

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**AUTOMATIZACIÓN DE UNA PLANTA
RECUPERADORA DE ARENA**

PRESENTADO POR
STEFANO BINDA FORNO

LIMA – PERÚ
2011

AGRADECIMIENTO

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

Agradezco al Ing. Miguel Sánchez por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo. A los jurados el Dr. Antonio Morán, el Candt Dr. Ing. Benjamín Gaspar y al Ing Humberto Chong por tomarse el tiempo en revisar este trabajo, por sus comentarios y atinadas correcciones que permitieron enriquecerlo, al Dr. Ing. Oscar Penny por los consejos, el apoyo y el ánimo que me brindó.

Gracias también a mis amigos, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante este tiempo y que de uno u otro modo apoyaron he influyeron en el desarrollo de este proyecto.

A mi mamá y a mis hermanos que, de forma incondicional supieron apoyarme y ayudándome en la presentación de este proyecto entendiendo mis ausencias y mis malos momentos.

A mi papá, que me acompañó en esta aventura y formo parte importante del desarrollo de este proceso, dándome consejos y compartiendo enseñanzas, desde un principio hasta el día hoy sigues dándome ánimo para terminar este proyecto.

Gracias a todos.

Contenido

Capítulo 1. Introducción.....	1
1.1 Reseña.....	1
1.2 Descripción por Capítulos	2
Capítulo 2. Marco Teórico	5
2.1 Las Bases Teóricas	5
2.2 Definición de Componentes Básicos.....	7
2.2.1 Sensores	7
2.2.2 Actuadores	17
2.2.3 Válvulas	24
2.2.4 Controladores	30
2.2 Implícitos	35
Capítulo 3. El Problema y el Objetivo	37
3.1 Antecedentes.....	37
3.2 Planteamiento.....	38
3.3 Delimitación.....	38
3.4 Definición.....	38
3.5 Justificación.....	39
3.6 Limitaciones.....	39
3.7 Objetivos Específicos.....	40
3.8 La Hipótesis	41
Capítulo 4. Metodología.....	43
4.1 Descripción del Proceso de Fundición	43
4.2 Descripción del Proceso de Recuperación de Arena.....	45
4.2.1 Acondicionamiento de la Arena	45
4.2.2 Enfriador	47
4.2.3 Mezclador.....	47
4.2.4 Almacenamiento.....	48
4.2.5 Factores a Considerar	49
4.3 Descripción del Proceso Propuesto	49
4.3.1 Proceso de Automatización.....	50

4.4 Funcionamiento del Sistema	68
4.4.1 Rutina de Funcionamiento Automático	69
4.4.2 Flujogramas del Sistema	76
4.5 Creación del Programa PLC	81
4.5.1 Definición de Variables Lógicas	82
4.5.2 Programa Zeliosoft 2	83
4.5.3 Secuencia de PLC	90
4.5.4 Diagramas de Conexión	98
Capítulo 5. Conclusiones.....	102
5.1 Descripción del sistema de desmoldeo y Recuperación de Arena que se Utiliza en la Actualidad.....	102
5.1.1 Desmoldeo	102
5.1.2 Recuperación de Arena.....	102
5.1.3 Acarreo de arena.....	103
5.1.4 Llenado de tolva de mezclador continuo de resina	103
5.2 Cálculo de Costos de Operación del Actual Sistema de Recuperación de Arena	104
5.3 Cálculo de Costos de Operación del Nuevo Sistema de Recuperación de Arena	106
5.4 Cálculo de Costo de Implementación del Nuevo Sistema de Recuperación de Arena	107
5.5 Ventajas y desventajas al utilizar el nuevo sistema de desmoldeo recuperación y acarreo de arena.	109
5.5.1 Ventajas.....	109
5.5.2 Desventajas	109
5.6 Conclusiones	111
5.7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112
5.8 ENLACES WEB	113

Capítulo 1. Introducción

1.1 Reseña

Por medio de la automatización podemos realizar tareas que antiguamente eran demasiado peligrosas o que requerían demasiado tiempo para su desarrollo, ya que al realizar una implementación e integración programando cada una de las diferentes etapas del sistema para realizar una tarea específica se reduce el tiempo de operación y se optimiza el trabajo.

Para generar procesos más seguros para el ser humano, debido a que pueden ser monitoreados a distancia evitando el contacto directo a lo indispensable es decir por motivos de reparación o mantenimiento preventivo.

Ahorrando tiempo y dinero, por ser más eficientes, rápidos, confiables y precisos.

Durante el desarrollo de este proyecto se procederá a automatizar una planta recuperadora de arena, utilizada en fundiciones de acero y metalurgias como materia prima para la realización de moldes de piezas fundidas específicas, con la finalidad de reducir costos y optimizar el sistema. Para este fin expondremos y haremos uso de sensores y transmisores que se encargaran de enviar información a los respectivos controladores y medidores. Entre los sensores y transmisores que utilizaremos se consideraran capacitivos (ON-OFF), manómetros, presostatos, sensores de temperatura entre otros, lograremos controlar las válvulas neumáticas las cuales, actuarán, con la finalidad de realizar el proceso deseado de una manera precisa. Además el sistema tendrá la autonomía de escoger y direccionar el producto reciclado, a los silos para su correcto almacenamiento.

Como se indica y se explicará a lo largo de esta tesis el proyecto involucra la Automatización de una Planta recuperadora de Arena, basándonos en el formato típico de estas, es decir no se considerará cálculos mecánicos ni industriales, solo se procederá a automatizar lo existente en función de los parámetros mínimos requeridos por el sistema.

En la figura 1.1 se muestra un esquema de bloques simplificado de los procesos del sistema de recuperación de Arena.

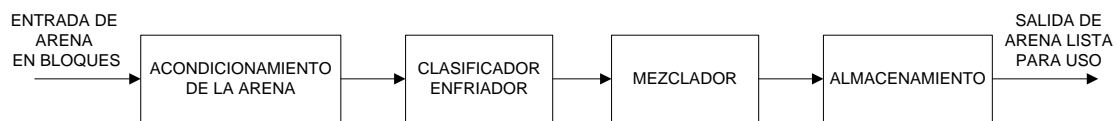


Figura 1.1

Dichos procesos serán controlados por medio de PLC's y controladores de temperatura, el cual recibirá las señales, las procesará y enviará las señales correspondientes dependiendo de la medida a tomar, con la finalidad de lograr una mejor utilización de los recursos, ahorro de tiempo y reducción de costos así como minimizar la intervención humana durante el proceso.

1.2 Descripción por Capítulos

El desarrollo del trabajo se ha dividido por los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Introducción.

Se expone una breve explicación de la automatización y, los fundamentos de este proyecto, así como una visión global del trabajo en cada capítulo.

Capítulo 2: Marco Teórico

Se realiza la explicación de las bases teóricas y el análisis de cada una de las partes que componen el sistema por medio de la definición de términos básicos y el porqué han sido seleccionadas.

Capítulo 3: El Problema y el Objetivo

Se exponen la problemática del proyecto tomando en cuenta los antecedentes, como estos influyeron y motivaron para el desarrollo de dicho trabajo. Así mismo se mostrarán el planteamiento, delimitaciones, definiciones y justificaciones, tomando en cuenta una explicación del proceso de fundición de metales en general.

Se muestra los objetivos generales, de estos se desprenden objetivos más concretos o específicos, así mismo de ambos se desprende la hipótesis la cual nos servirá de base para el desarrollo de dicho proyecto.

Capítulo 4: Metodología

Se presenta y explica el funcionamiento de cada una de las partes del sistema, las cuales se dividen ciclos de operación tales como, ciclo de limpieza, ciclo de carga, ciclo de envío, ciclo de apagado. También se explican los diferentes algoritmos realizados para el control del sistema y se muestra el código desarrollado, así como los flujogramas de cada punto.

Capítulo 5: Conclusiones

Se muestran y exponen las conclusiones de este sistema, tomando en cuenta el ahorro de material versus consumo energético.

Capítulo 6: Anexos

Se encontraran los anexos utilizados como material de ayuda en el desarrollo de este proyecto.

Capítulo 2. Marco Teórico

2.1 Las Bases Teóricas

Este proyecto va a tener un enfoque en el área de la automatización y el control, haciendo uso de los distintos conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra carrera profesional.

Como parte de la investigación nos hemos apoyado en la gran necesidad de reciclar materiales, con la finalidad de reducir costos de producción, y así de este modo, poder invertir en maquinarias más modernas con la meta de competir a nivel internacional con industria de la región permitiéndonos ingresar al mercado extranjero. Cabe recalcar que dicho proceso de recuperación o reciclaje se realiza de una forma manual o mecánica, por lo que es un proceso lento y engorroso.

. Con ayuda de la automatización, es decir sensores, actuadores, transmisores, controladores, entre otros, podemos lograr que este proceso sea más veloz, permitiendo a las diferentes industrias realizar el proceso de reciclado de una manera más eficaz.

Países vecinos, como por ejemplo Chile, ya están implementando este tipo de sistemas de manera obligatoria como se puede apreciar en el decreto ley del año 2004 la GUIA TECNICA PARA EL MANEJO DE ESCORIAS DE FUNDICIONES, siendo parte del SEGUNDO ACUERDO PRODUCCION LIMPIA FUNDICIONES, Anexos “EvaluacionImpMetal_II”.

Como otras fuentes se puede tomar a grandes compañías fabricantes de productos similares, siendo estas de países como Inglaterra, Estados Unidos, Italia entre otros, mas no de América Latina, lo que nos exige a realizar, como región, una gran inversión para competir a nivel internacional. Entre las empresas fabricantes de este tipo de productos se tienen por ejemplo OMEGA que con el apoyo de procesadores MITSUBISHI, producen ejemplares de estos procesos automáticos, PALMER Foundry Production producida en los Estado Unidos de Norte América, IMF (IMPIANTI MACCHINE

FONDERIA) de procedencia ITALIANA, siendo estas dos de las más grandes industrias en la fabricación de elementos y suministros para fundiciones.

Cabe indicar, la adquisición de maquinarias a dichas empresas tienen un costo muy elevado, por lo cual sería necesario realizar una gran inversión tan sólo en traslado e importación, la motivación de este proyecto es reducir el costo de adquisición implementando un sistema automático de recuperación utilizando como base parte de los equipos ya en funcionamiento, adecuándolos con la finalidad que cumplan los requisitos mínimos para su posterior automatización.

El desarrollo de la tesis abarcará aspectos de tipo investigativos, como por ejemplo: ¿Cuál es la importancia de la utilización de arena de sílice en las fundiciones de Acero y Metalúrgicas?, ¿Cuál es la metodología, los pasos a seguir, el estado de éstos, el tiempo y máximo de operación, así como tablas comparativas entre costo de arena recuperada VS costo de arena nueva, además de producción de desperdicios mensual?

Una vez recopilados estos datos procederemos a buscar opciones para poder simplificar el proceso de modo que se pueda minimizar la intervención del ser humano durante el proceso es decir buscar los mecanismos adecuados en función de los materiales a usar afín de lograr, un óptimo desarrollo del proceso ya que como se sabe la arena es un material muy abrasivo, lo que nos exige a buscar componentes que estén adecuados al proceso, es decir que no se puede escoger componentes al azar.

Luego de haber escogido los tipos de actuadores dependiendo del lugar donde se instale dentro del proceso, se procede a buscar el PLC (Sistema de Control Programable) el cual tendrá como función controlar el sistema, para ello este tendrá que ser el adecuado para el tipo de labor tomando en cuenta el número de entradas y salidas a controlar, así como los requerimientos exigidos por la empresa.

2.2 Definición de Componentes Básicos

Con la finalidad de dotar al sistema de un cierto conocimiento del entorno y la correspondiente reacción con este, es necesario añadirle ciertos componentes para lograr tal propósito.

Este deberá estar provisto de sensores que interpreten las variables de entorno que lo rodean como por ejemplo, nivel, temperatura y presión. Una vez realizada la medición de estas variables, el sistema deberá actuar de una determinada manera, por ello es necesario hacer una selección de los actuadores a utilizar con la finalidad de poder regular las distintas variables.

El sistema estará gobernado por un controlador de temperatura, y un PLC, que por medio de su programación, se encargara de recopilar la información de los sensores y enviar los mandos a los actuadores.

2.2.1 Sensores

Ante la necesidad de crear un entorno para nuestro sistema utilizaremos diversos tipos de sensores para medir el nivel, temperatura.

El mercado ofrece varias soluciones dependiendo del tipo que se utilice, por ejemplo en el caso de sensores de nivel en sólidos se presenta una amplia gama entre los cuales se pueden considerar los Ultrasonicos, Radar, Membrana Sensitiva, Vibratorio, Varilla flexible, Paletas Rotativas, Capacitivos, Inductivos entre otros.

Para nuestro caso necesitaremos sensar el nivel superior e inferior del clasificador enfriador, así como medir el nivel superior de los silos de almacenamiento.

2.2.1.1 Nivel

a) Capacitivo

En el caso del clasificador enfriador se opta por la utilización de sensores capacitivos ubicados tanto en la parte superior como la inferior, ya que dentro del clasificador enfriador se genera una suspensión de arena fina por lo que la utilización de un sensor de tipo ultrasónico puede causar un error de medida.

Los sensores de proximidad capacitivos son equipamientos electrónicos capaces de detectar la presencia o aproximaciones de materiales orgánicos, plásticos, líquidos, maderas, papeles, metales, etc.

El principio de funcionamiento se basa en la generación de un campo eléctrico, desdoblado por un oscilador controlado por capacitores.

El capacitor es formado por dos placas metálicas, cargadas con cargas eléctricas opuestas, montada en la fase sensora, de forma a proyectar el campo eléctrico para afuera del sensor, formando así un capacitor que posee como dieléctrico el aire (figura2.1).

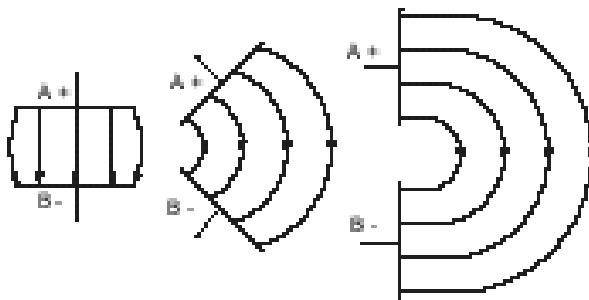


Figura 2.1

Los sensores de proximidad capacitivos 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).

Para el caso de nuestro proyecto utilizaremos dichos sensores para verificar el nivel máximo y mínimo del Clasificador Enfriador, así como el nivel mínimo de la tolva de Arena Nueva.

Para el caso del Clasificador Enfriador, se instalará un sensor en la parte superior e inferior, se deberá considerar que al detectarse un objeto (arena recuperada) en el sensor superior enviará una señal de ON (cerrado) al PLC indicando que el producto alcanzó dicho nivel, dicho sensor será calibrado como normalmente abierto.

En el caso del nivel inferior este deberá configurar como normalmente abierto, y este enviará una señal ON detectar el producto, indicando que el nivel de la arena en el Clasificador Enfriador se encuentra por debajo del mínimo para el proceso.

En el caso de la Tolva de Arena Nueva, se utilizara un sensor para medir el nivel inferior de la arena utilizando el mismo principio descrito en el proceso anterior.

Características

Para este proyecto se escogió el sensor capacitivo de la marca Infra, el cual cuenta con las siguientes características:

- Capacidad de detección de objetos metálicos, no metálicos, sólidos o líquidos.
- Distancia ajustable de detección.
- Operación por 3 hilos.
- Conexión por 3 hilos, 3 patillas o 4 patillas.
- 12 - 30 VCC.

- Salida normalmente abierta o cerrada.
- Protección contra cortocircuitos, pulsos en falso, polaridad invertida y ruido transitorio.
- Marca CE para todas las directivas aplicables.

Diagrama de cableado Sensor capacitivo (figura 2.2)

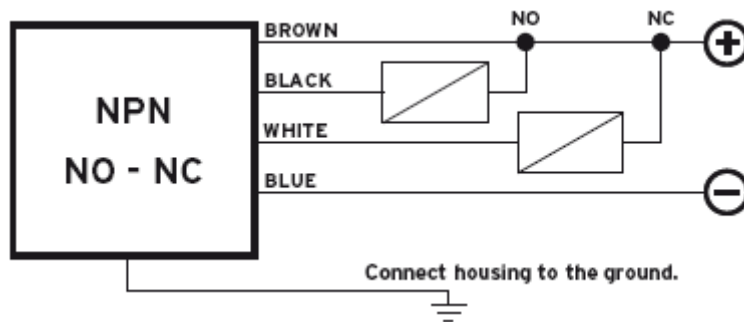


Figura 2.2

b) Sensor de Paletas Rotativas

En el caso de sensor el nivel superior de los silos de almacenamiento se optó por utilizar los sensores rotatorios, debido a que son robustos y de alta fiabilidad en su funcionamiento.

El controlador de paletas rotativo IR es el 'todo-terreno' del control a nivel. Con el tipo y la pala adecuada, controla con seguridad la mayoría de los productos a granel: polvos, harinas, granos, arenas, cementos, plásticos, etc. con densidades de 16 a 16000Kg/cm³.



Detecta la presencia o ausencia de sólidos secos a granel. Este dispositivo ofrece un rendimiento superior al monitorizar productos como grano, alimentos, cemento, gránulos de plástico y virutas de madera.

La paleta rotativa es accionada por un motor de engranaje, y detecta el material cuando el nivel alcanza el sensor. Cuando el material entra en contacto con la paleta se detiene la vibración. Esta vibración provoca el cambio de estado del relé. Cuando la paleta está libre, se reanuda la vibración y el relé vuelve a su condición normal.

Este interruptor es idóneo para aplicaciones con sólidos en ambientes industriales extremos. El usuario puede ajustar la sensibilidad de la paleta en función de las propiedades del material detectado.

Se distinguen varios modelos de sensores compacto o ampliado, con extensión rígida o cable. Pueden incluir una paleta estándar (idónea para muchas aplicaciones), o articulada (ofrece mayor sensibilidad para materiales sólidos ligeros).

Características generales

Modo de operación

Principio de medición Interruptor de nivel de paletas rotativo

Entrada

Magnitud medida Lleno, vacío o nivel de llenado

Salida

Señal de salida

- Salida de alarma Micro interruptor 5A ... 250 VCA, carga óhmica Micro interruptor contacto SPDT, 4 A - 30 VCC, carga óhmica
- Tiempo de integración Estándar (modelo 1 rpm): aprox. 1,3 segundos Aplicaciones opcionales (modelo 5 rpm): aprox. 0,26 segundos

Sensibilidad

Ajuste por fuerza de retroceso del muelle o geometría de la paleta

Condiciones de aplicación

Instalación

- • Ubicación Montaje interior/a prueba de intemperie

Condiciones ambientales

- • Temperatura ambiente -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)
- • Categoría de instalación III
- • Grado de contaminación 2

Condiciones de funcionamiento Sólidos a granel

- • Temperatura
 - Estándar -20 ... +80 °C (-4 ... +176 °F)
 - Opción -20 ... +350 °C (-4 ... +662 °F)
- Presión (depósito)
 - Estándar Máx. 0,5 bar (7.25 psi)
 - Opción Máx. 10 bar (145 psi)
- Densidad mínima del producto
 - Paleta de medición estándar • 100 g/l (6.25 lb/ft³) si la paleta está cubierta por 10 cm (4") de producto
 - 200 g/l (12.4 lb/ft³) si la paleta y el eje están cubiertos por más de 10 cm (4") de producto
 - Paleta de medición opcional • 15 g/l (2.19 lb/ft³) si la paleta y el eje están cubiertos por más de 10 cm (4") de producto

- 20 g/l (4.69 lb/ft³) si la paleta y el eje están cubiertos por más de 10 cm (4") de producto

Diseño

- Material
 - Carcasa Aluminio con revestimiento epoxídico
 - Conexión al proceso, paleta de medición y eje Acero inoxidable o aluminio
- Conexión al proceso Rosca NPT, BSP y bridas opcionales
- Grado de protección IP65/Tipo 4/NEMA 4
- Entrada de cables 2 x M20x1,5 ó 2 x ½" NPT

Alimentación auxiliar

- Selección por puente (jumper) • 115 VCA, ± 15%, 50/60 Hz, 4 VA ó 230 VCA, ± 15%, 50 Hz, 6 VA, ó 48 V, ó 24 V
- ó 24 VCC, ± 15%, 2,5 W

Certificados y homologaciones • CSA/FM uso general

- CE
- CSA/FM a prueba de explosión de polvo
- ATEX II 1/2 D

Diagrama de cableado Sensor de Paletas Rotativas (figura 2.3)

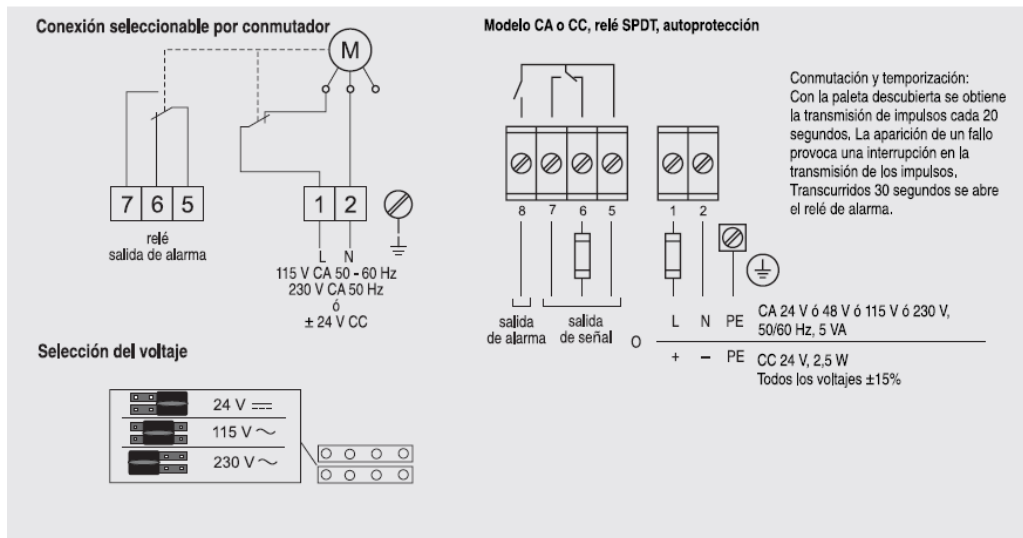


Figura 2.3

2.2.1.2 Temperatura

Con la finalidad de mantener la temperatura de la arena de sílice dentro de un rango aceptable, ya que dicha arena recuperada es mezclada con resina, y el calor actuaría como catalizador es necesario enfriarla, para ello se utiliza un radiador enfriado por agua ubicado en el interior de la clasificadora enfriadora, pero en ocasiones al romper el molde y retirar la pieza, los bloques de arena son almacenados por lo que se enfrían antes de entrar al proceso, lo que no justifica mantener encendida la bomba que se encarga de recircular el agua dentro y hacía el radiador es por este motivo la necesidad de utilizar un sensor temperatura.

Entre la gran gama de sensores existentes en el mercado se optó por facilidad de integración y costo el utilizar un sensor de temperatura por resistencia PT 100.

a) Sensor de Temperatura por Resistencia PT – 100

Con la finalidad de mantener la temperatura de la arena por debajo de 40°C, el Clasificador Enfriador cuenta con un radiador interno de agua conectado a una bomba controlada por un Controlador de temperatura, este recibe la señal de un sensor de temperatura PT-100.



El sensor PT-100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de Platino bobinado entre capa de material aislante y protegido por un revestimiento cerámico.

