

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



Sistema de control y monitoreo del proceso de trasiego de leche

Área 4

Planta de secado y recolección de leche

Cooperativa Productores de Leche Dos Pinos, R.L.

San Carlos, Ciudad Quesada

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura**

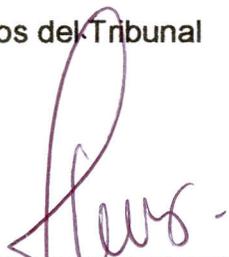
Léster Valenzuela Campos

Cartago, 28 de Noviembre de 2008

INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

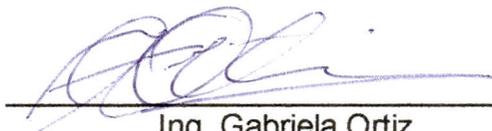
Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Arnaldo Rojas

Profesor lector



Ing. Gabriela Ortiz

Profesor lector



Ing. Carlos Badilla

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, 5 de julio de 2008


Léster Federico Valenzuela Campos

Céd: 2-551-147

Resumen

En la planta de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L, ubicada en el cantón de San Carlos, Ciudad Quesada, existen dos áreas de producción denominadas área 4 y área 5.

Dentro del área 4, se dan los procesos de recolección, almacenamiento y secado de la leche; para lo cual es necesario realizar el trasiego de grandes cantidades de leche a través de una red de tuberías, silos y tanques.

Debido a la necesidad de eficientizar las actividades que controlan el trasiego de leche se desarrolló un sistema electrónico centralizado, que permite el encendido de bombas y agitadores, el monitoreo y control de variables, como:

- Cantidades trasegadas de leche.
- Nivel de los contenedores.
- Temperatura de silos y tanques.
- Indicadores de alarmas de la planta.

El proyecto se basó en el diseño de una estructura de control de procesos utilizando la herramienta de software denominada Orchestra, que permite plasmar la planta física de trabajo, por medio de objetos con propiedades y atributos.

Actualmente se utiliza para el control de toda el área 4 y se ha convertido en una herramienta útil para realizar los traslados de leche de forma más ordenada y fácil.

Abstract

In the Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. (Dos Pinos Cooperative of milk producers) located in San Carlos, Ciudad Quesada there are two production areas called Area 4 and Area 5 in regard to dairy production.

In Area 4 takes place the process of collection, of storage and of drying of the milk. To get all of this, it is necessary to carry great quantities of milk through a pipeline, silos and tanks.

In order to optimize the efficient flowing of the milk through the pipeline it was necessary to develop a centralized electronic system that allows the turning on of the pumps and other devices, the monitoring and control of some variables as

The quantity of milk flowing through the pipelines

The level of the containers

The temperature of the silos and tanks.

The plant alarm system.

This project was based in the design of a structure of process control using the software tool named ARCHESTRA that permits to have the physic plant on display .

At present this design is used to control all the area 4 and it has turned to be an usefull tool in the milk flowing throught the pipeline. This result in a more ordered and easier flowing of the milk.

Dedicatoria

A mi esposa Karla y a mi hijo Axel,
Los tesoros más grandes que Dios me pudo dar.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por acompañarme durante el desarrollo de la carrera, en especial a mi Tía Maritza Valenzuela Vázquez, por el apoyo que recibí (brindarme techo) para terminar la carrera.

A mi amiga Ana Gilma Guevara Bello, por ser el mejor apoyo en el transcurso de mi carrera.

Índice General

Resumen	4
Abstract	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de figuras	9
Índice de tablas	10
Capítulo 1. Introducción	11
1.1 Solución seleccionada	12
Capítulo 2. Meta y objetivos	15
2.0 Meta	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
Capítulo 3. Marco teórico	17
3.1 Descripción general del contexto donde opera el proyecto	17
3.2 Descripción de los procesos físicos y electrónicos relacionados con la solución del problema	19
3.2.1 Principios básicos del manejo de la leche	19
3.2.3 Tratamiento térmico	19
3.3 Descripción de técnica de los componentes más relevantes utilizados en la implementación del proyecto	20
3.3.1 Controlador Lógico Programable	20
3.3.2 Agitadores	21
3.3.4 Sistema de compresor	21
3.3.5 Comunicaciones por Red Device Net	22
Capítulo 4. Procedimiento metodológico	28
4.1 Reconocimiento y definición del problema:	28
4.1.1 Obtención y análisis de la información	29
4.2 Evaluación de la alternativa	29
4.3 Prueba e implementación de la solución	30
Capítulo 5. Solución.	32
5.1 Resultados	32
5.1.1 Interfaz gráfica	32
5.1.5 Programación de arquitectura de control en Application Server	34
5.1.2 Programación del controlador lógico programable	37
5.1.3 Secuencia de operación de PID	42
5.1.6 Procedimiento para la puesta en marcha	51
Capítulo 6 Conclusiones y Recomendaciones.	53
Bibliografía	55
Anexos	56
A Documento de Especificaciones	56
B Datos de placas de Motores	70
C Diagramas Eléctricos	77
D Interfaz de Área 4	87
E. Construcción de tableros de control	89

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de modularidad de SLC 500.	14
Figura 2. Vista General del sistema	33
Figura 3. Área de silo 1, 2 y 3 tanque 4.	34
Figura 4. Motor de operación y áreas de la planta.	35
Figura 5. Estructura de planta de área 4.....	36
Figura 6. Objetos que componen el silo.....	37
Figura 7. Estructura de programación en el controlador lógico programable.	38
Figura 8. Mapeo de entradas discretas.....	39
Figura 9. Mapeo de salidas físicas.	39
Figura 10. Rutina de conteo de pulsos de flujómetro.....	41
Figura 11. Secuencia de PID, en controlador.	45
Figura 12. Diagrama de estructural del silo con enfriamiento.	46
Figura 13. Lugar de las raíces calculado para el sistema.	47
Figura 14. Diagrama de Bode de la función de transferencia del sistema.	48
Figura 15. Variaciones del PID respecto a la constante K.	49
Figura 16. Diagrama de la planta del sistema.....	49
Figura 17. Arquitectura de Hardware.....	57
Figura 18. Distribución de grupos de planta de área 4.	64
Figura 19. Distribución de Base de Datos en área 4.	66
Figura 20. Agitador encendido apagado.....	67
Figura 21. Bomba para el trasiego de leche.....	68
Figura 22. Enfriamiento del silo por medio de amoniaco.	68
Figura 23. Interconexión de equipos de tablero principal.....	77
Figura 24. Diagrama de conexión del módulo 1 de entradas discretas a 120 V rms.....	78
Figura 25. Diagrama de conexión de los módulos 2, 3 y 4 de entradas de 120 V rms.	79
Figura 26. Diagrama de conexión de entradas a 24 V DC.....	80
Figura 27. Diagrama de conexión de salidas de 24 V DC.	82
Figura 28. Diagrama de conexión de módulos de entradas analógicas.	83
Figura 29. Diagrama de conexión de módulo scanner DeviceNET.	84
Figura 30. Conexión de las redes Device Net y ethernet.....	85
Figura 31. Distribución del equipo dentro del tablero de control.	86
Figura 32. Interfaz vista general de la planta.	87
Figura 33. Silos 4, 5, 6, 7 y 8 y tanque 8.....	87
Figura 34. Interfaz de Tanques 1, 2, 3.	88
Figura 35. Interfaz de Flujómetros.	88

Índice de tablas

Tabla 1. Trama de Datos Device NET.....	26
Tabla 2. Lista de alarmas del sistema.....	63
Tabla 3. Datos de placa de bomba de Silo 4.....	70
Tabla 4. Datos de placa de Agitador de Silo 4.....	71
Tabla 5. Datos de placa de bomba de silo 3.....	71
Tabla 6. Datos de placa de agitador de silo 1.....	72
Tabla 7. Datos de placa de agitador de silo 1.....	72
Tabla 8. Datos de placa de Agitador de silo 2.....	73
Tabla 9. Datos de placa de bomba de silo 1.....	73
Tabla 10. Datos de placa de agitador de silo 1.....	74
Tabla 11. Datos de placa de bomba de silo 5.....	74
Tabla 12. Datos de placa de agitador de silo 5.....	75
Tabla 13. Datos de placa de Bomba de Silo 6.....	75
Tabla 14. Datos de placa de Bomba de silo 6.....	76
Tabla 15. Cálculo de protecciones para equipos de 120 V rms en tablero principal.....	90
Tabla 16. Cálculo de protecciones para equipos de 24 V DC, en tablero principal.....	91
Tabla 17. Cálculo de protecciones para equipos de 120 V rms en tablero de entradas y salidas remotas.....	93
Tabla 18. Cálculo de protección para equipo de 24 V DC en tablero de entradas y salidas remotas.....	93

Capítulo 1. Introducción

El manejo de la leche en las plantas de procesamiento se puede describir por medio de seis pasos básicos:

- Ordeño.
- Recolección.
- Almacenamiento y refrigeración.
- Pasteurización.
- Secado.
- Descremado.

Estos procesos son la base para la creación de productos como: natilla, queso crema, mantequilla, yogurt y helados.

En la planta de Dos Pinos de San Carlos, se recibe más del 50% de la leche que se procesa y se distribuyen en toda Costa Rica, y se ejecutan los procesos de recolección, almacenamiento, refrigeración, pasteurizado y secado.

Anteriormente, el proceso de trasiego estaba controlado por el operador de turno que decidía sobre la operación de las bombas, agitadores y sistemas de enfriamiento para cada silo o tanque que conforman. De ahí surgió la necesidad de automatizar y monitorear estas actividades; utilizando un sistema electrónico de producción.

El sistema de control y monitoreo del proceso de trasiego de leche implementado mediante este proyecto, solucionó dos importantes factores que del control en la planta como son:

- La transferencia del producto (leche) a los diferentes silos y tanques horizontales para procesar leche cruda, leche pasteurizada, cristalizarla y

secarla. Lo anterior mediante el uso de mecanismos gobernados bajo un modelo de control automático, que permite el encendido de bombas, agitadores y supervisión de temperatura en los contenedores pues si estos factores no se ajustan, se genera imprecisión, desperdicio de material y mayores retardos en el proceso general.

- Obtención de información clave para el departamento de producción de Dos Pinos, evitando así la generación de datos erróneos en el análisis del desempeño de esta área.

1.1 Solución seleccionada

Tras el análisis del problema, se procedió a diseñar la distribución de la planta para lo cual se incluyeron las diferentes secciones, con sus respectivas áreas, sub áreas y otros elementos utilizando un software de control industrial.

Para escoger el controlador se tomaron en consideración aspectos tales como el precio, la capacidad de procesamiento de datos, y que correspondiera a la tecnología conocida por el personal de Dos Pinos.

Una vez que se analizaron los diferentes modelos, se optó por un controlador lógico programable SLC 5/05 ver figura 1, por las siguientes razones:

1. Están disponibles en una amplia variedad de diseños funcionales.
2. Se puede conectar a distintas redes, para controlar procesos distribuidos y accionamiento de módulos de entradas y salidas a distancia.
3. Los CPU de la serie 1746, soportan diferentes módulos de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales por medio de un robusto diseño modular.

4. En cuanto a la modularidad, permite un sistema configurable y expandible, de manera que se puede configurar el sistema para un número de módulos de entradas y salidas, la cantidad de memoria, la red de comunicaciones que se necesite. Luego si se desea expandir el sistema, se pueden agregar módulos de entradas y salidas e interfaces de comunicación.
5. Permite el envío de mensajes entre redes, al conectar fácilmente los puntos en la red y los módulos que acompañan al procesador SLC.
6. Es un producto para industria pesada, pues soporta vibraciones, condiciones térmicas extremas y ruido eléctrico propio de un ambiente industrial.
7. Presenta muchas opciones para conexión de red, ya que es compatible con los procesadores de este tipo a través de Ethernet, ControlNet, DeviceNet, DH+ y DH-485.
8. Ofrece mayor posibilidad de escogencia de módulos de entradas y salidas, los cuales pueden accionarse en forma remota al conectarse por medio de ControlNet, DeviceNet y otros.
9. El precio del controlador se ajusta al presupuesto del proyecto.
10. Este CPU ofrece ventajas sobre las configuraciones de Compaclogix y Micrologix, por su facilidad de configuración en redes.
11. Debido a una solicitud por parte de Dos Pinos se empleó una red de control DeviceNet.

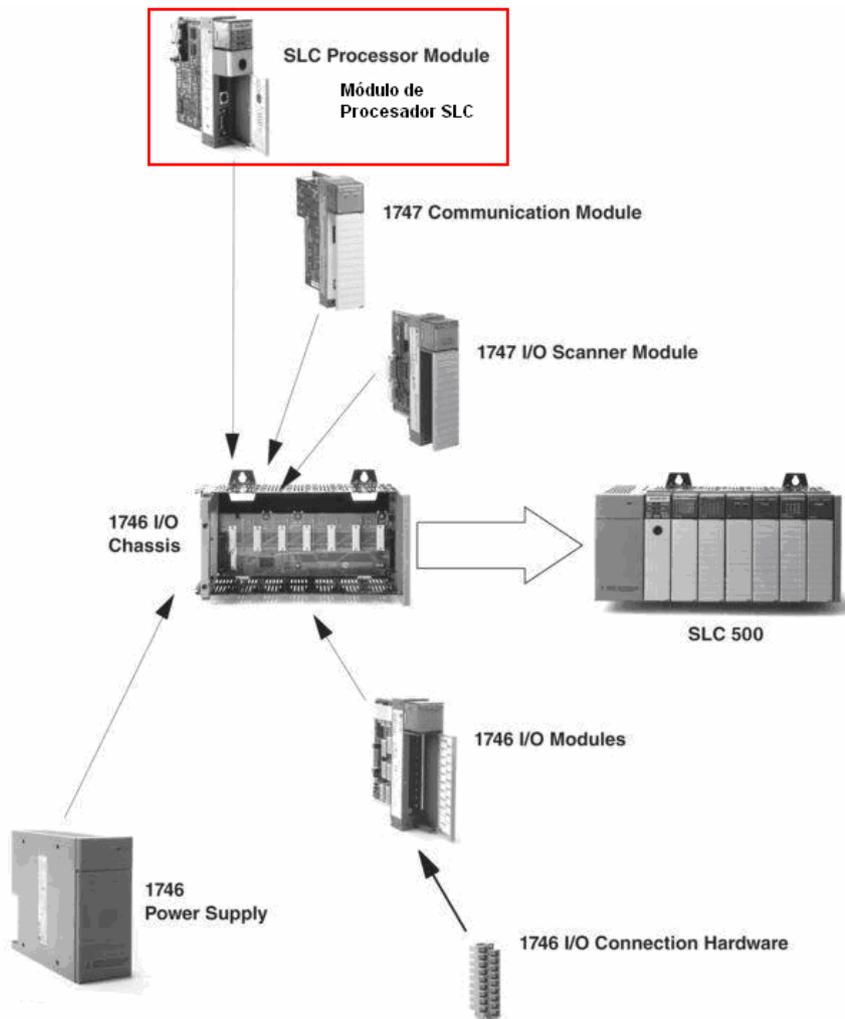


Figura 1. Diagrama de modularidad de SLC 500.

[Modificado de Allen Bradley, Publication 1746-UM005B-EN-P, 2004]

Capítulo 2. Meta y objetivos

2.0 Meta

Brindar una solución electrónica factible que permita centralizar los recursos involucrados en el proceso de traslado de producto en el área 4 y sus sub operaciones, por medio de monitoreo y control de los flujómetros, las bombas, agitadores y congeladores de cada silo y tanque horizontal involucrado en el proceso de trasiego de leche.

2.1 Objetivo general

Implementar un sistema para supervisión y control de las operaciones de traslado de producto, entre silo y tanques horizontales del área 4, de la planta de Dos Pinos San Carlos.

2.2 Objetivos específicos

1. Investigar el modo actual de transferencia de producto entre silos y tanques horizontales del área 4 para confeccionar un sistema electrónico que permita controlar el proceso
2. Determinar las herramientas necesarias de software para realizar una interfaz humano-máquina eficiente.

3. Implementar una interfaz humano-máquina para controlar las activaciones de bombas, agitadores y control de temperatura del proceso.
4. Definir el tipo de controlador idóneo, para controlar las activaciones del proceso de transferencia de producto.
5. Diseñar estructuras de control para ser implementadas en el controlador del proceso.
6. Implementar las estructuras de control para el proceso, dentro del controlador escogido.
7. Determinar un modelo matemático para realizar el control de temperatura de los silos y tanques.
8. Implementar en forma programada el modelo matemático en el controlador.
9. Determinar el protocolo de comunicaciones que se debe utilizar para recibir y enviar información entre la interfaz y el controlador del proceso.
10. Diseñar una estructura de tablas y datos para almacenar la información referente al proceso.
11. Diseñar un tablero de control para el proceso que incluya el controlador y accesorios adicionales.
12. Diseñar un tablero de entradas y salidas remotas y accesorios adicionales.
13. Determinar el equipo de protección eléctrica para el controlador y accesorios de acuerdo con las normas de diseño de IEC e IEEE.
14. Realizar pruebas exhaustivas de los tableros de control para verificar la correcta disposición de los equipos y el funcionamiento.

Capítulo 3. Marco teórico

3.1 Descripción general del contexto donde opera el proyecto

El “**Sistema de control y monitoreo del proceso de trasiego de leche**” se desarrollo en el Área 4 de la Planta de secado y recolección de leche de la Cooperativa Productores de Leche Dos Pinos, R.L. ubicada en San Carlos, Ciudad Quesada.

En esta planta se llevan a cabo los procesos, correspondientes a: pasteurizado, leche cruda, leche evaporada, leche cristalizada, leche para antibióticos.

Para realizar estas actividades, en el área se utiliza un conjunto de silos 7 y 8 tanques horizontales que se subdividen en:

- 7 silos que se dividen en:
 - 3 silos de leche cruda o recibida.
 - 3 silos de leche pasteurizada.
 - 1 silo de leche evaporada.
- 8 tanques horizontales
 - 1 tanque de crema.
 - 3 tanques de leche pasteurizada para procesos pequeños.
 - 2 tanques de cristalización.
 - 1 tanque de antibióticos (Leche con residuos de medicamentos de ganado).
 - 1 tanque que será instalado en el futuro.

Cada uno de los silos y tanques horizontales cuenta con un agitador, programado para realizar una rutina de encendido y apagado de acuerdo al nivel y la función del contenedor.

También una bomba asociada a cada silo se enciende y apaga manualmente para transferir el producto de un silo a otro, o tanque.

