

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA HMI FAULT
TOLERANCE PARA OPERACIÓN DE CALDERAS
DE GRAN PRESIÓN EN PLANTA IANSA ÑUBLE**

Trabajo de Titulación para optar al
título de Técnico Universitario en
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Alumno:
Esteban Alejandro Catril Oñate

Profesor Guía:
Ing. Iván Acencio Barrientos

Profesional Correferente:
Ing. Luis Olave Lazo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios y a mi familia, a mis padres Alejandro Catril y Priscila Oñate por sus grandes esfuerzos y apoyo incondicional, a mi esposa Nataly por su amor y compañía en este proceso, mi hijo Esteban, un motivo más para poder finalizar esta etapa, a mis hermanos Jennifer y Alejandro Catril, y todos aquellos seres queridos, algunos que ya han partido, y que de alguna manera han aportado con su granito de arena para ver finalizado este satisfactorio camino por convertirme en un profesional.

RESUMEN

En la planta IANSA Ñuble existe un sistema de control distribuido que administra la supervisión y el control automático de los procesos y equipos por secciones de la fábrica. En la sección de calderas se encuentra la estación de trabajo de los operadores, con la cual se supervisa el funcionamiento de sus equipos. La información que se recibe y se envía desde esta estación de trabajo, es procesada por tres redes funcionando en distintos niveles de aplicación pero cumpliendo el mismo fin de procesar la información.

Al transferir la información a través de estas redes, debe recorrer largos tramos hasta llegar al servidor HMI para así interactuar con sus equipos, cabe destacar que esta información viene o llega desde la red de campo, pasa por la red de supervisión hasta llegar a la red de supervideo donde se encuentra la estación de trabajo, y viceversa. Lo cual es un problema si se quiere dar robustez a la supervisión de las calderas.

Esto se debe a la posibilidad de la no disponibilidad de los equipos y redes involucrados con el proceso de la información de calderas ya que los sistemas no son infalibles.

La incorporación de un panel de supervisión familiarizado con el controlador programable de calderas viene a dar una solución para la robustez de sus sistemas.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA..... 2

1.2. OBJETIVOS 4

 1.2.1. Objetivo general 4

 1.2.2. Objetivos específicos 4

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO 5

2. MARCO TEÓRICO 5

2.1. EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA 5

2.2. INTRODUCCIÓN AL CONTROL DISTRIBUIDO 7

2.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE..... 9

 2.3.1. Partes de un PLC 10

 2.3.2. Módulos remotos de entrada y salida..... 11

2.4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN 14

 2.4.1. DeviceNet..... 14

 2.4.2. ControlNet..... 14

 2.4.3. Protocolo DH485 para módulos RIO 15

2.5. ETHERNET INDUSTRIAL..... 15

 2.5.1. Introducción a Ethernet 15

 2.5.2. Conectores y cableado..... 16

 2.5.3. Operación determinística v/s estocástica 17

 2.5.4. Tamaño y sobrecarga de la trama Ethernet 17

2.6. SISTEMA DE CONTROL MÁQUINA DISTRIBUIDA..... 18

 2.6.1. Jerarquía de las comunicaciones 19

2.7. WINDOW CE 19

2.8. DEFINICIONES.....20

3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....27

3.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL AZÚCAR.....27

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....33

3.3. SISTEMA DE SUPERVISIÓN ACTUAL 34

3.4. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LAS CALDERAS 37

3.5. LISTADO DE VARIABLES CRÍTICAS 39

3.5.1. Listado de válvulas de regulación 39

3.5.2. Listado de motores 40

3.5.3. Listado de transmisores 42

3.6. PUNTO DE CONEXIÓN A LA RED.....44

3.6.1. Disponibilidad de conexión.....44

3.6.2. Distancia a estación de trabajo 46

3.6.3. Red más favorable 46

3.7. LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES.....46

3.8. CONFIGURACIÓN DE PANTALLA HMI 47

3.8.1. Pantallas de Proceso 47

3.8.2. Colores 47

3.8.3. Gráficos 47

3.8.4. Indicaciones de Variables de Proceso 48

3.8.5. Indicaciones de Controladores de Lazo 48

3.9. CREACIÓN DE PROYECTO EN FACTORY TALK VIEW MACHINE EDITION (ME).....48

CONCLUSION.....55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 esquema uso de vapor.....2

Figura 1-2 Esquema de redes de comunicación IANSA.....3

Figura 2-1 Relé electromagnético en un catálogo alemán de 1903 6

Figura 2-2 Sistema control distribuido.....9

Figura 2-3 PLC serie SLC500 de Allen Bradley 11

Figura 2-4 Módulos remotos Allen Bradley 11

Figura 2-5 Modulo E/S DHRIO..... 12

Figura 2-6 Módulo EX600 fabricante SMC..... 13

Figura 2-7 Switch Ethernet STRATIX8000 13

Figura 2-8 Jerarquía de las comunicaciones 19

Figura 3-1 Diagrama de proceso de extracción.....29

Figura 3.3-1 Rack de virtualización (Cluster).....35

Figura 3.3-2 Esquema de mando de operación 36

Figura 3.3-3 WYSE ThinkClient 37

Figura 3.3-4 Tablero de PLC sala de calderas 45

Figura 3.3-5 Switch STRATIX8000 red de supervisión.....45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.3-1 Tabla variables criticas Caldera 1.....39

Tabla 3.3-2 Tabla variables criticas Caldera 2.....40

Tabla 3.3-3 Tabla listado de motores caldera 1 40

Tabla 3.3-4 Tabla listado de motores caldera 2 41

Tabla 3.3-5 Tabla listado de bombas y cintas 41

Tabla 3.3-6 Tabla de transmisores caldera 1.....42

Tabla 3.3-7 Tabla de transmisores caldera 2.....43

Tabla 3.3-8 Tabla de transmisores de estanques de agua de alimentación 44

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

SIGLA

HMI	:	Human Machine Interfaz
CORFO	:	Corporación de Fomento de la Producción
IANSA	:	Industria Azucarera Nacional Sociedad Anónima
USD	:	Dólar americano
DIN	:	Deutsche Industrie Norm (Alemania)
\$	:	Peso Chileno
%	:	Porcentaje

SIMBOLOGÍA

BAR	:	Unidad de medida de presión sistema internacional
mm.c.a	:	Milímetros columna de agua
°C	:	Grados Celsius
T/H	:	Caudal de flujo másico en Toneladas/Hora
T/C	:	Termocupla

CAPITULO 1: **GENERALIDADES**

1. INTRODUCCIÓN

IANSA S.A. es una empresa del rubro alimenticio que se destaca por su trayectoria en la producción de azúcar de remolacha desde el año 1953 donde nace la Compañía Industria Azucarera Nacional S.A., IANSA, formada por CORFO. Es en la ciudad de los ángeles donde se instala la primera fábrica azucarera del estado, la cual serviría para potenciar al país aportando trabajo y desarrollo a las zonas de bajo crecimiento y a la misma vez fomentar el mundo agrícola.

En su labor incesante, más tarde, el estado de Chile promueve la creación de nuevas plantas, las cuales se ubicarían en las ciudades de Linares, Curicó, La Unión, Llanquihue y Chillán cumpliendo una vez más con el desarrollo de las zonas donde se ubicarían.

Ya por estos tiempos solo quedan en operación tres plantas azucareras, Los Ángeles, Linares y Chillán siendo esta última, Chillán, la de mayor capacidad de producción y la que trabaja por más meses en el año. Esta planta produce azúcar en dos periodos de operación. La campaña de remolacha, que se extiende por 5 meses desde mediados de Abril hasta mediados de Septiembre y la campaña de refinación, donde se procesa azúcar cruda de caña y que se extiende por 4 meses, desde noviembre hasta febrero aportando más producción al mercado nacional del azúcar.