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

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

Donde

R_0 = Resistencia en OHMS a 0°C

R_t = Resistencia en OHMS a t°C

t = Temperatura Actual

α = Coeficiente de Temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de 0.003850 $\Omega \times (1/\Omega) \times (1/^\circ\text{C})$ en la práctica de Temperaturas Internacionales (IPTS-68)

A continuación se despliega las características del Platino comparadas con otros materiales (*tabla 2.1*)

Metal	Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$	Coefficiente de $t^\circ \Omega/\Omega_1 \text{ }^\circ\text{C}$	Intervalo útil de temp $^\circ\text{C}$	Resist a $0^\circ\text{C } \Omega$	Precisión $^\circ\text{C}$
Platino	9.83	0.00385	-200 a 950	25, 100, 130	0.01
Niquel	6.38	0.0063 a 0.0066	-15 a 300	100	0.5
Cobre	1.56	0.00425	-200 a 120	10	0.1

Tabla 2.1

El platino es el elemento más indicado para la fabricación de sensores de temperatura por resistencia, ya que como se muestra en la tabla anterior posee:

1. Alto coeficiente de temperatura
2. Alta resistividad, lo que permite una mayor variación de resistencia por $^\circ\text{C}$
3. Relación lineal resistencia temperatura
4. Rigidez y ductibilidad lo que facilita el proceso de fabricación de la sonda de resistencia
5. Estabilidad de sus características durante su vida útil

Características

Tipo de Sensor = Resistencia de Platino 100Ω a 0°C

Rango de t° Operativo = $0 - 400^\circ\text{C}$

Exactitud = 0.5°C

Conexión = 3 Cables (RTD, RTD compensación)

Diagrama de cableado Sensor de temperatura PT-100 (figura 2.4)

CABLE	SEÑAL
A	RTD
B	RTD
b	COMPENSACION

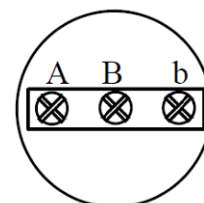


Figura 2.4

2.2.2 Actuadores

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado. Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Entre los actuadores podremos nombrar los Electrónicos, Hidráulicos, Neumáticos y Eléctricos.

Por lo general, los actuadores hidráulicos se emplean cuando lo que se necesita es potencia, y los neumáticos son simples posicionamientos. Sin embargo, los hidráulicos requieren mucho equipo para suministro de energía, así como de mantenimiento periódico. Por otro lado, las aplicaciones de los modelos neumáticos también son limitadas desde el punto de vista de precisión y mantenimiento.

Los actuadores serán los encargados de proporcionarnos las condiciones correctas para el funcionamiento de la planta, es decir se encargaran de realizar el bloqueo o permitir el paso de la arena durante el proceso de recuperación, así como el encendido y apagado de los motores vibradores, ventilador soplante, bomba de agua, entre otros.

Por este motivo se tendrá que tomar en cuenta que los que tengan contacto directo con el flujo de arena deberán tener gran resistencia a la abrasión, del mismo modo los encargados de encender y apagar los motores deberán poder soportar la carga de tensión y corriente.

2.2.2.1 Actuadores Neumáticos

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

En esta clasificación aparecen los fuelles y diafragmas, que utilizan aire comprimido y también los músculos artificiales de hule, que últimamente han recibido mucha atención.

a) Kinetrol Doble Efecto

Con la finalidad de controlar las tres válvulas mariposa encargadas de controlar el paso de arena al bombo neumático de envío, se optó por la utilización de actuadores neumático doble efecto Kinetrol, debido a su accionar de 90° de recorrido, que cumple con el recorrido de la válvula mariposa

Desde 0,1Nm hasta 20.000Nm

Principales aplicaciones:

- Automatización de Válvulas de Bola, Mariposa, Macho ...
- Accionamiento de Compuertas, Válvulas Reguladoras y de Sector.
- Automatización de Dampers ON-OFF (todo-nada) y Regulación proporcional.
- Posicionamiento y giro de piezas en máquinas, cadenas de montaje y robots.



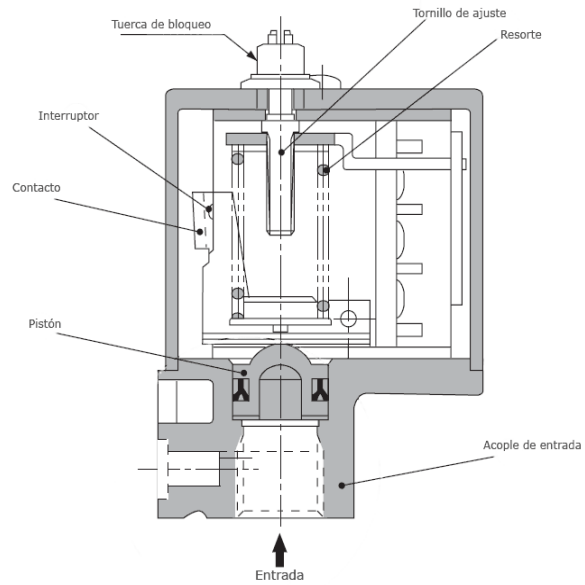
Los actuadores **KINETROL** le ahorran en consumo de aire hasta un 30% en cada maniobra respecto de los otros actuadores, una cantidad normal de maniobras por día significa un ahorro mínimo del valor del actuador durante su vida útil, que es de 4.000.000 de maniobras libre de mantenimiento.

b) Presostato

Con la finalidad de controlar el envío de arena a través del bombo neumático, este deberá contar con un presostato que se encargue de mandar la señal de cierre a la línea neumática para preparar la siguiente carga de arena.

El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.



Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión), mientras estos últimos entregan una señal variable en base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente.

Rango de ajuste P_0 [bar]	Diferencial ajustable/fija [bar]	Presión de operación permisible P_B [bar]	Presión de prueba máx. [bar]	Conexión de presión
0 → 2.5	0.1	6	6	G 1/4
0 → 2.5	0.1	6	6	G 3/8 A
0 → 3.5	0.2	10	10	G 1/4
0 → 3.5	0.2	10	10	G 3/8 A
0 → 8	0.4 - 1.5	12	12	G 1/4
0 → 8	0.4 - 1.5	12	12	G 3/8 A
0 → 8	0.4	12	12	G 1/4
6 → 18	0.85 - 2.5	22	27	G 1/4
6 → 18	0.85 - 2.5	22	27	G 3/8 A
10 → 35	2.0 - 6	45	53	G 1/4
10 → 35	2.0 - 6	45	53	G 3/8 A

Tabla 2.2 Rango de Operación y Ajuste

Rango de ajuste

Es el rango de presión en el cual la unidad proporcionará una señal (conmutación de los contactos).

Diferencial

Es la diferencia entre la presión de cierre y la presión de apertura de los contactos.

Sobrepresión admisible

Es la presión permanente más elevada o la presión continua a la cual puede someterse la unidad.

Presión de prueba máx.

Es la presión más elevada a la cual puede ser sometida la unidad cuando, por ejemplo, se efectúa la comprobación del sistema para determinar la presencia de fugas. Por consiguiente, esta presión no debe producirse bajo la forma de una presión continua en el sistema.

Presión de rotura mín.

Es la presión que el elemento sensible a la presión podrá soportar sin fugas.

Características Técnicas

- Conmutador unipolar (SPDT)
- Material de los contactos: Contactos de plata con revestimiento dorado.
- Carga de los contactos

Corriente alterna:

Carga óhmica: 10 A, 440 V, AC-1



Carga inductiva: 6A, 440VAC-3 4A, 440 V, AC-11

- Corriente continua: 12 W, 220 V, DC-11
- Temperatura ambiente

KPS 31 - 39: -40 hasta +70 °C

KPS 43 - 47: -25 hasta +70 °C

- Resistencia a las vibraciones

Estable a las vibraciones en la gama de 2-30 Hz, amplitud 1,1 mm o 30-100 Hz, 4 G.

- Protección

IP 67 según IEC 529 y DIN 40050.

La caja del presostato está hecha de aluminio fundido a presión esmaltado (GD-AISI 12). La cubierta está sujeta por medio de cuatro tornillos provistos de un dispositivo de anclaje para evitar su pérdida.

c) Filtro Regulador de Aire

Los filtros reguladores constituyen unidades indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para prolongar la vida útil de los componentes. Se instalan en la línea de alimentación de un circuito, suministrando aire libre de humedad e impurezas, lubricado y regulado a la presión requerida, es decir en las óptimas condiciones de utilización.



Los conjuntos de FRL (filtro, regulador, lubricador) poseen en suma todas las características funcionales y constructivas de cada uno de los elementos que constituyen.

- Filtros

Éste impedirá la llegada de a los puntos de consumo las partículas de óxido ni de pequeñas cantidades de condensado provenientes de las redes de distribución.

- Regulador de Presión

Un regulador de presión, instalado en la línea después de filtrar el aire, cumple las funciones de evitar las pulsaciones provenientes del compresor; mantener una presión constante e independiente de la presión de la línea y del consumo; evitar un excesivo consumo por utilizar presiones de operación mayores que las necesarias para los equipos; independizar los distintos equipos instalados.

- Lubricadores

La lubricación de componentes neumáticos evita el prematuro deterioro de los mismos, provocado por la fricción y la corrosión, aumentando notablemente su vida útil, reduciendo los costos de mantenimiento, tiempo de reparación y repuestos.

La línea neumática de este proyecto es de gran importancia ya que se encargara de controlar las válvulas neumáticas, y tendrá el control de envío de la arena desde el bombo de mezcla hasta los silos de almacenamiento.

Entre la gran gama de filtros reguladores se opta por la marca MICRO que son de gran prestigio en el país y su costo no es muy elevado.

- Unidad F+R+L Serie QB1

Unidades FRL de tratamiento del aire, filtro-regulador

Unidades FRL de Tratamiento del aire, filtro-regulador más lubricador, con cuerpos y protecciones de vasos metálicos, desarme a bayoneta y bloqueo de regulador.

- Posición de trabajo: Vertical, con el vaso hacia abajo
- Conexiones: G ¼", 3/8", ½", ¾", 1" (opcional NPT)
- Poder Filtrante: Standard 50µ
- Temperatura del Fluido: -10...60° C

- Drenaje Condensado: Manual, opcional semiautomático o automático
- Presión de trabajo: 0 ...10 bar (0 ...145 PSI)
- Manómetro: Ø 40mm 1/8", incluido con las unidades
- Capacidad de Condensados: 25cm³ (0.75 oz.)
- Capacidad de aceite. 38cm³ (1.75 oz.) – El aceite puede reponerse bajo presión presionando la válvula de alivio.
- Aceite recomendado: ISO VG 32 – SAE 10

	Descripción	ØG	Poder filtrante	
	Unidad Filtro, Regulador y Lubricador F+R+L Presión de trabajo : 0...2,5 bar		5 µ	50 µ
		G 1/8"	0.101.003.831	0.101.003.931
		G 1/4"	0.101.003.832	0.101.003.932
	Unidad Filtro, Regulador y Lubricador F+R+L Presión de trabajo : 0...10 bar	G 3/8"	0.101.003.833	0.101.003.933
		G 1/8"	0.101.004.031	0.101.004.131
G 1/4"		0.101.004.032	0.101.004.132	
	G 3/8"	0.101.004.033	0.101.004.133	

Características Físicas Filtro regulador (figura 2.5)

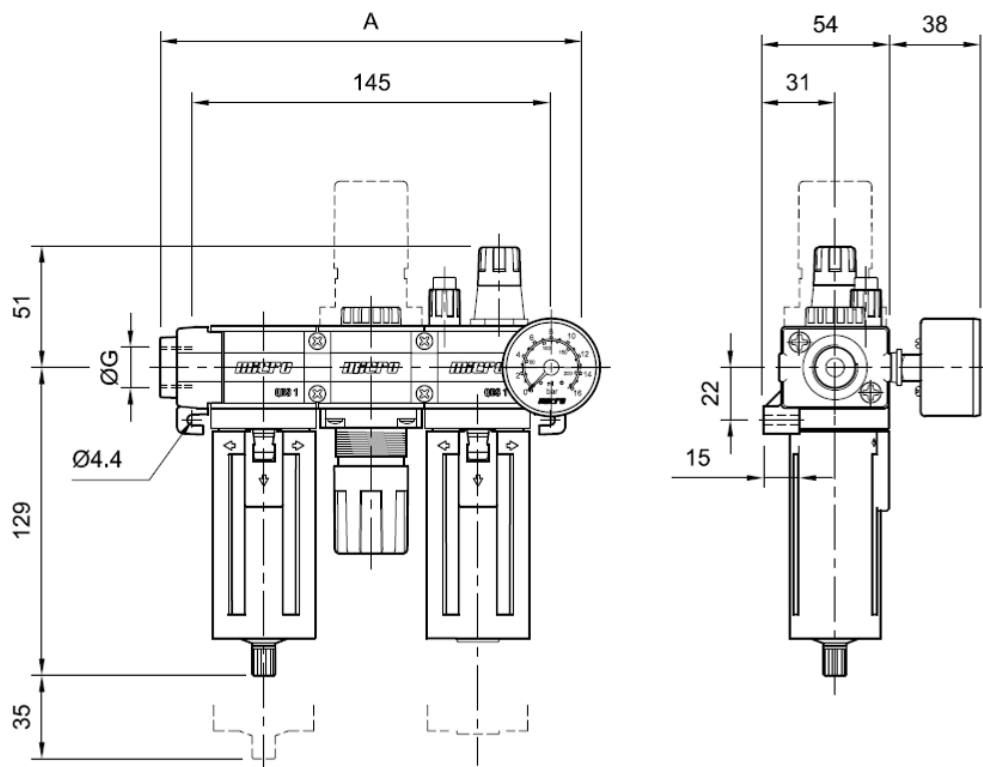


Figura 2.5

2.2.3 Válvulas

Las válvulas son equipos mecánicos que permiten el paso o bloqueo de líquidos, gases o sólidos.

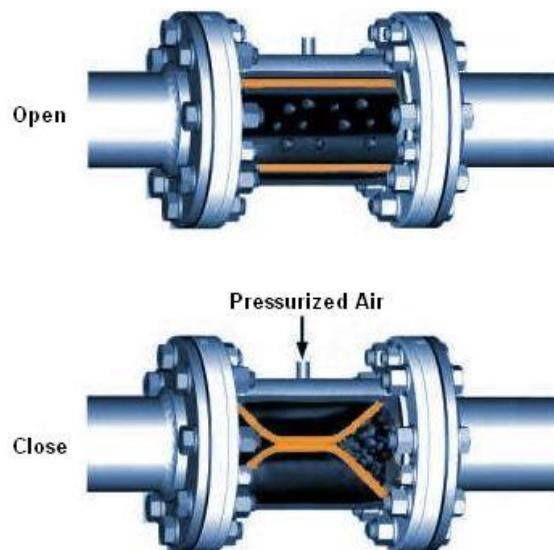
Se deberá tomar en cuenta el tipo de válvulas a utilizar dependiendo del trabajo a realizar tomando especial cuidado en las que tengan contacto directo con la arena. También se utilizará válvulas electro neumáticas para el control y re direccionamiento del aire a presión.

En este proyecto se hace uso de válvulas de estrangulación (pinch), válvulas tipo mariposa y, válvulas electro neumáticas.

2.2.3.1 Válvulas PINCH

Este tipo de válvulas son diseñadas principalmente para la industria minera y química, ya que pueden resistir el efecto de abrasión y corrosión debido a la gran superficie de contacto que se genera al bloquearse.

Además son los medios más simples y seguros para controlar el flujo en un ducto, ejecutando por la simple acción de comprimir o descomprimir una manga tubular y flexible normalmente fabricado de elastómeros como caucho natural o sintético como: neopreno, poliuretano, hypalon, etc. Dependiendo de la severidad del medio abrasivo y/o corrosivo, ya que no tiene componentes mecánicos expuestos a la acción del fluido controlado, pues la manga tubular es el único componente en contacto con el fluido.



El fluido pasa por el interior de un manguito flexible que está dentro de un cuerpo que funciona como soporte y como actuador. El mismo manguito funciona como obturación y separa el líquido del cuerpo de la válvula.

Inyectando aire dentro del cuerpo (exterior del manguito) el manguito se comprime y cierra el paso del fluido.

Para mantener la válvula cerrada la presión de aire debe ser de entre 1,5 y 2 bar (22 - 29 PSI) superior a la presión interior del líquido.

En este proyecto se encargarán de controlar la dirección de la arena envía a presión desde el bombo hacia los silos de almacenamiento.

Diseño y características

Válvula neumática normalmente abierta.

Paso completamente libre, sin pérdida de carga.

Fácil limpieza.

Sustitución fácil del manguito.

Construcción robusta.

Óptima estanqueidad para productos con sólidos en suspensión, fibras,...

Conexiones estándar: Bidas DIN 2632 PN10

Tamaños: DN50 a DN150



Materiales

Piezas en contacto con el producto: AISI 304L

Otras piezas: AISI 304

Manguito flexible: Caucho natural (NR)

Acabado superficial: satinado

2.2.3.2 Válvulas Electro Neumáticas

La función de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aire. Por distribuir el aire hacia los elementos de trabajo son conocidas también como válvulas distribuidoras.

Las características principales que posibilitan su clasificación son el número de vías y el número de posiciones.

- Vías

El número de bocas de conexión del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4, 5 ó más. No es posible un número de vías inferior a dos.

- Posiciones

Número de posiciones estables del elemento de distribución. Las válvulas más comunes tienen 2 ó 3 posiciones, aunque algunos modelos particulares pueden tener más. No es posible un número de posiciones inferior a dos.

Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la forma siguiente:

$$N^{\circ}\text{Vías}/N^{\circ}\text{Posiciones}$$

Para el desarrollo de este diseño se puede utilizar válvulas de distintas marcas y modelos, para el caso de este diseño en particular opte la utilización de las válvulas “MiCRO”, de fabricación Argentina, ya que el bajo costo de adquisición en el Perú las convierten en una buena opción calidad-precio.

Se utilizara válvulas 2/2, monoestable, la cual se activara para el envío de aire al transportador neumático de la planta; 5/2 tanto Bi estables activadas por pulsos de eléctricos, para elegir los silos de almacenamiento a ser llenado ya que esta operación podría tardar un grandes espacios de tiempo, se opta por el esta a diferencia de las activadas por resorte. Para el control de las válvulas kinetron, se opto por 5/2 activadas reacción a resorte, ya que estas deberán permanecer en estado normalmente cerrado.

a) Válvula 2/2

Pertencen a este grupo todas las válvulas de cierre que poseen un orificio de entrada y otro de salida (2 vías) y dos posiciones de mando. Sólo se utilizan en aquellas partes de los equipos neumáticos donde no es preciso efectuar por la misma válvula la descarga del sistema alimentado; solo actúan de paso. Pueden ser normalmente cerrados o normalmente abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo.

Para el caso de este proyecto se utilizará este tipo de válvula para el control del envío de la arena desde el bombo hacia los silos de almacenaje es decir, permitirá el ingreso de aire presurizado al bombo de mezclador.

Características técnicas

- Válvula 2/2 de actuación eléctrica, con múltiple actuador manual monoestable.
- Conexiones: laterales, inferiores o para montaje múltiple mediante el Kit. manifold.
- Conexión Eléctrica: Ficha DIN 43650 – A
- Temperatura ambiente: -5...50° C
- Temperatura del Fluido: -10...60° C
- Fluido: aire comprimido filtrado – Gases Inertes
- Presión de trabajo: 0 ...10 bar (0 ...145 PSI)
- Caudal nominal: 115l/min.
- Frecuencia máx. 17 Hz(6 bar)
- Materiales: Cuerpo de zamac, Bobina encapsulada en resina epoxi, tubo guía y tragante de acero inoxidable.



	Descripción	Conexión	Tipo HD	Tipo HP
	Electroválvula 2/2 normal cerrada USO HIDRÁULICO	Lateral	0.210.007.211 / --	0.210.006.911 / --
		Inferior	0.210.007.311 / --	0.210.007.011 / --
		Múltiple	0.210.007.411 / --	0.210.007.111 / --

b) Válvula 5/2



Éstas poseen cinco orificios de conexión y dos posiciones de mando. A diferencia de 472 poseen dos escapes correspondiendo uno de casa utilización. Esto brinda la posibilidad, entre otras cosas, de controlar la velocidad de avance y retroceso de un cilindro en forma independiente.

En este proyecto se utilizarán dos tipos de válvulas 5/2 direccionales serán de mando eléctrico con reacción de resorte, estas se utilizarán para el control de los tres actuadores kinetrol, que son los encargados de abrir y cerrar las válvulas de mariposa permitiendo el ingreso de arena al bombo cabe recalcar que en esta etapa la arena ingresa por gravedad al bombo; y de mando eléctrico con reacción eléctrica, estas se utilizarán para la elección del silo de alimentación, debido a que tendrán que permanecer por un tiempo prolongado en una determinada posición y, esto puede producir fatiga en el resorte de reacción.

Características Técnicas

- Tipo: Válvula 5/2 de actuación eléctrica o neumática, con múltiple actuador manual monoestable.
- Conexiones: de trabajo: G1/8" – de pilotaje: M5x0,8
- Temperatura ambiente: -5...50° C
- Temperatura del Fluido: -10...60° C
- Fluido: aire comprimido filtrado – Gases Inertes
- Presión de trabajo: 2,5 ...10 bar (electroválvulas 5/2 reacción neumática), 0,5...10bar (Bi estable por impulsos eléctricos)
- Caudal nominal: 420 l/min.
- Frecuencia 24 Hz(6 bar)
- Materiales: Cuerpo de zamac, distribuidor de acero inoxidable, sellos de NBR.



	Descripción	Presión de trabajo	MICRO	Kit de reparación
	Electroválvula 5/2, reacción a resorte	2,5...10 bar	0.220.002.511 / ---	0.200.000.513
	Electroválvula 5/2, biestable por impulsos eléctricos	0,5...10 bar	0.220.002.711 / ---	0.200.000.514

2.2.3.3 Válvulas de Mariposa

Las válvulas de mariposa son ideales para el requerimiento de cierre hermético y control. Pueden ser instaladas en cualquier posición, son de bajo peso y diseño compacto.

Estas válvulas operan eficientemente en fluidos abrasivos, ácidos, alcalinos, lechadas y otros provenientes de la industria petroquímica, alimenticia, minera, azucarera, pesquera, etc

En este proyecto se utilizan para controlar el ingreso de arena tanto recuperada como arena nueva al bombo mezclador es decir, se utiliza una a la salida del clasificador enfriador, una a la salida de la tolva de arena nueva y, la tercera en la entrada del bombo permitiendo aislar las dos anteriores de la entrada del bombo mezclador generando una cámara aislada en forma de “Y”.

Estas están accionadas por los actuadores neumáticos kinetrol actuando directamente sobre el vástago para ejecutar las operaciones de apertura y cierre.



Figura 2.6 Componentes y partes de Válvula Mariposa

2.2.4 Controladores

Luego de escoger los sensores y actuadores, es momento de elegir los dispositivos capaces de controlarlos. Los controladores son equipo capaces de recibir la información proveniente de los sensores, interpretarla y enviar una determinada respuesta que genere una acción dependiendo de la configuración que se ingrese en ellos.

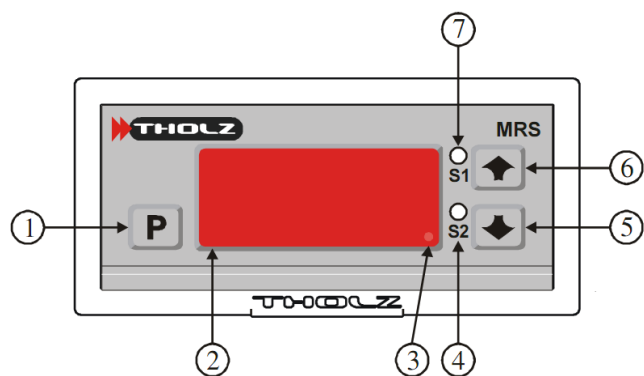
Este proyecto contemplará el uso de dos tipos de controlador; temperatura y lógico programable.

2.2.4.1 Controlador de Temperatura Tholz

El sistema cuenta con una etapa de control de temperatura, que será de suma importancia debido que controlara la temperatura de arena dentro del clasificador enfriador.

En caso de encontrarse la arena por debajo de la temperatura máxima operable, la bomba de enfriamiento de agua se mantendrá apagada ahorrando consumo de energía, en caso contrario se activará la bomba proporcionando un flujo de agua al radiador interno del clasificador enfriador.

El controlador de temperatura Tholz, cuenta con dos salidas; una para control de temperatura y otra para alarma, este controlador cuenta con dos modos distintos de control de temperatura: on-off y proporcional. Adicionalmente cuenta con un temporizador que permite mantener una determinada temperatura por un periodo de tiempo preprogramado.



La temperatura es visualizada a través de un display de tres dígitos, el estado de las salidas es visualizado por medio de de dos Leds. Posee entrada para el sensor de temperatura configurable entre tipo J y K; y/o termo-resistencia del tipo PT100, además las salidas pueden ser acondicionadas con reles de estado sólido.