De igual forma, los silos cuentan con un interruptor de nivel alto, un interruptor de nivel bajo, un sensor de temperatura y un sensor de nivel analógico.

Por su lado los tanques horizontales, tienen un sensor de temperatura y un sensor de nivel.

El proceso se completa con seis bombas con encendido y apagado manual para realizar otras transferencias y cinco flujómetros que permiten medir la cantidad de producto recibido, despachado a camiones y enviado a la planta de secado.

3.2 Descripción de los procesos físicos y electrónicos relacionados con la solución del problema

3.2.1 Principios básicos del manejo de la leche

A menos que la leche sea enfriada, será alterada rápidamente por los microorganismos que se desarrollan y multiplican a mayor velocidad a temperaturas cercanas a 37 °C. Por lo tanto, la leche debe ser enfriada con rapidez a unos 4 °C inmediatamente después de su ordeño. A ésta temperatura el nivel de actividad de los microorganismos es muy bajo. Pero las bacterias empezarán a multiplicarse otra vez si se permite que la temperatura suba durante el almacenamiento. Es por ello importante mantener la leche bien refrigerada en depósitos isotérmicos.

3.2.3 Tratamiento térmico

La leche puede ser tratada para el consumo humano mediante la aplicación de calor eliminando parcial o total de bacterias dañinas.

De acuerdo con el uso que vaya a tener la leche, se emplearán los procedimientos de terminación, pasteurización, ultrapasteurización o la esterilización.

- a) Terminación: con este procedimiento se reduce o inhibe la actividad enzimática.
- b) Pasteurización (Show High Temperature, SHT): la leche se calienta a temperaturas determinadas para la eliminación de microorganismos

- patógenos específicos principalmente la conocida como *Streptococcus thermophilus*. Inhibe otras bacterias.
- c) Ultrapasteurización (Ultra High Temperature, UHT): se emplea mayor temperatura que en pasteurización. Elimina todas las bacterias excepto las lácticas. No requiere refrigeración posterior.
 - d) Esterilización: la alta temperatura empleada de 140 °C por 45 segundos elimina cualquier microorganismo presente en la leche. No se refrigera posteriormente, esta leche recibe el nombre de higienizada. Este proceso no aplica a leches saborizadas o reformuladas que sufren caramelización.

Después de un tratamiento térmico la refrigeración puede ser prescindible debido a que no es necesario bajar la temperatura en todos los casos, solamente cuando la leche aún posee microorganismos.[13]

De acuerdo con la capacidad microbiana saliente se considera la refrigeración, de ahí que la terminación tenga refrigeración obligada y la esterilización no. Si no existen bacterias o actividad enzimática la leche no se alterará a temperatura ambiente, si dejamos cualquier leche en un vaso y sin tapar entonces el oxígeno hará lo propio como agente oxidante, mas no debido a actividades internas de la leche.

3.3 Descripción de técnica de los componentes más relevantes utilizados en la implementación del proyecto

3.3.1 Controlador Lógico Programable

En los entornos industriales es necesario tener sistemas fácilmente modificables, de manera que no haya que hacer cambios de dispositivos lógicos o cambios estructurales en el cableado de conexión de equipo.

Los sistemas lógicos industriales basados en instrucciones codificadas almacenan las activaciones en un chip de memoria y se ejecuten en un microprocesador; con la ventaja de que si el sistema de control necesita modificarse, sólo es necesario cambiar las instrucciones codificadas. Estos cambios de software son implementados rápida y fácilmente.[7]

3.3.2 Agitadores

Una vez que la leche ha sido depositada en los tanques y silos de almacenamiento se debe de realizar una agitación periódica de la misma para evitar que se acumulen las partículas sólidas; por lo que cada uno de estos contenedores cuenta con un agitador que permite realizar un movimiento de la leche aun dentro del contenedor.

Por otra parte durante el proceso de homogenización, se utilizan los agitadores para disminuir el glóbulo de grasa de calentar la leche y evitar así que se forme nata.

3.3.4 Sistema de compresor

El sistema de enfriamiento en los silos se realiza por medio de un sistema de enfriamiento por compresores.

El sistema de compresor consta físicamente de un compresor, un condensador, una válvula o capilar de expansión y un evaporador.

Recibe el vapor a baja presión y lo comprime, con esto se eleva la presión y la temperatura del vapor. Luego este vapor comprimido y calentando fluye por el tubo de salida hasta el condensador; donde cede su calor al agua o aire frío que rodea el condensador.[6]

En esta temperatura desciende hasta el punto de condensación y se convierte en líquido, con la correspondiente liberación de calor que ocurre en estos casos.

El agente frigorífico, en este caso amoniaco, en estado líquido, pasa del condensador hasta un receptáculo y ahí fluye por un conducto o válvula, disminuye la presión a medida que fluye dentro del vaporizador para enfriarlo.

3.3.5 Comunicaciones por Red Device Net

Las activaciones de potencia de los equipos ubicados en la planta de área 4, se encuentran muy distantes del tablero de control principal lo que hizo necesario el uso de una herramienta de comunicación industrial como lo es la red Device Net y de la cual se explican los puntos más importantes a continuación.

La red Device Net es una red abierta de dispositivos que provee comunicación entre dispositivos industriales simples como sensores, actuadores y dispositivos de mayor nivel como son los controladores programables o computadoras.

Usando el protocolo común industrial (CIP, siglas en inglés), configura y recolecta datos de los dispositivos industriales.[12]

Características de Device Net:

- 1- Es una red que establece una relación costo efectividad para dispositivos simples.

- 2- Provee un fácil acceso a los datos de sensores y actuadores inteligentes de múltiples vendedores.
- 3- Se pueden realizar conexiones de tipo: maestro – esclavo, cambio de estado y punto a punto.
- 4- Mejora los sistemas de integración, por medio de la seguridad y estandarización de aplicaciones.
- 5- Reduce los tiempos muertos con una detección temprana de problemas en el desempeño del sistema.
- 6- Reduce el costo del mantenimiento por medio del diagnóstico y reemplazo automático de los dispositivos.
- 7- Además genera automáticamente los tags.

Protocolo Industrial Común (CIP)

Es el más grande componente en las conexiones de tipo NET LINX, de arquitectura de redes abiertas y provee:

- Servicio de control común: una mensajería estándar para todo tipo de redes NETLINX.
- Servicio de comunicación común: la conexión a cualquier red, configurando la recolección de datos desde punto de dicha red.
- Capacidad de enrutamiento común: Esto se refiere a que no hay que enrutar tablas o agregar lógica, para mover datos entre redes.
- Conocimiento base común: Parte de la arquitectura básica de las redes NETLINX, para hacer más fácil el aprendizaje y la configuración de herramientas.

Información técnica de Device NET

- 1- Tiene definido: el medio físico, el vinculo entre datos y la capa de aplicación, tal como se definen en el modelo ISO/OSI 7.
- 2- Incorpora una topología de línea truncada donde se separan los buses de señal y de alimentación.
- 3- Tiene tasas de transferencia definidas para 125 kbits/s, 250 kbits/s y 500 kbits/s.
- 4- La distancia de comunicación es inversamente proporcional a la tasa de comunicación.
- 5- Permite la conexión de hasta 64 nodos en una red simple con direcciones que van de 0 a 63.
- 6- Permite tener múltiples masters en una red lógica simple.

- 7- Los dispositivos agregados a la red pueden ser controlados y configurados simultáneamente.
- 8- Esta red esta ideada para trabaja en ambientes industriales altamente ruidosos.

Arquitectura de la red Device Net

Capa Física:

Los nodos son distribuidos en la red Device NET por medio de la topología trunkline – dropline, esto permite un fácil cableado y acceso a la red por medio de taps, y adicionalmente los nodos pueden ser removidos y agregados para reducir la caída en la producción. La red física esta desacoplada de los dispositivos, la alimentación de los dispositivos y la comunicación en general puede ser compartida en el mismo bus.

Capa de enlace de datos

Usa un bus serial diferencial en su capa de en lace de datos, dicho bus se denomina controlador de área de red (CAN, siglas en inglés), requiriendo un mínimo de ancho de banda para transmitir y empacar los mensajes. A continuación se detalla los bits trama de datos.

Trama de datos CAN	
1 bit	Bit de inicio de trama
11 bits	Identificador
1 bit	Bit RTR
6 bits	Campo de control
0-8 bits	Campo de datos
15 bits	Secuencia de CRC
1 bit	Delimitador CRC
1 bit	Reconocimiento
1 bit	Delimitador de reconocimiento
7 bits	Fin e trama
2 bits	Espacio entre tramas

Tabla 1. Trama de Datos Device NET.

[Tomado de Allen Bradley public 1794-sg002-EN-P Octubre 2006]

Descripción de la secuencia de la trama:

Al transmitir el primer paquete de datos, el bit de inicio de trama, es enviado para sincronizar los recibidores de la red. El identificador denotado de 0 a 63 y el bit RTR, se combina para determinar la prioridad de los datos al ser accedados o cambiados. Los identificadores más bajos tienen prioridad sobre los altos. La redundancia los datos transmitidos y elimina las transmisiones simultáneas.

Los siguientes 6 bits contienen información que especifican el campo del controlador, los dos primeros bits son un arreglo, mientras que los últimos cuatro especifican el tamaño del campo de datos. El campo de datos por su parte tiene disponibles de 0 a 8 bits.

Los siguientes datos de la trama son los denominados CRC, ciclo de chequeo de redundancia por sus siglas en inglés; estos 15 bits detectan errores en la trama y contienen diferentes delimitadores de formato. Para facilitar la implementación y la inmunidad al ruido en la red, CAN provee un alto nivel de chequeo de errores y confinamiento de fallas.

Capítulo 4. Procedimiento metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema:

El problema que solucionó este proyecto fue la necesidad de controlar en forma eficiente los equipos involucrados en el trasiego de leche en la planta de área 4 Dos Pinos San Carlos.

A su vez esto ha permitido generar información más verás respecto a los datos de producción que se desprenden del ya mencionado proceso de trasiego de leche.

Las mayores implicaciones del problema tenían que ver con el hecho de que a pesar de contar con el equipo para realizar el trabajo de trasiego, las bombas se activaban por botoneras en cada silo o tanque, y el operario tenía que ir hasta el silo o tanque para controlarlo en una planta que mide más de 100 metros cuadrados.

Además el procedimiento de agitación se realizaba de forma similar al de las bombas, con la diferencia de tener tres estados de operación: automático que consiste en activar una secuencia de encendido y apagado para todos los agitadores de silos o tanques, configurada para ejecutarse por un tiempo previamente establecido en un cronómetro, en este estado el operador no tenía control sobre la secuencia; el modo manual en cambio inicia la secuencia de agitación tal como se indicó para el modo automático, la diferencia consiste en que el operador puede detener la secuencia a su criterio y por último el modo apagado en el que el operador detiene totalmente el agitador.

Ahora con respecto al enfriamiento de los silos, también se realizaba en forma manual por los operadores al revisar visualmente la temperatura de los silos 3,4, y 5, así también la tomaban los datos de temperatura, se revisaban verificando en cada silo y tanque los medidores de temperatura o por medio de termómetros de mercurio.

Por último los datos del reporte de los datos se obtenían anotando en una hoja de reporte los datos vistos en cada silo y tanque.

4.1.1 Obtención y análisis de la información

La recopilación de la información para realizar de trasiego de leche en área 4 Dos Pinos, se realizó considerando que al ser un proyecto que abarcaba gran cantidad de equipo y mucho control de operaciones, debía ser planeado con rigurosidad tratando de tomar en cuenta los detalles de operación de la planta; por lo que se decidió generar un documento de especificaciones con ayuda de los encargados de la planta y en este documento plasmar por áreas los requerimientos de operación de cada componente (ver anexo A).

4.2 Evaluación de la alternativa

El procedimiento seguido para plantear la solución al sistema de control del trasiego de leche, consistió en realizar 4 grandes actividades empezando por la creación de un documento de especificaciones, creado a partir de entrevistas y visitas a la planta, luego la creación de un simulador del sistema para poder homologar las características de la planta ante entradas determinadas; para después de tener aprobado el funcionamiento teórico del sistema diseñar

tableros de control que permitieran hacer la conexión física con los equipos reales y finalmente se realizó la puesta en funcionamiento del proyecto.

4.3 Prueba e implementación de la solución

El documento de especificaciones explica el funcionamiento y distribución de cada uno de los equipos en planta, indicando además la agrupación de cada componente de acuerdo a operaciones afines como equipo de pasteurizado y secado por ejemplo.

Una vez definida la constitución física de la planta surgieron 2 nuevas necesidades de diseño, una de ellas fue como programar la arquitectura de control y la otra fue como poder realizar la verificación funcionamiento de cada componente sin tener que desconectar total o parcialmente el equipo.

Para resolver el primer dilema se programó la arquitectura de la planta utilizando el software de Wonderware denominado Archestra, que permite diseñar áreas de control, y generar objetos como bombas y agitadores con atributos y propiedades que describen su funcionamiento.

Aprovechando la facilidad de creación de objetos se crearon un conjunto de entradas y salidas simuladas dentro del mismo Archestra de manera que se permitiera con éstas homologar el funcionamiento real de los equipos, así se creó el simulador, sin embargo también era necesario poder interactuar las secuencias de operación. Por esto se procedió a crear interfases que abstraieran las activaciones más comunes del sistema, para luego incluir la secuenciación de los equipos.

Fue necesario, justamente en esta etapa de diseño anteriormente citada, realizar la mayor evaluación del equipo de control para esto se tomó en cuenta la directriz de la cooperativa de productores de leche Dos Pinos de usar equipo de control de Allan Bradley ya que utilizan generalmente dispositivos de esta marca, y el personal a cargo del mantenimiento tiene la capacidad de brindar soporte de primera mano a estos equipos; además de que la diversidad de dispositivos industriales de esta marca llena las expectativas de procesamiento del sistema.

El procesador fue el seleccionado SLC 500, específicamente el CPU L551, por que es un controlador lógico programable con una amplia gama de funciones que incluyen hasta 60 módulos con diferentes funcionalidades, es robusto, se ajusta al presupuesto del proyecto por ser de costo reducido, se puede conectar a redes ControlNet y DeviceNet, permite programarse y comunicarse por Ethernet o vía RS232, a través de el software de programación RSLogix500.

Capítulo 5.Solución.

5.1 Resultados

El problema de control y monitorización del trasiego de leche dividió en las siguientes etapas: creación de una interfaz gráfica que se ajustara a la distribución de área 4, programación de estructuras para el modelado de los equipos de planta, diseño e implementación de operaciones dentro del controlador lógico programable, construcción de tableros de control para interactuar con el contexto físico real y por último la puesta en funcionamiento del sistema.

5.1.1 Interfaz gráfica

Se inicia con el diseño de la interfaz por que para la cooperativa era de suma importancia poder plasmar de forma clara la constitución de la planta de área 4.

La interfaz gráfica se realizó por medio de la una computadora industrial y el software control Wonderware Intouch 9.5 .

Tal como se estipula en el documento de especificaciones, la interfaz debería proveer control sobre los diferentes sectores de operación de la planta de área 4, como son: recibo, sección silos 4, 5, 6, 7 y 8, Silos 1, 2, 3 leche cruda, Despacho Camión y Secado. Ver figura 2.

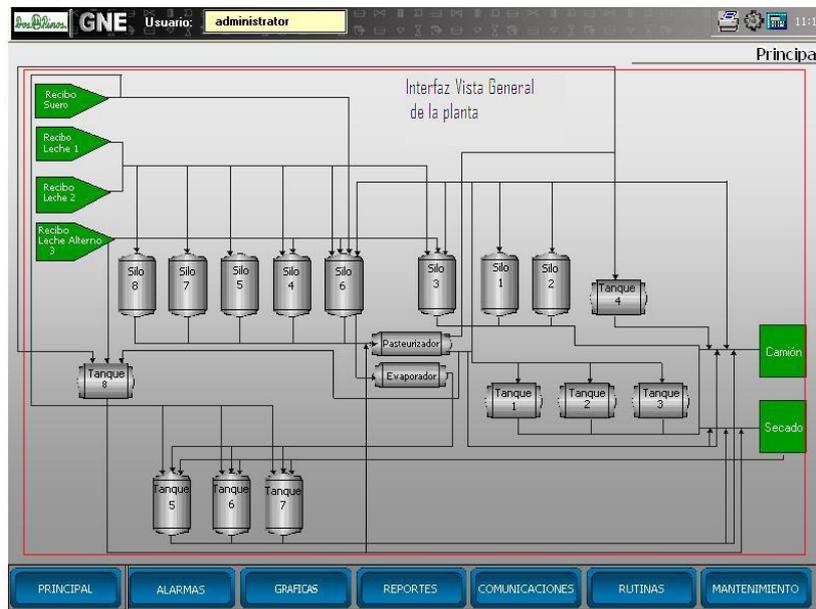


Figura 2. Vista General del sistema

[Tomado Interfaz Área 4 Dos Pinos, 2008].

Por lo que se diseñó una interfaz que permitieran abstraer el control general, así también el funcionamiento de cada sección mostrando el estado de los equipos y permitiendo la activación de los mismos, además de contar con secciones que permitieran realizar trabajos de mantenimiento al sistema por medio de indicadores de alarmas, estado de las comunicaciones entre los dispositivos de campo, parametrización de las secuencias de encendido apagado. Ver figura 3

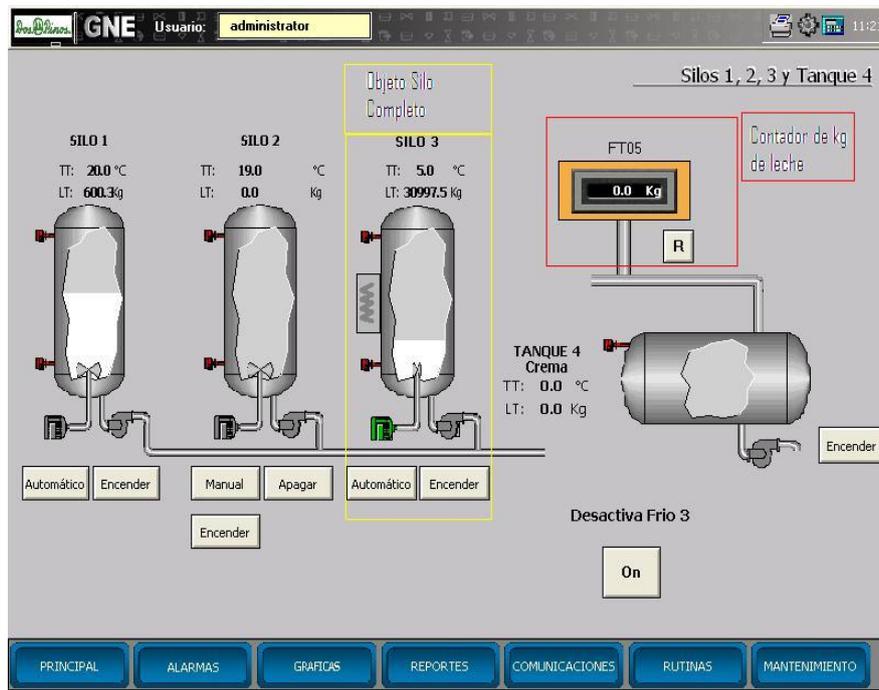


Figura 3. Área de silo 1, 2 y 3 tanque 4.