En la búsqueda de la máxima calidad y rendimiento se ha invertido en equipamiento y automatización de los procesos asociados a la producción del azúcar y de todos los procesos necesarios para obtención de este dulce producto final.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Para la elaboración del azúcar es necesario contar con la energía térmica que concentra el jugo obtenido que viene de los procesos de extracción y purificación. Esta energía se genera en una planta termoeléctrica de la fábrica donde existen dos calderas acuotubulares que entregan vapor a una temperatura de 450 ° Celsius y presión nominal de 45 Bar. Asimismo este vapor generado en primera instancia alimenta la central eléctrica y sus tres turbinas que abastecen de energía a todo el complejo. Luego el vapor de baja presión, es utilizado por la fábrica para aprovechar la energía térmica sobrante.

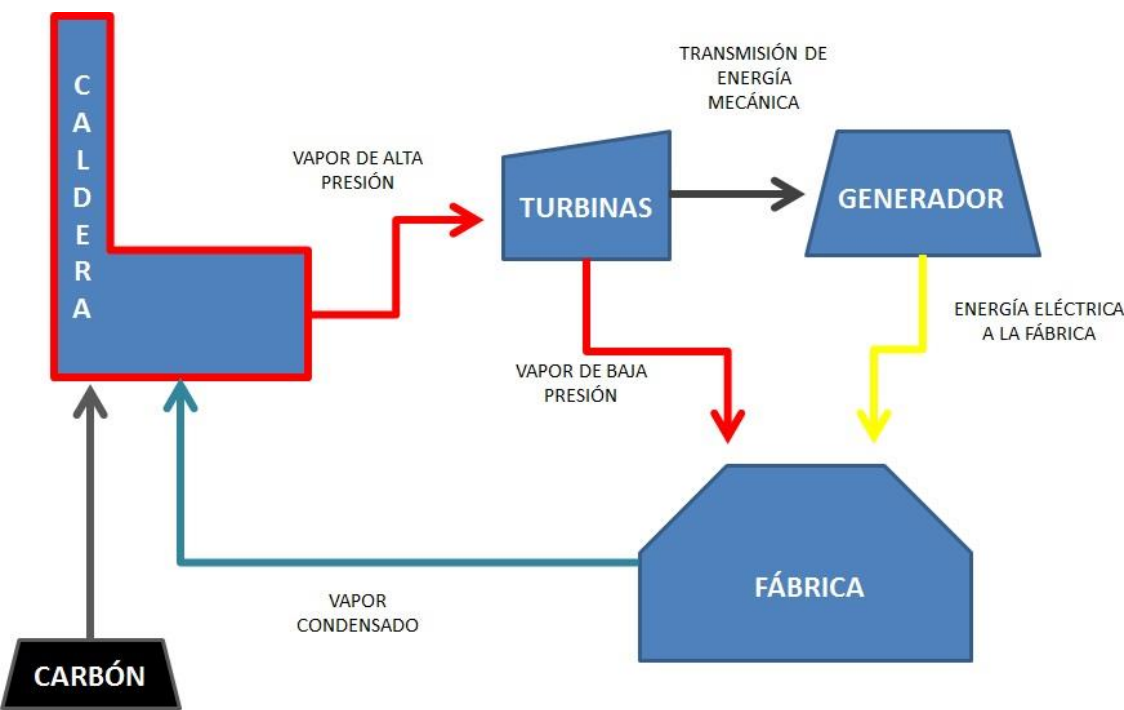


Figura 1-1 esquema uso de vapor

La operación de las calderas se realiza a través de un controlador programable que se encarga de administrar y gestionar variables de proceso de entrada y salida, cabe destacar que él es el único que posee el control de las variables de calderas; este controlador interactúa con la red enviando y recibiendo datos desde y hacia un servidor HMI que se encuentra inserto en un “clúster”, que también aloja otros equipos que se

relacionan en la red. Este servidor HMI administra la información hacia las consolas de los operadores donde pueden operar y supervisar las variables que controlan las calderas. El controlador programable de calderas, a su vez, se encuentra inserto en un sistema distribuido de control, el cual interactúa a través de la red de supervisión, con la red de supervideo, la red de campo y con otros controladores, servidores, y estaciones de ingeniería dentro de la planta. A este concepto de redes, controladores y servidores se le llama “máquina distribuida”.

El controlador programable en esta sección se encuentra respaldado por otro controlador en redundancia. Alimentados con energía bajo el respaldo de una fuente con UPS.

La comunicación al “clúster” se realiza a través de la red de supervisión que está diseñada bajo el protocolo Ethernet TCP/IP implementado en la arquitectura tipo anillo, desde el “clúster” la interacción con el operador se realiza a través de otra red dedicada solo a las consolas de operación llamada “red de supervideo”.

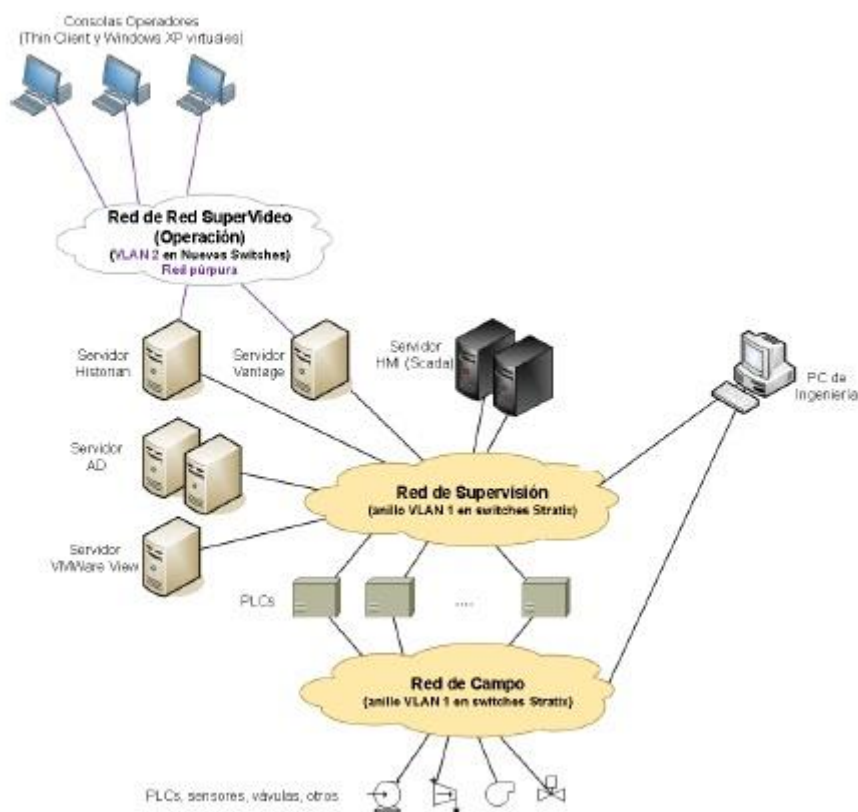


Figura 1-2 Esquema de redes de comunicación IANSA

Las variables de calderas son de suma importancia para el manejo seguro de la operación, puesto que la generación de vapor y su control, están sometidas a un consumo variable y dependiente de las necesidades de la fábrica y la generación de energía. Es por ese motivo que el correcto funcionamiento del sistema de control y supervisión es preponderante para la continuidad operacional. De acuerdo a la arquitectura existente, se pueden presentar condiciones que afectan la continuidad operacional porque el actual sistema no está pensado bajo estándares a prueba de fallas. El concepto a prueba de fallas (fault tolerance), radica en sistemas que tienen definida su operación ante un defecto, como podría ser la no disponibilidad de la supervisión del control de las calderas.