Características

- Caja plástica ABS
- Acceso a la programación protegida con clave.
- Display de tres dígitos
- Entrada de Sensor
 - Termopar : tipo J -50 a 760 °C; tipo K -50 a 999 °C
 - Termo-Resistencia: PT 100
- Alimentación: 110 a 220 VAC; o 12V a 24VCC

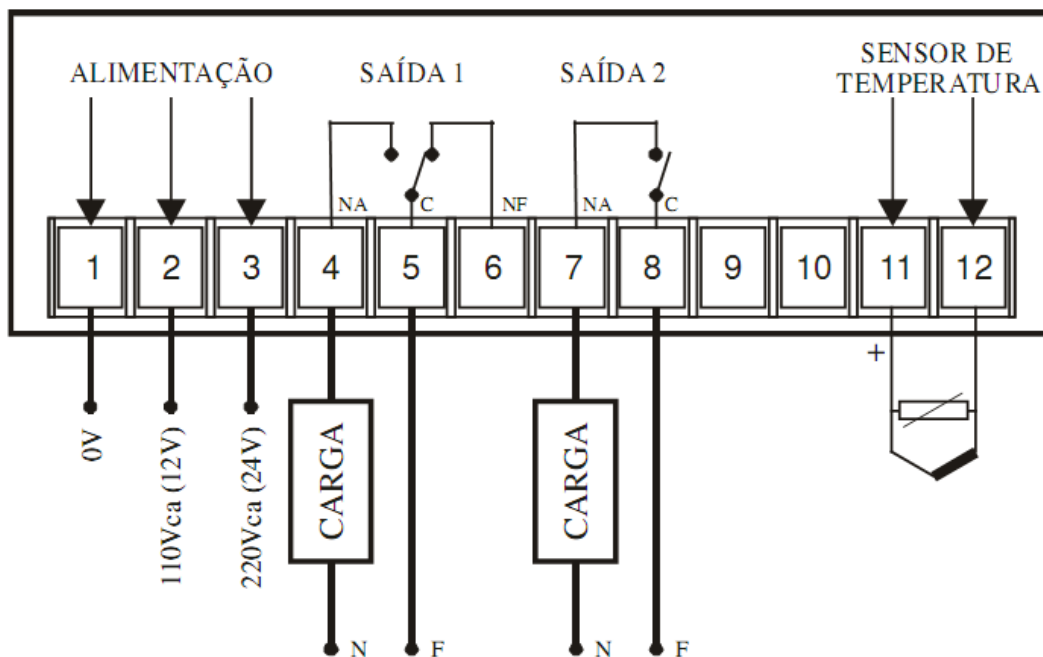


Figura 2.7 Esquema de conexionado

2.2.4.2 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico Programable, también llamado PLC, es una aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones

permitiendo la implementación de funciones específicas como ser lógicas, secuencias, temporizadores, conteos y aritméticas; con el objetivo de controlar máquinas y procesos.

La estructura básica de un PLC se puede ejemplificar en la Figura 2.8:

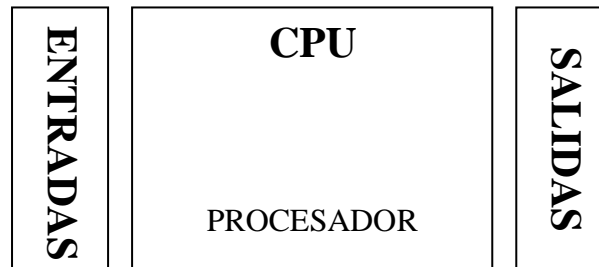


Figura 2.8 Estructura Básica del PLC

a) CPU

Es el cerebro del PLC, es responsable de la ejecución del programa desarrollado por el usuario, esta formado principalmente por el o los procesadores y la memoria. Puede contener también otros elementos como puertos de comunicación, circuitos de diagnóstico, fuente de alimentación, etc.

b) Procesador

El procesador tiene como tarea principal la de ejecutar el programa realizado por el usuario, pero tiene también otras tareas, como ser la de administrar la comunicación y ejecutar los programas de autodiagnóstico.

El procesador necesita de un programa escrito por el fabricante, llamado sistema operativo. Este no es accesible por el usuario y se encuentra grabado en la memoria no volátil que forma parte del CPU. Todas las tareas que realiza el procesador son ejecutadas en forma secuencia y ciclica.

- Autodiagnóstico
- Lectura de Registro de entradas
- Lectura y ejecución del Programa
- Atender las Comunicaciones
- Actualización del Registro de Salida

c) Memoria

El sistema operativo, el programa de aplicación, las tablas de entradas y salidas, los registros internos, están asociados a distintos tipos de memoria. La capacidad de almacenamiento de una memoria suele cuantificarse en bits, bytes y words.

El sistema operativo viene grabado por el fabricante, y como debe permanecer inalterado y el usuario no debe tener acceso a él, se guarda en una memoria como las ROM, EPROM o EEPROM, que son memorias cuyo contenido permanece inalterable en ausencia de alimentación.

El programa construido por el usuario se almacenan en RAM o EEPROM, permitiendo la leer, escribir o borrar. Para el uso de memorias RAM será necesario el uso de pilas puesto que este tipo de memoria se borra en ausencia de alimentación.

d) Entradas y Salidas

Las entradas y salidas son elementos del PLC que lo vinculan al campo. EN el caso de las entradas, deben ser adecuadas a las tensiones y corrientes que maneja el procesador para que este las pueda reconocer. En el caso de las salidas, las señales del procesador deben ser modificadas para actuar sobre algún dispositivo de campo. Esto se puede realizar con el uso de transistores, triacs o relés.

Para el desarrollo de este proyecto se opto por la utilización de un PLC Telemcanique ZELIO, por su bajo costo y facilidad de programación.

Los relés programables Zelio Logic están diseñados para realizar pequeñas aplicaciones de automatismos. Se utilizan en actividades industriales y del sector terciario.



- Para la industria:

- Automatismos de máquinas de acabado pequeñas, de confección, de ensamblaje o de embalaje.
- Automatismos descentralizados en los anexos de las máquinas grandes y medianas en los ámbitos textil, del plástico, de la transformación de materiales, etc.

- Automatismos para máquinas agrícolas (irrigación, bombeo, invernaderos...).

Por ser compacto y fácil de instalar, supone una solución competitiva frente a otras de lógica cableada o de tarjetas específicas.

e) Programación:

Su programación es sencilla, debido al carácter general de los lenguajes y cumple las exigencias del diseñador de automatismos y las expectativas del electricista.

La programación se puede realizar:

- De forma independiente utilizando el teclado del módulo Zelio Logic (lenguaje de contactos).
- En el PC con el software “Zelio Soft 2”.

En PC, la programación se puede efectuar bien en lenguaje de contactos (LADDER), bien en lenguaje de bloques de función (FBD).

- Retroiluminación de la pantalla LCD

La retroiluminación del visualizador LCD se realiza activando una de las 6 teclas de programación del módulo Zelio Logic o mediante programación con el software “Zelio Soft 2” (ejemplo: parpadeo durante un funcionamiento defectuoso).

- Autonomía

La autonomía del reloj, garantizada por una pila de litio, es de 10 años.

La copia de seguridad de los datos (valores de preselección y valores actuales) queda garantizada mediante una memoria Flash EEPROM (10 años).

f) PLCs modulares y extensiones

Las entradas/salidas para los relés programables modulares pueden ser:

- 26 E/S, alimentadas a 12 VCC.
- 10 o 26 E/S, alimentadas a 24 VAC, 100...240 VAC o 24 VCC.

Para mayor rendimiento y flexibilidad, los relés Zelio Logic modulares admiten extensiones para obtener un máximo de 40 E/S.

- Módulo de comunicación de red Modbus o Ethernet, alimentadas a 24 VCC por el módulo Zelio Logic de igual tensión.
- Módulos de ampliación de entradas/salidas analógicas con 4 E/S, alimentada a 24 VCC por el módulo Zelio Logic de igual tensión.
- Módulos de ampliación de entradas/salidas analógicas con 6 E/S, alimentada a 24 VCC por el módulo Zelio Logic de igual tensión.



- 1 Módulo Zelio Logic modular (10 o 26 E/S)
- 2 Módulo de ampliación de entradas/salidas TON (6, 10 o 14 E/S) o analógicas (4 E/S)

2.2 Implícitos

Se parte del supuesto que, las grandes industrias están empezando a automatizar todo proceso que se considere engorroso, complejo o lento; con la finalidad de elevar su productividad y disminuir costos ya que, como se conoce, los sistemas automáticos no sufren de agotamiento, de estrés y por encima de todo no necesitan descanso; por lo cual resulta tener mayor efectividad que un obrero de planta.

Las grandes industrias están entrando a un proceso de automatización para lograr una mejor producción, para lo que se ven obligados a capacitar a su personal para que

puedan operar este tipo de maquinarias, generando un mayor nivel de vida tanto económico como intelectual en su población trabajadora.

Podemos notar que la una manera de lograr una mejor producción es mediante el ahorro en materiales reutilizables, como es el caso de la arena sílice, una material muy utilizado en las fundiciones de acero para creación de moldes, que luego de desmoldar este molde se rompe por lo que para cada pieza que se genera se necesita un molde nuevo.

A mayor cantidad e piezas sin importar que sean de igual forma se necesitará la misma cantidad de moldes y como se puede notar que el consumo de arena será elevado, es por este motivo por el cual se intenta reciclar la mayor cantidad posible de esta materia prima en el menor tiempo posible, ya que si no se logrará una rápida recuperación de este material no se podrá abastecer la gran demanda interna de este producto y llevaría a la utilización de materia nueva para poder cumplir con los tiempos acordados de entrega de piezas

Capítulo 3. El Problema y el Objetivo

3.1 Antecedentes.

A fines del siglo XX, y gracias al avance de la tecnología, las grandes industrias implementaron sistemas de lazo de control con el propósito de aumentar el rendimiento y la eficacia en el proceso de fabricación de determinados productos.

Estos sistemas fueron evolucionando cada vez más, hasta el punto de que las tareas que resultaban peligrosas o demandantes para el ser humano, fueron controladas a distancia por medios de controladores y manejo automático. Convirtiendo, así, a la automatización en un recurso cada vez más importante.

La Industria en el Perú se encuentra en un crecimiento sostenible y metalúrgica en constituye una de las principales actividades económicas, como estipula el Índice de Crecimiento Industrial de los últimos 10 años proporcionado por el Ministerio de la Producción mostrando un crecimiento del año 1998 al 2008 del 307.03% en las fundiciones de Hierro y Acero, y sigue en aumento.

Las exigencias de calidad de los productos finales y el mejoramiento de los procesos, impulsan cada vez más a constantes mejoras y cambios en las diferentes fundiciones del país con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos con los que se dispone.

El objetivo del presente trabajo es optimizar y maximizar la performance por medio de la automatización ejecutado en una planta recuperadora de arena de sílice en las fundiciones.

Para nuestro proyecto, cabe indicar que en América Latina no existen empresas que fabriquen este tipo de sistemas, lo más aproximado a estas, en el mercado regional, son plantas temporizadas o máquinas importadas de países como los Estados Unidos, Italia, Inglaterra, entre otros. Una de las opciones, y es esta que desarrollamos nuestro proyecto, es acondicionar plantas ya existentes con sistemas automáticos de control.

Esta idea surge de la necesidad de ingresar al mercado extranjero, el cual cumple con normas de fabricación más exigentes. Sobre todo, en la utilización de materiales renovables a fin de reducir el volumen de desperdicios producidos.

3.2 Planteamiento.

La recuperación de arena en las fundiciones de acero, por medio de sistemas mecánicos y manuales, es un proceso lento y engorroso lo cual genera un alto costo. Esto sucede por la gran demanda de esta materia prima en la fabricación de moldes para las distintas piezas.

3.3 Delimitación.

Centraremos nuestro estudio, investigación y desarrollo, en automatizar de una manera relativamente económica, una planta recuperadora de arena.

Para lo cual aplicaremos los conocimientos adquiridos en los cursos de Control, cabe recalcar que durante este proceso se necesitará de asesoría por parte de especialistas en las ramas de ingeniería Industrial como en ingeniería Mecánica.

3.4 Definición.

Para la fabricación de piezas de acero fundido se hace uso de arena de sílice compactada y unida con resina la cual se utiliza para dar forma a los distintos moldes. En estos se verterá el acero en estado líquido. Una vez que el material se endurece se procede a retirar la pieza, quebrando el molde y, quedando como desperdicio, esta arena de sílice la cual puede ser reutilizada.

Para ello, se requiere de un proceso que consiste en romper los bloques, que aun se encuentren unidos por la resina, con ayuda de una vibradora. Luego atraviesa por una enfriadora clasificadora para, finalmente, mezclarse, en distintas proporciones, con arena nueva. Este proceso de mezclado es realizado por un operario, de manera manual. Esta mezcla luego es almacenada en silos donde se mantendrá hasta que se requiera nuevamente.

3.5 Justificación.

Durante todo el proceso es necesario verificar que no exista una sobre alimentación o escasez de arena en la maquina, ya que esto podría generar un bloqueo o un atraso, obligando a la empresa a la utilización de arena nueva, lo cual genera un mayor gasto en materia prima.

Es esta parte del proceso la que requiere mayor tiempo e, igualmente, un mayor número de operarios encargados de controlar la arena en proceso y, especialmente, el flujo y volumen.

Una de las consecuencias del proceso manual es la exposición continua de los operarios que, a pesar de contar con los implementos de seguridad necesarios y requeridos por la ley, tienden a sufrir problemas en las vías respiratorias a causa de la inhalación constante de un producto residuo de este proceso el cual denominaremos “polvo fino”. Este residuo es generado por el mismo proceso de vibración y traslación de la arena; estos quedan suspendidos en el ambiente y, es en este momento, donde los operarios lo respiran. Esto perjudica la salud de los miembros de la planta.

3.6 Limitaciones

La mayor limitación de la implementación de dicho sistema, es la necesidad de trabajar en conjunto con ingenieros tanto Mecánicos como Industriales.

En la automatización de la planta, habrá que tomar en cuenta el comportamiento de la arena de sílice, así como, la creación de un tanque a presión con la finalidad de

expulsar el producto terminado a cada uno de los silos de almacenamiento, esto escapando de mis conocimientos para el cálculo exacto de las dimensiones y materiales del mismo, más no del conocimiento de aplicación y utilización.

También será necesaria la utilización de extractores que logren eliminar los polvos finos suspendidos en el ambiente

Objetivos Generales.

Automatizar y optimizar el proceso de recuperación de arena en las fundiciones de hierro y acero, haciendo de este un proceso más confiable, rápido y limpio.

Presentar una alternativa concreta en cuanto al sistema de Recuperación de arena de Sílice, con la finalidad de reducir gastos operativos.

3.7 Objetivos Específicos.

Aumentar el nivel tecnológico de nuestras industrias con la finalidad de ubicarlas en igualdad de condiciones con sus contrapartes internacionales.

Integrar un sistema automatizado completo capaz de controlar temperatura, implementar un sistema nuevo de enfriador clasificador, controlar los niveles de silos y tanques de almacenamiento, encendido y apagado de equipos y motores, la implementación de un sistema de envío neumático de la arena de sílice recuperada previamente mezclada con un porcentaje de arena nueva, hacia los tanques de almacenamiento.

Disminuir la producción de desechos generados por las industrias metalúrgicas, con ayuda de un proceso automático de recuperación.

Evitar que el factor humano influya durante el proceso de recuperación más allá de un mantenimiento preventivo para evitar o contrarrestar algún tipo de falla que pueda producirse durante el proceso.

Reciclar, con mayor velocidad, la arena de sílice. Esto reducirá los costos de compra de materia prima nueva, reutilizando así la existente de una manera rápida y efectiva.

Evitar que el factor humano influya durante el proceso de recuperación más allá de una supervisión necesaria para evitar o contrarrestar algún tipo de falla que se produzca durante el proceso.

Reciclar, con mayor velocidad, la arena de sílice. Esto reducirá los costos de compra de materia prima nueva, reutilizando así la existente de una manera rápida y efectiva.

3.8 La Hipótesis

Generar un sistema automatizado total de recuperación de arena, permitiéndonos, un mejor manejo de los recursos reutilizables, eliminando la sobre producción de desperdicios, Utilizando para ello un proceso de bajo costo con respecto a sus contrapartes extranjeras, utilizando materiales simples como PLC y sistemas electro - neumáticos.

Colaborar con el posicionamiento de la industria regional en el mercado extranjero permitiendo que puedan competir gracias a una reducción, y reutilización de materia prima.

Dicho proyecto es sustentado en la necesidad de contar con un sistema óptimo de recuperación de arena que permita reducir los costos de compra de arena nueva, reducir el tiempo de ejecución del trabajo mejorando el uso de la energía aplicada al proceso optimizando la función del trabajador reduciendo las emisiones contaminantes, considerando la coyuntura y conciencia ecológica que se viene en aumento, cabe la necesidad de reutilizar o reciclar la mayor cantidad de materia posible, eliminando así los desperdicios que estén afectando al medio ambiente.

El sistema hace más eficiente el proceso de Recuperación de Arena reduciendo los tiempos de ejecución, mejorando el consumo de energía y canalizando de una forma más productiva la utilización de insumos aplicados al proceso de fabricación de piezas de metal mecánica en las fundiciones y metalúrgicas.

Capítulo 4. Metodología

Para lograr una automatización del proceso de recuperación de arena, procederemos primero a explicar de una manera detallada el proceso de generación de arena y su importancia en el proceso de creación de piezas específicas, luego se va nombrar y explicar cada una de las partes mecánicas, la intención de esto, es la de ayudarnos a escoger tanto las variables de entradas como las de salidas de nuestro proceso.

4.1 Descripción del Proceso de Fundición

El proceso de fundición se separa en dos grandes grupos, el desarrollo de piezas específicas las cuales son solicitadas bajo pedido y el desarrollo de piezas se uso común como es el caso de las planchas ángulos, tubos, secciones, varillas metálicas entre otros.

Para el desarrollo de este proyecto se analiza el proceso de fabricación de piezas específicas.

El desarrollo de este tipo de piezas se realiza en etapas las cuales incluyen planeación, generación de la matriz, generación del molde, vaciado del material, desmolde de la pieza y acabado.

En la etapa de planeación se analiza los detalles estructurales, se realiza un estudio de factibilidad de fabricación, se escoge la aleación apropiada con la finalidad que cumpla con los requerimientos estructurales mínimos.

Luego se realiza la matriz de dicha pieza, por lo general esta matriz es de madera debido al bajo costo de fabricación elaborando un modelo de la pieza en escala real donde serán evidentes todos los detalles de fabricación como por ejemplo el número de serie, la marca del fabricante entre otros.

Luego de la inspección y aprobación de dichas matrices crea el molde que contendrá al material fundido, el molde de dos piezas se genera de arena de sílice mezclada con resina furánica en proporciones de 180 kilogramos de resina con catalizador por cada tonelada de arena de sílice, la relación de arena de sílice con respecto a la cantidad de material fundido es de 3.5 a 1, es decir por cada 1000 kilos de metal fundido es necesario 3500 kilogramos de arena de sílice.

Luego de ser compactada se retira la matriz y se procede a quemar el molde ya que el fuego actúa como catalizador endureciendo la resina manteniendo unida la arena, este molde cuenta con orificios por donde se verterá el material fundido, este molde solo puede ser utilizado una sola vez.

El material dependiendo de la aleación a utilizar se funde en crisoles a temperaturas que pueden superar los 1430°C para el caso del acero inoxidable hasta estar en estado líquido, este se verterá en los moldes y se dejara enfriar permitiendo que este material se solidifique tomando la forma del molde y generando así la pieza que se desea obtener.

Una vez endurecido el material, se rompe el molde y se retira la pieza si es el caso se procede a dar acabado el cual puede incluir desde limpieza de escorias hasta proceso de mecanizado completo.

En el caso de no cumplir con los requerimientos mínimos de aprobación la pieza es descartada y vuelta a fundir.

Por último en caso de ser necesario se procede a realizar un templado de la pieza con la finalidad de endurecer el material o de liberar tensiones internas.

En el proceso de fabricación explicado anteriormente se genera un desperdicio residual, arena de sílice en bloques resultado de romper el molde el cual en muchos de los casos en el Perú no se reutiliza y en caso de ser reutilizado esta arena en bloques pasa por un proceso lento, poco eficaz y no tan efectivo.

De lo anterior nace la necesidad de mejorar las operaciones de recuperación de arena con la finalidad de abaratar costos y contar con un sistema confiable, preciso, de fácil operación que permita un mayor control y una menor cantidad de desperdicios.

4.2 Descripción del Proceso de Recuperación de Arena

El sistema cuenta con 4 bloques, cada uno de ellos con funciones específicas, para lograr un proceso completo de recuperación de arena (*figura 4.1*).



Figura 4.1

A continuación se procede a explicar cada uno de estos bloques;

4.2.1 Acondicionamiento de la Arena

Como explicó con anterioridad, al realizar piezas de metal fundido, se generan bloques de arena de sílice, los cuales tienen que ser acondicionados para el ingreso al proceso.

El proceso de acondicionamiento de la arena consiste en deshacer dichos bloques, el modo más efectivo es por fricción, la fricción entre los bloques desgrana la arena. Para ello se hace uso de una **desmoldadora zaranda vibradora** donde se depositan los moldes rompiéndose, luego se retira la pieza y la arena en bloques continua en el proceso de desgrane. Existen diferentes tipos de zarandas con uno o dos motores dependiendo del diseño, pero la función de estas es la misma, generar ondas mecánicas por medio de motores con contrapesos los cuales giran a una frecuencia promedio de 1150 RPM, separando los bloques y haciéndolos pasar por diferentes tamices los cuales restringen el paso de los bloques permitiendo solo el paso de la arena en granos.

Estos tamices además separan los restos metálicos y no metálicos, no deseados en el proceso de recuperación, a la salida de este proceso se obtiene la arena en su estado natural.



Figura 4.2 Ingreso de arena en bloques a la Zaranda Vibradora



Figura 4.3 Salida de arena en Granos de la Zaranda Vibradora

4.2.2 Enfriador

Para reutilizar dicha arena será necesario tenerla a una temperatura por debajo de 40°C, ya que es mezclada con resina furánica y el calor podría actuar como catalizador acelerando el proceso de secado, es por este motivo que es necesario enfriar la arena que absorbe temperatura al tener contacto con el material fundido.

Esta arena ingresa a una tolva abierta donde permanece ahí hasta enfriarse, por lo general se deja reposar por periodo de 3 horas. Luego la arena es retirada de esta tolva por medio de un cargador frontal de tipo **BOBCAT** y es transportada al mezclador y trasiego de arena.

4.2.3 Mezclador

Al salir del proceso de enfriamiento la arena en proceso de recuperación deberá ser mezclada con arena nueva en proporciones de 4 a 1 (caso de resina furánica), debido a que en el proceso de Acondicionamiento de la Arena al desgastar los bloques de arena no se termina de extraer el 100% de la resina adherida a los granos, quedando en promedio entre 15% al 18% de partículas de resina, por este motivo las fundiciones metalúrgicas trabajan bajo el estándar de agregar 20% de arena nueva (10% en caso de

utilizar resina Fenólica) como parte del proceso de fabricación de los moldes, este proceso se realiza con el motivo de asegurar un mejor cohesión y dureza al molde.

La arena nueva es almacenada en un silo, esta mezcla debe realizarse antes del almacenamiento final ya que de esta manera se puede realizar de modo dosificado permitiendo así que la relación de mezcla sea lo más exacta posible.

Esta mezcla se puede realizar en diferentes medios físicos, tolvas de mezcla, fajas transportadoras; entre otros, en el caso de nuestro proyecto dicha mezcla se realiza sobre una tolva plana donde se depositan ambos productos por medio del BOBCAT donde un operario la mezcla mediante un proceso de “peinado” para luego empujarla hacia una salida que desemboca a un elevador de cangilones encargado de elevar la arena hasta la altura de los silos de almacenamiento.

4.2.4 Almacenamiento

La etapa final del proceso consiste en almacenar la arena, es importante que la planta no se quede sin arena con el fin de evitar que se genere un consumo de arena nueva por falta de arena recuperada.

Para permitir que exista una cantidad de arena necesaria se realiza un cálculo de consumo de arena en función a la producción y al tonelaje por hora de arena capaz de recuperar la planta.