[Tomado Interfaz Área 4 Dos Pinos, 2008].

5.1.5 Programación de arquitectura de control en Application Server

El Sistema de monitoreo y control de leche se basa en el uso de la herramienta Application Server, dicho control consiste en generar sobre un motor los elementos que componen la planta y enviar a ejecutar en el controlador lógico programable las actividades requeridas en el tiempo justo, este software funciona como un administrador de los recursos de redes y control. Ver figura 4

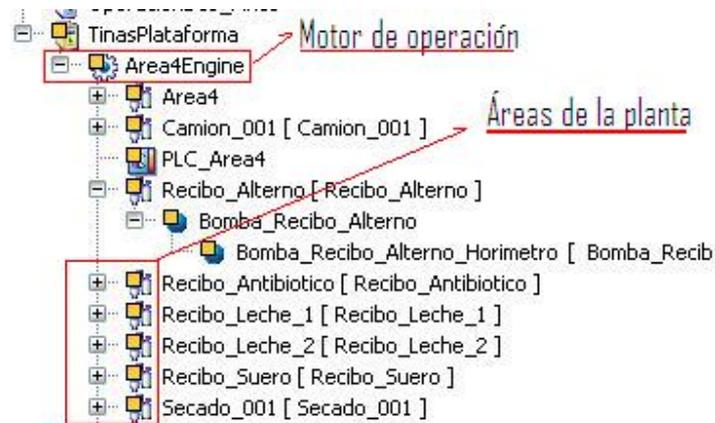


Figura 4. Motor de operación y áreas de la planta.

[Tomado de Archestra IDE, Dos Pinos, 2008].

Por lo que se creó una arquitectura de acuerdo al modelo de la planta que pudiera contener las diferentes áreas del sistema como son silos y tanques, hasta lograr definir los objetos que ejecutan el control dentro de la planta. Ver figura 5.

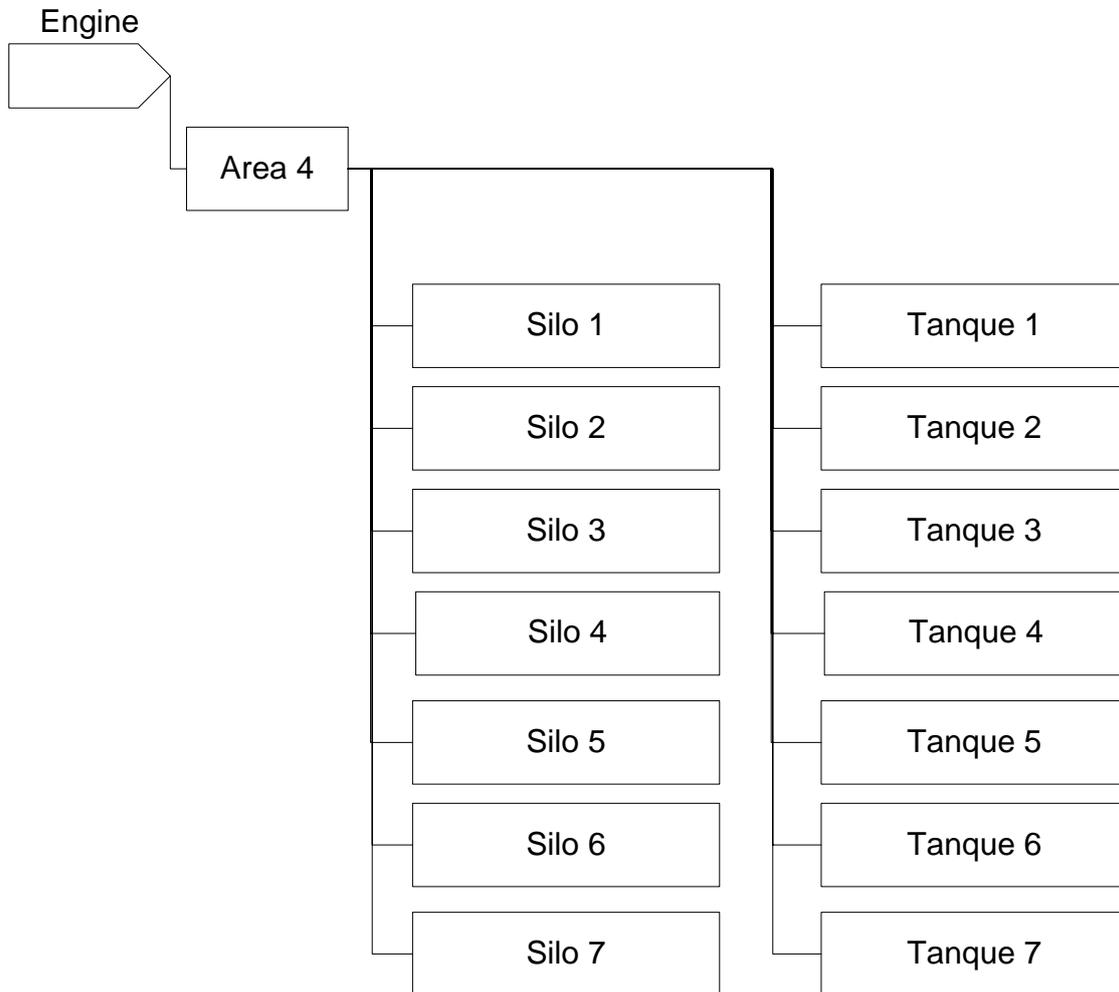


Figura 5. Estructura de planta de área 4

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Visio, 2008].

Cada objeto del área representa y hace referencia a un objeto de la planta, de forma que se contiene en ellos atributos y métodos que se llaman en forma oportuna para realizar operaciones, por ejemplo en el caso de un silo este está compuesto, por el objeto contenedor, un agitador, una bomba para trasiego, un serpentín para enfriamiento, sensores de nivel alto y nivel bajo. Ver figura 6.



Figura 6. Objetos que componen el silo.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Archestra IDE, 2008]

El uso de esta herramienta hace importante el proyecto por que la inclusión de una nueva área al sistema, se realiza de manera más ordenada y no requiere de generar gran cantidad de código en el controlador lógico programable.

5.1.2 Programación del controlador lógico programable

Dentro del proyecto el controlador se esquematizó delimitando secciones para mapear las entradas discretas y las salidas discretas, así también las entradas analógicas, luego se crearon secciones de código para las activaciones de agitadores, bombas, y el con el bloque PID. Ver figura 7.

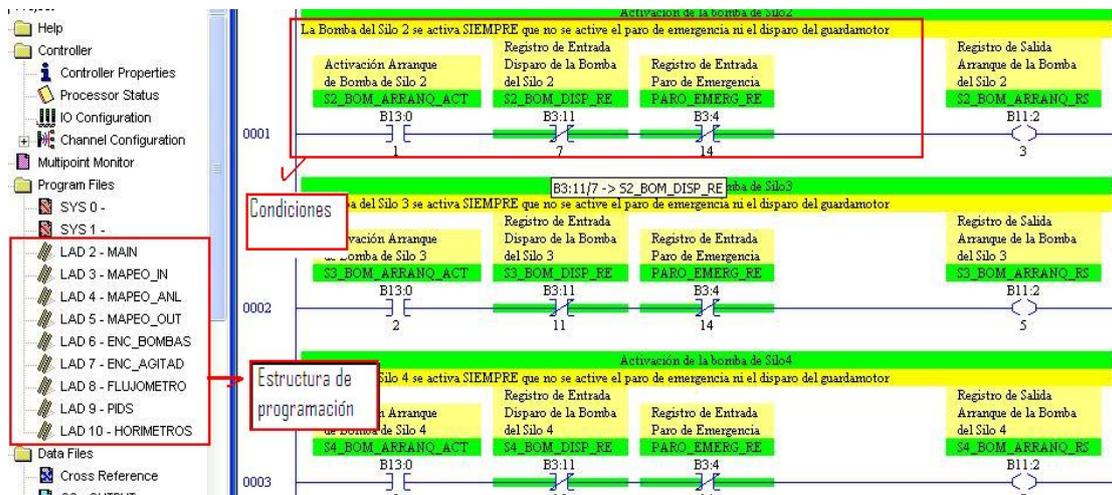


Figura 7. Estructura de programación en el controlador lógico programable.

[Tomado de RSLogix 500 Dos Pinos, 2008]

Mapeo de entradas

Al tomar valores de las entradas físicas se procede a realizar un enmascaramiento de los datos recolectados, esto permite un mejoramiento significativo respecto al mantenimiento y al cambio de direcciones en el controlador.

Este tipo de trabajo permite que se puedan tomar decisiones y ejecutar acciones, ante la presentencia de un bit de mapeo de entrada que se encuentra activo.

Por otra parte el sistema fue diseñado para trabajar de forma simulada o real; de manera que cuando este operando en modo simulado tomará los valores de una fuente simulada; de lo contrario tomará los valores de los sensores reales y en ambos casos ubicará los resultados en registros internos del controlador lógico programable para ser evaluados. Ver figura 8.

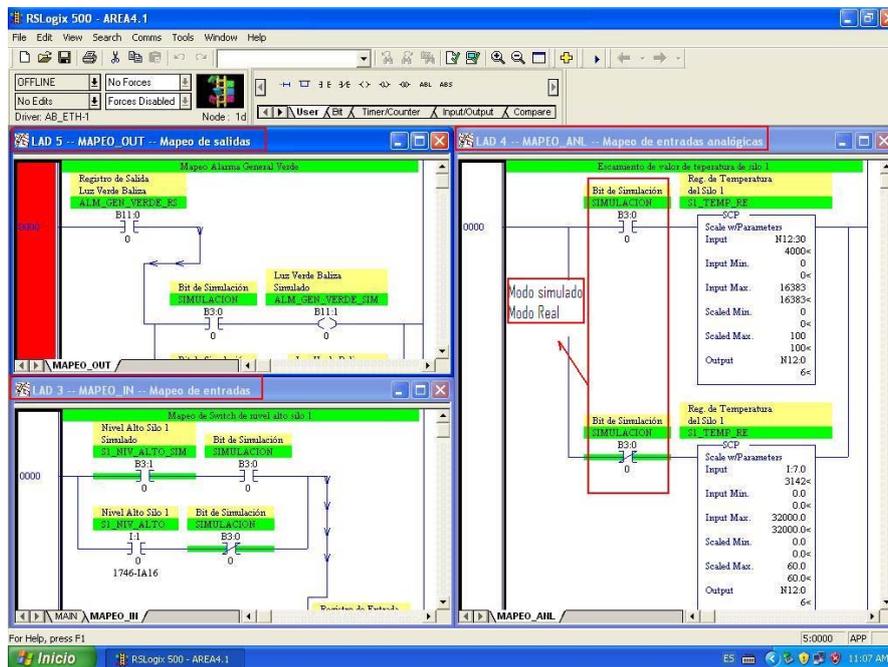


Figura 8. Mapeo de entradas discretas.

[Modificado de Léster Valenzuela C, Rslogix, 2008]

Mapeo de salidas

El objetivo de esta sección es poder determinar cuando el sistema manda a activar una salida discreta de manera simulada o real, para generar un evento como el encendido de una bomba por ejemplo.

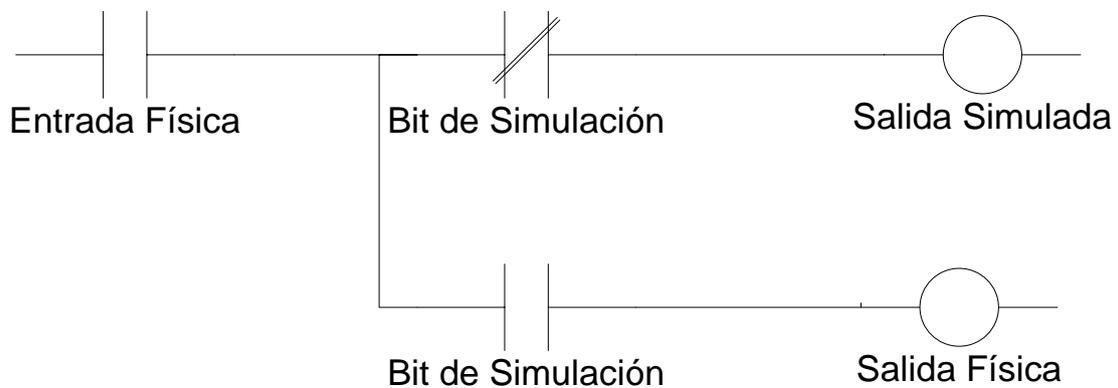


Figura 9. Mapeo de salidas físicas.

[Modificado de Léster Valenzuela C, Microsoft Office Visio, 2008]

Mapeo de salidas analógicas

Al capturar el valor una variable analógica como una temperatura o el valor de un sensor de nivel, se debe de determinar a cuando equivale la lectura del sensor en términos de las unidades de ingeniería que se estén midiendo; así por ejemplo al medir temperaturas el controlador lógico programable interpreta el valor, que dependiendo del sensor va de 0 a 60 grados centígrados o de 0 100 grados centígrados, a una representación numérica que oscila en un rango de valores de 0 a 32000.

Activación de agitadores

En esta rutina se parte básicamente de un bit que indica en que momento el agitador funciona de manera automática y en que momento el bit funciona de manera manual; si se trabaja de manera automática se activa directamente el bit de encendido de rutina, de otra manera se activará el bit de encendido de rutina sólo si se activa el bit de encendido manual..

Una vez activa la rutina del agitador este encenderá en el momento en que el bit de temporizador se active y no estén presente ni el disparo térmico del agitador, lo cual indicaría un estado anómalo, ni se encuentre activado el paro de emergencia.

El bit de temporizador se activa, considerando los valores cargados en las rutinas que tienen que ver con el tiempo de encendido y el tiempo de apagado, de manera que cuando el temporizador de tiempo de encendido este operando el temporizador de tiempo apagado no lo hace y viceversa.

Rutina de encendido de bombas

Para activar cualquiera de las bombas se verifica constantemente el bit mapeado de salida correspondiente y de igual forma las condiciones de seguridad de operación como disparos de guardamotores.

Rutina de conteo de pulsos

En esta rutina lo que se reciben pulsos del flujómetro, para luego escalar el conteo de los mismos a su equivalente, por ejemplo un pulso equivale a 10 litros.

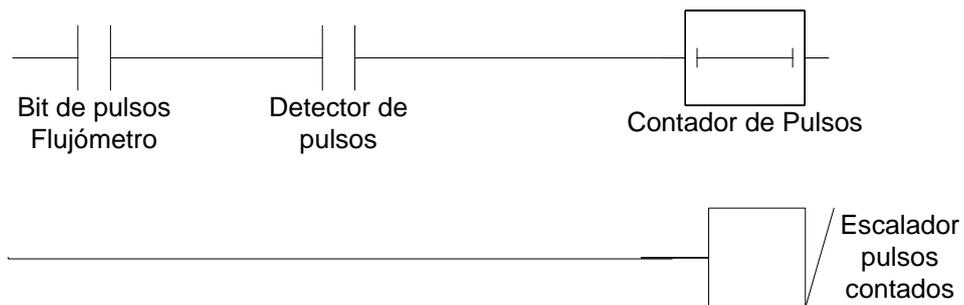


Figura 10. Rutina de conteo de pulsos de flujómetro.

[Modificado de Léster Valenzuela C, Microsoft Office Visio, 2008]

5.1.3 Secuencia de operación de PID

Ecuación de balance de energía

Con el fin de proponer una solución al problema del enfriamiento de la leche dentro de los silos se considera importante desarrollar un modelo de control automático de la temperatura.

Para desarrollar el citado modelo de control automático es necesario plasmar el balance de energía del sistema a partir de una sumatoria de potencias, cuyo desarrollo se describe a continuación:

Se consideraron las siguientes premisas para realizar el modelo matemático de enfriamiento:

- Tanque aislado para evitar pérdidas de calor.
- No hay almacenamiento de calor en el aislamiento.
- Que el líquido del tanque es perfectamente mezclado.
- Flujo constante de líquido en este caso leche, dado que depende de una bomba en específico.

Partiendo de la fórmula del balance de energía:

$$\frac{dE}{dt} = P_i - P_e \quad ^1(1)$$

Ecuación 1. Ecuación de balance de energía.

¹ Pi = Potencia de entrada.
Pe = Potencia extraída.

El cambio de la energía por unida de tiempo es igual a la potencia inferida- Potencia extraída.

La potencia ya sea extraída o inferida, para un sistema sencillo se puede expresar como:

$$E = T \cdot V \cdot \zeta \cdot \rho \quad (2)^2$$

Ecuación 2. Equivalente de energía.

La potencia por otra parte se puede expresar como

$P = T \cdot Q \cdot \zeta \cdot \rho$, donde Q es el flujo de la leche para este caso.³

Sustituyendo.

$$V \cdot \zeta \cdot \rho \cdot \frac{dT}{dt} = T_i \cdot Q \cdot \zeta \cdot \rho - T_e \cdot Q \cdot \zeta \cdot \rho \quad (3)$$

Ecuación 3. Sustitución de la ecuación de energía.

Simplificado:

$$V \cdot \frac{dT}{dt} = T_i \cdot Q - T_e \cdot Q \quad (4)$$

Ecuación 4. Simplificación de la ecuación 3.

Aplicando la transformada de Laplace:

² T= Temperatura de la leche [°C]

V=Volumen de la leche [m³]

ζ = constante de capacidad térmica de la leche [J/Kg*°C]

ρ = densidad de la leche [Kg/m³]

³ En situaciones especiales (no lineales); existe intercambio de calor entre gases. Ej. Agua y Vapor.

$$V \cdot T(s) \cdot s = Q \cdot Ti(s) - Q \cdot Te(s) \quad (5)$$

Ecuación 5. Equivalente de potencia inferida en transformada de Laplace.