1.2. **OBJETIVOS**

1.2.1. Objetivo general

La presente memoria tiene como finalidad obtener la mejor opción costo-beneficio para robustecer la supervisión de las variables de calderas y asegurar la disponibilidad de la operación ante alguna falencia de la “maquina distribuida”. Bajo este concepto de maquina distribuida el objetivo se centra en otorgar a esta zona de la maquina una supervisión independiente llamada “maquina local”, la cual mantendrá su servicio ante cualquier evento de falla de la red distribuida (fault tolerance).

1.2.2. Objetivos específicos

El desarrollo de la memoria contempla lo siguiente:

- Identificar variables de proceso principales para la operación de las calderas.
- Definir materiales y equipos para el montaje y la instalación del monitor HMI.
- Realizar proyecto de HMI sobre plataforma “Factory Talk” de Rockwell.
- Definir punto de conexión existente dentro de la red de comunicación al PLC de calderas.
- Realizar pruebas operativas con la consola de operación implementada.

1.3. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto como resultado final debe permitir que el HMI sea tolerante de fallas de desconexión del servidor principal de la planta, con la finalidad de poder dar confiabilidad a la operación. Para conseguir el objetivo final, deben superarse las siguientes brechas

- Se tendrá que realizar un levantamiento en terreno de las señales y variables que permiten la operación de las calderas, esto contempla la integración de señales de instrumentación, es decir, niveles, caudales, temperaturas y mandos desde el controlador programable tales como, válvulas de regulación y variadores de frecuencia.
- Utilizar la tecnología existente para dar la solución al problema, de acuerdo a la existente se debe trabajar sobre la línea de ALLEN BRADLEY, eso implica el uso de RSLOGIX, FactoryTalk View Studio y RS link Enterprise.
- Finalmente se tendrá que implementar la solución, además de realizar pruebas de operación.

CAPITULO 2
MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Desde siempre, el hombre ha intentado hacer su vida más fácil y cómoda. Para ello, a lo largo de la historia ha construido infinidad de aparatos capaces de facilitar las tareas habituales o permitir realizar trabajos nunca antes conseguidos debido a las limitaciones existentes. Este fenómeno es lo que podemos llamar la “evolución tecnológica” y que en estos últimos siglos ha sido espectacular si comparamos con etapas anteriores. Una posible definición de automatización industrial es:

“El conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del medio, sobre el cual actúan y se realizan acciones de análisis, organización y control, con el fin de optimizar los recursos productivos: mecánicos, materiales y humanos”

Hasta el siglo XX, el desarrollo tecnológico había venido de la mano de la revolución industrial en la que los sistemas mecánicos eran piezas clave para la industria y el desarrollo de los procesos industriales. Pero es en el siglo XX cuando los sistemas de automatización surgen con más fuerza, potenciados por los sistemas eléctricos basados en relés electromagnéticos en la primera mitad del siglo y de los sistemas electrónicos de estado sólido en su segunda mitad. Así, además de sus objetivos iniciales, el concepto de automatización se extiende a la mejora de producción y calidad, disminución de riesgos laborales, disminución de costes, etc.

Los trabajos realizados en el siglo XVIII en el campo de la electricidad y electromagnetismo desde Charles Coulomb y Benjamín Franklin permitieron que William Sturgeon inventara en 1824 la primera bobina, al comprobar que se inducía un campo magnético en el núcleo de ferrita al que se le había enrollado un cable por el que se hacía pasar una corriente. Pero es a Joseph Henry a quien se le atribuye el primer

relé electromagnético conocido, cuyo dispositivo jugó un papel muy importante en el desarrollo del telégrafo, y posteriormente en el desarrollo de numerosos dispositivos eléctricos en general y en la automatización industrial en particular.

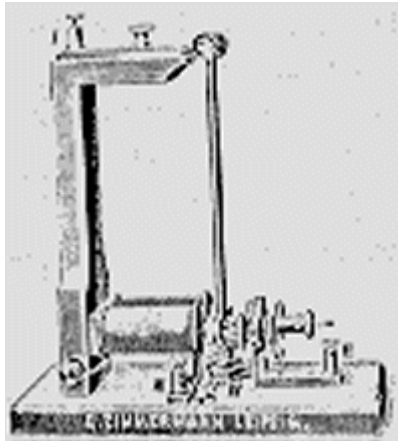


Figura 2-1 Relé electromagnético en un catálogo alemán de 1903

La aparición de los autómatas programables marcó un cambio en la industria de ensamblaje y líneas de producción. El concepto de línea de producción automatizada apareció entonces en la historia de la humanidad como un hecho real. Este pequeño aparato permitió que los procesos industriales fuesen desde entonces más eficientes, precisos, y lo que es más importante, reprogramables, eliminando el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores, tanto por tamaño como vida útil.

En un contexto industrial moderno, se puede definir la automatización como:

“Una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción”

Pero la mejora en los procesos de automatización viene hoy en día de la mano de las redes de comunicación. La intercomunicación de sistemas y procesos industriales no es un concepto nuevo, pues es ampliamente conocido el uso de sistemas como IEEE-488

y RS485/422 que durante más de 20 años han sido capaces de ofrecer los requerimientos necesarios en las instalaciones de baja y media complejidad en cuanto a las capacidades de intercomunicación se refiere. Este tipo de enlaces entre sistemas se ha empleado esencialmente para equipos de instrumentación y sistemas de Automatización donde es necesaria una baja tasa de transferencia de datos entre equipos, pero que en gran número de casos hoy en día ya no puede responder a las necesidades de intercomunicación entre dispositivos que se demandan. Por ello, redes de comunicación como Ethernet han conseguido ser indispensables en un entorno de trabajo donde cada día es más necesaria la integración global.

2.2. INTRODUCCIÓN AL CONTROL DISTRIBUIDO

Las redes de comunicación son hoy en día un elemento habitual en gran parte de nuestras actividades, especialmente en tareas de oficina y hogar. En cambio, la introducción de sistemas de intercomunicación digitales en los entornos industriales no es tan amplia, aunque es una tendencia cada vez más generalizada, con una implantación de sistemas creciente dentro de cualquier ámbito industrial. Esta nueva metodología de sistemas de automatización de procesos redunda en una mayor eficiencia y optimización de los recursos, pudiendo implantar sistemas distribuidos que van desde meros procesos de fabricación y manufactura a una integración de diferentes áreas dentro de la empresa (fabricación, gestión de producción, almacenaje, control de calidad, ventas, distribución, etc.), permitiendo una mayor eficiencia en los procesos de fabricación.

Por tanto, es preciso analizar las diferentes posibilidades a la hora de implantar nuevos elementos en una fábrica, pues si se desea tender a una gestión integral, es necesario que todos y cada uno de los aspectos de la fábrica sean concebidos para su intercomunicación con el resto. De este modo, desde los elementos de automatización (autómatas programables, sensores, actuadores, paneles de visualización, etc.) hasta los elementos de gestión y supervisión de fábrica pasando por dispositivos de control de procesos, deben ser capaces de intercomunicarse a través de redes industriales destinadas a tal efecto.