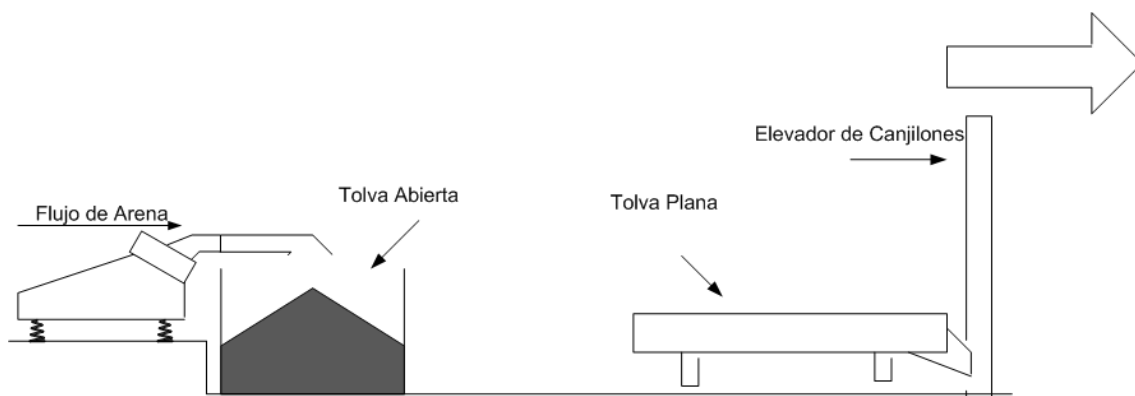


Figura 4.4 Esquema de Sistema Actual de Recuperación de Arena

4.2.5 Factores a Considerar

El proceso de recuperación de arena de sílice con la maquinaria descrita genera demasiado desperdicio en el proceso de transporte de la arena desde la tolva de enfriamiento hasta la tolva de mezcla y no cuenta con un control de temperatura.

Adicionalmente no cuenta con un sistema automático de detención y arranque, al encontrarse llena la tolva de enfriamiento produciendo que el producto exceda la capacidad de la tolva abierta haciendo así que los alrededores de esta se encuentren con arena, generando un desperdicio y ensuciando el área de trabajo así la zaranda vibradora que la alimenta siendo esta operación manual, así mismo el envío de arena a los silos de almacenaje se realiza por medio de un conjunto de fajas transportadoras y elevadores de canchales, esto genera mucha suciedad en el ambiente producto de la arena en movimiento.

La extracción de los “polvos finos” debería ser a lo largo de todo el proceso ya que este polvo puede causar problemas respiratorios al personal cercano, obligando la utilización de mascarillas permanentemente en los alrededores de ella, así como causar fallas en los contactos y equipos cercanos.

4.3 Descripción del Proceso Propuesto

Parte de la solución consiste en eliminar durante el proceso de recuperación de arena todo segmento del proceso en que la arena tenga contacto con el aire libre evitando así la generación de polvos finos suspendidos y desperdicios.

Para ello el modificamos el proceso eliminando y modificando el proceso de enfriamiento abierto por un proceso cerrado nuevo de enfriamiento y clasificación así como el elevador de canjilones y las fajas transportadoras por un sistema neumático de envío desde la salida del Enfriador Clasificador hacia los silos de almacenamiento, con esto creamos una sola entrada y salida hermetizando el proceso de recuperación.

Este sistema de envío será controlado automáticamente por medio de un PLC.

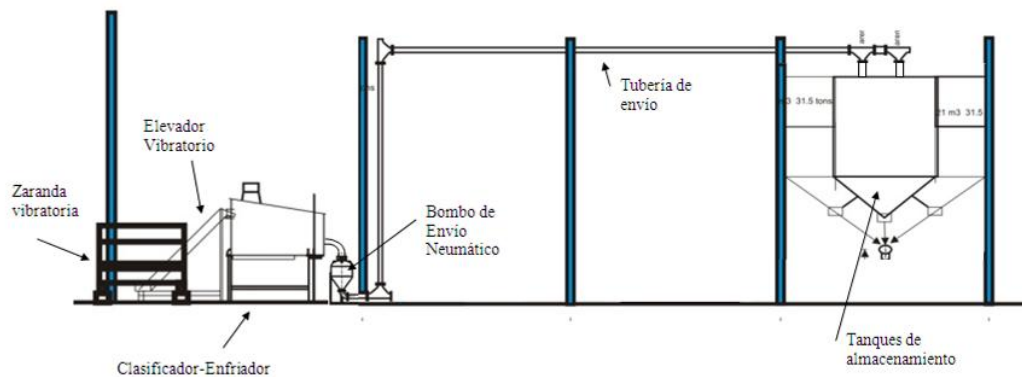


Figura 4.5 Esquema de Sistema Propuesto de Recuperación de Arena

4.3.1 Proceso de Automatización

Con el fin de controlar este proceso por medio del PLC, deberemos crearle el entorno con la utilización de los sensores y transmisores, así mismo se deberá ubicar los actuadores que proporcionarán al PLC de mecanismos de acción en función de una determinada lógica.

A continuación se explicará por proceso la ubicación y función de cada uno de estos.

4.3.1.1 Automatización del Proceso de Acondicionamiento de la Arena

Como se explicó anteriormente el proceso de acondicionamiento de Arena cuenta con motores vibradores los cuales deberán encenderse y detenerse automáticamente según lo ordene el controlador, esto evitará que exista una sobrecarga de la arena en la siguiente etapa.

El encendido y apagado de los motores vibradores será controlado por contactores térmicos. Serán necesarios dos contactores por motor para esta función uno para el arranque y otro para la detención, ya que en el apagado de se procede a invertir el giro de los motores con el fin de detener la inercia ayudando así a una detención más rápida evitando un desgaste en los resortes de dicha máquina, siendo este punto de rebote de baja frecuencia los que mayor tensión genera a estos.

La detención o arranque de estos será controlado por las siguientes etapas será explicado más adelante según corresponda.

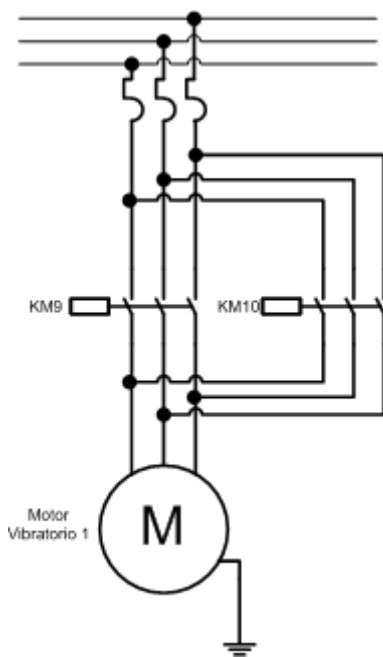


Figura 4.6.1 Esquema trifilar de conexión de vibrador con giro en ambos sentidos



Figura 4.6.2 Diagrama de sentido de Giro de Motor Vibrador y Dirección de la Arena
Se debe considerar en el caso de dos motores el movimiento de rotación de estos será inverso uno respecto al otro a diferencia del caso de utilizar un solo motor que el movimiento será en sentido del flujo de arena.

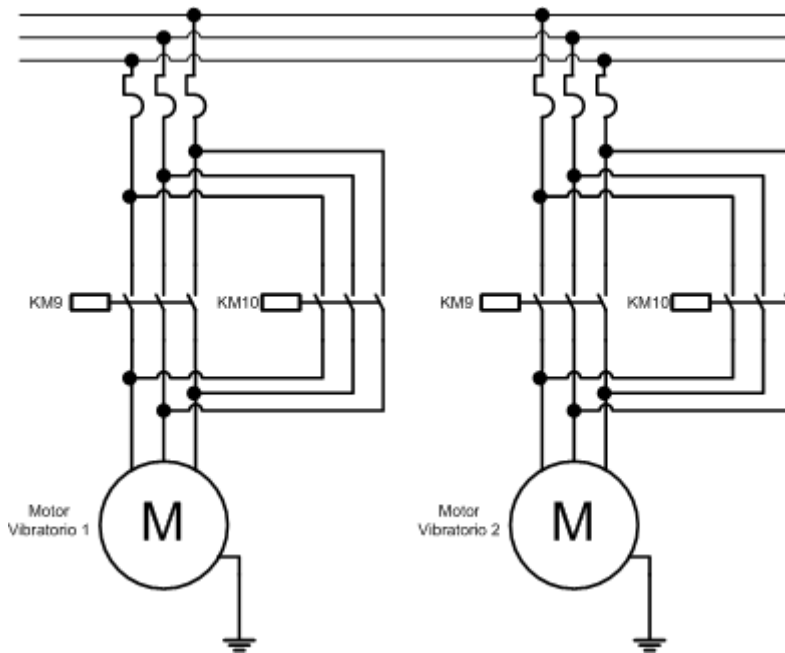


Figura 4.7.1 Esquema trifilar de conexión de vibrador doble con giro en ambos sentidos

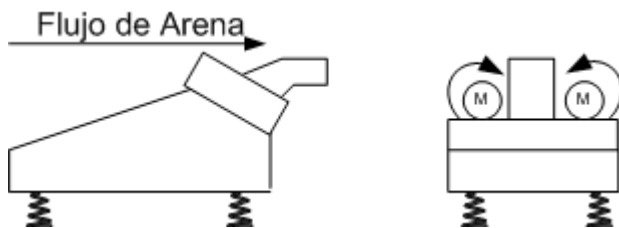


Figura 4.6.2 Diagrama de sentido de Giro de doble Motor Vibrador y Dirección de la Arena

4.3.1.2 Automatización del Proceso de Enfriamiento y Clasificación

El enfriador clasificador cuenta con 4 recamaras internas (*figura 4.9*), un radiador enfriado por agua y un ventilador soplaante encargado de inyecta aire por la parte inferior.

La arena ingresa y se deposita en las dos primeras recamaras, el aire inyectado por el inferior del clasificador empuja la arena haciéndola circular creando el efecto de Lecho Fluidizado, la arena avanza hacia la tercera recamara en la que se encuentra el radiador enfriado por agua, al tener contacto la arena con el radiador, esta se enfría luego se deposita en la 4 recamara donde estará lista para ingresar a la siguiente etapa del proceso.

En este proceso será necesario controlar el encendido del ventilador soplante que generará el lecho fluidizado, el control de temperatura y los niveles superior e inferior de la 4 cuarta recamara de esta máquina.

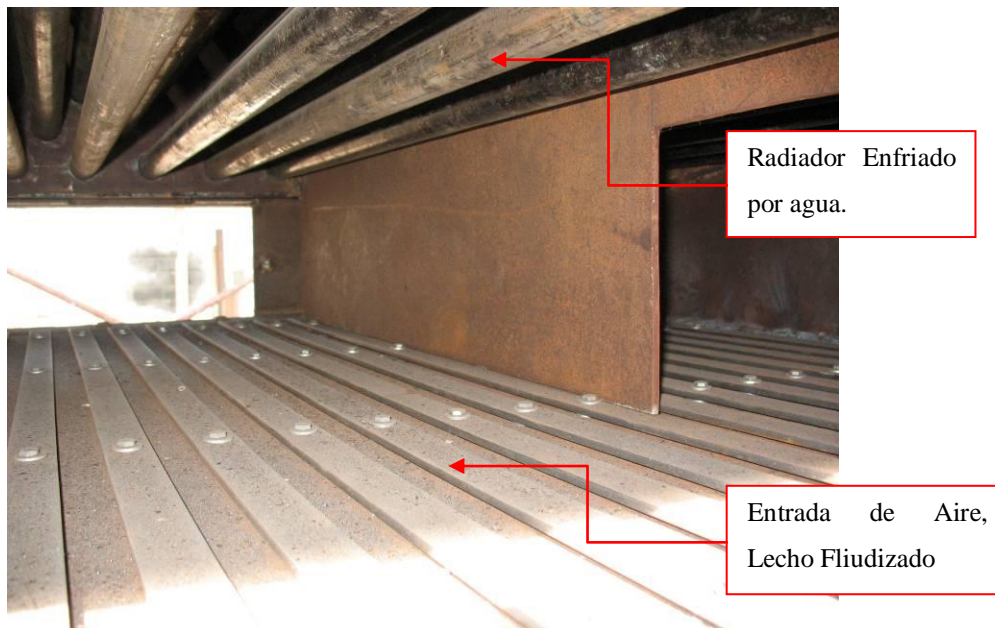


Figura 4.8 Interior del Enfriador Clsificador

Así mismo en el proceso de desgranar los bloques se produce un polvo de arena el cual no logra cohesionarse nuevamente, siendo inútil para el proceso de fabricación de los nuevos moldes, este polvo deberá ser retirado del proceso clasificando la arena.

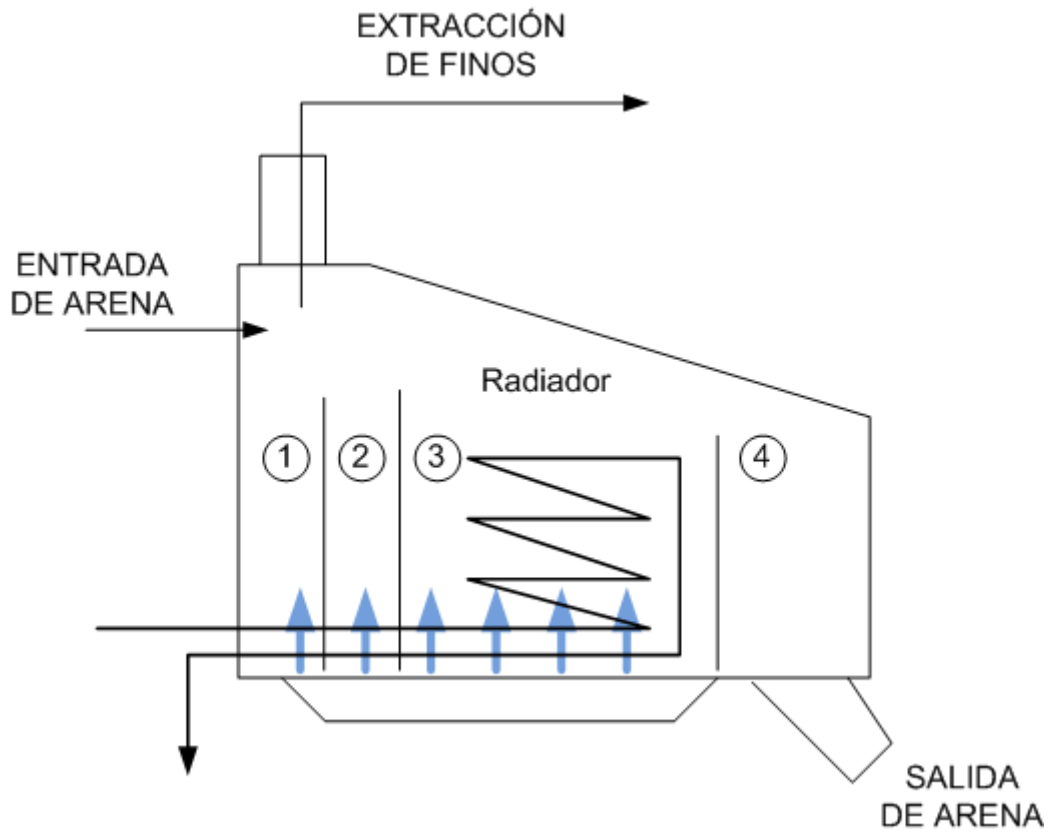


Figura 4.9 Corte Transversal del Enfriador Clasificador

4.3.1.2.1 Automatización del Ventilador Soplante

Con el fin de generar el lecho fluidizado el ventilador soplante inyectará aire de manera continua durante todo el proceso de recuperación por lo que bastara un contactor para encenderlo, este contactor estará controlado por el PLC.

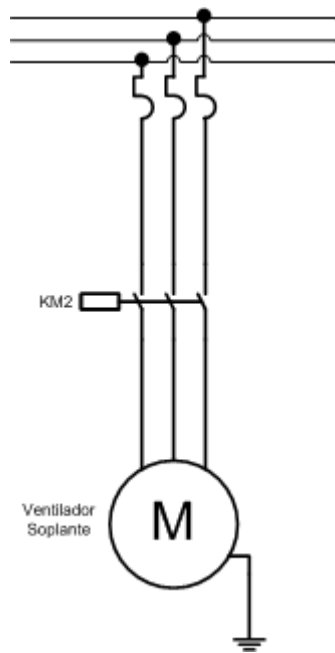


Figura 4.10.1 Esquema trifilar de conexión de Ventilador soplane

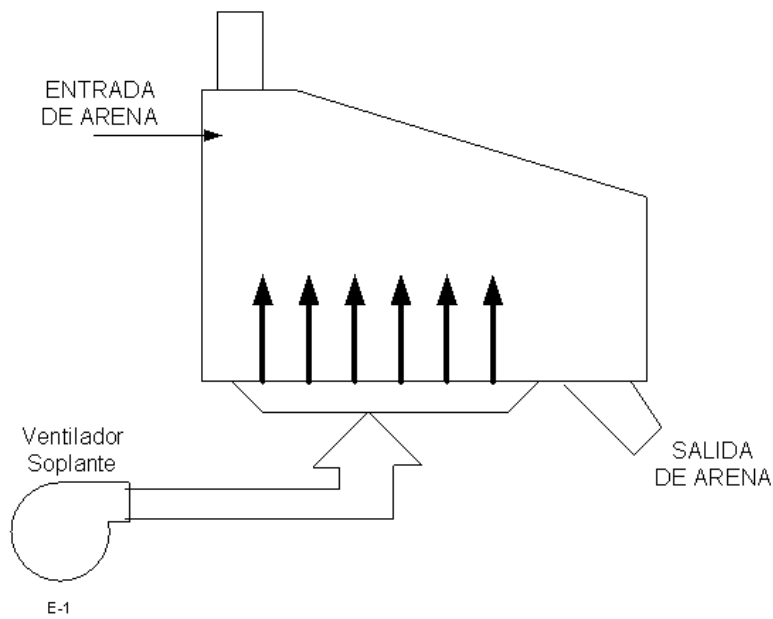


Figura 4.10.2 Esquema de ingreso del Aire al Enfriador Clasificador

4.3.1.2.2 Automatización del Control de Temperatura

Como se explicó anteriormente existe la posibilidad de que la arena se encuentre por sobre la temperatura máxima de almacenamiento (40°C) debido al intercambio de calor entre el molde y el material fundido, por este motivo será necesario enfriarla.

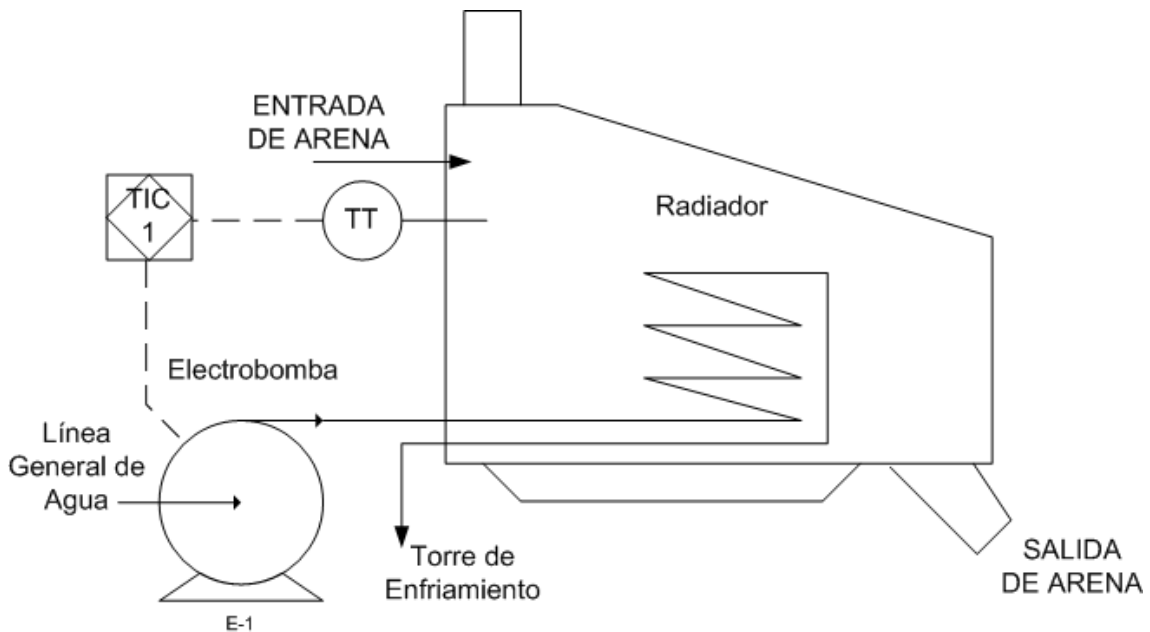


Figura 4.11 Esquema de control de temperatura

En este proceso se controlará el encendido o apagado de la electro bomba que tiene por función generar una recirculación de agua desde la torre de enfriamiento hacia el radiador del clasificador enfriando la arena en caso esta se encuentre por sobre la temperatura permitida por el proceso.

La orden de encendido o apagado de la electrobomba provendrá del controlador de temperatura, este cuenta con un sensor de PT100 el que medirá la temperatura de la arena al ingreso del enfriador clasificador, si esta supera la temperatura de 40°C se cerrará el contacto del controlador indicando el encendido de la electrobomba de agua haciendo circular agua a través del radiador.

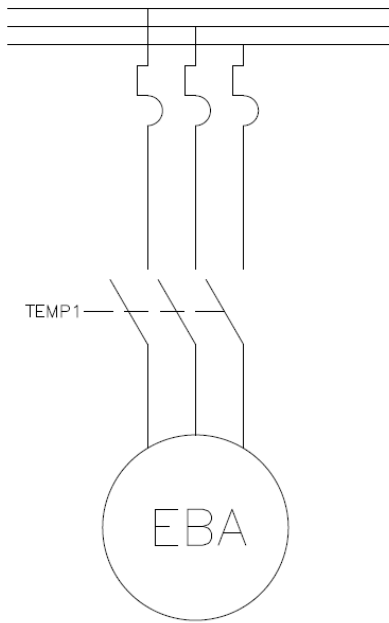


Figura 4.12 Esquema trifilar conexión de bomba de agua

4.3.1.2.3 Calculo de Flujos Intercambiador de Calor

Debido a la gran importancia de ese proceso procederemos a realizar el cálculo de los flujos de agua y aire que nos permitan bajar la temperatura de 100 °C (temperatura máxima de desmolde) a 30°C temperatura máxima de almacenamiento, considerando una planta de 3 toneladas por Hora con las siguientes consideraciones:

Item	Descripción	Medida	Unidades
1	Dimensiones de la Clasificadora Enfriadora (LxWxH)	1.650x1x1	m
2	Dimensiones del Radiador enfriado por Agua (LxWxH)	0.66x0.9x0.9	m
2	Calor Especifico:		

	a.	Arena Sílice	795	J/kg.K
	b.	Agua	4186	J/kg. K
	c.	Aire	1000	J/kg.K
3		Densidades		
	a.	Agua	1000	Kg/m3
	b.	Aire	1.2	Kg/m3

Asi mismo utilizaremos un Intercambiador de Flujo Cruzado como se muestra en la figura 4.13

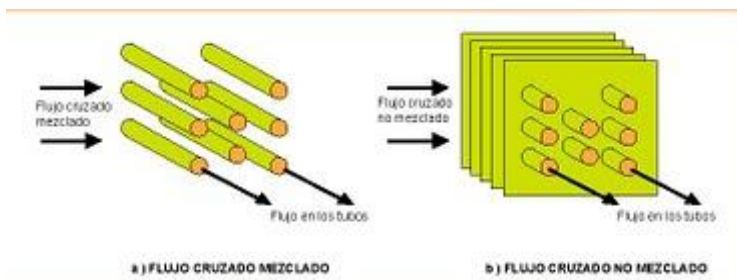


Figura 4.13: Intercambiador de Flujo Cruzado

Para la realización de este cálculo aplicaremos leyes de Termodinámica con el fin de calcular los Caudales promedio en de agua y de aire que ingresan a la Clasificadora.