4

$$V \cdot T(s) \cdot s + Q \cdot T(s) = Q \cdot Ti(s) \quad (6)$$

Ecuación 6. Equivalente de potencia extraída en transformada de Laplace.

Determinado la función de transferencia (Salida/Entrada):

$$\frac{T(s)}{Ti(s)} = \frac{Q}{V \cdot s + Q} \Rightarrow G(s) = \frac{1}{\frac{V \cdot s}{Q} + 1} \quad (7)$$

Ecuación 7. Función de transferencia del sistema.

El control de temperatura, se realiza tomando el valor de la temperatura de los sensores y el valor de temperatura deseada, para incluirlos en el bloque de PID, obteniendo así una salida que se interpreta como la cantidad de minutos que se requiere que el solenoide encienda para enfriar el silo.

⁴ Se supone que la temperatura extraída es igual a la temperatura del tanque.

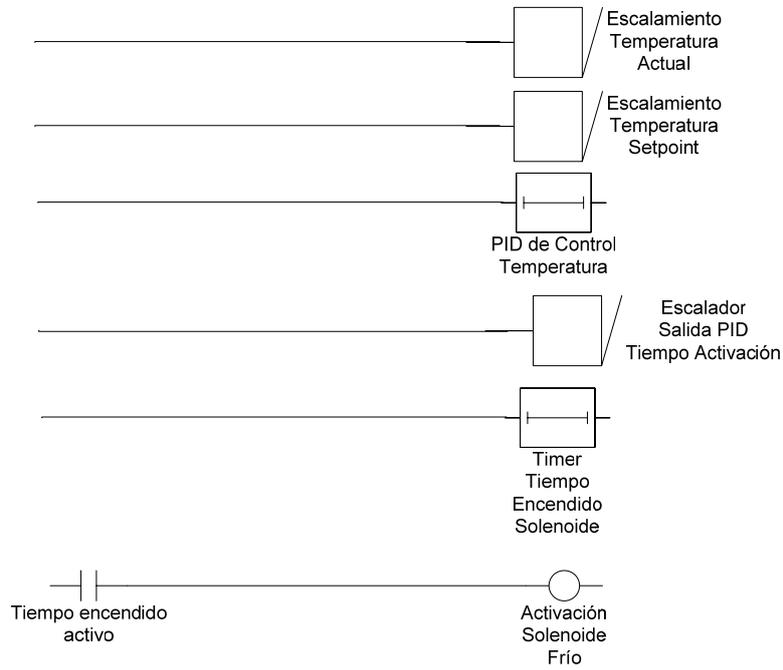


Figura 11. Secuencia de PID, en controlador.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Visio, 2008]

Sobre el modelo de temperatura

Se determinó la tasa tiempo de apertura del solenoide que deja pasar el amoniaco para enfriar en silo partiendo de la estructura del silo. Ver figura 12.

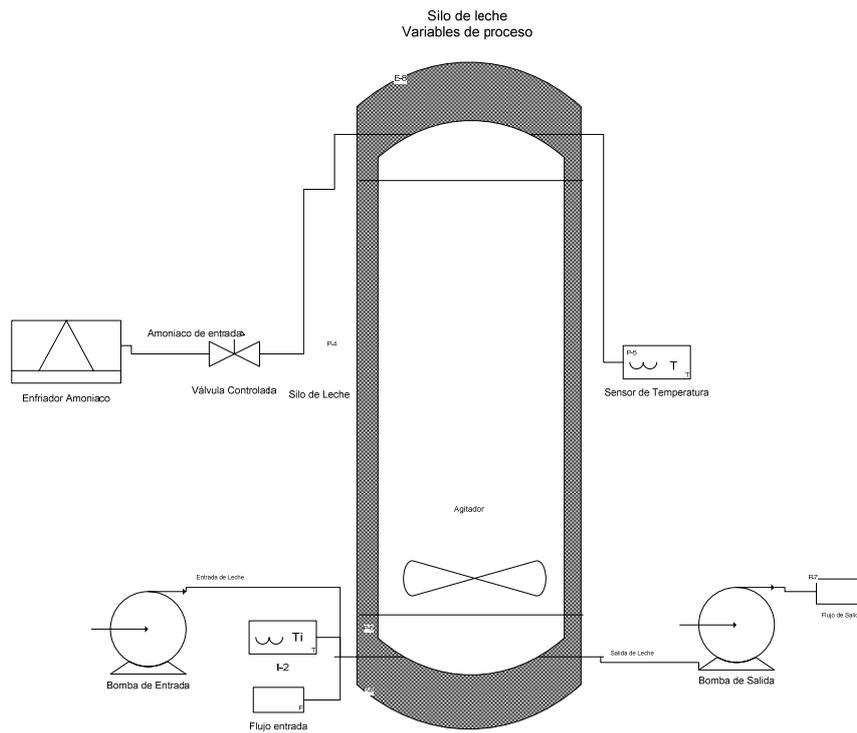


Figura 12. Diagrama de estructural del silo con enfriamiento.
[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Visio, 2008]

Partiendo de la ecuación de balance de energía y de la función de transferencia, ecuación 7, y de los siguientes datos suministrados por Dos Pinos:

- Volumen = 110000 litros.
- Q = 2000 litros por segundo.

$$G(s) = \frac{1}{\frac{110000s}{10000} + 1} = \frac{1}{11s + 1} \quad (9)$$

Ecuación 8. Ecuación de función de transferencia.

Se determinó el lugar de las raíces, del sistema a partir de la función de transferencia observando que se ubica a la izquierda del eje X, y además se considera el criterio de diseño pedido por la empresa de ejecutar un enfriamiento en un lapso de 10 minutos; así que partiendo de la ecuación de tiempo de levantamiento, ecuación 9.

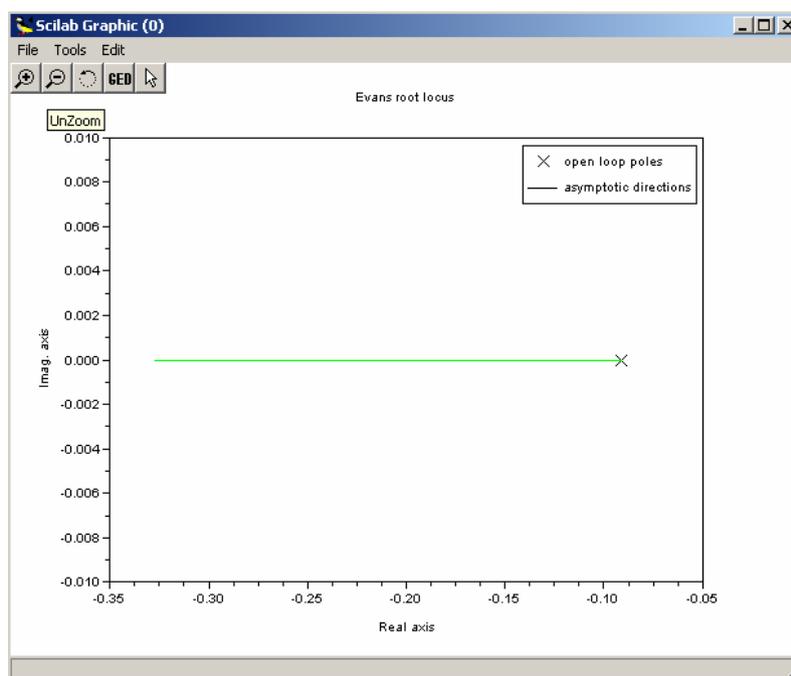


Figura 13. Lugar de las raíces calculado para el sistema.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Silab 4.1.2, 2008]

$$t_s = \frac{1.4}{w_c} \quad (10)$$

Ecuación 9. Tiempo de levantamiento.

Al despejar la frecuencia de corte w_c , se obtuvo que la misma debería de ser $w_c=0.14$ Hz, por lo que se procedió a dibujar el diagrama de bode del sistema y ubicar la frecuencia para determinar el valor de K.

Así se obtuvo primeramente la siguiente respuesta en el plano de la frecuencia:

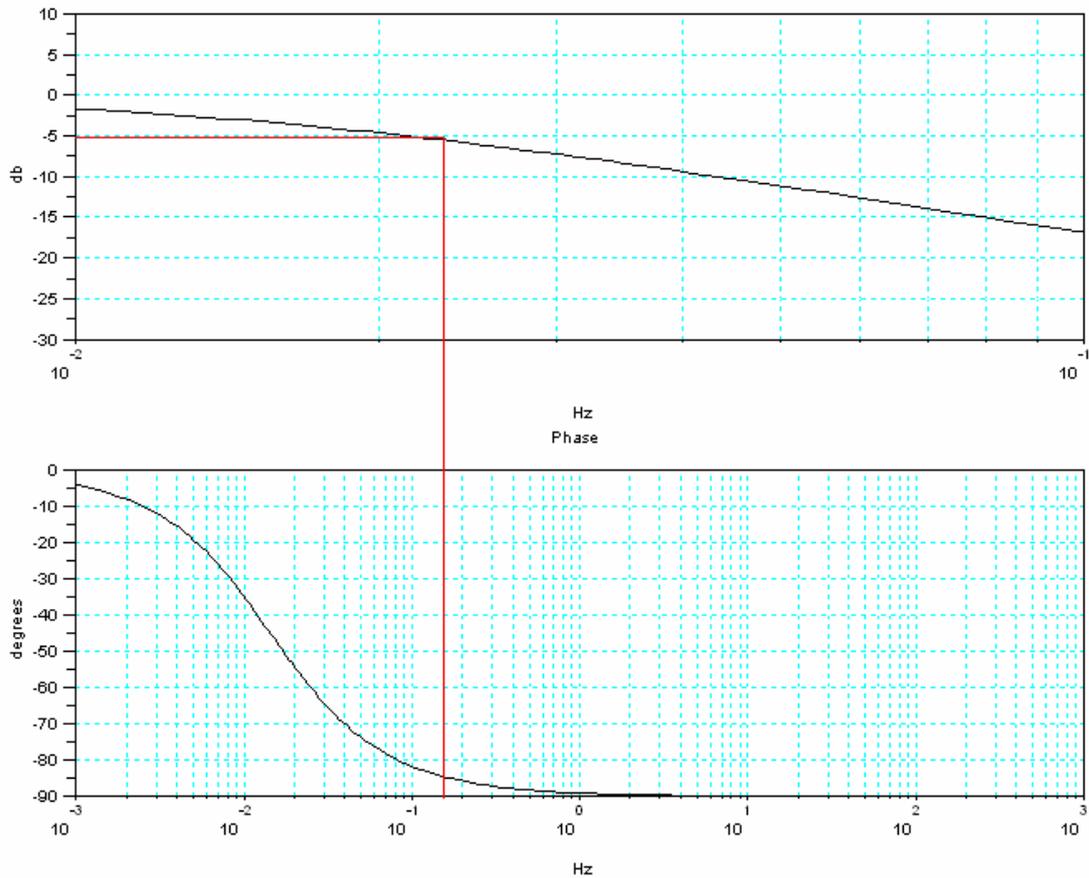


Figura 14. Diagrama de Bode de la función de transferencia del sistema.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Silab 4.1.2, 2008]

Al ubicar el valor de la frecuencia de corte se determinó que la ganancia debería ser de (- 5 dB) mayor a 0.53, esto para colocarlo en la configuración del PID del controlador, configurándolo de manera tal que se haga un control proporcional integral.

Por lo que para comprobar esto se realizaron varias pruebas, cambiando el valor proporcional, para el control PID, como se puede ver en la figura 28, y se

observó que el sistema actúa más rápidamente al aumentar la ganancia y que no se tenían oscilaciones.

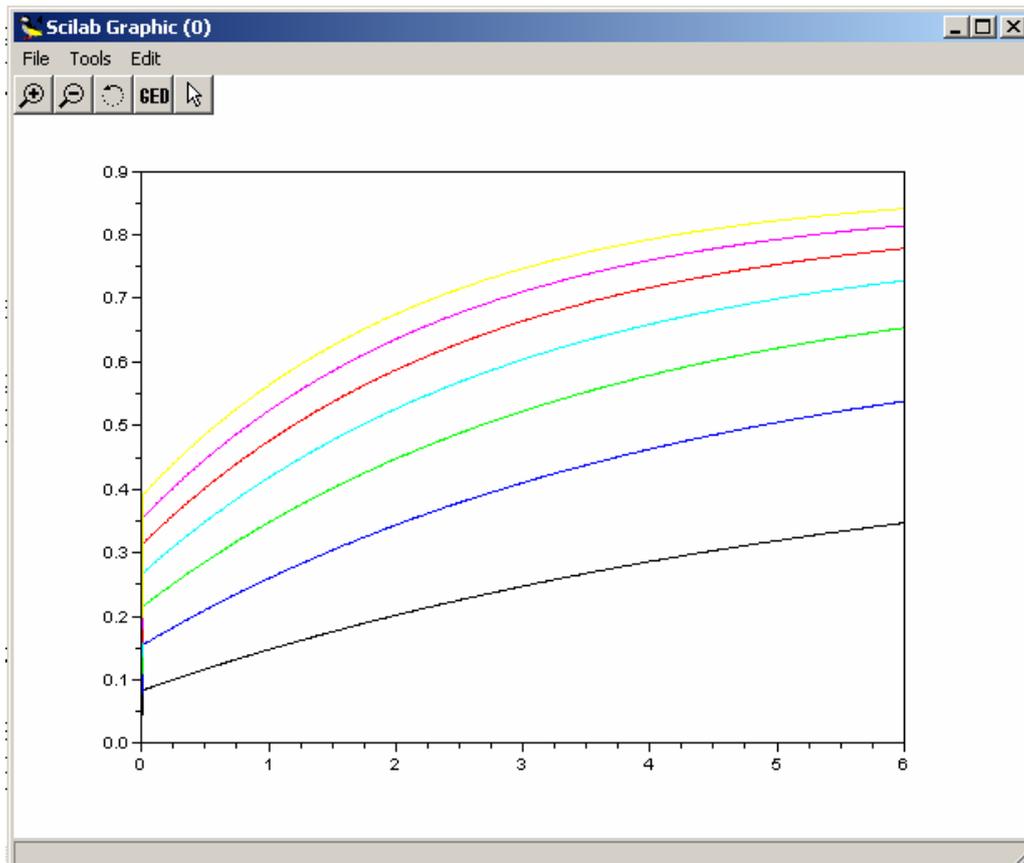


Figura 15. Variaciones del PID respecto a la constante K.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Silab 4.1.2, 2008]

Finalmente se obtiene el siguiente diagrama para la planta del sistema:

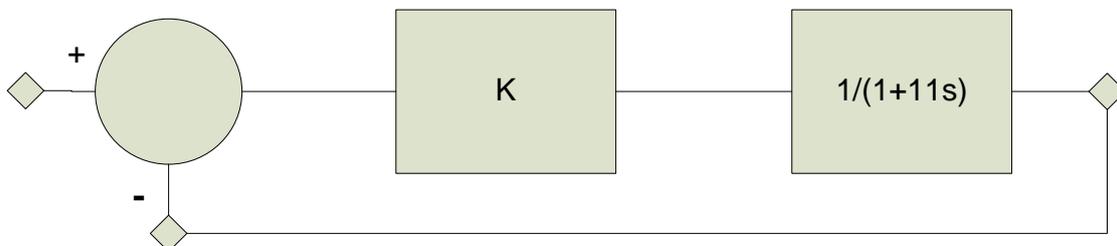


Figura 16. Diagrama de la planta del sistema.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Visio, 2008]

5.1.6 Procedimiento para la puesta en marcha

A continuación se detalla como se ejecutó el proceso de puesta en marcha del proyecto:

Para esta etapa se partió de la premisa de ejecutar las actividades más fáciles de primero, para luego abordar las más complicadas.

Por lo que se empezó estableciendo y verificando las comunicaciones de los equipos, servidor, tablero principal y tablero de entradas y salidas remotas.

Luego se probaron las entradas y salidas discretas, del sistema revisando las conexiones en el campo, para poder determinar la activación tanto en el controlador lógico programable como en la interfaz.

Luego se continuó activando uno a uno los agitadores y bombas del sistema, y comprobar que las secuencias de tiempo de operación funcionaran de acuerdo al documento de especificaciones.

Al finalizar la etapa de pruebas de entradas y salidas discretas se continuó con la comprobación de la lectura de los sensores de temperatura de cada silo y tanque, comparando respecto a las lecturas de los instrumentos de medición ubicados en cada elemento. De la misma manera se hizo con los sensores de nivel de silos y tanques.

Por otra parte la prueba de la lectura de la leche trasegada, se realizó comparando los valores leídos en la rutina del controlador lógico programable con un volumen conocido como el volumen de conocido del contenedor de una

cisterna y el contador de flujo instalado en el pasteurizador, para verificar que las lecturas fueran correctas.

Por último se probó la activación de los silos 3, 4 y 5, sin embargo al no contar con la instalación para este sistema, la empresa Dos Pinos desistió de la colocación del control PID, y en cambio se condicionó el encendido de los solenoides que dejan pasar el amoniaco de acuerdo a dos condiciones:

1. Contar con más de 10000 litros de leche en el silo.
2. Tener una temperatura superior a la permitida o tolerada por el producto almacenado.

Capítulo 6 Conclusiones y Recomendaciones

- La creación de un documento de especificaciones es una guía clara para recopilar, entender e implementar trabajos de a nivel industrial y satisfacer las necesidades del proceso.
- La interfaz gráfica del proceso, constituye no solamente un medio de ordenamiento del sistema, sino una manera más intuitiva para el operador de entender el proceso de trasiego de leche que se ejecuta en la planta.
- La plataforma Orchestra, permitió definir de manera más ordenada la constitución física de la planta dando a cada objeto características y atributos que hacen más fácil su manipulación en la secuencia del controlador lógico programable.
- Crear un simulador programado del sistema, provee una manera ágil y completa para verificar el control, sin necesidad de desconectar total o parcialmente el equipo o desperdiciar recursos en pruebas.
- Los controladores lógicos programables, facilitan un diseño flexible que permite a nivel industrial realizar muchas tareas, por medio del acople de dispositivos a una secuencia de operación.
- Se ha aumentado la eficiencia del proceso al incluir un sistema centralizado, ya que elimina la necesidad de que los operarios se desplacen por gran parte de la planta para ejecutar activaciones de agitadores y bombas.
- La automatización de este sistema permite una mejor atención al mantenimiento preventivo o correctivo de los equipos, ya que brinda herramientas para poder detectar fallas en el proceso.
- Las protecciones eléctricas aseguran condiciones mínimas de seguridad para el personal a cargo del uso y mantenimiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos de la planta.

