUESTO ESTIMATIVO

El proyecto consta con un presupuesto de los equipos y componentes principales del proceso. El proyecto consta con diversos componentes, tanto en protecciones y comando, de los cuales se considerarán sólo los más influyentes en el aspecto económico. Entre éstos, se destacan en la siguiente tabla.

Tabla 8-1: Lista de precios.

COMPONENTE	CANT.	COSTO UNIT.+ IVA	COSTO TOTAL.+ IVA
Compresores GA55W Accesorios: Presostato, acumulador, etc.	2	\$ 5.350.240	\$ 10.700.480
Motovibrador Inox	1	\$ 154.216	\$ 154.216
Sensores Cap. Allen Bradley	7	\$ 188.520	\$ 188.520
Sensor de presión OMRON	1	\$ 420.995	\$ 420.995
Ventiladores centrífugos	2	\$ 750.000	\$ 1.500.000
PLC Siemens S7- 200,CPU y EM	1	\$ 850.000	\$ 850.000
SUBTOTAL			\$ 14.945.331
Protecciones termomagnéticas			

Square D, tipo LAL/LHL 3x300A, 30 KA a 480V	2	\$ 399.526	\$ 799.052
Legrand, tripolar 3x25A, 600VCA 25KA a 480VCA	1	\$ 145.827	\$ 145.827
Legrand, tipo DPX 125 3x16A a 380VCA, 36KA	1	\$ 137.827	\$ 137.827
SUBTOTAL			\$ 1.082.706
Relés Térmicos			
Square D, motor logic 45 - 135 A, 600VCA	2	\$ 96.485	\$ 192.970
Legrand, Guardamotor tripolar 400/415V 2,5 - 4 ^a .	3	\$ 24.415	\$ 73.245
SUBTOTAL			\$266.215
Protecciones diferenciales			
Legrand, tipo DPX 250 4x25A, 30mA	3	\$ 43.977	\$ 131.931
SUBTOTAL			\$131.931
Desconectadores			
INS80 3x100A	2	\$ 75.149	\$ 75.149
Fusibles 100A	6	\$ 6.664	\$ 39.984
SUBTOTAL			\$115.133
Contactores			
Square D, Bob 220VCA 100 HP, 3x135A, 600VCA	2	\$ 250.500	\$ 501.000
Square D, Bob 220VCA 5 HP, 3x18A, 600VCA	3	\$ 35.040	\$ 105.120

	SUBTOTAL	\$606.120
Mano de obra	* Ver nota	\$3.450.000
	TOTAL	\$ 20.597.436
Imprevistos	4% del total	\$ 823.897
	TOTAL PROYECTO	\$ 21.421.333

Nota : Además del costo de los equipos, se considera el costo de la mano de obra, la cual se detalla a continuación:

1. Ingeniero Eléctrico : \$ 2.750 x hora.
2. Técnico Eléctrico : \$ 1.750 x hora.
3. Técnico Mecánico : \$ 1.750 x hora.

Tomando en cuenta que trabajaran 8 horas diarias y el proyecto tendrá una duración de 75 días para su ejecución y puesta en marcha, el costo total que involucra el proyecto por concepto de mano de obra es de \$ 3.450.000 pesos.

Esta inversión se recuperará tomando como base las ton/días que se enviarán hacia los silos del sector granel y despacharán desde la envasadora N° 1 de la planta industrial.

El proceso de la bomba Fuller es capaz de enviar 131 ton/h aproximadamente, si de 1 tonelada se envasan 24 sacos de 42,5K, y cada saco tiene un valor a precio de costo de \$2100. La Bomba Fuller es capaz de producir 3144 sacos/h, teniendo un ingreso neto de \$6.602.400 por hora, lo que equivale a \$158.457.600 por día.

El nuevo sistema de la bomba Flux, su esfera de almacenamiento tiene una capacidad de 11 ton, y cada disparo, envío de cemento hacia los silos, tiene una duración de 5 min entre disparo y disparo. Ésta es capaz de realizar 12 disparos/h equivalente a 132 ton/h. En total, es capaz de producir 3168 sacos/h, teniendo un ingreso neto

de \$6.652.800 por hora, lo que equivale a \$159.667.200 por día.