Debemos cálculos las masas de agua y aire necesarios para dicho proceso, para esto aplicaremos la ley de equilibrio térmico:

$$Q_{ganado} = Q_{perdido} = Q$$

$$Q = C_{earena} m_{arena} \Delta T_1 = C_{eH_2O} m_{H_2O} \Delta T_2 + C_{eaire} m_{aire} \Delta T_3$$

Datos Adicionales:

$$\Delta T1 = (100-30)^{\circ}\text{C}; \Delta T2 = (30-20)^{\circ}\text{C}; \Delta T3 = (30-25)^{\circ}\text{C};$$

$$\text{marena} = 3 \text{ (TON/h)} / (9.8 \text{ m/s}^2 \times 60 \text{ min}) = 5.10 \text{ kg/min};$$

Reemplazamos los datos en las ecuaciones y realizando las simplificaciones del caso:

$$56.7857 \text{ kg/min} = 8.372 \text{ mH}_2\text{O} + \text{maire... (I)}$$

Procedemos a buscar una relación entre las masas de Aire y Agua, para ello recordaremos que la masa, la densidad y el volumen guardan relación entre si, por medio de la siguiente fórmula:

$$m/\rho = V \dots \text{(II)}$$

Calculo de Volúmenes:

1. Volumen de Agua:

Considerando tuberías de 38mm de diámetro el área de la sección transversal de dicho tubo es:

$$\mathbf{A_o = 0.001134 \text{ m}^2}$$

$$\mathbf{V_o = 0.001020 \text{ m}^3}$$

La cantidad de tubos a ingresar serian 8 a lo largo y 11 a lo alto considerando una separación de 40mm entre los tubos, por lo tanto el Volumen total de agua será:

$$V_{t_{H_2O}} = 0.0898 \text{ m}^3 \dots \text{(III)}$$

2. Volumen de Aire:

El volumen de aire será el Volumen total del Clasificador enfriador menos el volumen de agua (para esto se está considerando despreciable el volumen ocupado por las divisiones metálicas internas).

$$V_{t_{cla}} = 1.65 \text{ m}^3$$

$$V_{t_{aire}} = 1.65 - 0.0898 \text{ m}^3$$

$$V_{t_{aire}} = 1.56 \text{ m}^3 \dots \text{(IV)}$$

Reemplazando (III) y (IV) en (II) y dividiendo ambos resultados se obtiene:

$$V_{t_{aire}}/V_{t_{H_2O}} = (m_{aire}/1.2)/(m_{H_2O}/1000)$$

$$0.021 \times m_{H_2O} = m_{aire} \dots \text{(V)}$$

Reemplazando (V) en (I), se Obtiene:

$$m_{aire} = 0.141 \text{ Kg/s};$$

$$m_{H_2O} = 6.766 \text{ Kg/s};$$

Procedemos a dividir dichos valores entre su densidad y el área transversal por el cual estos recorren obteniendo

Calculo de Caudales:

$$\text{Cuadal}_{\text{H}_2\text{O}} = (m_{\text{H}_2\text{O}} \times 60\text{s}/\text{min} \times A_t \times 1000\text{L}/\text{m}^3) / (1000\text{kg}/\text{m}^3 \times A_t)$$

$$\text{Cuadal}_{\text{H}_2\text{O}} = 405.95 \text{ L}/\text{min}$$

$$\text{Cuadal}_{\text{AIRE}} = (m_{\text{AIRE}} \times 3600\text{s}/\text{h} \times A_t) / (1.2\text{kg}/\text{m}^3 \times A_t)$$

$$\text{Cuadal}_{\text{AIRE}} = 423.08 \text{ m}^3/\text{h}$$

4.3.1.2.4 Automatización del Control de Nivel

La cuarta recamara del enfriador clasificador es la encargada de recepcionar y almacenar la arena de modo momentánea ya que esta cuenta con la salida al mezclador, contará con un sensor de nivel mínimo que indicara la existencia de arena suficiente para realizar la mezcla en las proporciones adecuadas. Este nivel mínimo brindará una de las señales que activarán la entrada del mezclador.

Adicionalmente deberá contar con un nivel superior que evite una sobre carga de arena, este sensor contralará el encendido y apagado de los motores vibradores del proceso de acondicionamiento de arena, recordando que dicha etapa se encarga de alimentar el enfriador clasificador y por consiguiente el proceso de recuperación de arena.

Los encargados de indicar dichos niveles serán los sensores capacitivos.

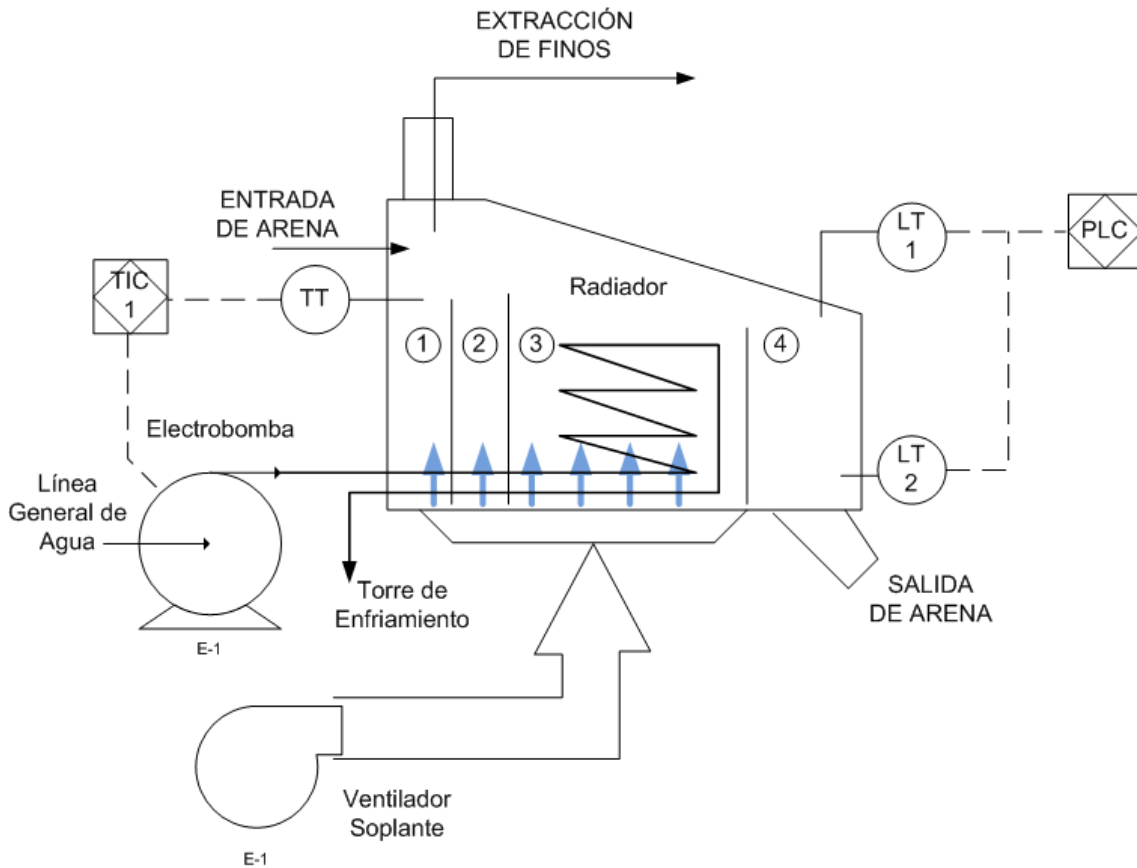


Figura 4.14 Esquema Completo de conexión de Clasificador Enfriador

4.3.1.3 Automatización del Proceso Mezclador

Como se explicó el proceso de mezcla se realiza sobre diferentes medios mecánicos. Considerando que como parte de desarrollo de este proyecto es evitar el contacto de la arena durante el proceso de recuperación con el medio ambiente.

Por este motivo se opta por un diseño de mezclador y envío de arena neumático. Este proceso consiste de un bombo neumático en el que ingresará tanto la arena nueva

como la recuperada en proporciones indicadas anteriormente (1 a 4) una vez dentro la arena en este bombo se procede a inyectar aire a presión el cual empujara la arena hasta los silos de almacenamiento por medio de tuberías selladas.

El bombo neumático se encuentra unido herméticamente tanto al enfriador clasificador como a la tolva de arena nueva, así mismo la salida del bombo neumático se encuentra unida a la tubería de envío y esta a su vez a los silos de almacenamiento evitando así que mezcla tenga contacto con el medio ambiente circundante.

El proceso de automatización lo descompondremos para una mejor explicación en carga, envío y línea de aire.

4.3.1.3.1 Automatización del Ciclo de Carga

Este proceso consistirá en realizar la mezcla adecuada de arena que ingresará al bombo neumático. En este proceso se controlará la entrada de arena tanto la recuperada como la nueva mediante la utilización de 3 válvulas tipo mariposa, una a la entrada de cada tipo de arena una general a la entrada del bombo neumático, controladas por actuadores neumáticos Kinestrol de doble acción según una lógica predeterminada. A este conjunto lo denominaremos sólo como válvulas.

Antes de ejecutar el proceso de carga el sistema deberá verificar que exista una cantidad mínima de arena tanto recuperada como nueva, para generar una mezcla completa en las proporciones de 4 a 1, así mismo verificará la existencia de presión de aire suficiente en la línea de aire comprimido que permita el control adecuado de la apertura y cierre de las válvulas, y por último se verificará que la válvula de inyección de aire al bombo para el envío de arena se encuentre cerrada.

Una vez verificado estos parámetros el sistema activa el proceso de carga. Definiremos como Válvula 1 (V1) a aquella que controla la entrada de arena recuperada, válvula 2 (V2) a aquella que controla la entrada de arena nueva, y válvula 3 (V3) a aquella que se encuentra a la entrada del bombo neumático, así mismo estas utilizarán por cada una de estas una electroválvula 5/2 con reacción de resorte las cuales direccionarán las válvulas ya sea apertura o cierre, según lo ordene el PLC.

El sistema parte por abrir V3 permitiendo así el paso libre hacia el bombo neumático, luego se procede a abrir simultáneamente V1 y V2, luego de un tiempo determinado “**T1 y T2**” se procede a cerrar V1 y V2 respectivamente, los tiempos T1 y T2 estarán en la misma relación de la proporción de arena deseada para nuestro caso la proporción de arena es de 4 a 1, por lo tanto $T1=4T2$ (el tiempo T1 dependerá de la capacidad de arena que pueda enviar el bombo neumático), luego que ambas válvulas se encuentren cerradas, se procede a cerrar V3 hermetizando así el bombo de envío y dejándolo listo para el proceso de envío.

4.3.1.3.2 Automatización del Ciclo de Envío

En este proceso se procede a enviar la mezcla de arena hacia los silos de almacenamiento, este proceso se efectuará inyectando aire a presión al bombo neumático empujando así la mezcla a través de un sistemas de tuberías que direccionándola hasta los tanques.

Este proceso se da inicio luego del término de ciclo de carga se verificará que exista espacio disponible en los silos de almacenamiento, que exista una presión de aire suficiente que permita el envío de arena a lo largo de todo el recorrido, y por último se verificará que la las 3 válvulas del ciclo de carga se encuentren cerradas evitando que la arena regrese por este punto hacia los procesos anteriores.

Una vez verificado este se activa el proceso de envío una señal del PLC activara una electro válvula 2/2 con reacción de resorte, esta permitirá que el aire presurizado ingrese al bombo neumático, empujando así la mezcla a lo largo de las tuberías.

Durante este proceso se generará una sobre presión tanto dentro del bombo neumático como a lo largo de toda la tubería, cuando esta mezcla llega a los silos de almacenamiento la presión en estos puntos disminuirá, cuando la presión registrada en el presostato del bombo neumático se encuentre por debajo de 3psi significará todo el trayecto de se encuentra libre de arena y se procederá al cierre de la electroválvula, dando inicio a un nuevo ciclo de Carga.

4.3.1.3.3 Acondicionamiento de la Línea de Aire Presurizado

La planta cuenta con una línea de aire presurizado la cual dispondremos para ejecutar la apertura y cierre de las válvulas neumáticas, así como la inyección para el envío de la arena hacia los silos de almacenamiento. Debido a la importancia de este elemento se deberá acondicionar para evitar que partículas ajenas ingresen en los actuadores evitando que trabajen de modo correcto.

El acondicionamiento de la línea de aire consiste en filtrar y lubricar el aire, al filtrar al aire se evita que partículas extrañas se introduzcan en los sistemas neumáticos, así mismo se lubricará el aire ayudando a un mejor desempeño de las partes móviles además de un menor desgaste y mejor mantención de las mismas.

Para ello se instalará un filtro regulador con lubricador de aire a la entrada de la línea de aire que ingresara al sistema de recuperación de arena, garantizando así el óptimo desempeño de las funciones neumáticas de la planta recuperadora de arena, así mismo se encarga de regular el aire a una presión adecuada para el proceso.

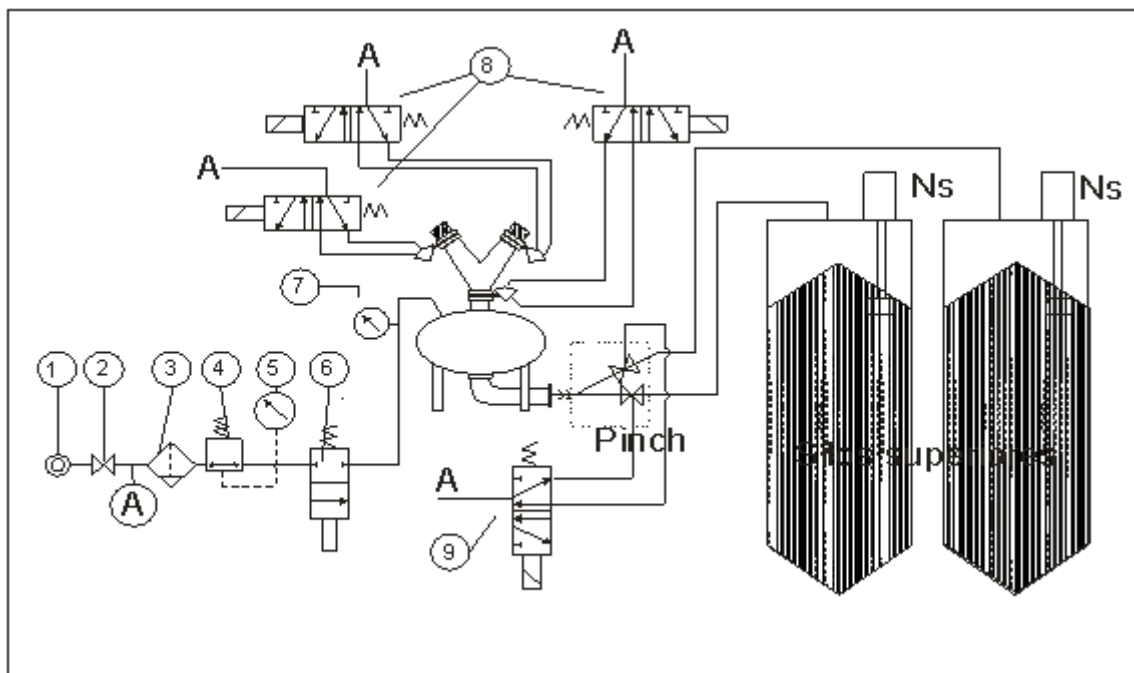


Figura 4.15 Esquema de Control de envío de Arena

6. Entrada de la línea de Aire.
7. Válvula Manual de Apertura o Cierre General.
8. Filtro de Aire.
9. Regulador
10. Manómetro
11. Electroválvula de 2/2 vías sin servo pilotaje
12. Manómetro
13. Electroválvula de 5/2 vías sin servo pilotaje, para el control de la entrada de arena al transportador.
14. Electroválvula de 5/2 vías sin servo pilotaje, para el control de las válvulas pinch.

4.3.1.4 Automatización del Proceso de Almacenamiento

El sistema propuesto cuenta con dos silos de almacenamiento los cuales serán elegidos por el sistema según la capacidad de almacenaje. Estos silos contarán con sensores de nivel superior tipo paleta rotatoria.

En caso de completarse el llenado de uno de los silos la paleta de dicho tanque se detendrá enviando una señal al PLC que este a su vez enviará una señal a la electroválvula 5/2 biestable que direccionara el aire hacia una de las dos válvulas tipo Pinch que cerrarán el flujo de arena hacia este silo aperturando la entrada hacia el segundo silo.

Al completarse el llenado del segundo silo se procederá a la secuencia de apagado del proceso completo de la planta recuperadora de arena y se mantendrá así hasta que exista espacio suficiente para una nueva secuencia de recuperación.

4.3.1.5 Automatización de Cabina Filtros

Adicionalmente a los procesos anteriores mencionados se deberá considerar un sistema de extracción y almacenaje de polvos finos, para ello la planta contará con una cabina de filtros esta cuenta con un extractor el cual aspira este residuo no deseado en el proceso de recuperación por no contar con la cohesión necesaria para la generación de los nuevos moldes, principalmente en el enfriador clasificador en la parte superior de la misma, del mismo modo se instalará un sistema de succión sobre la zaranda desmoldadora del proceso de acondicionamiento.

La cabina de filtros contará con 3 recamaras creando un flujo de aire según se muestra en el gráfico anterior, generado por un extractor ubicado sobre la recamara 3.

La entrada de succión se encuentra sobre la primera recamara, al encenderse el extractor se el aire succionado circula a través de los filtros estos se encargan de retener los polvos finos dejando seguir sólo el aire con un mínimo de finos en él.

Cada cierto tiempo el sistema procederá a limpiar los filtros siendo estos tipo manga, para ello se detendrá el extractor y se agitarán las mangas de los filtros haciendo que dichos finos se depositen en los envases ubicados en la segunda recamara, donde se almacenarán para su próximo retiro y descarte.

El sistema controlará el encendido y apagado del extractor así como el encendido y apagado de los motores agitadores que limpian las mangas de los filtros.

4.4 Funcionamiento del Sistema

Luego de explicar cada uno de los procesos automáticos a automatizar explicaremos como ellos interactuarán unos con los otros determinando el funcionamiento del sistema, adicionalmente se realizarán los diagramas de flujo apropiados que nos ayudarán en la creación del programa a cargar en el PLC.

Así mismo mostraremos el proceso de carga, envío y almacenaje integrados, siendo este conjunto de procesos el de mayor cantidad de variables y parámetros de control.

4.4.1 Rutina de Funcionamiento Automático

Paso 1: Se encenderá el gabinete que distribuirá la energía a cada uno de los procesos incluido los motores, actuadores y controladores, este se ejecuta presionando un botón de encendido maestro.

Paso 2: Se procederá al arranque de los sistemas controlados por el PLC en el orden que mostrará a continuación.

4.4.1.1 Programa de Limpieza de Ductos y Recorrido

Este ciclo asegurará que los sistemas se encuentren libres de arena antes del inicio de un nuevo proceso de recuperación de arena.

a) Limpieza de Cabina de Filtros

Encenderá el agitador de las mangas de los filtros por un periodo de 10 segundos, esto asegurará que estas se encuentren libres de polvos finos que hayan podido permanecer luego del proceso de recuperación anterior.

Al término de este periodo de tiempo se detendrá el agitador y dará encendido al extractor de aire.

b) Encendido del Extractor de Aire

Esto permitirá extraer cualquier resto a lo largo de los ductos que puedan haber quedado del proceso anterior de recuperación de arena. Así mismo preparará el sistema para el nuevo arranque de la máquina permaneciendo encendido hasta concluir el proceso de recuperación nuevo por venir.

Luego de 10 segundos se procederá al encendido del ventilador soplante.

c) Encendido del Ventilador Soplante

Esta acción permitirá que el enfriador clasificador se encuentre preparado para el ingreso de la arena y así mismo generará una limpieza del mismo. Este permanecerá encendido durante todo el proceso de recuperación de arena.

a) Limpieza del Mezclador Neumático

Este proceso permitirá garantizar que tanto el bombo neumático como las tuberías se encuentren libres de arena, para ello se procederá a cerrar las válvulas del mezclador y se realizará un ciclo de envío hacia los silos de almacenamiento.

Una vez ejecutado este proceso de limpieza se inicia el proceso de recuperación.

4.4.1.2 Proceso Automático de Recuperación

Considerando que el extractor y el ventilador soplante siguen activos se procede al encendido de los motores vibratorios del proceso de acondicionamiento de arena. Esta fluirá ingresando al enfriador clasificador.

En caso de encontrarse la arena por sobre los 40°C se encenderá el sistema de enfriamiento o control de temperatura, en caso contrario este sistema permanecerá apagado.

Desde el momento que el sensor de nivel mínimo del enfriador clasificador se active, se procederá al ciclo de carga, envío y almacenaje.

4.4.1.3 Ciclo de Carga, Envío y Almacenaje

Apertura de la válvula de entrada al bombo (V3) y apertura de la entrada de arena recuperada (V1). (Figura 4.15.1)

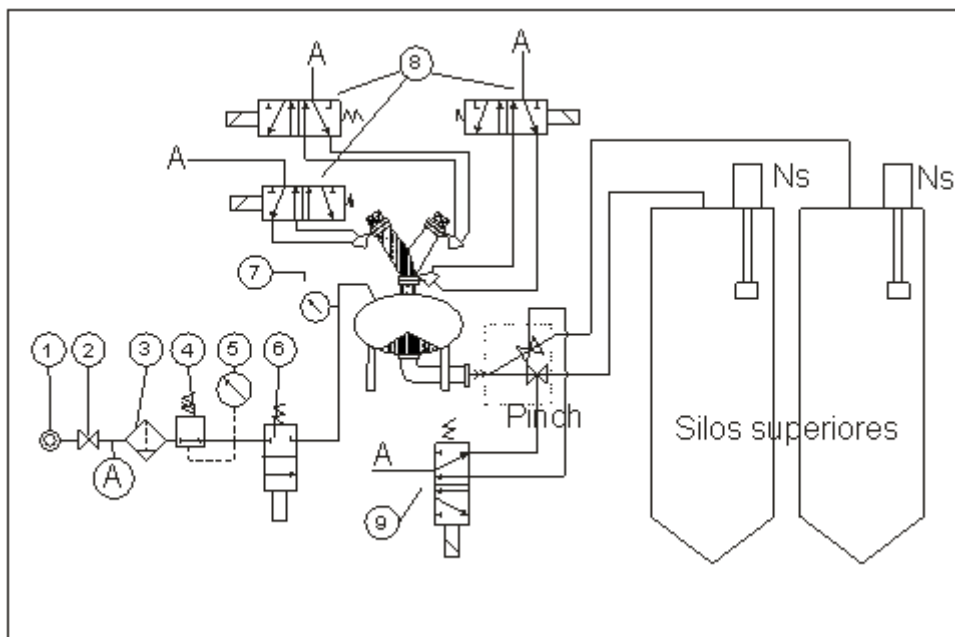


Figura 4.15.1

Apertura de la Válvula de Arena nueva (V2), nótese que V1 y V3 siguen abiertos. (Figura 4.15.2)

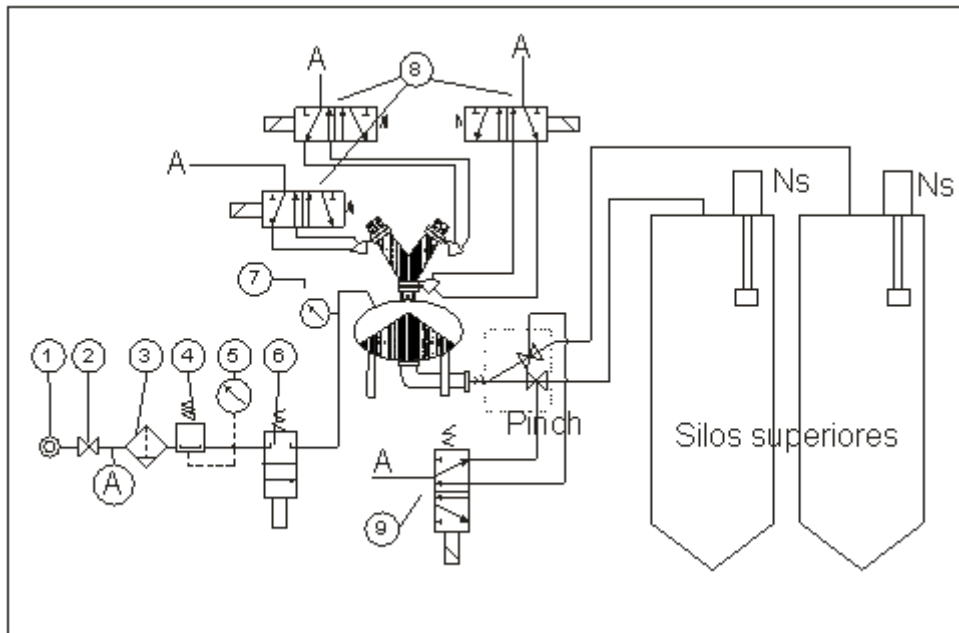


Figura 4.15.2

Cierre de las tres válvulas de entrada V1, V2, y V3, para luego activar el envío de arena por medio de la línea de aire ubicada en secuencia (punto 6). (Figura 4.15.3)