Recomendaciones:

1. Es importante expandir el modelo en Orchestra, a las áreas que no fueron contempladas en esta primera etapa, para continuar ampliando y mejorando el desempeño de la planta en general, incluyendo así por ejemplo las máquinas empacadoras de leche deshidratada.
2. Se recomienda además, mantener y hacer crecer el uso del simulador, como una etapa de prueba y verificación de funcionamiento antes de hacer la puesta en marcha de los sistemas restantes.
3. –Es indispensable mantener el uso de la aplicación de las reglas de protección eléctrica de los estándares de IEC e IEEE.
4. Se debe de mantener la buena práctica de la documentación y creación de diseño de las programaciones dentro del controlador lógico programable.
5. Se recomienda mejorar el control de temperatura, insertando válvulas de apertura proporcional para inyectar el amoniaco a los silos de enfriamiento de la planta.

Bibliografía

- [1]. Navarro, Rina, Ingeniería de Control Analógica Digital. Universidad Panamericana Ciudad de México. Mc Graw Hill. 2004.
- [2]. Ogata Katsuhiko Ogata, Ingeniería de Control Moderno. 2da. Edición. Naucalpan Juarez, Edo de México. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 1993.
- [3]. Ogata, Jatsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 2 da. Edición. México: Prentice – Hall HispanoAmericana, S. A. 1993.
- [4]. Kou, Benjamín. Sistemas de Control Automático. 7 Edición. México: Prentice Hall HispanoAmericana, S. A. 1996.
- [5]. Chapman, Stephen. Máquinas Eléctricas. 3 Edición. Colombia: McGraw-Hill InterAmericana S. A. 2000.
- [6]. Franklin G., Powell D., Emami–Naeni A., Control de Sistemas Dinámicos con Retroalimentación, Adison – Wesley, USA, 1991.
- [7]. Maloney, Timothy J. Electrónica Industrial Moderna. 5ª Edición. Pearson Educación, México, 2006.
- [8]. Petruzella F., Programmable Logic Controllers, McGraw – Hill, USA, 1996.
- [9]. Kutz M., Temperature Control, John Wiley & Sons, USA, 1968.
- [10]. Allen Bradley DeviceNET, Visitada 19/09/2007. Disponible en http://www.ab.com/knowledgebase/SLC/1746_UM005B.pdf.
- [11]. Allen Bradley DeviceNET, Visitada 20/10/2007. Disponible en http://www.ab.com/knowledgebase/devicenet/1794_Sg002C.pdf.
- [12]. Google.co.cr, Visitada 23/11/2008. Disponible en http://www.ute/educacion/028_CapV_AgrupamientoAsesorios.pdf.
- [13]. Gómez López, Antonio. Manual de Industrias Lácteas, Madrid España, 1996. TetraPack Iberia, S.A.

Anexos

A Documento de Especificaciones

Sistema de Monitoreo y control de leche en área 4 Dos Pinos.

El sistema de monitoreo y control del área 4 Dos Pinos, monitoreará y controlará las operaciones que se realicen con la leche en los silos y tanques de área 4.

A través del sistema el personal de la planta estará continuamente informado del estado del proceso, con datos de temperatura, niveles, flujos y estado de motores de bombas y agitadores.

Además, el sistema medirá la cantidad de producto recibido y despacho a través de los siete flujómetros que serán instalados.

Principales Funcionalidades:

1. Monitorear y controlar las operaciones que se realizan con la leche en los silos y tanques del área 4.
2. Generar reportes de la cantidad de producto trasegado, recibido, el nivel de silos y tanques.
3. Notificar alarmas en el sistema.
4. Configurar rutinas de encendido y apagado de los agitadores.
5. Proveer el control de temperatura a algunos silos y tanques.

El Hardware necesario para el sistema se constituye principalmente por:

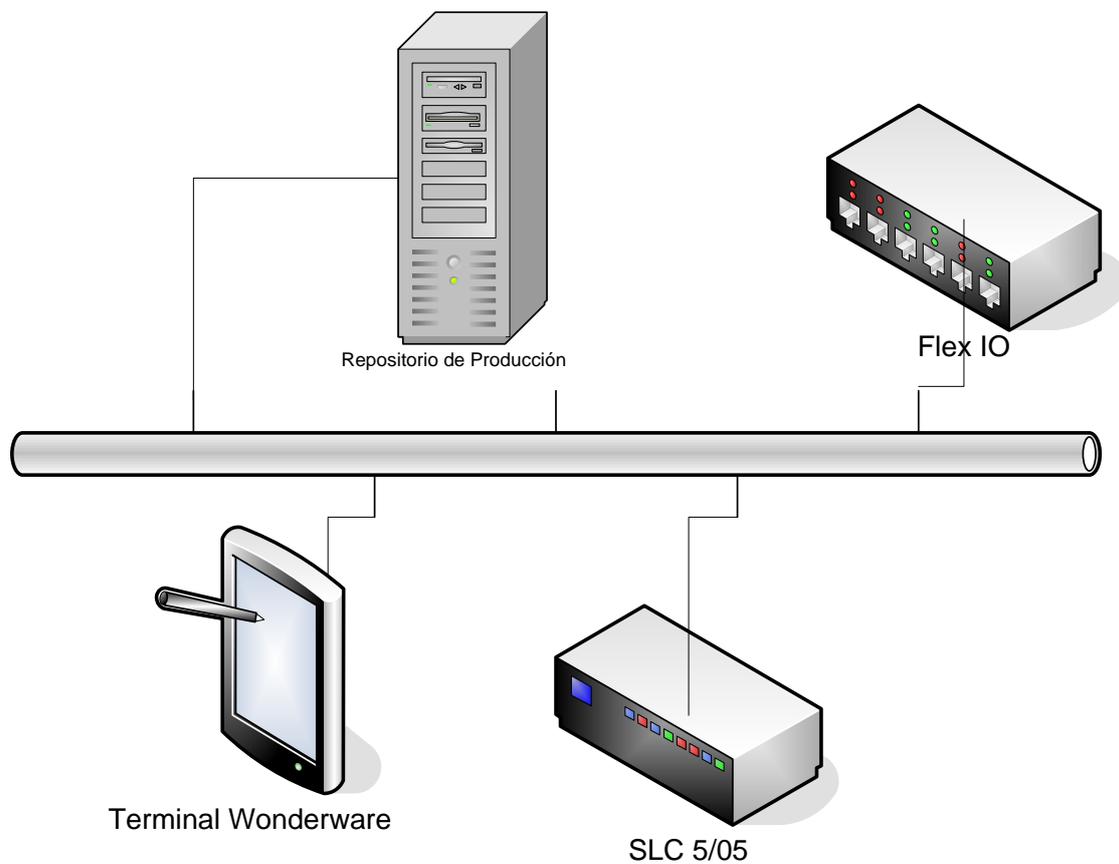


Figura 17. Arquitectura de Hardware

1. Un tablero de control y supervisión:
 - a. El tablero esta compuesto por:
 - i. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE 5/05 Allen Bradley.
 - ii. Terminal de operación wonderware.
 - b. Las principales funcionalidades serán:
 - i. Monitorear y controlar las operaciones que se realizan con la leche en los silos y tanques de área 4.
 - ii. Generar reportes de cantidad de producto trasegado, recibida y nivel de silos y tanques.
 - iii. Generar gráficas de tendencias de variables.
 - iv. Notificar alarmas en el sistema-
 - v. Configurar rutinas de mantenimiento,
2. Servidor

- a. Las principales funcionalidades son:
 - i. Centralización de los datos de producción,
- 3. Tablero de entradas y salidas remotas:
 - a. El tablero esta compuesto por:
 - i. Módulos de Entradas y Salidas Flex I/O.
 - b. Las principales funcionalidades serán:
 - i. Comunicarse con el CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE 5/05 para el monitoreo de señales de confirmación, disparo y arranque de motores.

A continuación se enumeran los silos y tanques a controlar en el sistema:

1. Silo 1
2. Silo 2
3. Silo 3
4. Silo 4
5. Silo 5
6. Silo 6
7. Silo 7 (futuro)
8. Tanque 1.
9. Tanque 2.
10. Tanque 3.
11. Tanque 4 = Crema.
12. Tanque 5 = Cristalización.
13. Tanque 6= Cristalización.
14. Tanque 7.
15. Tanque 8 (Futuro).

Se controlarán:

- a. 16 Agitadores.
- b. 16 Bombas.
- c. 16 Transmisores de Temperatura.
- d. 7 Flujómetros.
- e. 16 Interruptores de nivel alto (futuro).
- f. 8 Interruptores de nivel Bajo (futuro).

g. 4 Válvulas solenoides

A continuación se detallan las señales consideradas para cada una de los equipos detallados anteriormente.

- Agitadores
 - 1 Entrada discreta de confirmación de arranque.
 - 1 Entrada discreta disparo del arranque del agitador.
 - 1 Salida discreta del arranque del agitador.
- Bombas
 - 1 Entrada discreta de confirmación de arranque de la bomba.
 - 1 Entrada discreta del disparo de la bomba.
 - 1 Salida discreta de arranque de la bomba.
- Transmisores de Temperatura.
 - 1 Entrada analógica.
- Transmisores de nivel de nivel alto (futuro)
 - 1 Entrada discreta.
- Transmisores de nivel de nivel bajo (Futuro)
 - 1 Entrada discreta.

Funcionalidades en Software:

El sistema debe de cumplir con los siguientes requerimientos,

1. Posibilidad de registrar el operador de turno.
2. Posibilidad de navegar por la aplicación, entre las diferentes secciones preestablecidas para activar agitadores, bombas, chequear temperaturas y niveles en silos y tanques.
3. Mostrar las alarmas del sistema.
4. Registrar la cantidad de leche trasegada y recibida.
5. Activar / desactivar automáticamente el ciclo de enfriamiento.
6. Generar gráficos de tendencias de las variables.
7. Configurar las rutinas de encendido / apagado de los agitadores.
- 8.

Así los usuarios deben tener la capacidad de registrarse, insertar la clave de acceso, cambiar dicha clave, salir del registro de la aplicación y por último validar el usuario y la contraseña.

Los datos del sistema deben ser registrados en una base de datos; que cuente con la siguiente información, distribuidas en las tablas que la conforman:

1. Usuarios del Proceso.
2. Identificar el proceso.
3. Hora y fecha de inicio y fin del proceso.
4. Alarmas y eventos que se ejecuten entro del proceso.
5. Cantidad de leche trasegada.
6. Operación de agitadores en tiempo y estado.
7. Operación de bombas en tiempo y estado.
8. Valores de flujómetros en el transcurso del proceso.
9. Actividad realizada en los tanques y silos, operación normal o limpieza.
10. Mostrar la sub área de operación del proceso.
11. Inicio y final del turno.

Alarmas del sistema:

El sistema debe de ser capaz de registrar, contabilizar y clasificar las alarmas que se generan en el proceso, a su vez debe permitir reconocer las alarmas que se encuentran activas y llevar un registro histórico de la aparición de las alarmas durante todo el tiempo de operación, para esto

se contará además con una luz sogá, de tres colores indicando la gravedad del evento y una alarma sonora para eventos de emergencia.

El sistema debe por ende el sistema debe contar con un procedimiento que permita enclavar o abortar todos los procesos en caso de un evento muy grave.

Debe de existir por ende subrutinas que identifique las alarmas y de configurar los valores críticos de las alarmas.

Las alarmas a desplegar son las siguientes:

Sistema	Alarma	Tipo de Punto	LoLo	Lo	Hi	HiHi
Silo 1	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	25 °C	
Silo 1	Nivel	Analógico		10000 L	110000 L	
Silo 1	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 1	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 1	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 1	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 2	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Silo 2	Nivel	Analógico		10000 L	110000 L	
Silo 2	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 2	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 2	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 2	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 3	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	7 °C	
Silo 3	Nivel	Analógico		10000 L	180000 L	
Silo 3	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 3	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 3	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 3	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 4	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	7 °C	
Silo 4	Nivel	Analógico		10000 L	180000 L	
Silo 4	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 4	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 4	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 4	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA

Silo 5	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	7 °C	
Silo 5	Nivel	Analógico		10000 L	180000 L	
Silo 5	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 5	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 5	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 5	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 6	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Silo 6	Nivel	Analógico		10000 L	110000 L	
Silo 6	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 6	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 6	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 6	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 7	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Silo 7	Nivel	Analógico		10000 L	110000 L	
Silo 7	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 7	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 7	Interruptor de nivel alto	Discreto	NA	NA	NA	NA
Silo 7	Interruptor de nivel bajo	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 1	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 1	Nivel	Analógico		4000 L	14000 L	
Tanque 1	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 2	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 2	Nivel	Analógico		4000 L	14000 L	
Tanque 2	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 3	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 3	Nivel	Analógico		4000 L	14000 L	
Tanque 3	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 3	Disparo de Bomba 1, 2 y 3	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 4	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 4	Nivel	Analógico				
Tanque 4	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 4	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 5	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 5	Nivel	Analógico		4000 L	14000 L	
Tanque 5	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 6	Temperatura	Analógico				

Tanque 6	Nivel	Analógico				
Tanque 6	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 7	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 7	Nivel	Analógico		4000 L	14000 L	
Tanque 7	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 7	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 8	Temperatura	Analógico	2 °C	3 °C	24 °C	
Tanque 8	Nivel	Analógico		4000 L	14000 L	
Tanque 8	Disparo del Agitador	Discreto	NA	NA	NA	NA
Tanque 8	Disparo de Bomba de Tanque 5, 6 y 8	Discreto	NA	NA	NA	NA
Secado	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA
Recibo Leche	Disparo de Bomba 1	Discreto	NA	NA	NA	NA
Recibo Leche	Disparo de Bomba 2	Discreto	NA	NA	NA	NA
Recibo Antibiótico	Disparo de Bomba	Discreto	NA	NA	NA	NA

Tabla 2. Lista de alarmas del sistema.

El sistema debe en su interna mostrar la distribución de silos y tanques, en forma global e indicar el trasiego que se este realizando a través de los mismos.

Esquematizar el área de la siguiente manera:

Grupo A, que consiste en el estado de leche 1, recibo de leche 2, recibo de suero, recibo de antibióticos.

Grupo B compuesto por el estado de los silos 3, 4, 5 6 y 7, sección de pasteurizado.

Grupo C: Compuesto por silos 1, 2 y e el tanque horizontal número 4 que corresponde al deposito de crema.

Grupo D, compuesto por los tanques 1, 2 y 3, tanques de pasteurización.

Grupo E, compuesto por los tanque 5, 6, 7 y 8, tanques de cristalización.

Grupo F Compuesto por camión, planta y secado, sección de despacho.

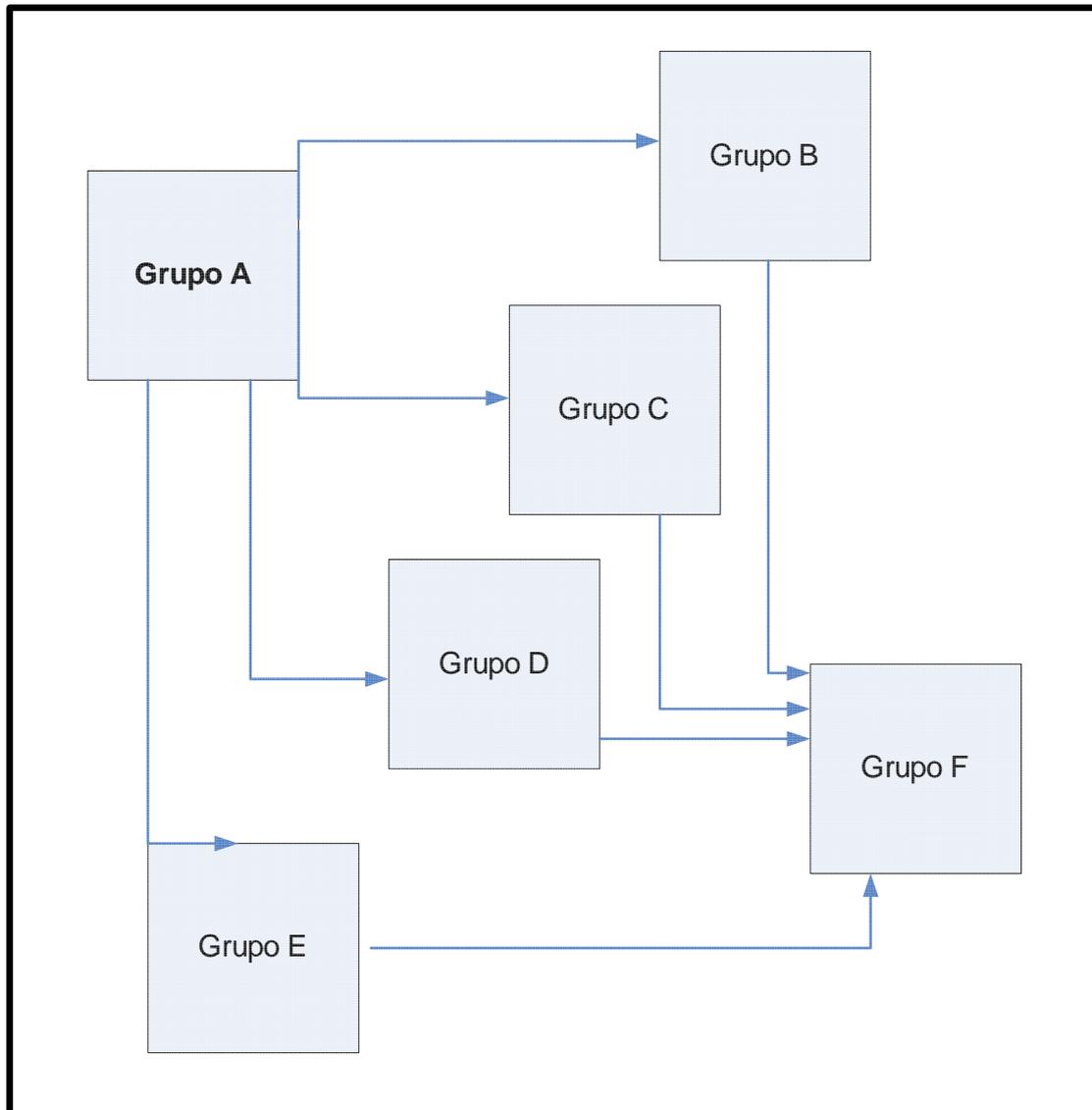


Figura 18. Distribución de grupos de planta de área 4.