El análisis refleja un crecimiento porcentual de la producción de un **0,76%** por día. Si este porcentaje se traduce a un valor real se obtendrá \$1.209.600 al día.

Estimando un costo total del proyecto a unos \$ 25.000.000 aproximadamente (agregando materiales Y equipos restantes). El valor de este proyecto será recuperado en aproximadamente 1 mes desde su implementación, teniendo en cuenta que la producción en la planta se realiza en forma continua (365 días al año).

CONCLUSIONES

Hoy en día es vital que todo proceso productivo posea dos grandes características, que sea seguro y confiable. Antiguamente se disponía de circuitos de control cableado que si bien poseen la ventaja de ser económicos, no aseguran que el proceso sea continuo y seguro.

La Bomba Fuller poseía un sistema de transporte muy ineficiente, mecánico y con muchos años de servicio. De ahí nace la idea de innovar el sistema, hacerlo más eficiente con el sólo hecho de mejorar una tarea de control.

Se implementó un control basado en programadores lógicos, que brindan seguridad total en el proceso, son extremadamente eficientes y aseguran un concepto de falla casi nulo. La Bomba Flux proporciona un aumento considerable de la producción versus tiempo, brinda seguridad y protege el medio ambiente.

La Bomba Flux posee también un plan de mantención, que asegura que el proceso sea totalmente automático y que se posea el respaldo de una mantención bien desarrollada, tarea que se realiza conjuntamente con las especificaciones del fabricante.

El proyecto tuvo una sola senda, la idea del siglo XXI, un proceso automático y confiable para el operador, que trascienda en el aumento de la producción al menor costo posible.

BIBLIOGRAFIA

- NORMAS ELÉCTRICAS ALTA Y BAJA TENSIÓN Y LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. Carlos A. González. Edición 2003. Ediciones Publiley. Editora Jurídica Manuel Montt. NCH 4-84.
- CATALOGO SQUARE D, DISTRIBUCIÓN ELECTRICA Y CONTROL INDUSTRIAL. Edición 2003/04. Schneider Electric Chile S.A.
- CATALOGO LEGRAND, SISTEMAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS Y REDES INFORMATICAS. Edición 2003/04.
- ELEMENTOS DE DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES. Gilberto Enríquez H.; Limusa Noriega Editores. Código Biblioteca 621.31 E59. N° inventario Biblioteca 21117.

PAGINAS DE INTERNET

- SIEMENS CHILE S.A. www.siemens.cl
- OMRON www.omron.com
- ALLEN BRADLEY www.ab.com/sensors
- COTIZACION EMPRESA DARTEL www.dartel.cl

ANEXOS

ANEXO A: PLC SIEMENS

Controladores lógicos programables (PLC)

Los PLC, también llamados autómatas programables (figura A1), forman parte de la familia de los ordenadores. Éstos se usan en aplicaciones comerciales e industriales. Un autómata monitoriza las entradas, toma decisiones basadas en su programa, y controla las salidas para automatizar un proceso o máquina. Existen gran variedad de marcas como también de precios, puesto que cada PLC es diseñado para labores complejas o rutinarias. También se debe tener en cuenta que cada PLC tiene un número de entradas y salidas dados por el modelo de CPU, y también el número de temporizadores, contadores, etc. Dependen del tipo de CPU que se utilice.