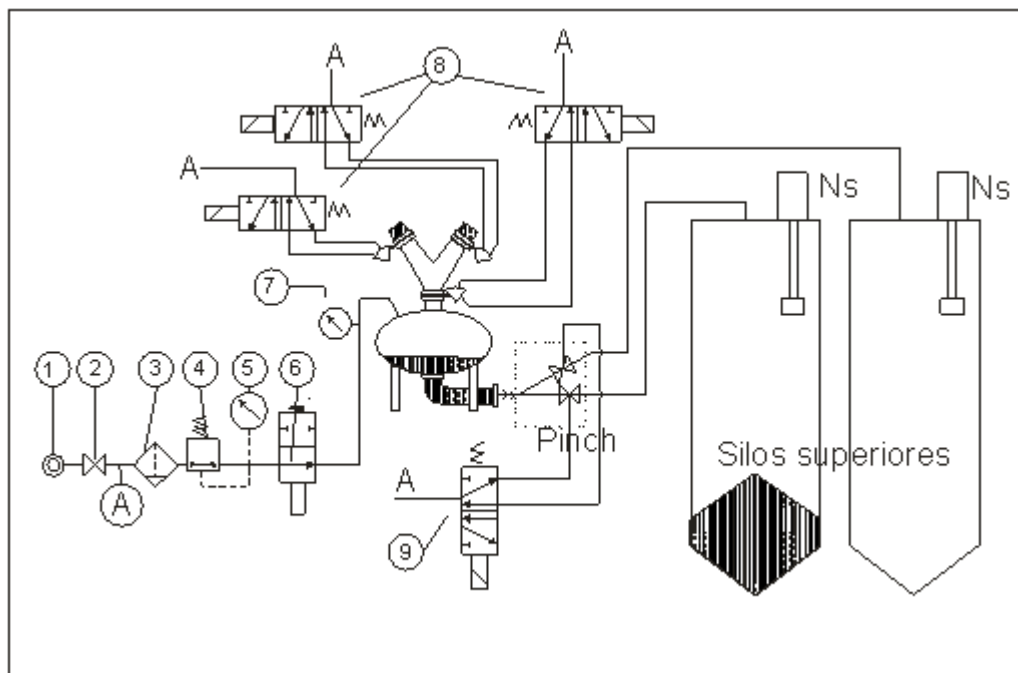


Figura 4.15.3

Una vez que la presión en el bombo transportador es casi cero se procede a repetir el ciclo infinitas veces (Figura 4.15.4)

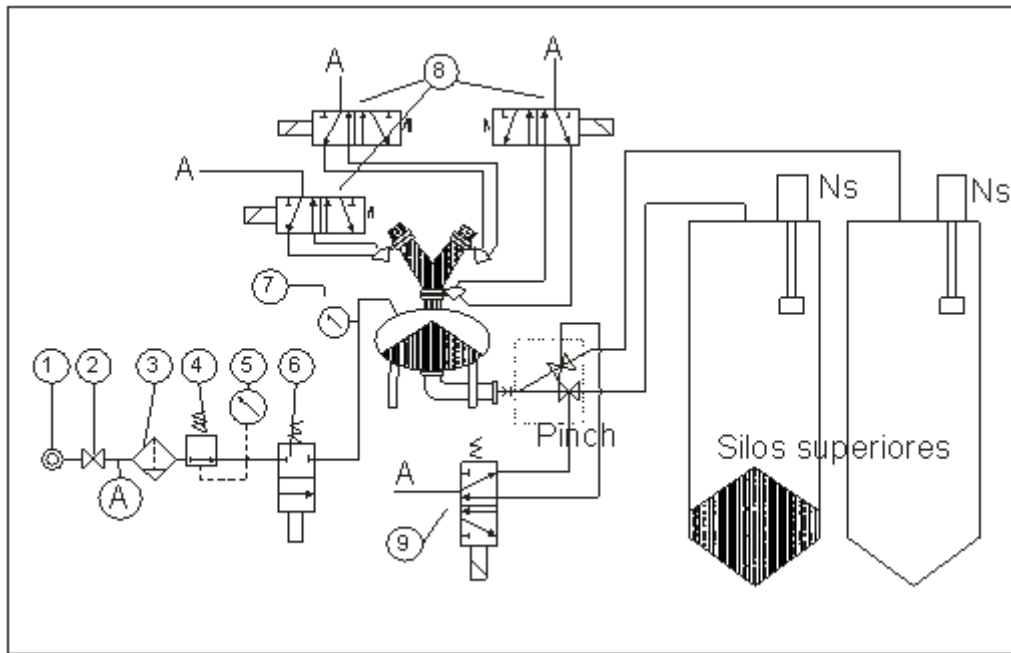


Figura 4.15.4

Al cerrarse el sensor ubicado en la parte superior del Silo 1, automáticamente se envía la señal de activa el punto 9, cambiando así de Silo a llevar. (Figura 4.15.5)

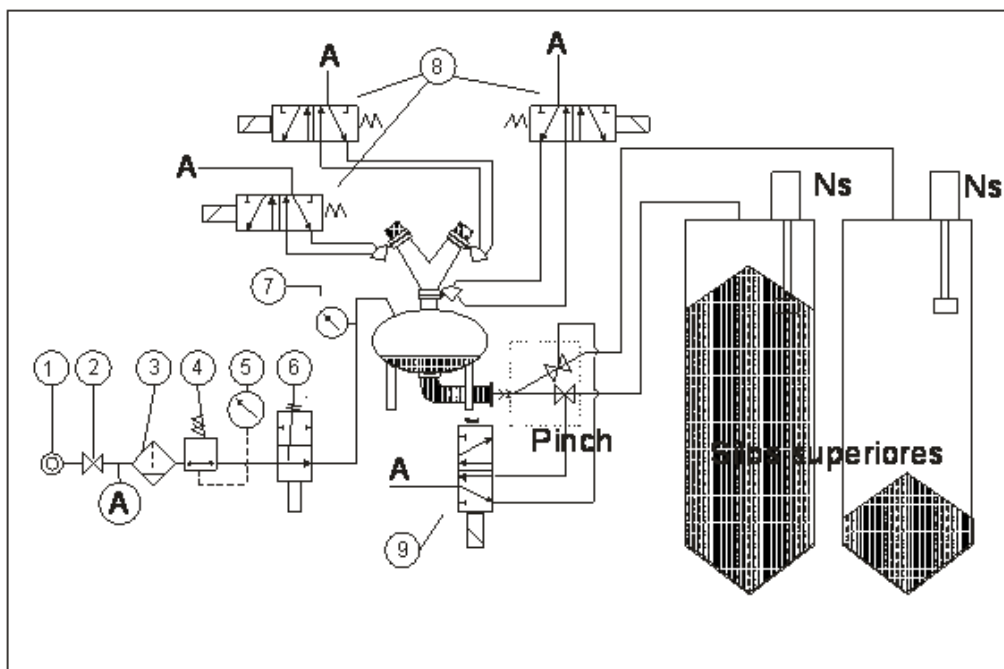


Figura 4.15.5

Una vez completados ambos Silos se procede a un cierre total del sistema hasta que sea requerido nuevamente. (Figura 4.15.6)

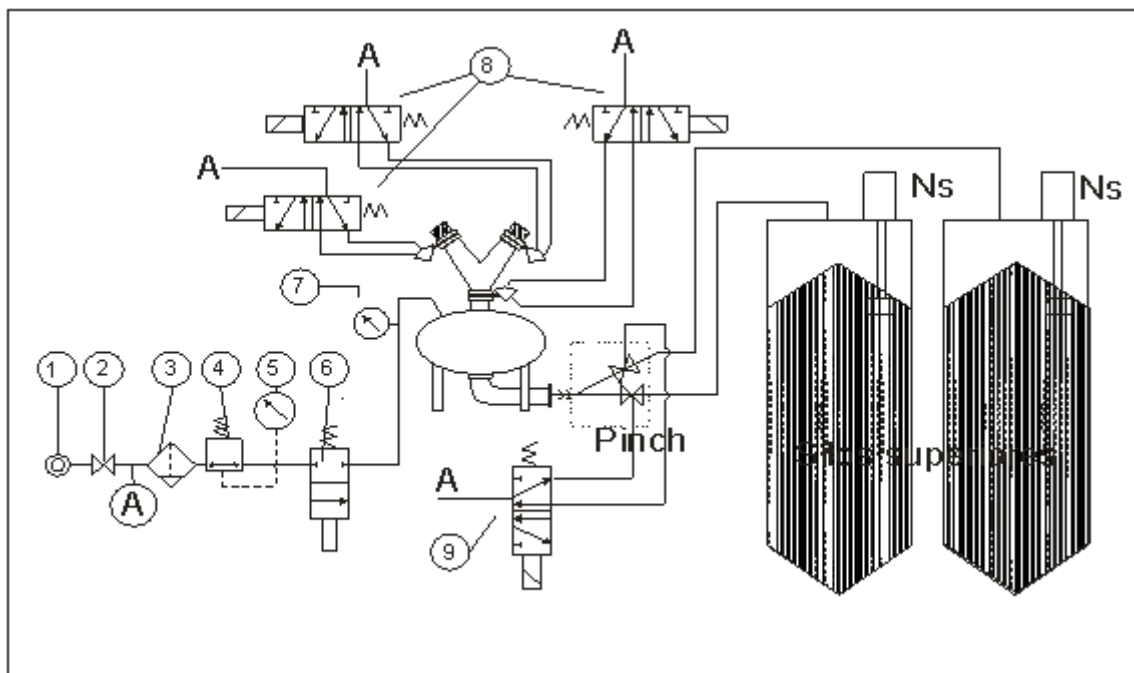


Figura 4.15.6

4.4.1.4 Activación de Alarmas y Procesos de Seguridad

- Una vez la elección de los silos será por orden de llenado, cada silo cuenta con sensores de nivel superior, los cuales al estar activo el nivel superior, se procederá a llevar el silo siguiente.
- En el caso que los silos se encuentren en llenos, se procederá a la rutina de apagado.
- Si se activa el sensor de nivel superior de la Clasificadora Enfriadora, se procederá a desactivar los motores de la Zaranda Vibradora, tomando en cuenta que el resto del proceso continuará.
- Si la presión de la línea de entrada disminuye a menos de 60 PSI, se procederá a rutina de apagado, por motivos a que las válvulas necesitan esta presión como mínimo.

4.4.1.5 Ciclo de Apagado

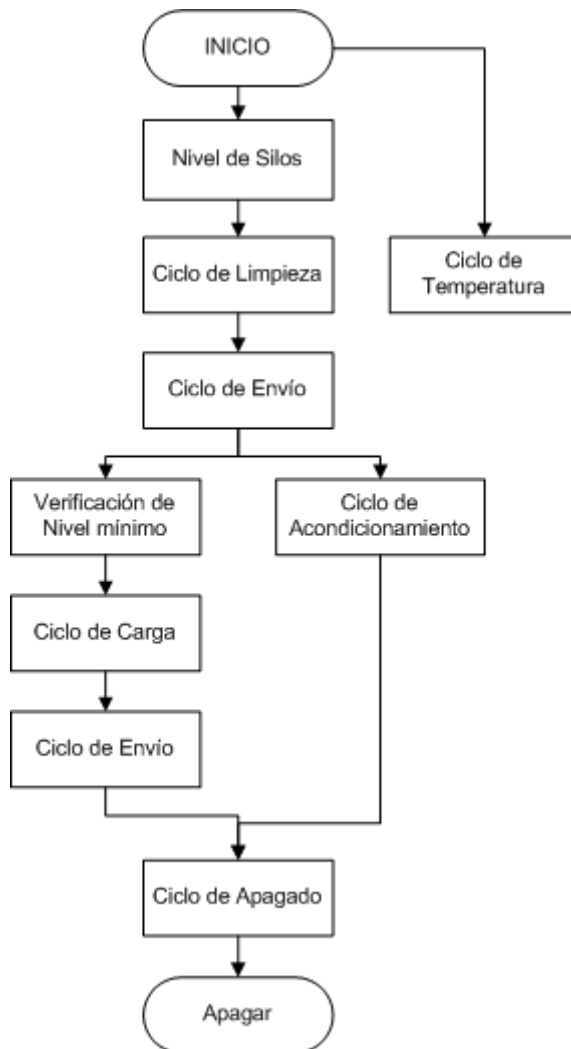
- Se desactiva la zaranda vibradora a los 5 segundos se activan los vibradores en reversa por un lapso de **1 segundo** para frenar el equipo y proteger resortes
- Al segundo **15:**

Se desactiva el extractor de aire de la cabina de filtros y se activa el sistema de vibración por un lapso de **15 segundos**, para limpieza de las mangas de filtros.

Se desactiva todo el sistema.

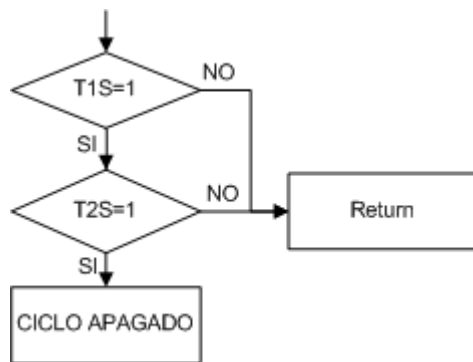
4.4.2 Flujogramas del Sistema

4.4.2.1 Flujograma Completo



A continuación describiremos cada uno de estos puntos.

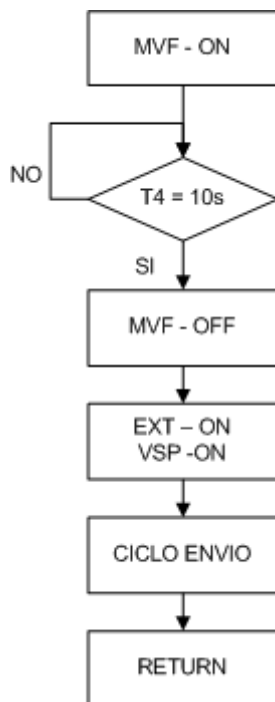
4.4.2.2 Flujograma Nivel de Silos



T1S = Sensor de Nivel Superior de Silo de Almacenamiento 1

T2S = Sensor de Nivel Superior de Silo de Almacenamiento 2

4.4.2.3 Flujograma Ciclo de Limpieza

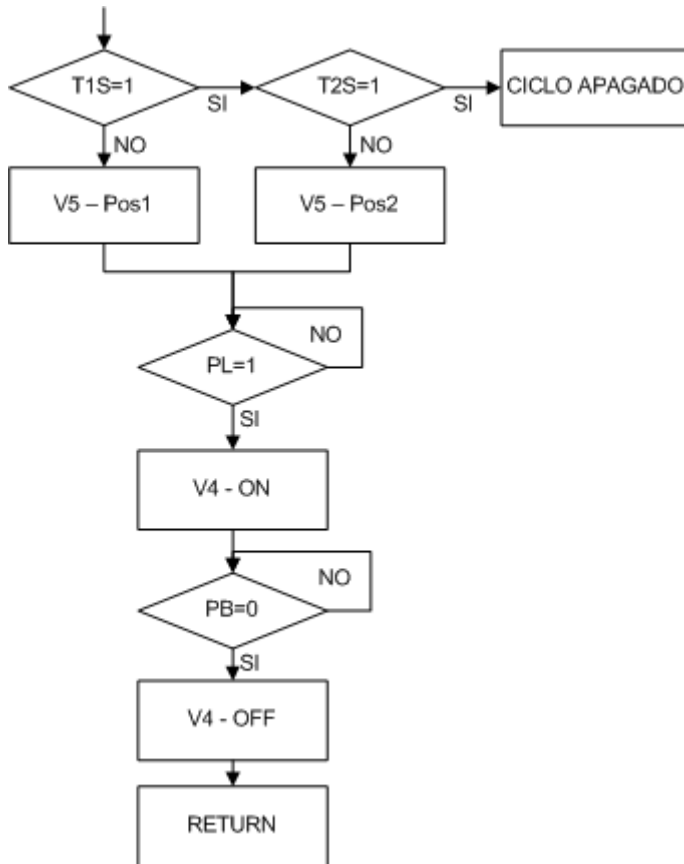


MVF = Motos Vibratorio de las Mangas de los Filtros

EXT = Motor Extractor de la Cabina de Filtros

VSP = Ventilador Soplante

4.4.2.4 Flujograma Ciclo de Envío



V5 = Electroválvula 5/2 genera el control de las Válvulas Pinch

PL = Presión de la Línea principal de aire

V4 = Electroválvula 2/2 genera control de la entrada de Aire al bombo Neumático

PB = Presión en el bombo neumático

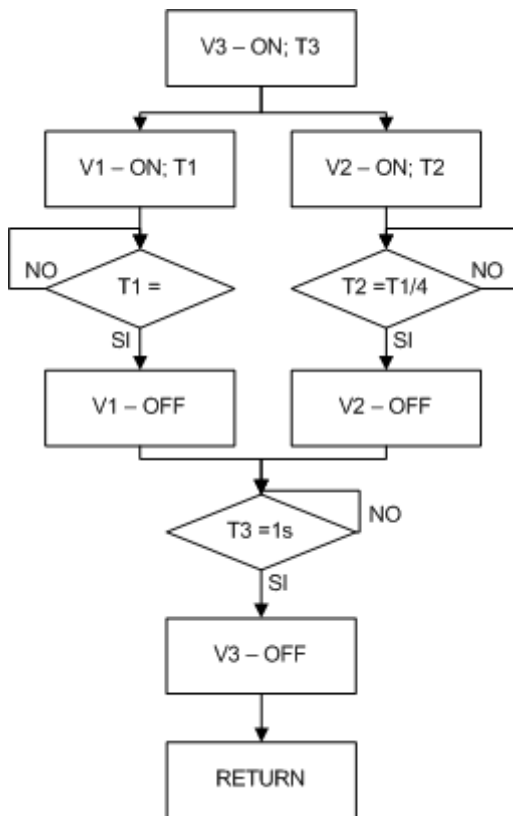
4.4.2.5 Flujograma Verificación de Nivel Mínimo



NmEC = Nivel Mínimo del Enfriador Clasificador

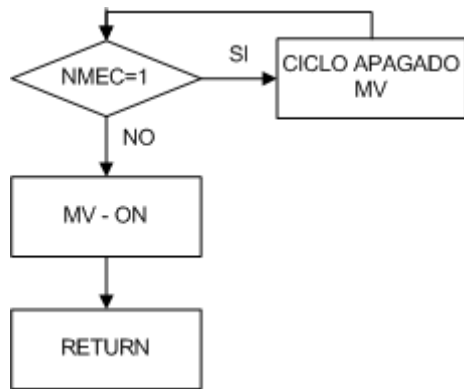
NmAN = Nivel Mínimo de la tolva de Arena Nueva

4.4.2.6 Flujograma Ciclo de Carga



V1, V2, V3 = Válvulas electro neumáticas ejecutan control de apertura y cierre de válvulas tipo mariposa con actuador Kinestrol

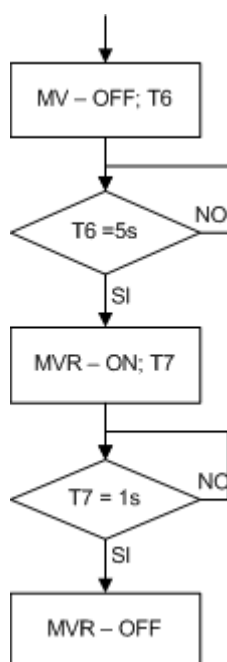
4.4.2.7 Flujograma Ciclo de Acondicionamiento



NMEC = Sensor de Nivel superior del enfriador clasificador

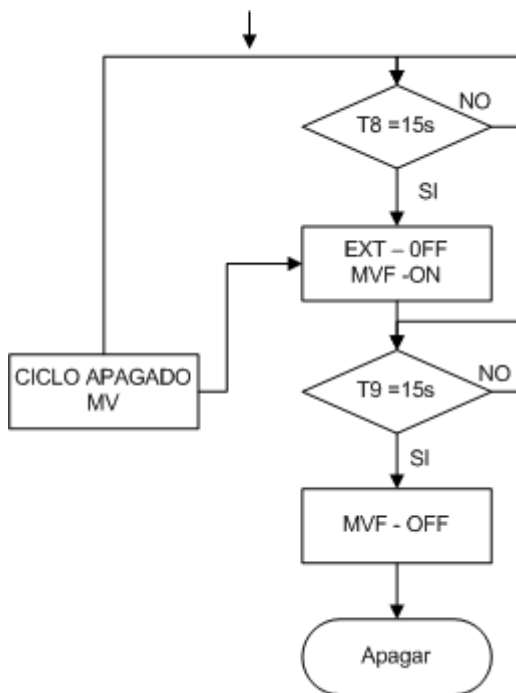
MV = Motor vibrador de Zaranda del proceso de Acondicionamiento

4.4.2.8 Flujograma Ciclo de Apagado Motor Vibrador

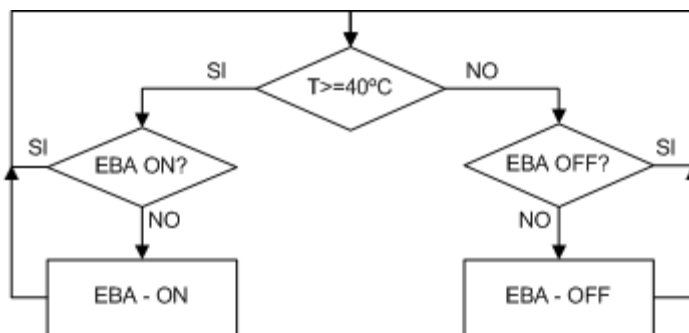


MVR = Motor vibrador de Zaranda en reversa del proceso de Acondicionamiento

4.4.2.9 Flujograma Ciclo de Apagado



4.4.2.10 Flujograma Ciclo de Temperatura



EBA = Electrobomba de circulación de agua sistema de enfriamiento

4.5 Creación del Programa PLC

Una vez definido los parámetros de funcionamiento procedemos a crear el programa que generará la secuencia lógica de funcionamiento del sistema. Comenzaremos por definir nuestras variables de entradas y salidas, a ser controladas por el PLC.

Luego de escogidas estas variables realizaremos una breve explicación de la utilización del software de programación del PLC Zelio

4.5.1 Definición de Variables Lógicas

4.5.1.1 Entradas

- Sensores superiores de silos de almacenamiento 2 entradas
- Presión de la línea general de aire 1 entrada
- Presión de aire en el Bomba Neumático 1 entrada
- Nivel superior e Inferior del Enfriador Clasificador 2 entradas
- Nivel inferior de la tolva de Arena Nueva 1 entrada
- Botón de Emergencia 1 entrada
- Reset Maestro 1 entrada

Total de entradas 9

4.5.1.2 Salidas

- Motor agitador de filtros 1 salida
- Extractor y Ventilador Soplante 1 salida
- Válvula electro neumática 5/2 2 salidas
- Válvula electro neumática 2/2 1 salida
- Válvulas electro neumáticas 3/2 3 salidas
- Motor vibrador Zaranda de acondicionamiento 2 salida

Total de salidas 10

4.5.2 Programa Zeliosoft 2

El PLC a utilizar será un Zelio de la marca Telemecanique, este equipo cuenta con dos medios de configuración uno vía pantalla y el otro vía software propietario.

4.5.2.1 Inicio

Para la creación de nuestro programa aprovecharemos los conocimientos en la programación tipo Escalera (LADDER), antes de crear el programa realizaremos una visión general del programa y sus capacidades en función de los requerimientos que el sistema nos demande.