En el grupo A, se debe de mostrar el estado de las bombas del recibo de leche y del estado de los flujómetros indicando volumen. A su vez debe de existir una rutina para regresar a cero el valor del conteo de cada flujómetro en forma manual.

Para el grupo B se deben de tener subrutinas encargadas de:

1. Indicar el nivel de cada silo.
2. Registrar la temperatura en cada silo.

3. Indicar cual es el flujo y el caudal del conjunto de silos así como también, poder llevar este valor a cero.
4. Habilitar al usuario para seleccionar el modo de operación del agitador, manual o automático seleccionando tiempos de encendido y apagado.
5. Habilitar al usuario, para encender o apagar las bombas de cada silo.

Para el grupo C, se deben de indicar:

1. Los niveles de los silos 1 y 2 y el nivel del tanque 4, así como la temperatura respectiva a cada uno de ellos.
2. Se debe de habilitar la posibilidad de seleccionar el modo de operación, de los agitadores de los silos 1 y 2 y el tanque 4.
3. Se debe de habilitar la posibilidad de encender y apagar las bombas respectivas de los silos 1 y 2, así como el tanque 4.

Para el grupo D es fundamental:

1. Mostrar el nivel de los tanques 1, 2 y 3, así como la temperatura de los mismos.
2. Habilitar la puesta en funcionamiento, en los modos de manual automático para el agitador.
3. Controlar e indicar, el momento en que se enciende la bomba para el trasiego de leche en esta sección.

Para el grupo E, se debe de mostrar:

1. El nivel de los tanques, guardando a su vez la temperatura de dichos tanques.
2. Registra el nivel del tanque 7 y la temperatura de operación del mismo.
3. Crear una rutina, que permita seleccionar el modo y operación de los agitadores de estos cuatro tanques.
4. Crear también otra subrutina que permita encender o apagar la bomba del tanque 7 o la bomba de los tanques 5, 6 y 8.

Para el grupo F se debe registrar:

1. El flujo y el caudal de leche que se registran hacia el camión, así como la posibilidad de poner el indicador en cero.
2. Mostrar el flujo y el caudal de leche que se ingresan a la planta de secado y llevar este conteo o registro a cero en forma manual.

3. Se debe proveer al sistema de una subrutina que permita, encender o apagar la bomba hacia la planta de secado.

El sistema debe de proveer una subrutina que permita mandar a imprimir la operación o el evento que se esté llevando acabo.

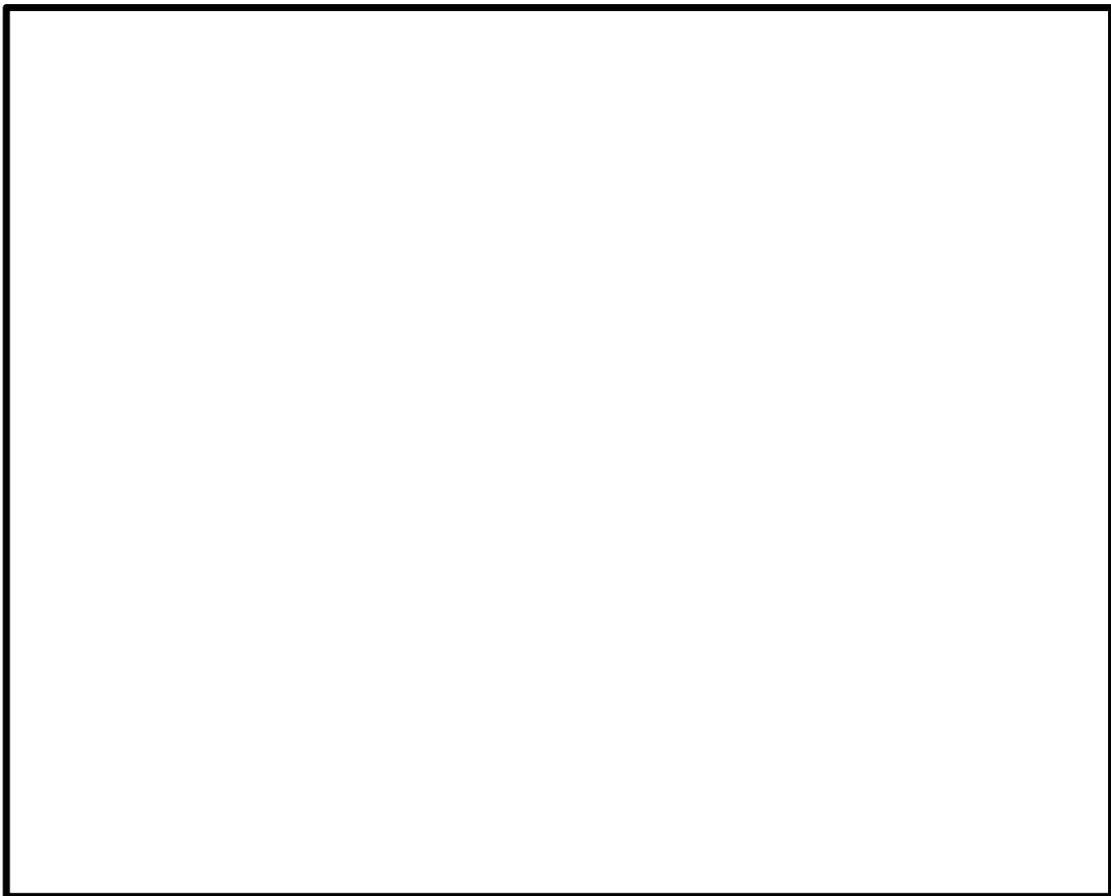


Figura 19. Distribución de Base de Datos en área 4.

Bases de Datos:

El sistema debe de contar con una base de datos capaz de almacenar, los siguientes datos:

1. Tiempos de operación, en datos de fecha y hora.
2. Cantidades de leche trasegada.
3. Agitadores y bombas activas en el proceso.
4. Identificación de operadores y jornadas de trabajo.

La base de datos se estructura tal como se muestra en la figura 2.

Operación de los Agitadores:

Existen en área 4 para cada silo y tanque un agitador que se encarga de recircular la leche en los contenedores para evitar que esta se dañe, al asentarse el sólido que la compone.

En la activación del agitador de forma automática, previamente existirá una rutina de encendido y apagado que se define indicando al controlador el tiempo en que el agitador se encuentre encendido y el tiempo en el que el mismo permanecerá apagado y esta secuencia se repetirá mientras se presente la activación del estado automático.

Ahora bien el encendido de los agitadores se puede realizar de forma manual o de forma automática. El encendido de forma manual se realiza mediante la activación del motor del agitador por parte del operador a cargo presionando un botón de encendido y apagado; al presionar encendido se ejecutará la rutina y al presionar apagado se detendrá el agitador.

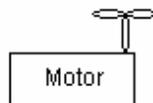


Figura 20. Agitador encendido apagado.

Operación de las bombas:

En Área 4 existen bombas para cada silo que permite el trasiego de leche hacia otros puntos de la planta, existen dos bombas encargadas de trasladar la leche de los tanques, además existen 2 bombas en la sección de recibo y por último 2 bombas de despacho para trasladar la leche fuera de la planta de área 4.

El encendido y apagado de las bombas se realizará de forma manual mediante la activación del operador por medio de un botón de encendido apagado.

El controlador deberá realizar este proceso de apagado y encendido.

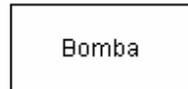


Figura 21. Bomba para el trasiego de leche.

Operación de los serpentines:

En los silos 3, 4 y 5 se mantiene la leche que será enviada a otras plantas por medio de camiones por lo que se hace necesario mantener la temperatura controlada de esta leche por medio del sistema de enfriamiento.

EL sistema de enfriamiento consiste en un serpentín que envuelve bajo la chaqueta al tanque y por el cual pasa amoníaco que permite transferir una temperatura más baja al contenedor. El paso de amoníaco está controlado por una válvula de paso que es activada por el contenedor por medio de un solenoide; dicho solenoide será controlado por medio del controlador y un lazo de control implementado en el mismo.

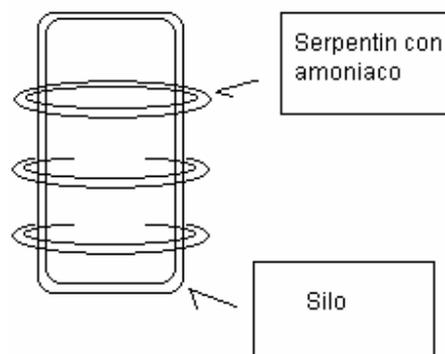


Figura 22. Enfriamiento del silo por medio de amoníaco.

Funcionamiento de los horímetros:

Todos los agitadores y bombas cuentan con un contador de horas de uso que indica a los operarios que dan mantenimiento al sistema cuantas horas reales de operación tiene cada equipo además de permitir regresar este conteo a cero. Esto es de suma importancia en el mantenimiento ya que después de cierto periodo de tiempo siempre es conveniente realizar ajustes y cambios al equipo para prevenir su deterioro o daño en la operación.

Funcionamiento de los flujómetros:

Existen 7 flujómetros que son los encargados de contabilizar la cantidad de liquido total que se trasiega en determinados puntos de la planta de área 4, estos flujómetros cuentan con una salida discreta que hace varia un pulso cada 10 litros de leche que se inserta al controlador como una entrada para poder tener en forma precisa un monitoreo de la cantidad de leche que se esta trasegando.

Conocer la cantidad de leche de esta manera permitirá estimar mejor cuantitativamente el rendimiento del producto considerando la cantidad de leche que ingresa y sale de la planta.

B Datos de placas de Motores

Específicamente las protecciones de los motores se calcularon con los siguientes datos de placa:

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL04-BOM01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	BALDOR	
N° SERIE	N/A SPEC: 37J639Y384H1 CAT. N°: CSSWDM3711T	
FRAME	215TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	23.8 A	
POTENCIA	10 HP	
VELOCIDAD	3450 RPM	
ROLES	A: 6307	B:6206
FASES	Trifásico	

Tabla 3. Datos de placa de bomba de Silo 4.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL04-AGT01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	N/A	
N° SERIE	P66H1440S-ST	
FRAME	FC 56C	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	5.6 A	
POTENCIA	1,5 HP	
VELOCIDAD	1725 RPM	
ROLES	A:6205 C3	B:6203
FASES	Trifásico	

Tabla 4. Datos de placa de Agitador de Silo 4.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL03-BOM01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	Baldor	
N° SERIE	N/A SPEC: 37J639Y384H1 CAT. N°: CSSWDM3711T	
FRAME	215TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	23.8 A	
POTENCIA	10 HP	
VELOCIDAD	3450 RPM	
ROLES	A:6307	B:6206
FASES	Trifásico	

Tabla 5. Datos de placa de bomba de silo 3.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL03-AGT01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	LINCOLN	
N° SERIE	293769	
FRAME	182TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	8.4 A	
POTENCIA	3 HP	
VELOCIDAD	1750 RPM	
ROLES	A:6207 2Z	B:6205 2Z
FASES	Trifásico	

Tabla 6. Datos de placa de agitador de silo 1.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL02-AGT01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	RELIANCE ELECTRIC	
N° SERIE	B78Y4274M-RS	
FRAME	FD 145P	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	6.4 A	
POTENCIA	2 HP	
VELOCIDAD	1725 RPM	
ROLES	A:Reductor	B:6203 2Z C3
FASES	Trifásico	

Tabla 7. Datos de placa de agitador de silo 1.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL02-AGT01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	SITI	
N° SERIE	0511-31 464	TYPE:FC100L1 - 4 B5
FRAME	FC 100L1 - 4 B5	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	8.42 A	
POTENCIA	3 HP / 2,2 KW	
VELOCIDAD	1420 RPM	
ROLES	N/A	
FASES	Trifásico	

Tabla 8. Datos de placa de Agitador de silo 2.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL01-BOM01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	RELIANCE ELECTRIC	
N° SERIE	17GP213802 C4 RT	MODELO: P21G3802A
FRAME	EA 213TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	20.4 A	
POTENCIA	7.5 HP	
VELOCIDAD	3505 RPM	
ROLES	A:6207	B:6206
FASES	Trifásico	

Tabla 9. Datos de placa de bomba de silo 1.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL01-AGT01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	N/A	
N° SERIE	DFT100LS4-KS	
FRAME		
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT	
TENSIÓN	230 V	
CORRIENTE	8.6 A	
POTENCIA	N/A	
VELOCIDAD	1700 RPM	
ROLES	N/A	
FASES	Trifásico	

Tabla 10. Datos de placa de agitador de silo 1.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL05-BOM01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	N/A	
N° SERIE	N/A SPEC: 37J639Y216H1 CAT. N°: CSSWDM3709T	
FRAME	213TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	17.8 A	
POTENCIA	7,5 HP	
VELOCIDAD	3525 RPM	
ROLES	A:6307	B:6206
FASES	Trifásico	

Tabla 11. Datos de placa de bomba de silo 5.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL05-AGT01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	RELIANCE ELECTRIC	
N° SERIE	P56H1440S-SS	
FRAME	FC 56C	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	5.6 A	
POTENCIA	5 HP	
VELOCIDAD	1725 RPM	
ROLES	A:6205 C3	B:6203
FASES	Trifásico	

Tabla 12. Datos de placa de agitador de silo 5.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL06-BOM01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	RELIANCE ELECTRIC	
N° SERIE	P21S3068-CE	
FRAME	213TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	18.4 A	
POTENCIA	7,5 HP	
VELOCIDAD	3500 RPM	
ROLES	N/A	
FASES	Trifásico	

Tabla 13. Datos de placa de Bomba de Silo 6.

DATOS DEL MOTOR		
UBICACIÓN	ÁREA	CCM
P702-SIL06-BOM01	4	Unitrol
Especificaciones del motor		
MARCA	Baldor	
N° SERIE	F0801074390 SPEC: 37J639Y384H1 CAT. N°: CSSWDM3711T	
FRAME	215TC	
MODO DE OPERACIÓN	40° C AMB CONT.	
TENSION	230 V	
CORRIENTE	23.8 A	
POTENCIA	10 HP	
VELOCIDAD	3450 RPM	
ROLES	A:6307	B:6206
FASES	N/A	

Tabla 14. Datos de placa de Bomba de silo 6.

C Diagramas Eléctricos

Diagrama de conexión de equipos de tablero principal

En este diagrama se muestra la interconexión de los equipos alimentados por 120 V rms en general:

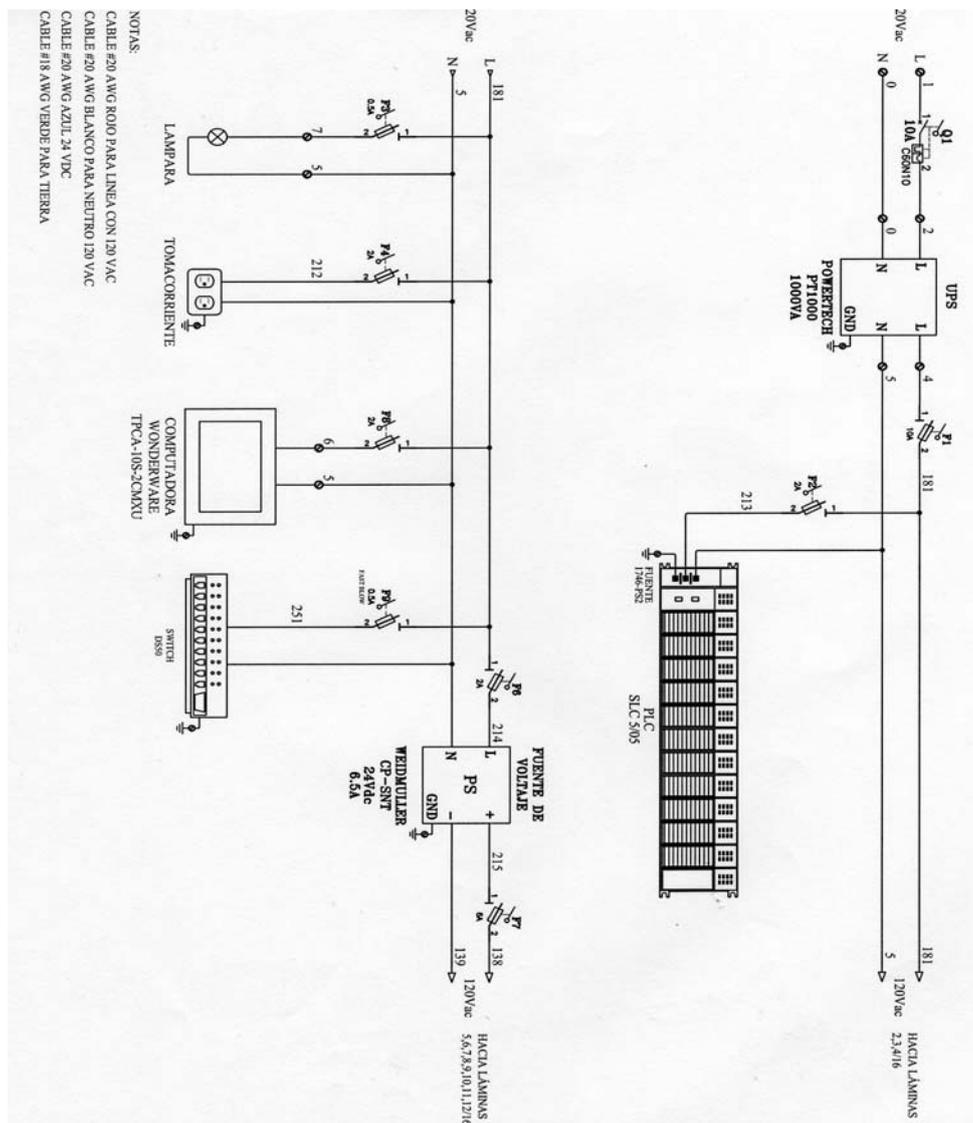


Figura 23. Interconexión de equipos de tablero principal.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

Diagramas de conexión de módulos de entradas discretas a 120 V rms

Se muestra en estos diagramas como se realizó la interconexión de los módulos de entradas discretas a 120 V rms.