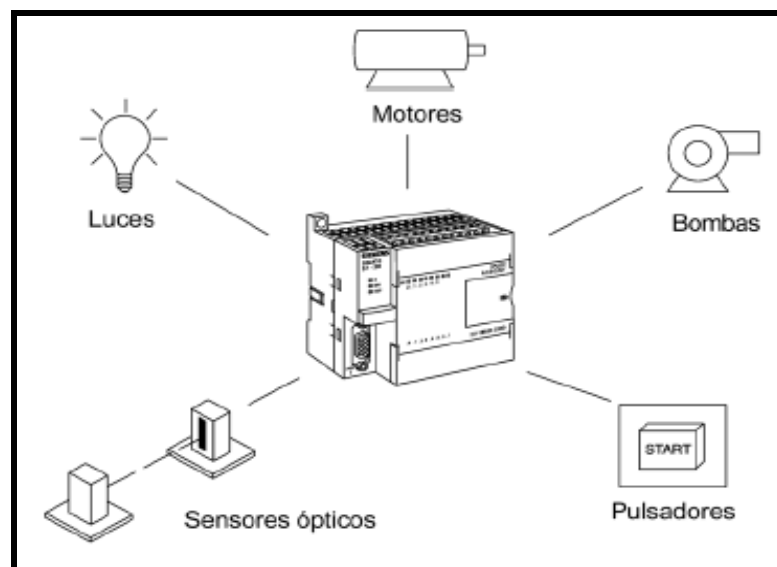


Figura A-1: PLC con tipos de entrada y salidas a controlar

Funcionamiento Básico

Un autómata programable consiste en módulos de entradas, una CPU, y módulos de salidas. Una entrada acepta una gran

variedad de señales analógicas o digitales de varios dispositivos de campo (sensores) y los convierte en una señal lógica que puede usar la CPU. La CPU toma las decisiones y ejecuta las instrucciones de control basadas en las instrucciones del programa de la memoria. Los módulos de salida convierten dispositivos de campo (actuadores). Se usa un dispositivo de programación para introducir las instrucciones deseadas, generalmente un software que viene incluido con el autómata. Estas instrucciones especifican lo que debe hacer el autómata según una entrada específica. Un dispositivo operador permite procesar la información para ser visualizada e introducir nuevos parámetros de control. (Figura A2)

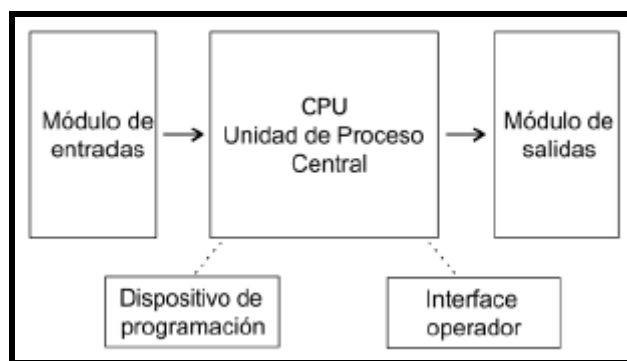


Figura A-2: Diagrama de funcionamiento de un PLC.

ANEXO B: SENSOR PRESION OMRON

Operación

El sensor cuenta con diferentes tipos de modos de funcionamiento, pero el que se utilizará es el Histéresis, puesto que su principio de funcionamiento es muy simple.

Como anteriormente se había dicho, este sensor cuenta con rangos de operación que pueden ser regulados al valor que uno estime conveniente. En la figura A3, se observa su funcionamiento con un diagrama de frecuencia para el contacto "NO", en donde se grafican los puntos ON y OFF de presión, siendo ON: 100PSI y OFF: 20PSI. En la figura A4 se muestra el mismo diagrama para un contacto "NC".