Desde luego, esta filosofía de implantación debe poder realizarse por etapas, sin pretender cambiar radicalmente sistemas industriales previamente implantados pero teniéndola en cuenta a la hora de instalar o modernizar viejas instalaciones, ya que no

siempre es posible una intercomunicación global. Así, el concepto de Sistemas Industriales Distribuidos abarca un campo muy amplio, pues se puede aplicar en diferentes niveles dentro de una fábrica, desde la simple automatización de un proceso aislado a la gestión integral de una fábrica. Este hecho provoca que exista un gran número de posibilidades a la hora de la implantación de este tipo de instalaciones, pudiendo recurrir a diferentes elementos y tecnologías dependiendo de las necesidades y el tipo de automatización o intercomunicación que se desee llevar a cabo, haciéndose necesario un conocimiento de los diversos elementos y posibilidades para poder tomar decisiones a la hora de implantar las tecnologías y sistemas que mejor se adapten a los requisitos concretos, ya que cada tecnología o sistema de comunicación está orientado a unas aplicaciones determinadas. Por otro lado, a menudo existen tecnologías y sistemas con características similares orientados a un mismo rango de aplicaciones, con escasas diferencias excepto en la empresa que fabrica los elementos de comunicación. Este hecho provoca que no existan estándares completamente adoptados por el conjunto de la industria, ya que cada fabricante intenta diferenciarse del resto mediante el desarrollo de tecnologías y protocolos propietarios que sólo ellos pueden fabricar y distribuir, con lo que a menudo existen varias tecnologías orientadas a un mismo tipo de aplicaciones. Por tanto, resulta importante poder ser capaces de disponer de suficiente información acerca de los diferentes fabricantes y sus tecnologías para instalar los sistemas óptimos en cada uno de los diferentes niveles de la automatización de procesos industriales.

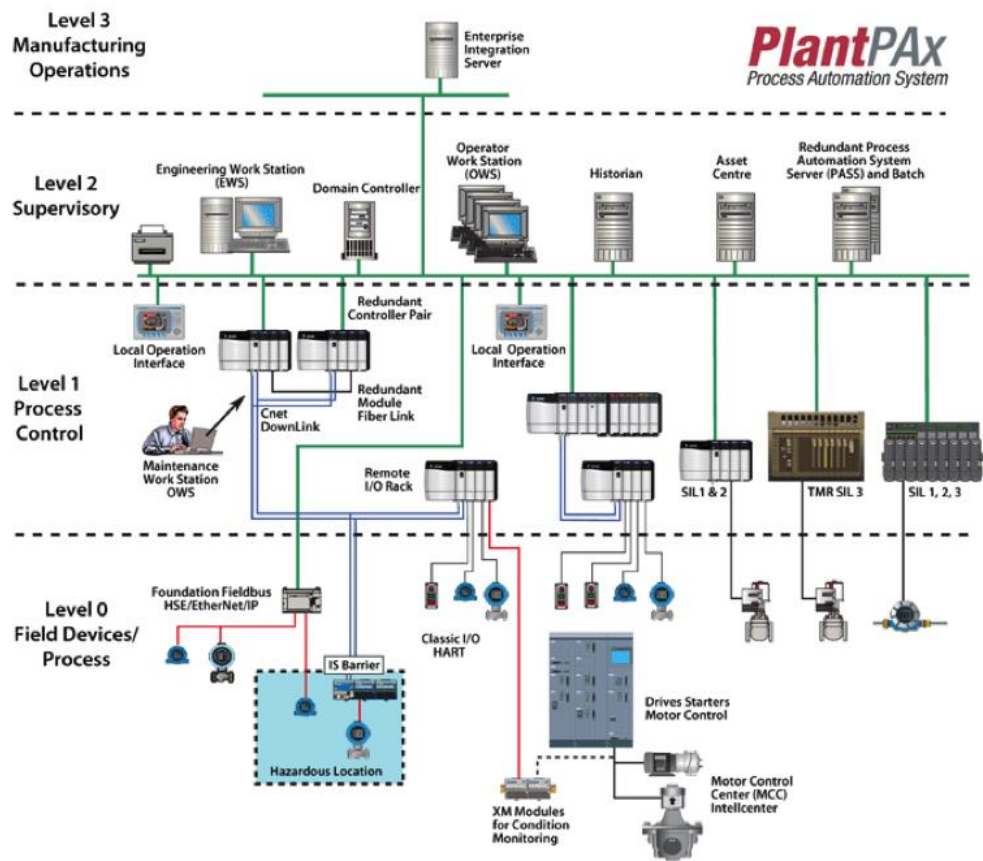


Figura 2-2 Sistema control distribuido

2.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Los Controladores Lógicos Programables son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales: Lectura de señales desde la interfaz de entradas. Procesado del programa para obtención de las señales de control. Escritura de señales en la interfaz de salidas. A fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; Entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas). A esta acude la CPU en la ejecución del

programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida). Una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida.

2.3.1. Partes de un PLC

BACKPLANE: Bastidor en donde se monta el PLC. Cabe destacar que la serie COMPACTLOGIX no posee bastidor puesto que los elementos se conectan directo.

CPU: Programador lógico en donde se guardan todas las lógicas de control a Realizar por cálculos internos y/o con señales externas.

TARJETAS: Dispositivos electrónicos los cuales trabajan como interfaz entre el CPU y la realidad de campo de la planta. Son tarjetas montables en donde llegan o salen señales eléctricas, las cuales actúan equipos físicos (ya sean display, motores, variadores, válvulas, etc.). Se mencionan algunos tipos de tarjetas:

- Entradas digitales: Señal Activo (220VAC o 24 VDC) o inactivo (0VAC o 0VDC). El origen del estímulo es externo al PLC.
- Salidas digitales: Señal Activo (220VAC o 24 VDC) o inactivo (0VAC o 0VDC). El origen del estímulo es el PLC.
- Entradas análogas: Señal variable de 4 a 20 mA o también puede ser de 0 a 10VDC. El origen del estímulo es externo al PLC.
- Salidas análogas: Señal variable de 4 a 20 mA o también puede ser de 0 a 10VDC. El origen del estímulo es el PLC.
- Comunicaciones Ethernet.
- Comunicaciones devicenet.
- Comunicaciones DH485.
- Hardy.

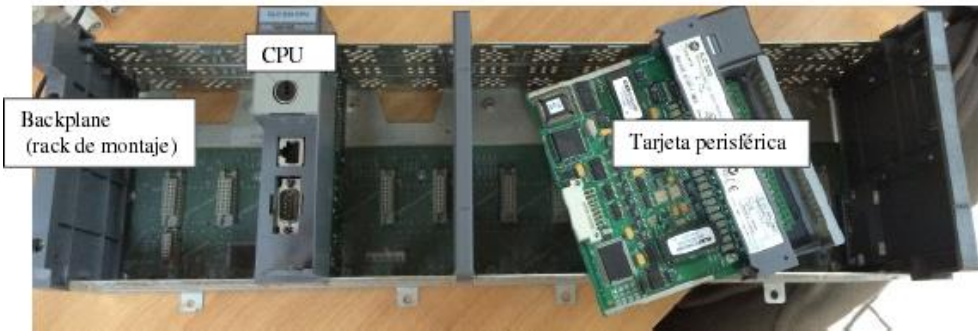


Figura 2-3 PLC serie SLC500 de Allen Bradley

2.3.2. Módulos remotos de entrada y salida

Son módulos que se instalan físicamente lejos de donde está el PLC y se comunican por algún protocolo de comunicación conocido (Devicenet, Ethernet, etc.). Su función es enviar señales hacia el PLC, y realizar acciones (Activar salidas A/D y leer Entradas A/D) que vengan desde el PLC.