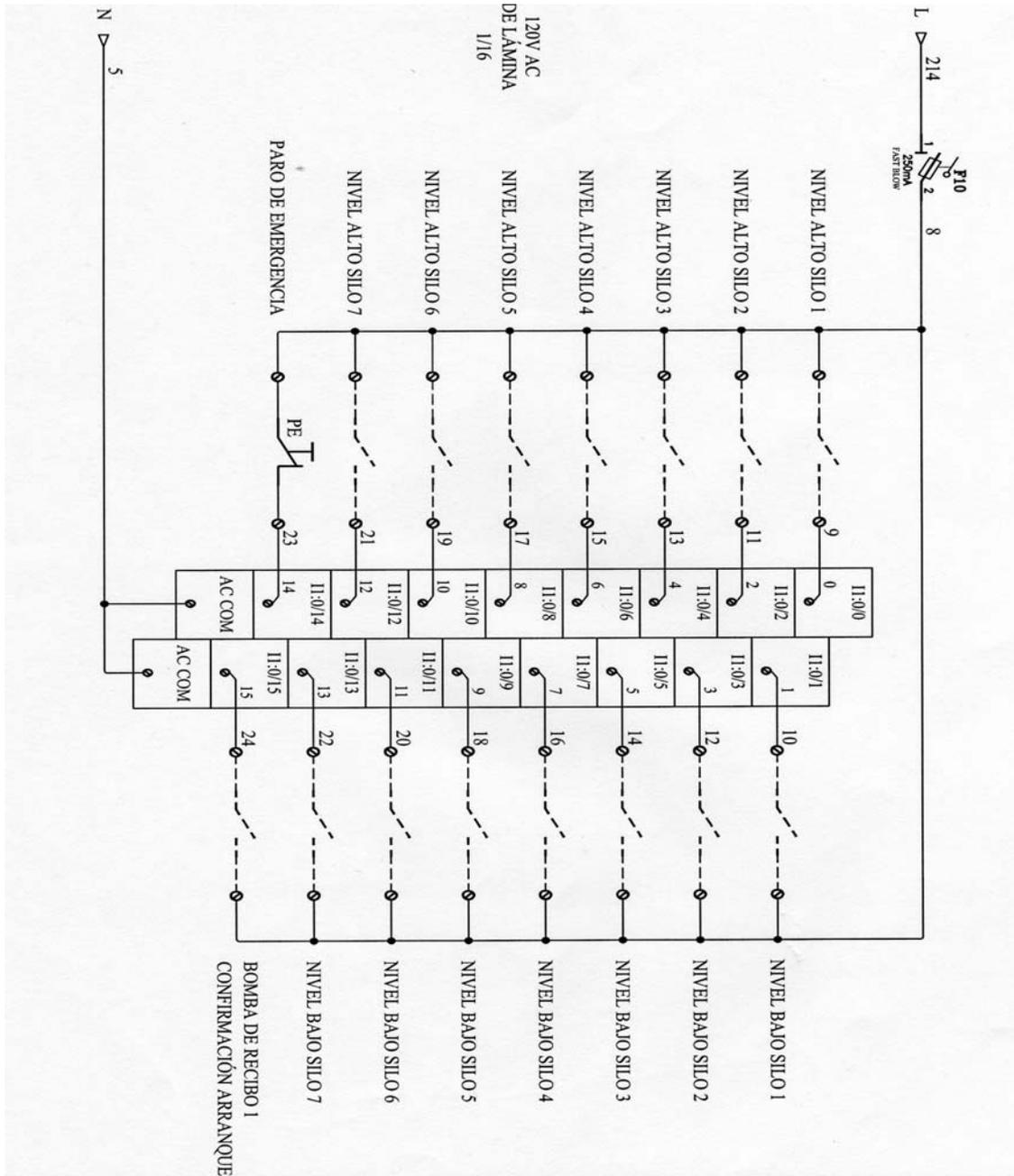


Figura 24. Diagrama de conexión del módulo 1 de entradas discretas a 120 V rms.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

Diagrama de conexión de módulo de entradas de 24 V DC:

Se muestra en estos diagramas como se realizó la interconexión de los módulos de entradas discretas a 24 V DC.

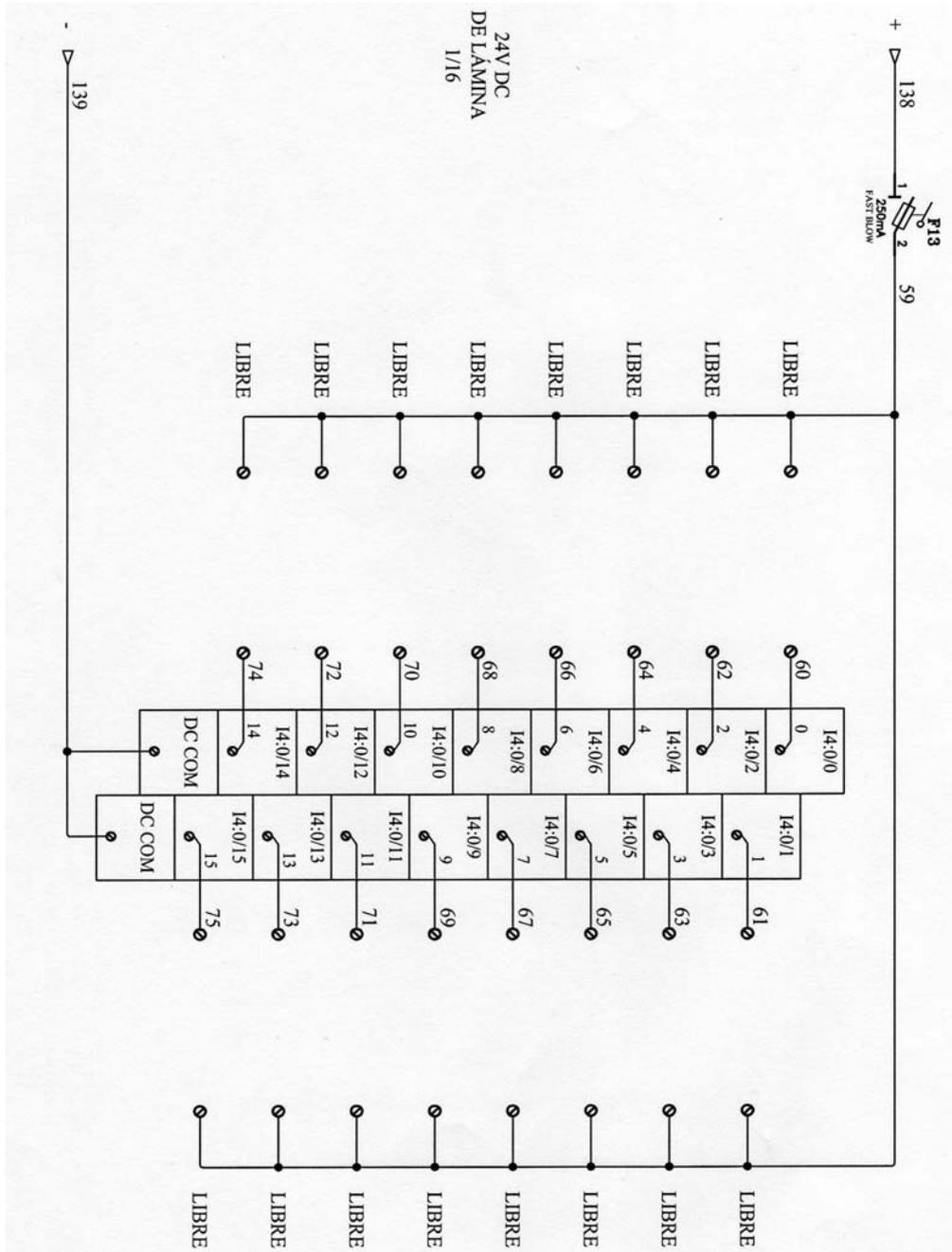


Figura 26. Diagrama de conexión de entradas a 24 V DC.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

Diagrama de conexión para salidas a relé de 24 V DC

Se muestra en estos diagramas como se realizó la interconexión de los módulos de salidas discretas a 24 V DC.

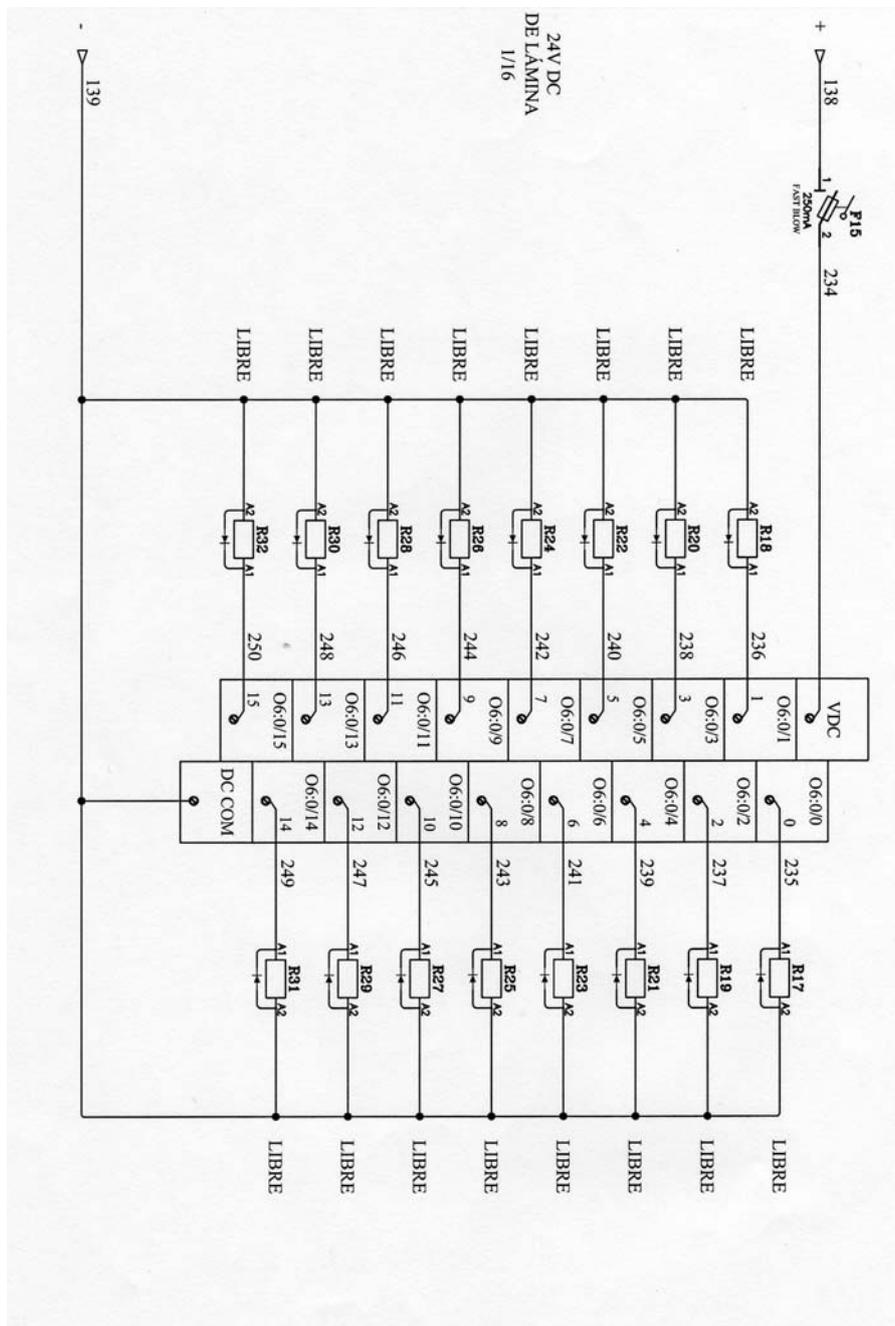


Figura 27. Diagrama de conexión de salidas de 24 V DC.
 [Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

Diagrama de conexión para entradas analógicas.

Se muestra en estos diagramas como se realizó la interconexión de los módulos de entradas analógicas los cuales fueron configurados para recibir una señal de 4 a 20 mA.

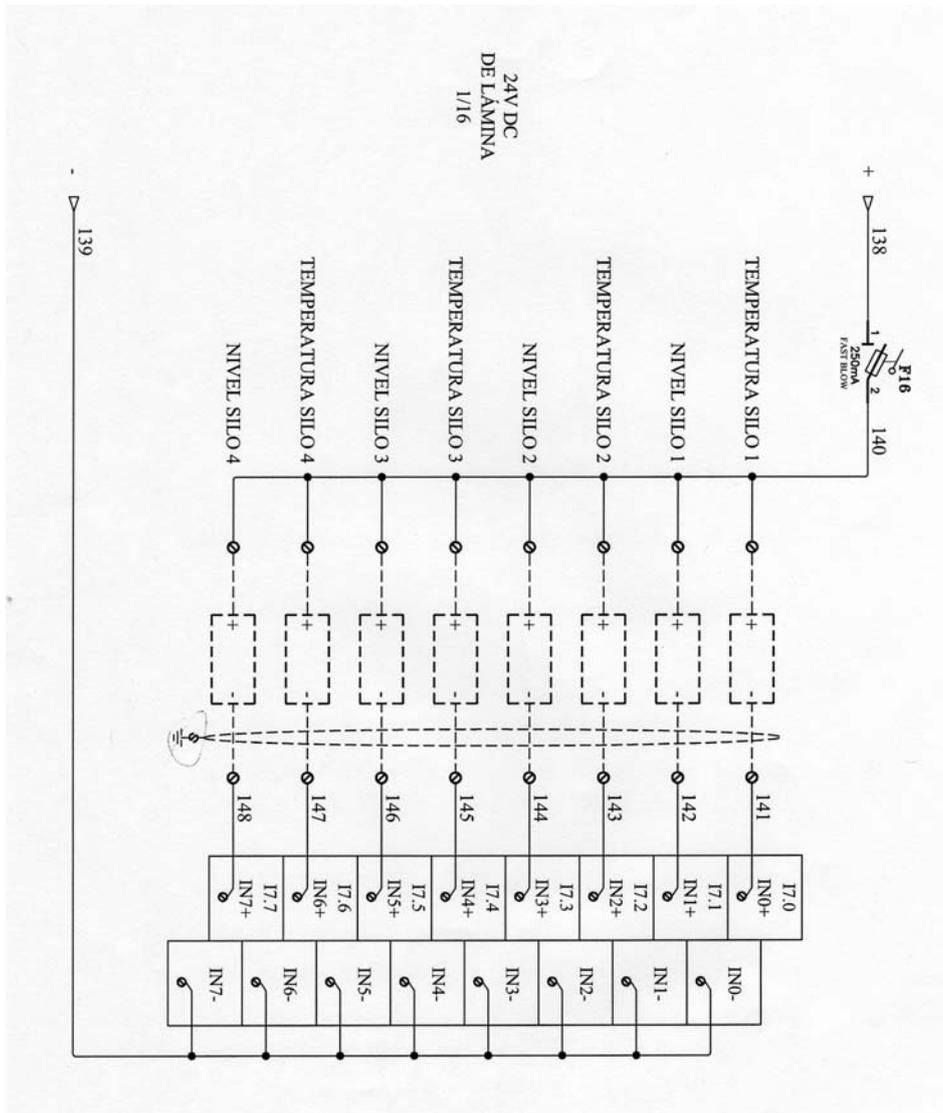


Figura 28. Diagrama de conexión de módulos de entradas analógicas.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

Diagrama de conexión para scanner de módulo DeviceNET

Se muestra en estos diagramas como se realizó la interconexión del scanner del módulo DeviceNET, de acuerdo a las indicaciones del fabricante.

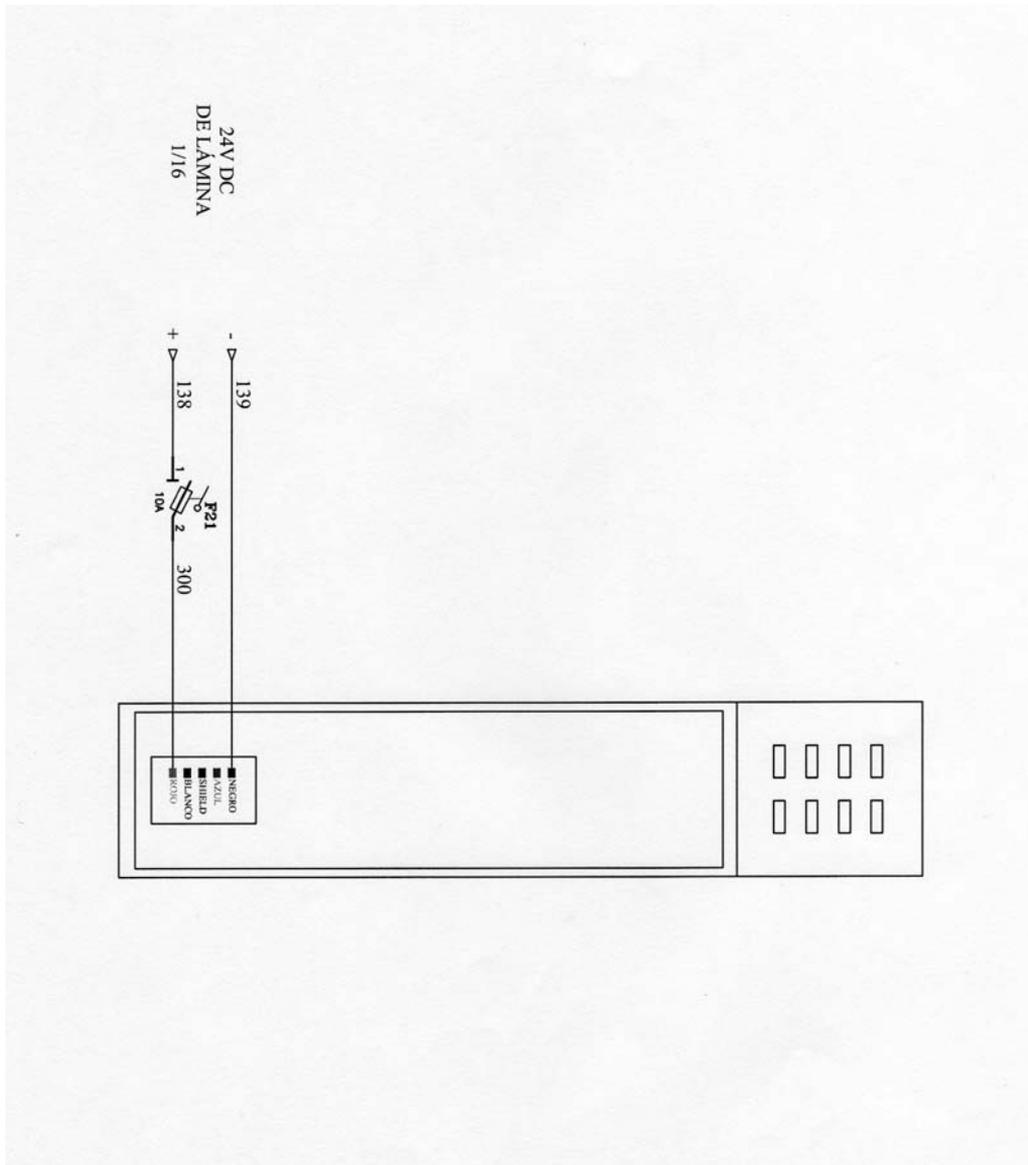


Figura 29. Diagrama de conexión de módulo scanner DeviceNET.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

Distribución de equipo dentro del tablero de control

Se muestra a continuación la conexión de comunicaciones dentro del tablero de control principal, así como una vista del tablero control.