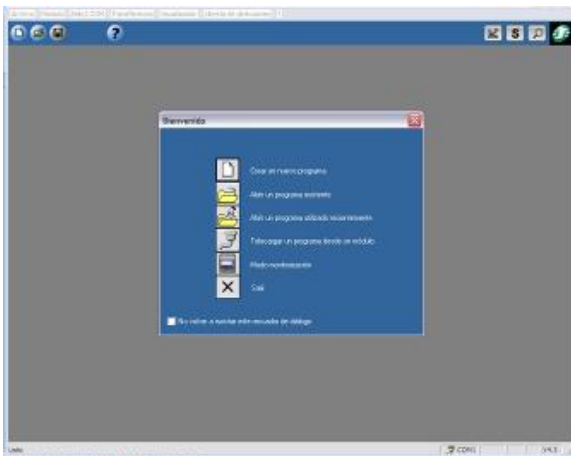


Figura 4.16.1: Página 1 Programa Zeliosoft 2, Inicio

Luego de abrir el software seleccionaremos el tipo de PLC a utilizar, debido a la gran cantidad de entradas y salidas escogeremos uno de 16 entradas y 10 salidas, utilizaremos una que disponga de pantalla con el fin que permita una verificación del estado de la operación sin necesidad de entrar al equipo.

Adicionalmente se escoge la tensión de alimentación.

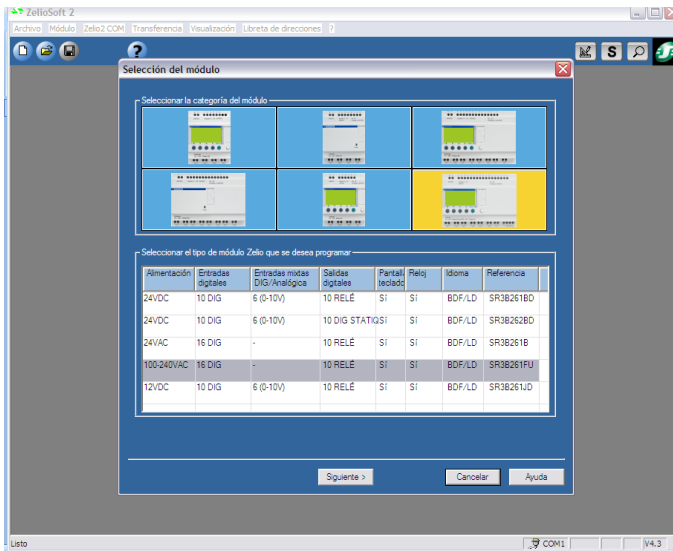


Figura 4.16.2: Página 2 Programa Zeliosoft 2, Elección de Equipo a Utilizar

Escogeremos el tipo de lenguaje de programación a utilizar para nuestro caso utilizaremos el lenguaje en escalera (LADDER).

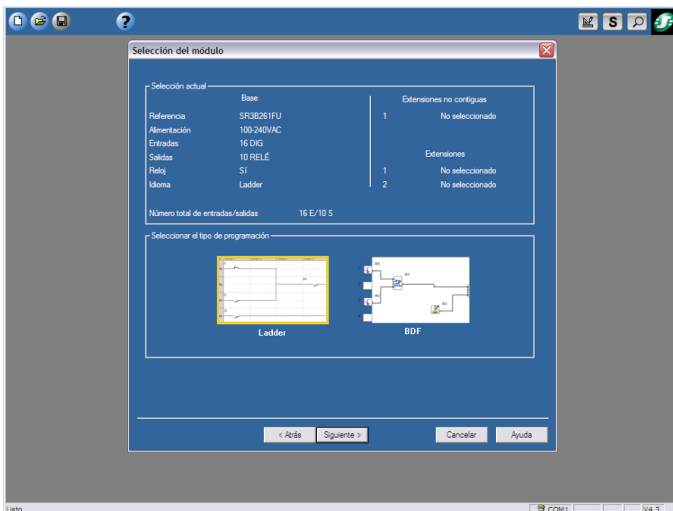



Figura 4.16.3: Página 3 Programa Zeliosoft 2, Elección de lenguaje a utilizar

4.5.2.2 Programación

Realizaremos una conexión directa entre I1 y Q1.

La entrada I1 será conectada a la Salida Q1, que se activará por pulso, para esto se deberá colocar el mouse sobre el icono de **Entradas Discretas** ; esto desplegará la lista de entradas en función al PLC escogido;

No	Comentario
01	I1
02	I2
03	I3
04	I4
05	I5
06	I6
07	I7
08	I8
09	I9
10	IA
11	IB
12	IC
13	ID
14	IE
15	IF
16	IG

Figura 4.16.4: Ejemplo de despliegue de Entradas y Salidas

Se selecciona la entrada a utilizar y se arrastrará dicha entrada al punto donde se desee utilizar. Del mismo modo se realizará con la Salida Q1

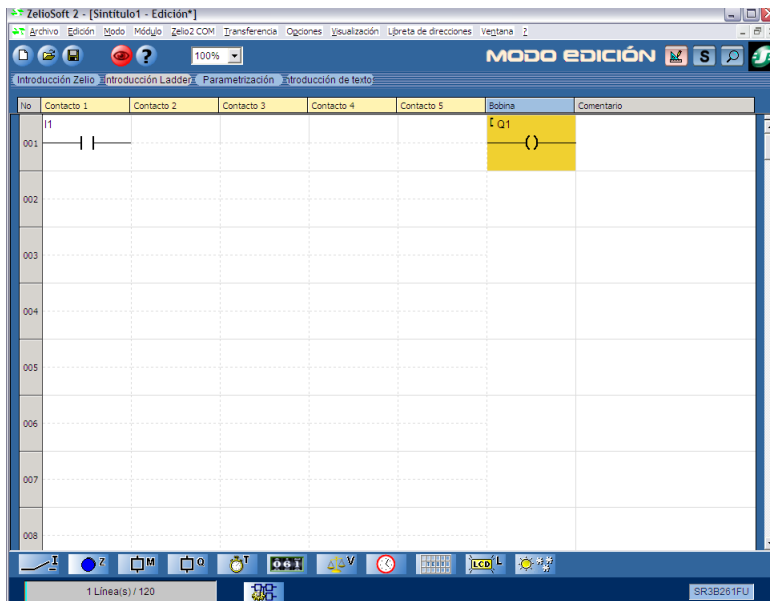


Figura 4.16.5.1: Ejemplo Inserción de Variables, Programa Zeliosoft 2

Para unirlos bastará con seleccionar con el mouse sobre las líneas de la ruta deseada a utilizar.

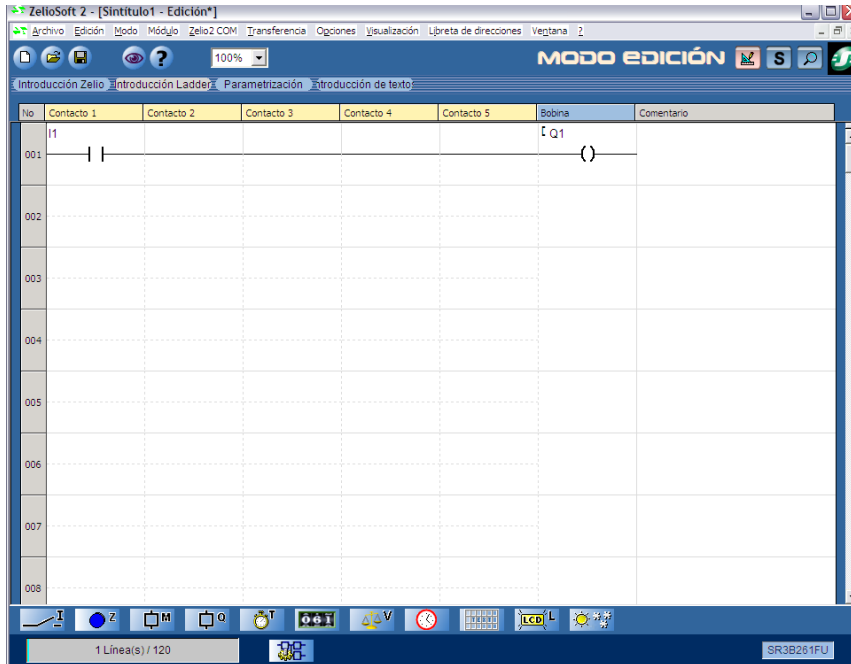

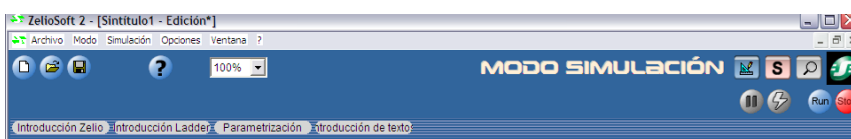


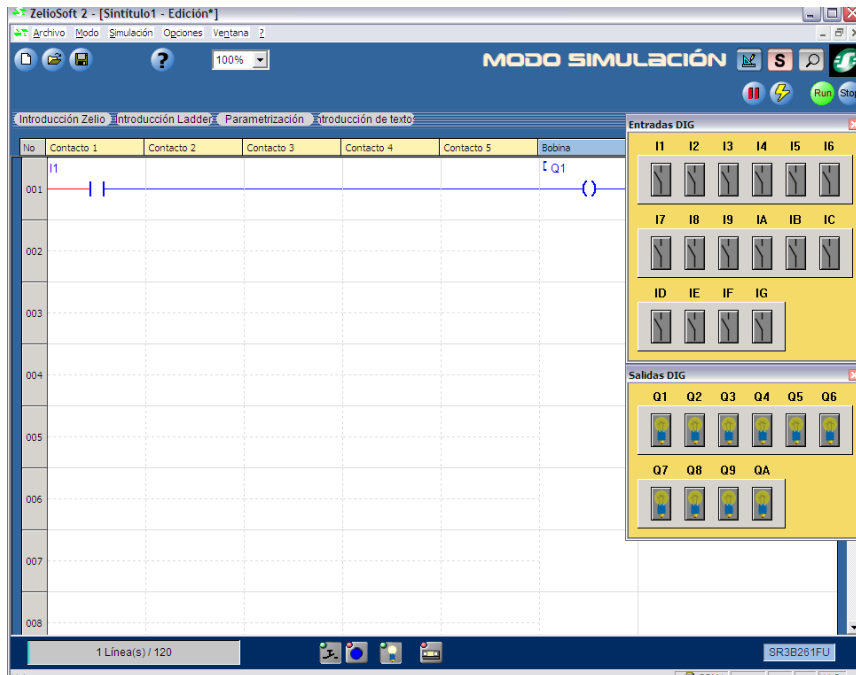
Figura 4.16.5.2: Ejemplo de Interconexión de Variables, Programa Zeliosoft 2

4.5.2.3 Simulación

Escogiendo el Icono de simulación ubicado en la esquina superior derecha , el sistema pasará de modo de edición a modo de simulación, seleccionando RUN con el mouse el sistema arrancará y podremos ejecutar cambios de estado verificando como estos afectan a las salidas.



Realizando un cambio de Estado en la entrada I1, actualmente desconectada, esto se corrobora considerando el color azul en la línea de conexión.



Luego de seleccionar la entrada I1 se activa la salida Q1, se indicara mediante un cambio de color en la línea de conexión a color rojo, y adicionalmente, se activará la luz indicadora Q1 como se muestra en la Figura 4.16.6

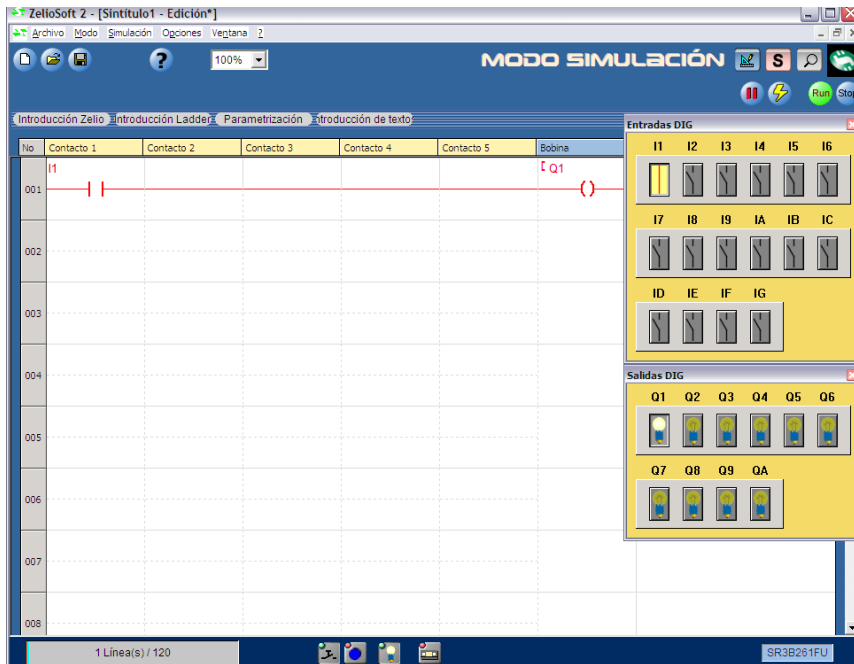


Figura 4.16.6

4.5.2.4 Descarga del Programa

Se debe encender el módulo de conexión a la computadora antes de ejecutar el procedimiento de descarga.

Una vez conectado y para descargar el programa debemos estar ubicados en el proceso de edición, en el menú de Transferencia (**Transfer**) seleccionar **PC>Module**.

Después de la confirmación, el programa es transferido al módulo, luego se puede probar el programa seleccionando **RUN Module**, y verificamos una simulación en tiempo real.

No es posible cargar el programa mientras el PLC se encuentre corriendo. Seleccionar **STOP Module** en el menú de Transferencia, esto detendrá el PLC.

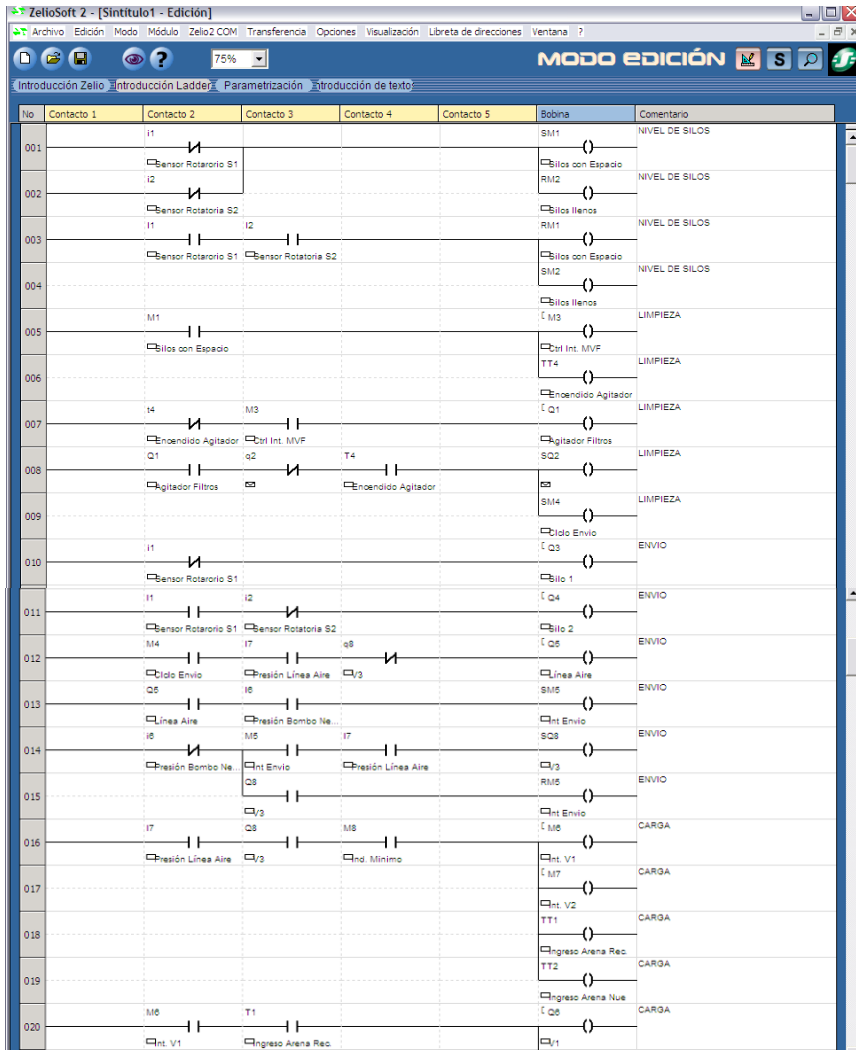
Si el modulo conectado a la Computadora no es el modulo seleccionado al iniciar la programación, podrás cambiar dicha configuración seleccionando **Module/programming option** en el menú.

4.5.3 Secuencia de PLC

A continuación presentaremos el desarrollo del programa a ser cargado en el PLC, en función a los Ciclos y Procesos descritos anteriormente.

Luego de la muestra del programa completo se adjuntará una imagen de la secuencia lógica en simulación.

Figura 4.17: Programa en Lenguaje Escalera



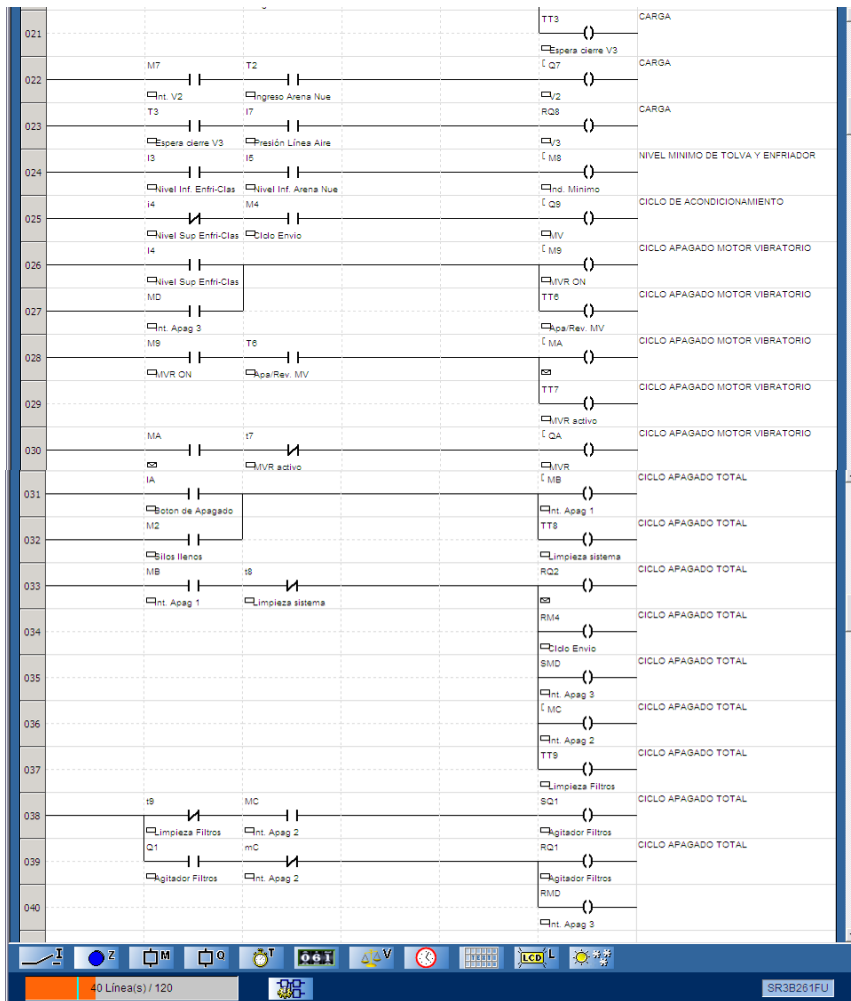


Figura 4.18: Simulación del Programa

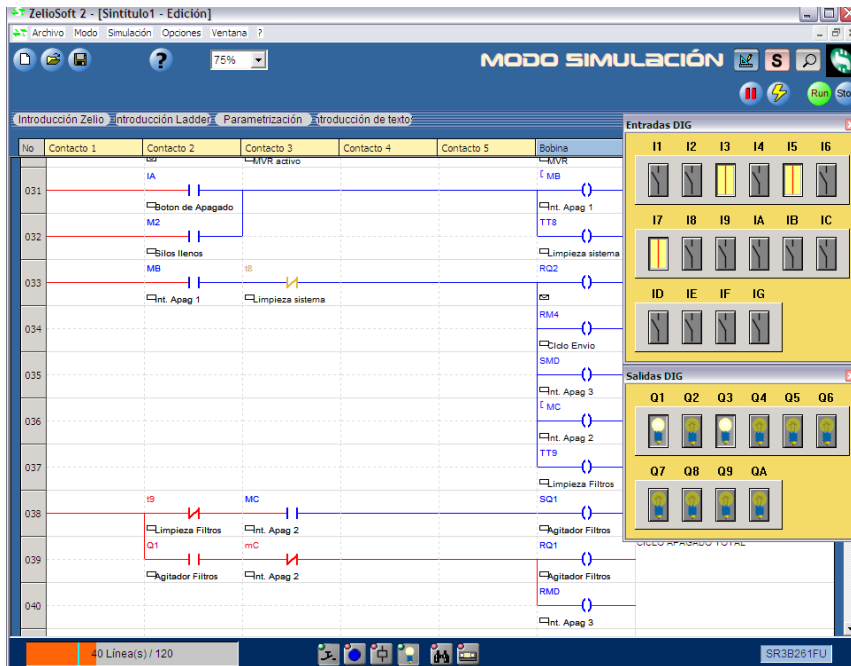


Figura 4.18.1: Ciclo de Limpieza

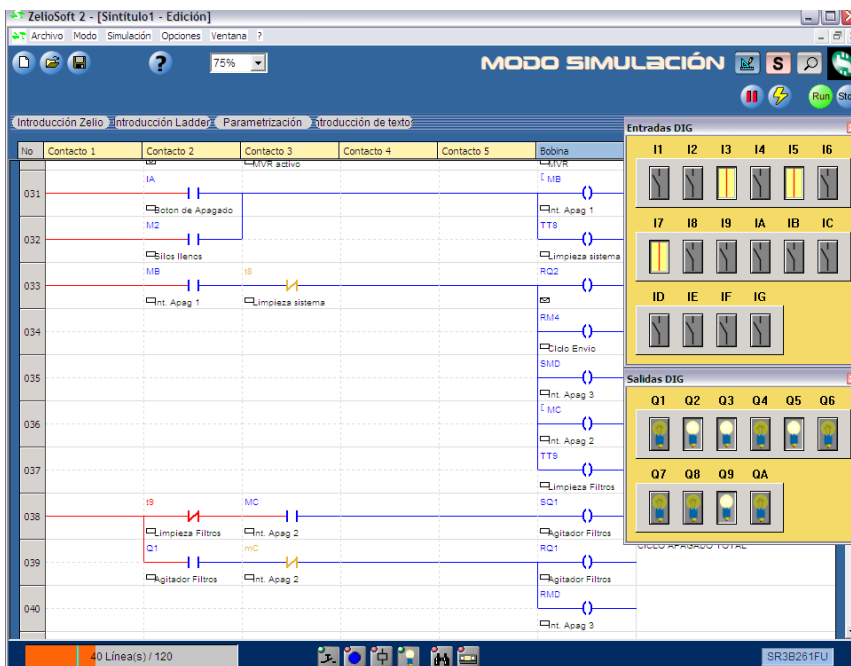


Figura 4.18.2 Ciclo de Envío

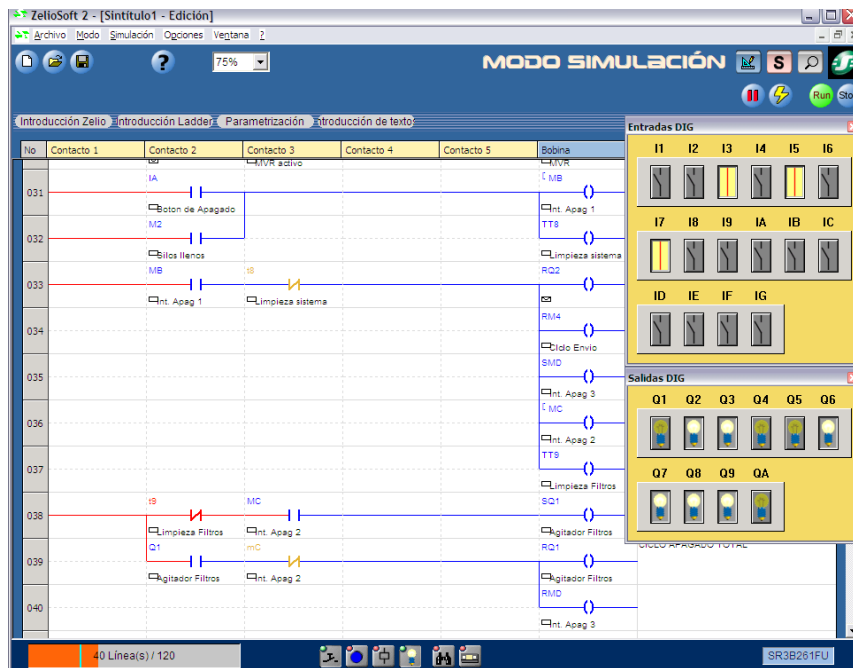


Figura 4.18.3: Ciclo de Carga 1

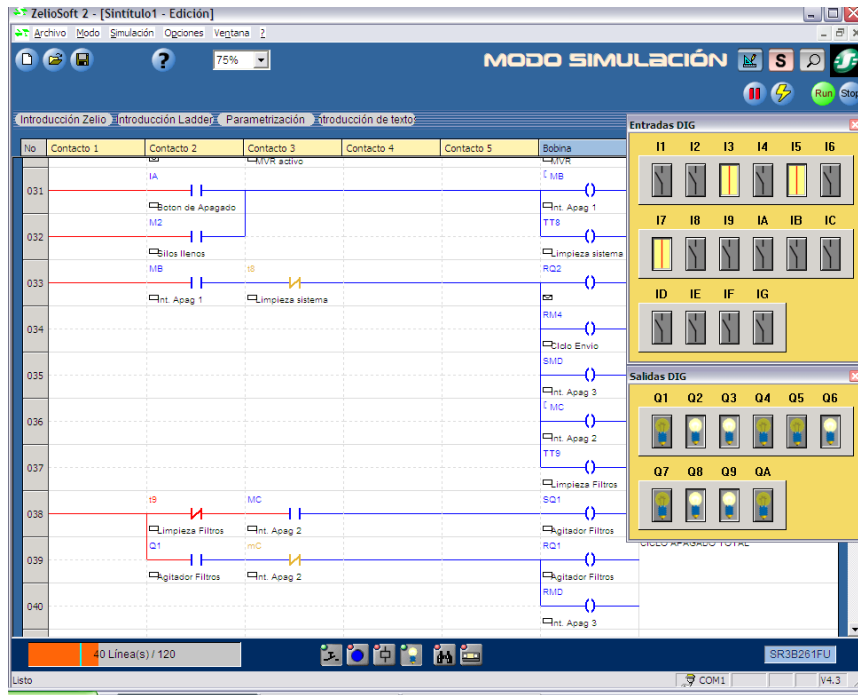


Figura 4.18.4: Ciclo de Carga 2

4.5.3.1 Relación de Variables con Entradas y Salidas del PLC

a) Entradas:

I1 = Sensor Rotatorio Superior Silo 1

I2 = Sensor Rotatorio Superior Silo 2

I3 = Nivel Inferior Enfriador Clasificador

I4 = Nivel Superior Enfriador Clasificador

I5 = Nivel Inferior Tolva de Arena Nueva

I6 = Presión del Bombo Neumático

I7 = Presión de la Línea de Aire

I8 = Botón de Emergencia

I9 = Reset Maestro

I10 = Botón de Apagado

b) Salidas:

Q1 = Motor Agitador de Filtros

Q2 = Extractor y Ventilador Soplante

Q3 = Válvula de Elección de Silos en posición 1

Q4 = Válvula de Elección de Silos en posición 2

Q5 = Válvula de Envío

Q6 = Válvula de Ingreso de Arena Recuperada

Q7 = Válvula de Ingreso de Arena Nueva

Q8 = Válvula de Ingreso al Bombo neumático

Q9 = Motor Vibratorio en Sentido del Flujo

Q10 = Motor Vibratorio en Sentido Inverso

c) Variables Internas:

M1 = Espacio en Silos

M2 = Silos Llenos

M3 = Control de Interno de Encendido de Motor Vibrador de Filtros

M4 = Control de Encendido Ciclo de Envío

M5 = Proceso Interno del Envío

M6 = Proceso Interno de Carga (V1)

M7 = Proceso Interno de Carga (V2)

M8 = Indicador de Nivel Mínimo

M9 = Control de encendido Motor Vibrador en Reversa

M10 = Control de apagado Motor Vibrador en Reversa

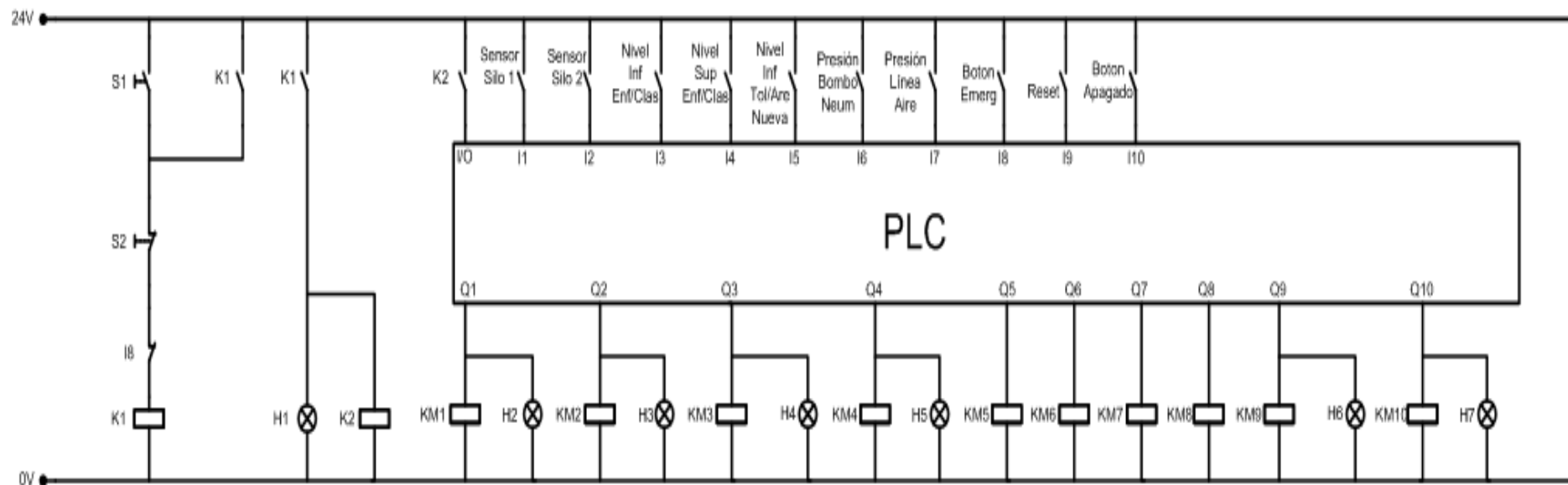
M11 = Proceso Interno de Apagado (1)

M12 = Proceso Interno de Apagado (2)

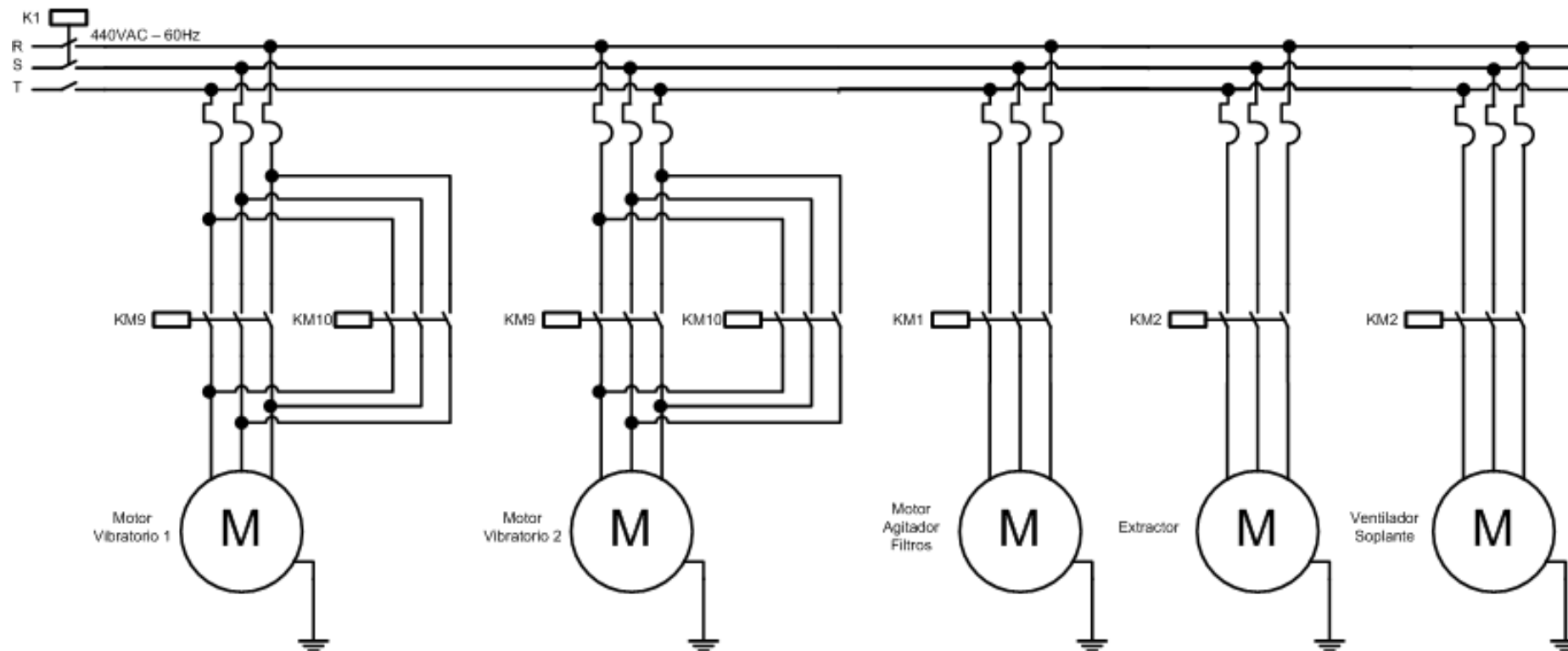
M13 = Proceso Interno de Apagado (3)

4.5.4 Diagramas de Conexionado

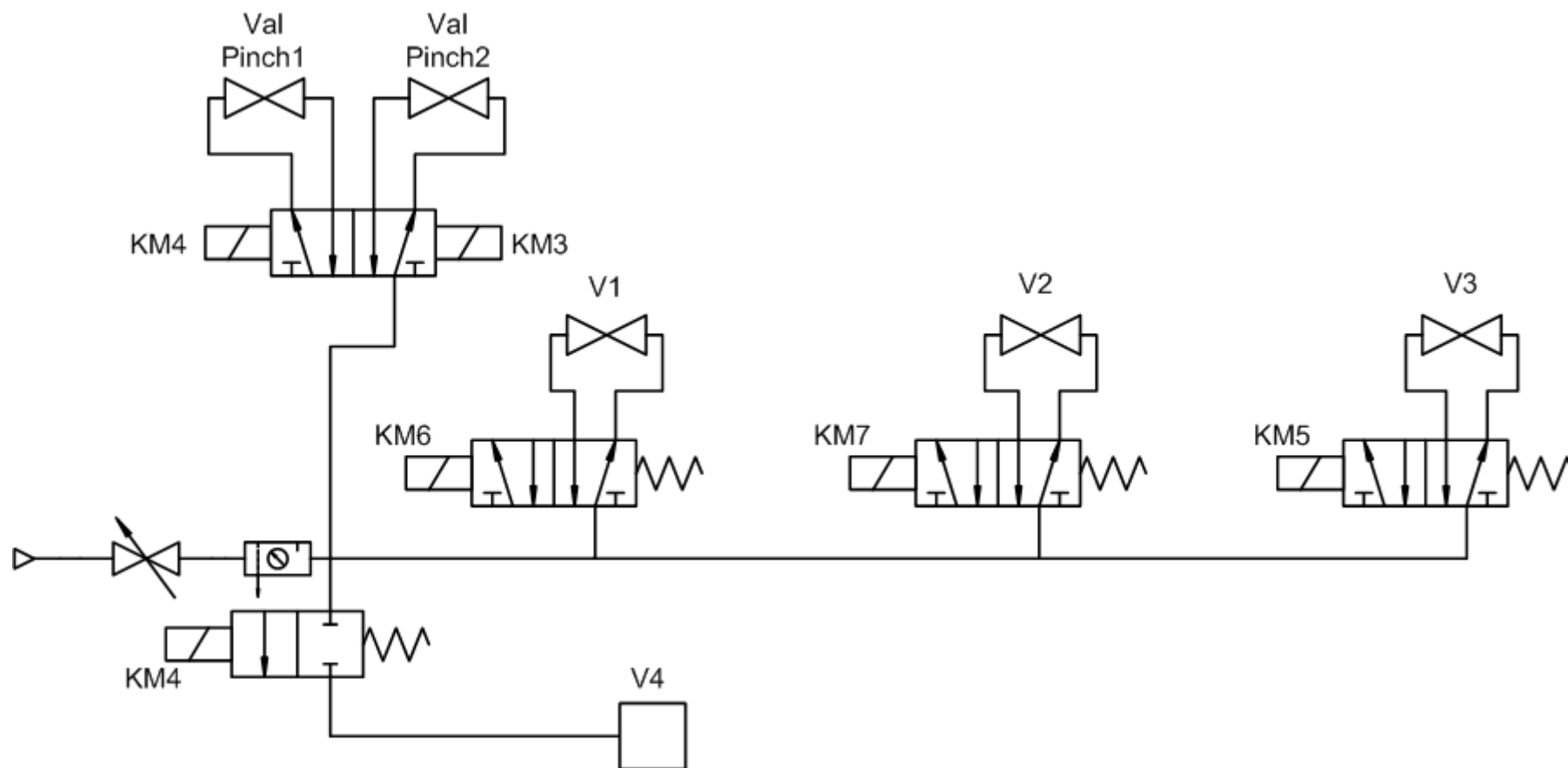
4.5.4.1 Diagrama conexionado PLC



4.5.4.2 Diagrama Conexión Potencia



4.5.4.3 Diagrama Conexionado Neumático



Capítulo 5. Conclusiones

En este capítulo se mostrarán las conclusiones luego de realizar un análisis de ventajas que brinda contar con un sistema automático total considerando la cantidad el manejo de desperdicio, reduciéndolos y aprovechando al máximo este recurso.

Efectuando un estudio técnico-económico para la implementación de un sistema automático de recuperación de arena

5.1 Descripción del sistema de desmoldeo y Recuperación de Arena que se Utiliza en la Actualidad

5.1.1 Desmoldeo

Es realizado por un operario utilizando el montacargas Case. Todas las mañanas levanta los moldes fundidos de la cancha de producción y los desmolda en el área destinada para desmoldeo, luego traslada las piezas fundidas al área de acabados, la arena al área de zarandeo y los bloques de resina al área de desmonte. Por último almacena las cajas para moldes en el área respectiva.

5.1.2 Recuperación de Arena

Realizada por un operario durante cuatro (04) horas al día utilizando una zaranda eléctrica. Se recicla como máximo el 30% de la arena, se carga manualmente la zaranda y la arena recuperada es trasladada con el montacargas al área de mezcla con arena nueva (proporción 30/70).

5.1.3 Acarreo de arena

Operación realizada por un operario utilizando el montacargas, esta operación de acarreo comprende la carga de arena a la tolva del secador, luego el traslado de arena seca al área de tendido para que se enfríe, por último la operación de mezcla con arena reciclada y carga a la tolva de almacenamiento del mezclador continuo de resina.

5.1.4 Llenado de tolva de mezclador continuo de resina

Es realizada por un operario utilizando un sistema manual de trasego neumático. El operario verifica que se realice la carga constante de la tolva de almacenamiento y se encarga de la alimentar de arena la tolva de servicio trasegando neumáticamente con ciclos manuales.

5.2 Cálculo de Costos de Operación del Actual Sistema de Recuperación de Arena

Tarea	Costo	Consideraciones
MANO DE OBRA	5130	
Operador de Montacargas	762	70% de su tiempo
Zarandeador	502	60% de su tiempo
Envío Neumático	1084	100% de su tiempo
Secador de Arena	665	100% de su tiempo
Acarreo de Desmonte	2118	250m ³ mensuales
MAQUINARIA	6008	
Montacargas	940	70% de su tiempo
Petróleo	585	75 galones por semana
Mantenimiento	75	107 mensuales
Reparaciones	280	400 mensuales
Zaranda	67	
Energía	13	0.8 KW/h
Mantenimiento	40	
Reparaciones	13	80 cada 6 meses

Compresor de Aire	441	15% de su tiempo
Energía	349	70.5Kw/h
Mantenimiento	92	2142 cada 3.5 meses
Reparaciones	0	
MATERIAS PRIMAS	19448	
Arena de Sílice	19448	260 tn mensuales
COSTO TOTAL EN SOLES	30587	

5.3 Cálculo de Costos de Operación del Nuevo Sistema de Recuperación de Arena

Tarea	Costo	Consideraciones
MANO DE OBRA	2929	
Operador de Montacargas	545	50% de su tiempo
Zarandeador	0	0% de su tiempo
Envío Neumático	1084	100% de su tiempo
Secador de Arena	665	100% de su tiempo
Acarreo de Desmonte	635	30% del volumen actual
MAQUINARIA	6008	
Operación del Nuevo Sistema	628	
Petróleo	0	
Energía	428	16.2 KW/h (3 ton/h)
Mantenimiento	100	Aprox.
Reparaciones	100	Aprox.
Montacargas	940	50% de su tiempo
Petróleo	418	52 galones por semana
Mantenimiento	54	107 mensuales
Reparaciones	200	400 mensuales
Zaranda	0	Eliminada
Compresor de Aire	2204	75% de su tiempo
Energía	1745	70.5Kw/h
Mantenimiento	30	2142 cada 3.5 meses
Reparaciones	0	
MATERIAS PRIMAS	5834	
Arena de Sílice	5834	30% de la cantidad Actual

COSTO TOTAL EN SOLES

13635

5.4 Calculo de Costo de Implementación del Nuevo Sistema de Recuperación de Arena

Item	Descripción	Cant	Un	Costo
1	Sistema Neumático de Envío			7645
	1.1 Bombo Neumático	1	Un	3000
	1.2 Válvulas 5/2	4	Un	320
	1.3 Válvulas 2/2	1	Un	80
	1.4 Válvulas Mariposa	3	Un	1800
	1.5 Válvulas Kinestrol	3	Un	1500
	1.6 Línea de Aire	1	Glb	880
	1.7 Presostato	1	Un	64.69
2	Sistema Clasificador Enfriador			12524
	2.1 Armazón Metálico del Clasificador	1	Un	3500
	2.2 Intercambiador de Calor Cruzado	1	Un	4800
	2.3 Sensores Capacitivos	2	Un	68
	2.3 Ventilador Soplante de 10HP	1	Un	2500
	2.4 Bomba de Agua 0.3HP	1	Un	836
	2.5 Instalación de Línea de Agua	1	Glb	350

	2.6 Instalación línea de Aire	1	Glb	470
3	Acondicionamiento de Silos de Almacenamiento			6215
	3.1 Sensores de Nivel de Paletas Rotatorias	2	Un	435
	3.2 Instalación de Sensores de Nivel Paletas Rotatorias	1	Glb	250
	3.3 Válvulas Pinch	2	Un	5530
4	Sistemas Automático			7878
	4.1 Tablero de Control	1	Un	3000
	4.2 PLC 16 entradas 10 salidas	1	Un	296
	4.3 Contactor Trípolo 0.3HP	1	Un	47
	4.4 Contactor Tripolar 20HP	1	Un	171
	4.5 Contactor Tripolar 5HP	2	Un	140
	4.6 Controlador de Temperatura	1	Un	188
	4.7 PT100	1	Un	36
	4.8 Configuración de Sistema	1	Glb	4000
5	Mano de Obra			5800
	5.1 Instalación de Sistema Neumático de Envío	1	Glb	1500
	5.2 Instalación de Sistema Clasificador Enfriador	1	Glb	3000
	5.3 Instalación de Sistema Automático	1	Glb	1300
	SubTotal			40062
	IGV 18%			7211

	Total en Dólares Americanos			47273
--	------------------------------------	--	--	--------------

Para la realización de este cálculo se considero los precios de lista del mercado esto en el caso de los suministros fijos en Dólares americanos (esto debido a que los proveedores como Promelsa, S y Z Cominsa, etc., trabajan con esta moneda). Los cálculos de mano de obra son aproximados en función de la experiencia laboral en proyectos que vengo desempeñando a lo largo de últimos 3 años.

5.5 Ventajas y desventajas al utilizar el nuevo sistema de desmoldeo recuperación y acarreo de arena.

5.5.1 Ventajas

- Disminución del 75% en el consumo de arena de sílice.
- Ahorro de mano de obra (un operario al mes)
- Mayor eficiencia en el sistema de producción.
- Eliminación del polvo en el ambiente.
- Menor uso de montacargas (mano de obra, petróleo, repuestos y mantenimiento)
- Menor cantidad de desmonte
- Mayor limpieza en la planta.

5.5.2 Desventajas

- Mayor costo por utilización de energía (y petróleo si fuera el caso)
- Mayor gasto en mantenimiento y repuestos

- Mayor dificultad para descargar las piezas en el check out, desmoldadoras y luego recoger los moldes y piezas.
- Mayor uso del compresor de aire.

5.6 Conclusiones

- El sistema Automático propuesto en este proyecto genera un ahorro de más del 55% con respecto del sistema actual descrito a lo largo de todo el proyecto.
 - Los montos calculados son hechos bajo una base de 3 toneladas de arena por hora, en el caso de contar con un sistema de 12 toneladas hora los montos la diferencia entre costos se amplía debido a que los costos del sistema nuevo no son lineales por depender del nivel energético, es decir los motores necesarios para el proceso sería no 4 veces mayores sino sólo 2.5 veces mayores según análisis.
 - El monto de implementación aproximado de \$ 47,273.00 (S/.130,000.00, al tipo de cambio de S/.2.75), genera un tiempo de recupero de capital de aproximadamente 8 meses, basándonos en que el cliente cuente con el sistema Actual descrito o similares, y considerando el ahorro en los costos de operación del 55% mensual.
 - Los montos referentes a costos del nuevo sistema son calculados a base de potencias y consumos hallados en catálogos y cálculos aproximados de costos de mantenimiento y reparaciones.
 - Se concluye que el sistema genera un ahorro en costos de producción y mantenimiento.
 - Genera un sistema 100% limpio sin generar desperdicios ni desechos contaminantes que se suspendan en el ambiente, permitiendo así cumplir con el ISO 14001 de gestión ambiental.
 - Permite acelerar la producción de moldes a bajo costo.
 - Permite integrarlo en un futuro en un sistema SCADA completo de toda la fundición Metalúrgica.
 - Optimiza los recursos tanto humanos como materiales.
 - El nuevo sistema permite competir con las fundiciones de la región como se indica en el acuerdo de Fundiciones Limpias, permitiendo así que nuestros productos sean más competitivos en el mercado exterior.
-

5.7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SMITH/CORRIPIO. "Control Automático de Procesos".

Ed. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1991.

CAPITULO V: AUTOMATIZACION, Paginas 506-632

2. RINA NAVARRO. "Ingeniería de Control Analógica y Digital"

Ed. McGraw -Hill Interamericana. 2004

CAPITULO III: CONTROL DIGITAL, Páginas 278-349

3. CREUS SOLE A. "Instrumentación Industrial".

Ed. Marcombo. 1998.

CAPITULOS i, ii, iii, V y VI, BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA GENERAL
ELECCIÓN DE SENSORES Y TRANSMISORES.

5.8 ENLACES WEB

<http://www.miliarium.com/prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.htm>

Tabla de Valores con propiedades térmicas utilizada en la página 60 de este proyecto
“Calculo de Flujos y Caudales de Agua y Aire.”

http://transferenciadecolor7teqn.blogspot.com/2008_05_01_archive.html

Página referencia sistemas de Transferencia de Calor.

<http://marcogt500.blogspot.com/2009/05/disenio-del-intercambiador-de-calor.html>

Cálculo de Intercambiador de calor, utilizado como formulario de las páginas 61-63 de este proyecto.

<http://www.tinkeromega.com/bol/index.html>

Enlace de referencia maquinarias extranjeras “Tinker OMEGA”

ANEXO 1

Segundo acuerdo de Producción limpia en fundiciones



ANEXO 2

Índice de crecimiento industrial 2000-2009



ANEXO 3

Hojas Técnicas