Se presenta un esquema básico de la operación de módulos remotos:

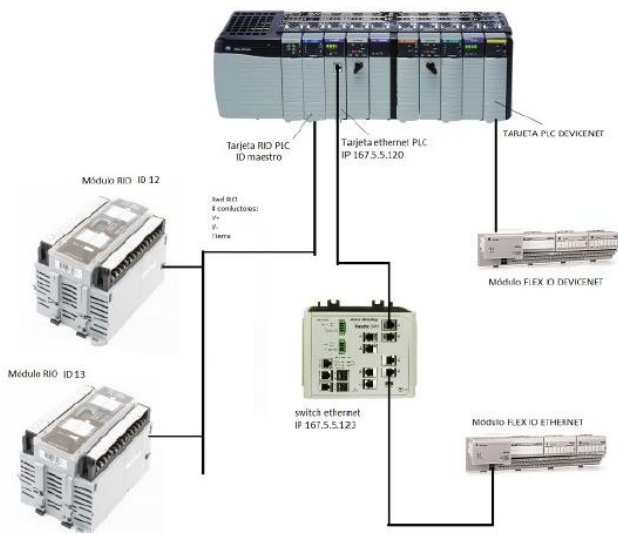


Figura 2-4 Módulos remotos Allen Bradley

Módulos rio

El PLC envía una señal de salida a través del protocolo DH485 hacia el módulo RIO correspondiente. El módulo RIO activa su salida digital y acciona la electroválvula. Posteriormente la electroválvula acciona el actuador, a continuación (dependiendo del caso) llega devuelta una confirmación de señal digital al Módulo RIO (entrada digital), finalmente el módulo RIO por protocolo DH485 envía la confirmación al PLC. Este módulo es solo para E/S discretas.



Figura 2-5 Modulo E/S DHRIO

Controlador EX600 de SMC.

El PLC envía la señal de apertura de la válvula por Ethernet a la dirección del módulo SMC EX600 correspondiente, posteriormente el módulo SMC EX600 lee la información y activa la electroválvula indicada, luego recibe la entrada digital de confirmación de posición, finalmente el módulo SMC EX600 envía la información por protocolo Ethernet a la dirección del PLC con el que se está comunicando.

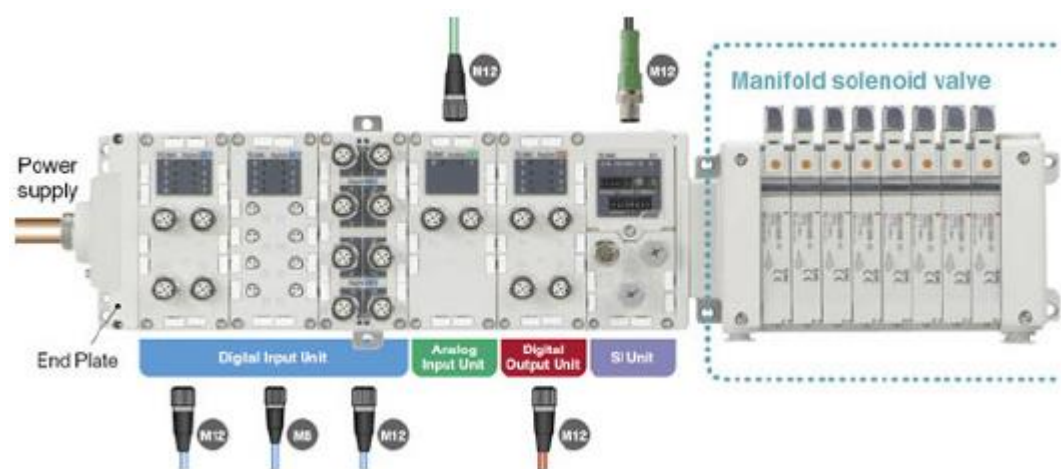


Figura 2-6 Módulo EX600 fabricante SMC

Switch Ethernet:

Equipo utilizado para interconectar equipos en una red, en este caso Ethernet. Existen switch que son configurables (se pueden configurar sus puertos, velocidad de comunicación asignada, etc.). Con estos elementos se montan las arquitecturas tipo anillo, estrella, etc. En la planta se utilizan los switch STRATIX 8000, los cuales se configuran accediendo a la dirección IP de estos desde un navegador.



Figura 2-7 Switch Ethernet STRATIX8000

2.4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

2.4.1. DeviceNet

Protocolo de comunicación utilizado en la planta para comunicar FLEX IO y relé E3 para protección de motores.

La red DeviceNet™ proporciona conexión en red de control e información abierta a nivel de dispositivo para dispositivos industriales simples. Admite la comunicación entre sensores, actuadores y dispositivos de más alto nivel tales como controladores programables y computadoras. Con alimentación eléctrica y señal en un solo cable, ofrece opciones de cableado simples y rentables.

Medios físicos de DeviceNet

Los medios físicos de la red DeviceNet™ incluyen cables planos o redondos, delgados y gruesos. El cable redondo, usado generalmente como cable troncal, está disponible en carretes a granel o como cables con un conector pre-moldeados o cable con conectores. Los sistemas de medios físicos planos KwikLink™ ofrecen un método de cableado modular simple que usa un cable troncal plano de cuatro cables con conectores con desplazamiento del aislamiento (IDC), el cual disminuye el tiempo de instalación y los costos de materiales.

2.4.2. ControlNet

Protocolo de comunicación utilizado para conectar los equipos remotos (flex IO). La red ControlNet™ es una red de control abierta que satisface las demandas de aplicaciones en tiempo real de alto rendimiento efectivo. ControlNet admite enclavamiento de controlador a controlador y control en tiempo real de E/S, variadores y válvulas. También proporciona conexiones en red de control, en aplicaciones discretas y de proceso, incluidas aplicaciones de alta disponibilidad.

Medios Físicos de ControlNet

Los medios físicos de red y los dispositivos de conexión ControlNet™ proporcionan flexibilidad para el diseño de una red. El cable coaxial ControlNet es un cable coaxial de blindaje cuádruple RG-6 y baja pérdida para instalaciones típicas. Las conexiones de fibra ControlNet permiten ampliar un segmento de la red, proporcionan inmunidad a interferencia electromagnética (EMI) y permiten la instalación en una zona peligrosa

2.4.3. Protocolo DH485 para módulos RIO

Protocolo de comunicación utilizado para comunicar en arquitectura de árbol los módulos RIO.

La red de E/S remotas universales (Remote I/O) es una red de área local diseñada para conectar controladores a chasis de E/S remotas y una serie de dispositivos inteligentes tales como interfaces de operador y variadores de CA o CC.

2.5. **ETHERNET INDUSTRIAL**

2.5.1. Introducción a Ethernet

En un comienzo Ethernet no era totalmente adecuado para las funciones de control, ya que fue desarrollado principalmente para entornos de oficina. Sin embargo la tecnología Ethernet ha hecho rápidos avances en los últimos años. Se ha ganado una amplia aceptación en la industria ya que se está convirtiendo en la tecnología de facto de bus de campo. Un indicio de esta tendencia es la inclusión de Ethernet como los niveles 1 y 2 de infraestructura para Modbus TCP (Schneider), Ethernet/IP (Rockwell Automation y ODVA), Profinet (PNO) y Foundation Fieldbus HSE (Foundation Fieldbus).

2.5.2. Conectores y cableado

Los sistemas Ethernet industriales como la primera generación de Siemens SimaticNet (SINEC H1) se basan en la configuración de 10BASE-5, por lo que los conectores involucrados incluyen los de tipo tornillo conectores-N y los conectores de tipo D, que son a la vez muy rugoso. La pantalla doble de gran calibre (trenzado), Cable coaxial RG-8 también es bastante impermeable a la interferencia electrostática.