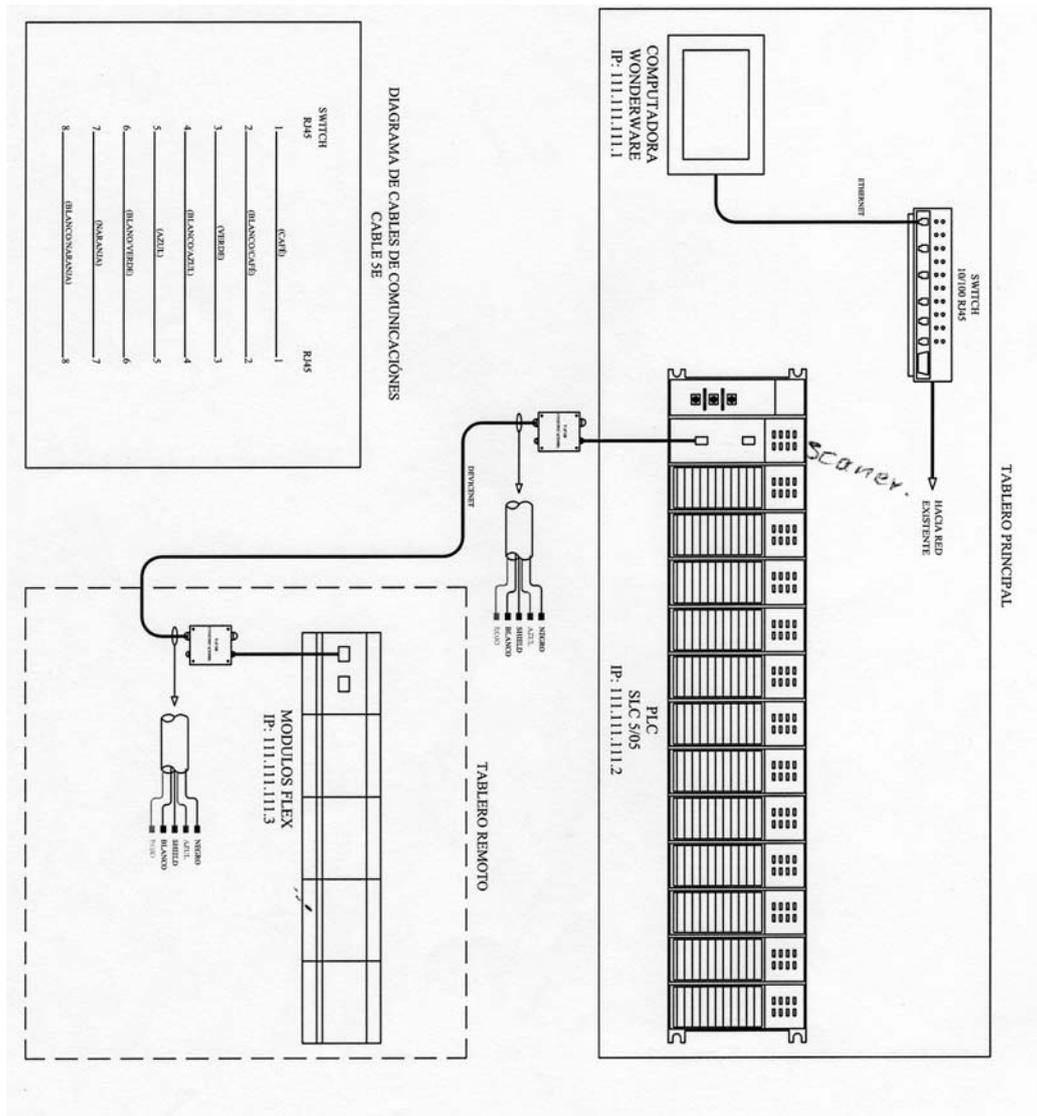


Figura 30. Conexión de las redes Device Net y ethernet.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

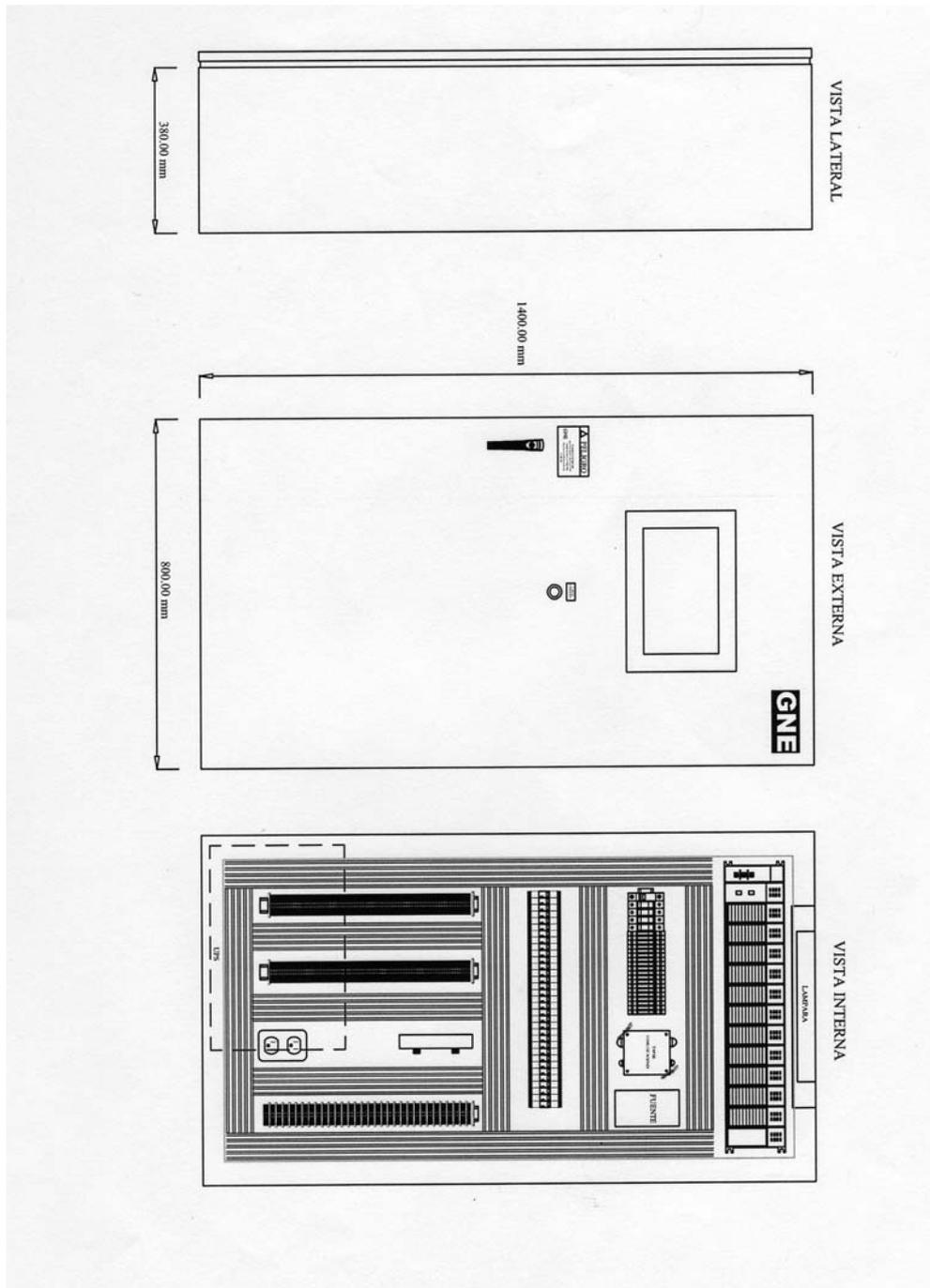


Figura 31. Distribución del equipo dentro del tablero de control.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Autocad 2005, 2008]

D Interfaz de Área 4

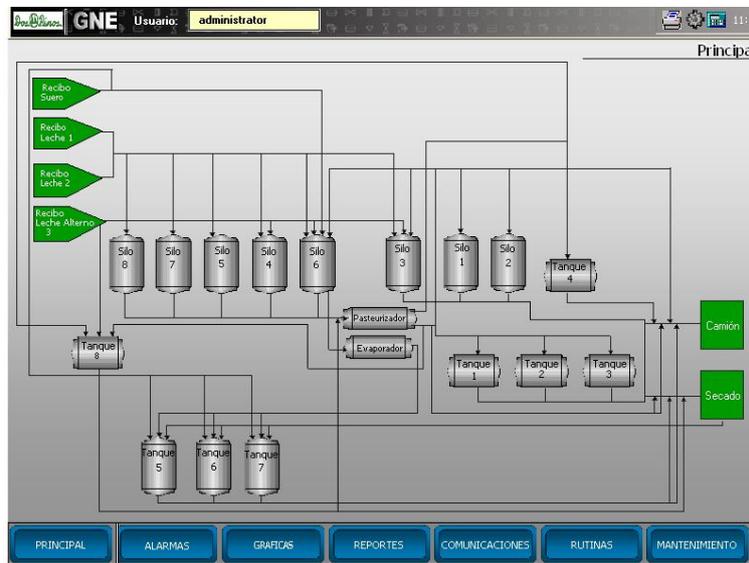


Figura 32. Interfaz vista general de la planta.
[Tomado Interfaz Área 4 Dos Pinos, 2008].

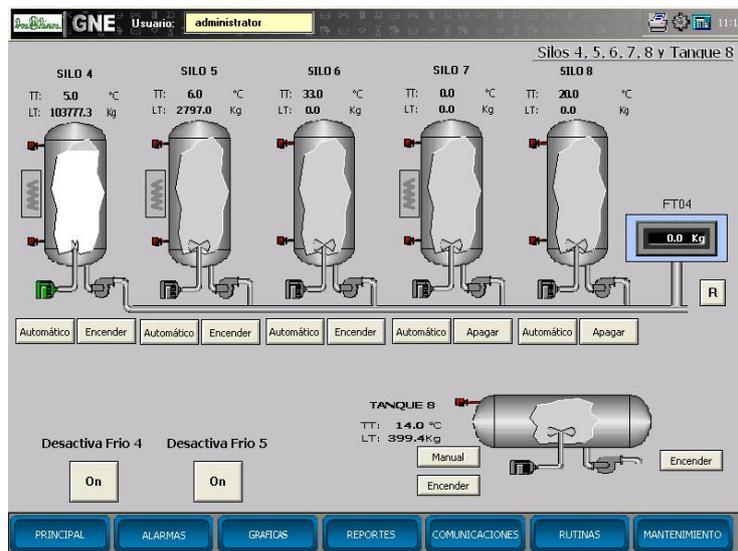


Figura 33. Silos 4, 5, 6, 7 y 8 y tanque 8.
[Tomado Interfaz Área 4 Dos Pinos, 2008].

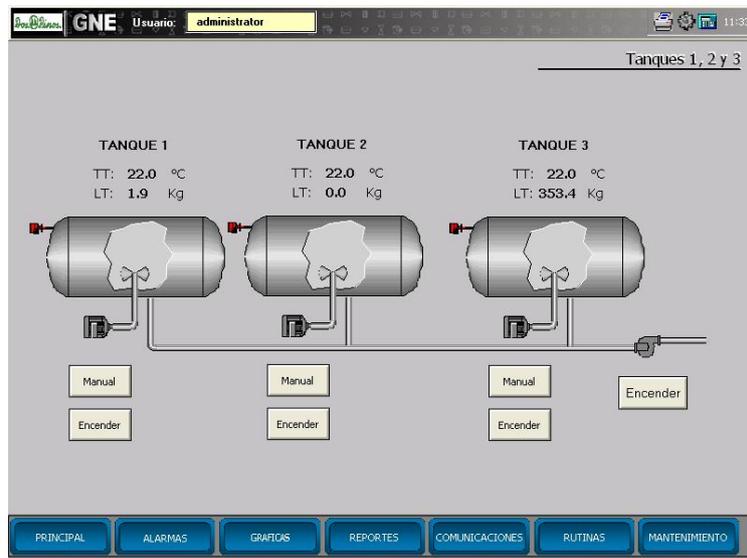


Figura 34. Interfaz de Tanques 1, 2, 3.
[Tomado Interfaz Área 4 Dos Pinos, 2008].

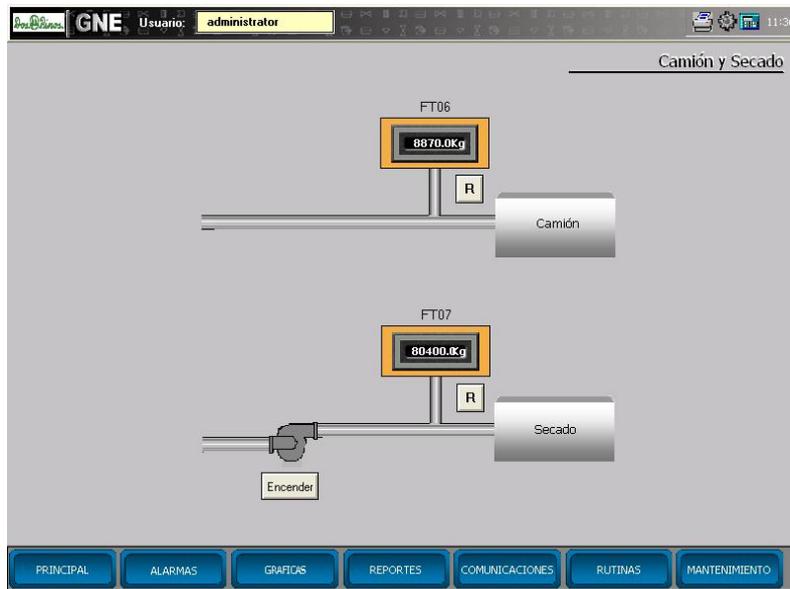


Figura 35. Interfaz de Fluómetros.
[Tomado Interfaz Área 4 Dos Pinos, 2008].

E. Construcción de tableros de control

Cálculo de protecciones eléctricas

Para el cálculo de las protecciones eléctricas, se consideraron los valores de consumo suministrados por los proveedores por medio de las hojas de datos, además de que se consideró un 25 % para la protección los equipos que conforman el tablero de control, esto de acuerdo con las reglas de IEC 269 y 898.

Para dimensionar se utilizó, una tabla en que se enumeran los equipos que conforman el tablero, su consumo y su protección.

Para los equipos de 120 V rms, se calcularon los siguientes valores de protecciones eléctricas.

	Componente	Consumo Unitario [A]	Protección [A]
1	Lámpara	0.375	0.5
2	Tomacorriente	1.5	2
3	Computadora Industrial	1.5	2
4	Interruptor	0.375	0.5
5	Fuente de 24 V DC, para equipo de corriente directa.	1.5	2
6	Fuente de Controlador Lógico programable.	1.5	2
7	Módulo de entradas discretas IA16	0.175	0.250
8	Módulo de entradas discretas IA16	0.175	0.250
9	Módulo de entradas discretas IA16	0.175	0.250
10	Módulo de entradas discretas IA16	0.175	0.250
11	Sumatoria de Corriente		9
12	Protección general, fusible		10
13	Disyuntor		10

Tabla 15. Cálculo de protecciones para equipos de 120 V rms en tablero principal.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Excel datos calculados, 2008]

Para los equipos a 24 V DC, se calcularon los siguientes valores de protecciones eléctricas.

	Componente	Consumo Unitario [A]	Protección [A]
1	1 Módulo 1746-IB16	0.375	0.5
2	1 Módulo 1746-OB16	0.175	0.250
3	1 Módulo 1746-OB16	0.175	0.250
4	1 Módulo 1746-NI8	0.175	0.250
5	1 Módulo 1746-NI8	0.175	0.250
6	1 Módulo 1746-NI8	0.175	0.250
7	1 Módulo 1746-NI8	0.175	0.250
8	1 Módulo 1746-NI4	0.175	0.250
9	Protección de relés	1.5	2
10	Sumatoria de Corriente Total		4.5
11	Fusible de protección general		6

Tabla 16. Cálculo de protecciones para equipos de 24 V DC, en tablero principal.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Excel datos calculados, 2008]

Con los valores de las tablas Tabla 15 y Tabla 16, se diseñaron, las distribuciones eléctricas que se muestran en el apéndice C.

Tablero de control de entradas y salidas remotas

En vista de que las activaciones de potencia, están bastante alejadas del tablero principal se decidió utilizar un tablero de entradas y salidas remotas, con el fin de ejecutar el encendido y apagado de los agitadores y bombas.

Es importante indicar que la comunicación para el sistema se realiza por medio de la red Device Net.

El cálculo de las protecciones eléctricas se basó en los siguientes cálculos:

Para los elementos alimentados con 120 V rms.

	Componente	Consumo Unitario [A]	Protección [A]
1	Módulo 1794-IA16.	0.150	0.250
2	Módulo 1794-IA16.	0.150	0.250
3	Módulo 1794-IA16.	0.150	0.250
4	Módulo 1794-IA16.	0.150	0.250
5	Módulo 1794-OB16.	0.150	0.250
6	Módulo 1794-OB16.	0.150	0.250
	Fuente de voltaje 1794-PS3	3 ^a	3
7	Corriente total		5
8	Protección, disyuntor		6

Tabla 17. Cálculo de protecciones para equipos de 120 V rms en tablero de entradas y salidas remotas.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Excel Datos Calculados, 2008]

	Componentes	Consumo Unitario [A]	Protección [A]
1	Módulo adaptador flex 3 1794-AENT		4
2	Corriente Total		4
3	Protección, fusible.		4

Tabla 18. Cálculo de protección para equipo de 24 V DC en tablero de entradas y salidas remotas.

[Tomado de Léster Valenzuela C, Microsoft Excel Datos Calculados, 2008]