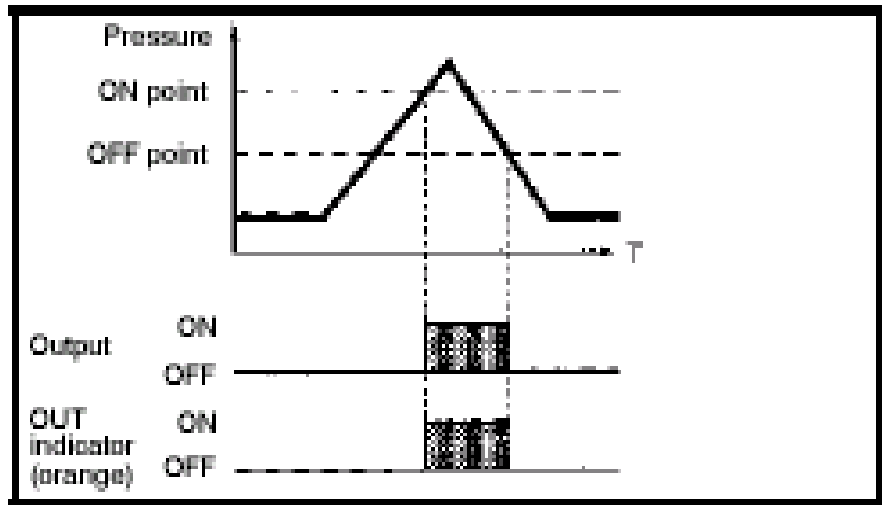


Figura B-1: Diagrama de frecuencia N.O. output

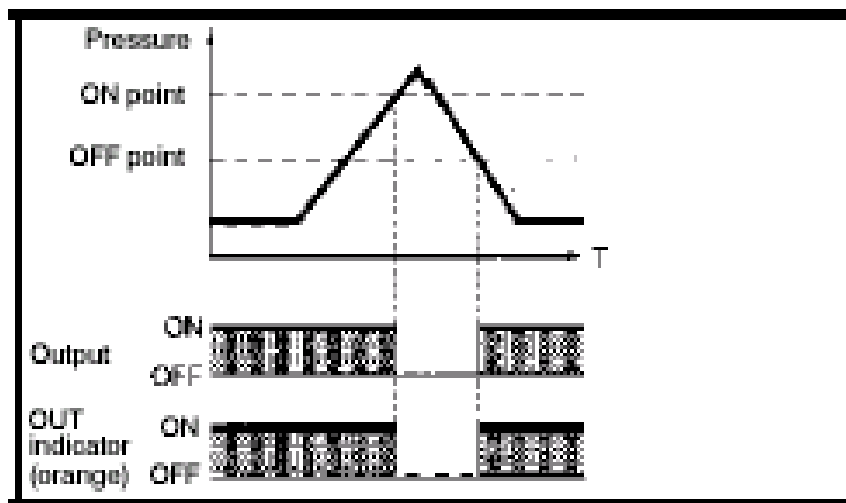


Figura B-2: Diagrama de frecuencia N.C. output

En la siguiente figura se muestra la conexión del sensor, el cual posee 5 terminales de conexión, en donde se destacan las siguientes conexiones:

- Brown/Blue: Alimentación 24VDC
- Brown/Black: (ON/OFF)1
- Brown/White: (ON/OFF)2

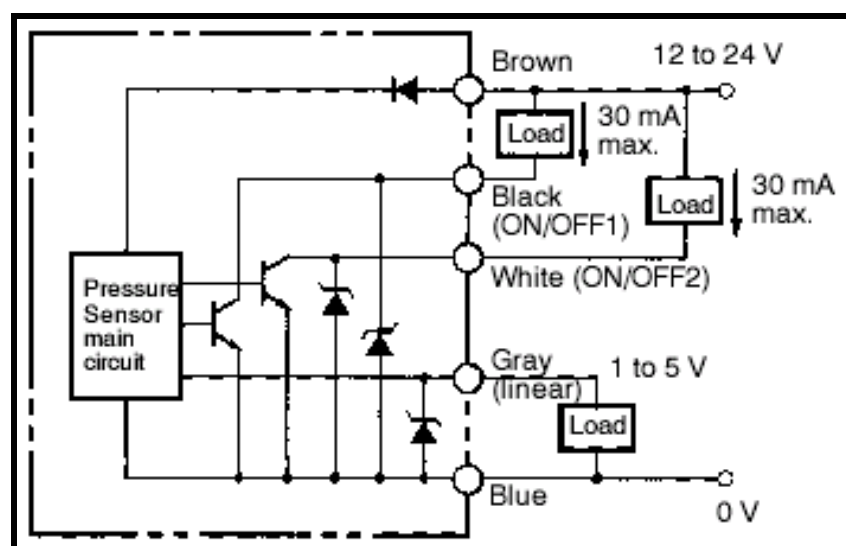


Figura B-3: Diagrama de conexiones del sensor de presión