Los sistemas industriales más modernos de Ethernet, sobre la base de una configuración 10BASE-T/100BASE-X y por lo tanto tienen que lidiar con conectores RJ-45 y (normalmente) cable de par trenzado Cat5. A pesar de su resistencia inherente a la interferencia inducida electromagnéticamente, el cable UTP no es realmente adecuado para aplicaciones industriales, por lo que la tendencia es de par trenzado apantallado o blindado como Cat5e o fibra óptica. Los conectores son problemáticas también, conectores RJ-45 son todo, menos resistente y son sospechosos cuando se someten a grandes diferencias de temperatura, contacto con aceites y otros líquidos, polvo, radiación UV, EMI, así como golpes, vibraciones y carga mecánica.

Al igual que en medida provisional, algunos fabricantes comenzaron a utilizar conectores D-type (conocido también como DB o D-Submin), pero en la actualidad existe un fuerte movimiento hacia la serie de conectores basado-M12. El factor de forma de M12, que se rige por la norma IEC 61076, es ampliamente aceptado en el bus de campo y aplicaciones de automatización, y es suministrado por proveedores como Lumberg, Turck, Escha, InterlinkBT y Hirschmann. Los conectores típicos M12 para Ethernet son de la variedad de 8 polos, con conectores roscados.

Ellos pueden aceptar varios tipos de cableado de par trenzado Cat5/5e tales como alambre trenzado o apantallado (rígido o flexible), y ofrecen una excelente protección contra la humedad, el polvo, la corrosión, EMI, RFI, vibración mecánica y shock, la radiación UV, y temperaturas extremas (-40 a 75 ° C).

En cuanto a los medios de comunicación se refiere, varios fabricantes están produciendo sistemas de cableado Cat5 Cat5e utilizando pares trenzados apantallados o trenzados. Un ejemplo de un enfoque integrado de cableado Industrial Ethernet es el sistema EtherMATE de Lumberg, que también incluye el cableado y un sistema de conectores M12.

2.5.3. Operación determinística v/s estocástica

Una de las quejas más comunes con los principios de Ethernet fue que utiliza CSMA/CD (un método estocástico o probabilístico) en comparación con otras tecnologías de automatización, tales como bus de campo que utiliza métodos de acceso determinísticos, tales como paso de testigo o el modelo de editor-suscriptor. CSMA/CD esencialmente significa que es imposible garantizar la entrega de un mensaje posiblemente crítico dentro de un tiempo determinado. Esto podría ser debido o bien a la congestión en la red (a menudo debido a otro tipo de tráfico menos crítico) o a las colisiones con otras tramas.

Con Ethernet, la carga o el tráfico debe ser analizado cuidadosamente para asegurarse de que la red no se siente abrumado por momentos operativos esenciales o pico. Si bien un factor de utilización típico en una LAN Ethernet comercial de 25-30% es aceptable, se requieren las cifras de utilización inferior al 10% en una LAN Ethernet industrial. Mayoría de las redes industriales funcionan a 3 o la utilización de 4% con un número bastante grande de puntos de E / S que se transfieren a través del sistema.

El advenimiento de Gigabit Ethernet, Switching Hubs, la tecnología VLAN, operación full-duplex, ha colocado a esta preocupación de descansar para la mayoría de aplicaciones.

En conclusión, Ethernet siempre ha sido estocástico, porque es un proceso aleatorio de entrega de paquetes de datos. Las nuevas tecnologías, principalmente 100mbps y 1gbps han permitido que para ciertos procesos de velocidades lentas de operación y muestreo, sea posible montar sobre Ethernet un sistema determinístico: a causa del aumento de velocidad de los paquetes de datos.

2.5.4. Tamaño y sobrecarga de la trama Ethernet

La eficiencia de la codificación del enlace de datos es otro problema, con las tramas de Ethernet teniendo hasta mucho más espacio que para una trama de bus de campo equivalente. Si el protocolo TCP / IP se utiliza además de la trama de Ethernet, la sobrecarga aumenta dramáticamente. La eficiencia del sistema en general es, sin

embargo, más complejo que simplemente el número de bytes en el cable de transmisión y cuestiones tales como la velocidad prima sobre el cable y el tráfico en general necesitan ser examinados cuidadosamente. Por ejemplo, si 2 bytes de datos desde un instrumento tuvieron que ser empaquetado en un mensaje de 60 bytes (porque de TCP / IP y protocolos de Ethernet se utilizan) esto daría lugar a una enorme sobrecarga en comparación con un protocolo de bus de campo. Sin embargo, si el enlace de comunicaciones estaba funcionando a 100 Mbps o 1 Gbps con las comunicaciones full-duplex esto pondría una luz diferente sobre el problema y el problema de arriba casi irrelevante.

2.6. SISTEMA DE CONTROL MÁQUINA DISTRIBUIDA

El sistema de control maquina distribuida requiere que puedan considerarse procesos, grupos de procesos o áreas funcionales susceptibles de ser definida por un algoritmo de control que pueda realizarse de forma autónoma. A cada unidad se destinara un autómatas (o elemento de control) dimensionado de acuerdo con los requerimientos del proceso considerado. Debido a la interdependencia que existe entre las operaciones que tienen lugar en cada proceso, hay que tener en cuenta que es necesario interconectar los autómatas entre sí mediante entradas y salidas digitales o a través de una red de comunicaciones para intercambio de datos y estados; por tanto, el autómatas o elemento de control evaluado debe permitir las comunicaciones.

Con esta metodología de control es posible que cada unidad funcional consista en un proceso relativamente sencillo comparado con el proceso global, reduciendo la posibilidad de errores en la programación y permitiendo el empleo de unidades de control (autómatas programables principalmente) más sencillas y por tanto, más económicas. Al mismo tiempo, la existencia de fallos en otras unidades de control no implica necesariamente la paralización de todos los procesos que se llevan a cabo en la planta. Como desventaja, es necesario realizar un estudio de implantación previo, ya que se deben identificar los procesos autónomos, asignar elementos a cada proceso y diseñar el modelo de intercomunicación para responder a las necesidades del proceso planteado.

2.6.1. Jerarquía de las comunicaciones

La denominada pirámide de automatización CIM (Computer Integrated Manufacturing), intenta resumir, de forma gráfica, la estructuración de los sistemas de comunicación en un entorno productivo.

Se divide en niveles, de acuerdo con el tráfico y tipo de información que intercambia.



Figura 2-8 Jerarquía de las comunicaciones

2.7. WINDOW CE

Windows CE es un sistema operativo desarrollado por Microsoft y diseñado para dispositivos pequeños o sistemas integrados. Windows CE es diferente de los sistemas operativos Windows para equipos de escritorio, pero comparten interfaces de programación de aplicaciones similares para un número considerable de clases. Algunos de los dispositivos que ejecutan Windows CE incluyen controladores industriales, terminales de puntos de venta, cámaras, dispositivos de Internet, decodificadores de

cable y centros de comunicaciones, cabe destacar que gran parte de los equipos embebidos de control (algunos PLC's, y principalmente HMI) utilizan este sistema operativo para su funcionamiento.

Un dispositivo típico con Windows CE puede tener menos de un megabyte de memoria, no tiene almacenamiento en disco y también se puede colocar directamente en la ROM.

Usando Microsoft Platform Builder, los desarrolladores pueden construir sistemas operativos Windows CE personalizados así como también componentes para sistemas integrados. Platform Builder es un entorno de desarrollo integrado que viene con herramientas de desarrollo para diseñar, crear, construir, probar y depurar. La mayoría de las partes de Windows CE se ofrecen en forma de código fuente, lo que permite a los proveedores de hardware modificarlo para adaptarlo a las necesidades específicas de su dispositivo.

2.8. DEFINICIONES

Ruido eléctrico: señal eléctrica despreciable que produce efectos indeseables y por otro lado trastornos en los circuitos de un sistema de control.

PLC: (*Controlador Lógico Programable*). Equipo o dispositivo electrónico, diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real.

Sensor: dispositivo que convierte una señal de una magnitud física en otra equivalente, normalmente eléctrica, la cual se pueda cuantificar y manipular.

Actuador: Elemento final de control, ya que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada.

Bus de Campo: sistema de transmisión de información (datos). Busca sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control.

HMI: Dispositivo que permite al usuario interferir sobre el sistema a controlar.

Disponibilidad: Medida en la que los parámetros de funcionamiento de un sistema informático se mantienen dentro de las especificaciones de diseño. Se basa en dos pilares fundamentales: hardware y software.

Hardware: Elemento físico o tangible de un sistema informático.

Software: Soporte lógico de un sistema informático el cual ejecuta tareas determinadas.

Robustez: Capacidad de un sistema de ejecutar diversos procesos de manera simultánea sin generar fallos o bloquearse.

CAPITULO 3
DESARROLLO DEL PROYECTO

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL AZÚCAR

Materia prima

Hay normalmente dos fuentes de obtención de azúcar en forma industrial, la caña de Azúcar y la remolacha azucarera.

En este caso nos interesa la remolacha, ésta es una planta que crece bien en las zonas frías. Es una raíz que se desarrolla hasta tamaño promedio de 1000-1500grs. Así bien se han obtenido remolachas con un peso cercano a los 20 kg.

El contenido de azúcar de la remolacha está en un promedio de 15 a 17%, aunque hay valores superiores e inferiores, los valores por debajo de 15% ya indican una remolacha de inferior calidad.

Recepción y almacenamiento

La remolacha llega en camiones a la planta. Se pesa y se toman muestras de cada uno para determinar el azúcar de entrada.

Se descarga en los silos de almacenamiento para su posterior elaboración. El periodo entre ésta y la elaboración no debe ser superior a 48 horas ya que la remolacha comienza a deteriorarse rápidamente.

Preparación

En la primera parte pasa por el separador de piedras para eliminarlas ya que ellas rompen los cuchillos de las cortas raíces. Posteriormente pasa por el separador de pasto con el objeto de eliminarlo ya que esto tapa las máquinas cortadoras.

Estos equipos deben funcionar en forma continua y con un caudal medido y parejo, para ello hay un dosificador o regulador antes del despiedrador.

Luego del separador de pasto, por medio de una bomba de remolacha o una rueda elevadora, ésta se eleva a la lavadora donde se produce el lavado con agua limpia ayudado con los brazos agitadores con que cuenta el eje central de este equipo.

En la lavadora se elimina fundamentalmente tierra adherida y piedrecillas que a veces vienen con la remolacha. Este lavado debe hacerse en contracorriente para que sea más eficiente y disminuyan las infecciones en la torre de difusión.

Finalmente caen a la tolva sobre las máquinas cortadoras. En ellas la remolacha se corta en tiritas como tallarines, llamadas coseta fresca para aumentar su superficie y poder extraer la mayor cantidad de azúcar en la difusión.

Extracción

Las Cosetas frescas se pesan previamente en una cinta/romana y luego van a un equipo llamado macerador en contra corriente, donde se encuentran con jugo salido de la difusión que eleva su temperatura a más o menos 80 °C. Con esto se produce la desnaturalización de las células, esto es, la célula de la remolacha se recoge internamente quedando en condiciones de entregar su azúcar por medio de la difusión. En esta etapa lo más importante es extraer el máximo de azúcar y el mínimo de impurezas.

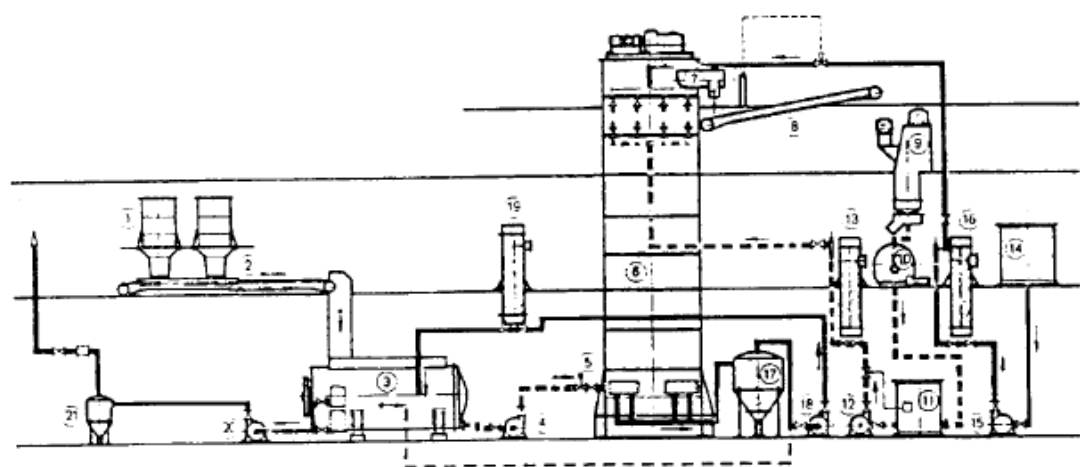


Figura 3-1 Diagrama de proceso de extracción

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1) Cortadoras | 11) Tk agua de prensas |
| 2) Romana-cinta | 12) Bomba agua de prensa |
| 3) Macerador en contra corriente | 13) Precalentador agua prensa |
| 4) Bomba de Cosetas | 14) Tk agua difusión |
| 5) Válvula automática cierre rápido | 15) Bomba agua difusión |
| 6) Torre | 16) Precalentador agua difusión |
| 7) Gusanos extractores coseta agotada | 17) Desarenador jugo circulación |
| 8) Transportador coseta agotada | 18) Bomba jugo circulación |
| 9) Prensa de coseta | 19) Precalentador jugo circulación |
| 10) Separador pulpilla | 20) Bomba jugo crudo |
| | 21) Separador de arena |

Es común que en la torre se produzcan infecciones que disminuyen la cantidad de azúcar, ya sea porque se consume o porque a consecuencia de la disminución de PH se transforma en azúcar invertido que no es sacarosa o azúcar común. Esto se combate agregando formalina a la torre, macerador y agua de prensas. Además como prevención es importante un buen trabajo en la lavadora de remolacha. También se combate manteniendo una temperatura de 72 °C en la mitad de la torre.

Es necesario aclarar que se permite una "infección controlada" en la torre a pH 5.2 - 5,5 que contribuye a un mejor prensado junto con el yeso

Purificación

Primera etapa de purificación

La finalidad de esta etapa es coagular o flocular algunas impurezas y precipitar otras con cal, el máximo de estas reacciones se producen a un pH de 10,6 a 11,0.

En ésta se agrega cal, como lechada de cal, al jugo crudo en una cantidad de alrededor de 1,2 – 2,0 % sobre remolacha dependiendo de la calidad de ellas 'y luego se carbonata hasta llegar a un pH de 10,6 – 11,0.

Con la cal existente en el jugo y el agregado de gas del horno se forma carbonato de calcio, que sirve para eliminar algunas sustancias, recubre los coloides y es además ayuda filtrante muy útil en la posterior filtración de este jugo. Este jugo se envía al decantador donde se separa un jugo limpio, **jugo decantado**, que va a la siguiente etapa de purificación y un **jugo fangoso** que se filtra en los filtros de telas o filtros bujía que se junta con el jugo decantado.

Parte del jugo fangoso va al jugo crudo para iniciar la primera etapa de la purificación.

Segunda etapa de purificación

El jugo decantado y el jugo filtrado se juntan, se calientan de 95 °C a 98 °C y van a la primera etapa de carbonatación. Allí se continúa el agregado de gas del horno hasta conseguir el pH óptimo de esta etapa. Este valor se debe determinar en laboratorio, y corresponde al pH en que las sales solubles de calcio son mínimas, con el objeto de que la estación evaporadora se incruste lo menos posible con sales de calcio, disminuyendo así su capacidad.

En resumen, se puede decir que la finalidad básica de la primera etapa de purificación es la de eliminar la mayor cantidad de no-azúcares o impurezas, en tanto la segunda etapa es para eliminar el máximo de compuestos de calcio que incrustan las superficies de calentamiento de los equipos.

Decantación y filtración

El jugo de la segunda Carbonatación tiene mucho menos precipitado y se filtra en los filtros vela o bujía donde éste queda retenido y sale un jugo cristalino llamado **jugo claro**. El fango de estos filtros se envía también al filtro de primera carbonatación para desazucararlo.

Descalcificación y sulfitación del jugo claro

Para evitar incrustaciones en los equipos se somete el jugo a una descalcificación o ablandado del jugo claro, por medio de resinas que intercambian el calcio del jugo por sodio, contenido en la resina. El compuesto de sodio que se forma, no produce incrustaciones en las superficies de calentamiento y llega intacto hasta el jugo denso, donde se halla concentrado.

La finalidad de sulfitar este jugo, por agregado de SO_2 , es la de evitar la formación de compuestos que oscurecen el jugo, al mismo tiempo que se utiliza para bajar el pH del jugo si éste está alto por efecto de una alcalinidad o pH óptimo alto de segunda carbonatación.

El SO_2 se genera en hornos rotatorios especiales en donde se quema azufre, el gas producido se conduce al sistema de sulfitación del jugo claro.

Evaporación

El jugo claro tiene una concentración de alrededor de 12 % de azúcar, para poder cristalizarla es necesario concentrarlo, lo cual se efectúa en dos etapas. La primera etapa de concentración se cumple en la estación evaporadora, la segunda en los tachos cristalizadores.

La estación evaporadora consta de cuatro efectos, al primero llega jugo claro calentado en tres precalentadores a 125 °C. El primer efecto se calienta con vapor de escape de la turbina mezclado habitualmente con vapor reducido de las calderas. De esta manera

hierva el jugo, los vapores que se producen en el primer efecto van a calentar el segundo y algunos precalentadores. Los vapores que se producen por la ebullición en el segundo van a calentar el tercero, otros precalentadores y tachos cocedores. Los vapores del tercero calientan el cuarto efecto, otros precalentadores y los tachos cocedores.

Del cuarto efecto sale el jugo denso que tiene alrededor de 54 – 56 % de azúcar y alrededor de 60 – 62 °Bx. El límite de concentración está dado por los filtros de licor standard.

Como se ha descrito, el único efecto que recibe vapor directo es el primero, por lo tanto es el único consumidor directo, el resto se calefacciona con los vahos del que le antecede. Esto es muy importante, en la economía de la fábrica.

La estación evaporadora es el motor térmico de la planta, la forma de aprovechar los vahos y los condensados (jugo crudo frio) es lo que define el consumo de vapor y por lo tanto el consumo de combustible.

Cristalización

La evaporación se continua y se concentra hasta un punto tal que introduciendo unos cristales muy finitos de azúcar llamados “slurry” que son el inicio para la formación uniforme del grano de azúcar, así se comienza a formar el azúcar del Licor estándar, se vuelve a adicionar un poco más de éste licor al tacho cocedor y se concentra y vuelve a depositarse azúcar en los cristalitos del licor. Sigue así el proceso hasta llegar al tamaño deseado de cristales. En ese momento se detiene el cocimiento, se corta vapor y vacío, y se baja la masa cocida (mezcla de cristales de azúcar y jarabe) al cristizador.

Desde allí pasa a las centrifugas A donde se separan los cristales del jarabe. El azúcar se seca y posteriormente se envasa.

3.2. **DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN**

Mantener bajo control las calderas es de suma importancia para la planta IANSA. Desde el punto de vista de la seguridad, la empresa IANSA mantiene una política de asegurar la salud ocupacional de sus trabajadores brindando un lugar apto y seguro para el trabajo manteniendo los riesgos controlados e identificados. Es por este motivo que ha incorporado tecnologías aptas para mantener una operación de sus procesos controlados en especial en el área de las calderas donde las mediciones de sus variables y controladores gozan de redundancia cumpliendo así con la normativa vigente. También uno de los objetivos de los planes de mejora continua es poder implementar sistemas “fault tolerance” en áreas críticas en el mediano plazo

Dentro del mejoramiento continuo es que nace la iniciativa de dar solución al problema existente otorgando robustez a la supervisión de la estación de operación de las calderas, lo cual se espera lograr con el proyecto tratado a continuación.

El presente proyecto se divide fundamentalmente en tres etapas:

- ***Levantamiento de señales y mandos minimos-necesarios para la operación segura de las calderas***

En ésta etapa, se realizara un levantamiento completo de las señales necesarias que interactúan con la operación segura de las calderas, dentro de las cuales se encuentran:

Nivel, flujo, temperatura, presión y variables analógicas de control y de mando.

- ***Configuración de la estación de operación HMI***

En esta etapa se iniciara con la adquisición de variables asociadas a la operación de las calderas, dichas variables serán solo las necesarias para mantener en servicio el sistema bajo una contingencia. Así se generará una estación de trabajo en un PanelView (como una isla independiente de servidores) a fin de poder proporcionar a los operadores una consola de operación, independiente del HMI de la planta (fault tolerance).

- ***Pruebas virtuales y físicas***

Para la realización de pruebas, en primera instancia se harán en la versión de **simulación** en el software de Rockwell, posteriormente se definirá un punto en la red para realizar las pruebas físicas de la configuración.

- ***Pre Comisionamiento, Comisionamiento y puesta en marcha.***

Se realiza el pre-Comisionamiento de la unidad, revisando el conexionado de comunicación, alimentación y de cada uno de los periféricos asociados. También se pretende probar con la operación de la caldera y generar una falla de desconexión de servidores, a fin de analizar qué tan robusta es la solución

3.3. SISTEMA DE SUPERVISIÓN ACTUAL

La supervisión e interacción con el proceso de calderas se realiza a través de clientes (estaciones de trabajo) administrados por un servidor HMI inserto en un Cluster.

Un Cluster Conceptualmente es un grupo. Corresponde a un grupo de computadores (en este caso son computadores con montaje en RACK), unidos todos bajo la misma red que en este caso es una red Ethernet interna del equipo. La ventaja del cluster es que todos los recursos se suman y pueden trabajar en paralelo sin depender entre ellos. Los elementos que gestionan la comunicación de red corresponden a switch internos Ethernet (vale decir que todas las partes al interior del cluster se comunican utilizando el protocolo Ethernet). Se presenta el cluster que actualmente está en la planta IANSA Chillán. Aquí es donde físicamente se alojan:

- Servidores HMI
- Clientes de operación

- Servidores administradores de cuentas
- Gestión de sesiones de clientes de operación
- Todo el proceso de visualización e instrucciones a los PLC del sistema de control.

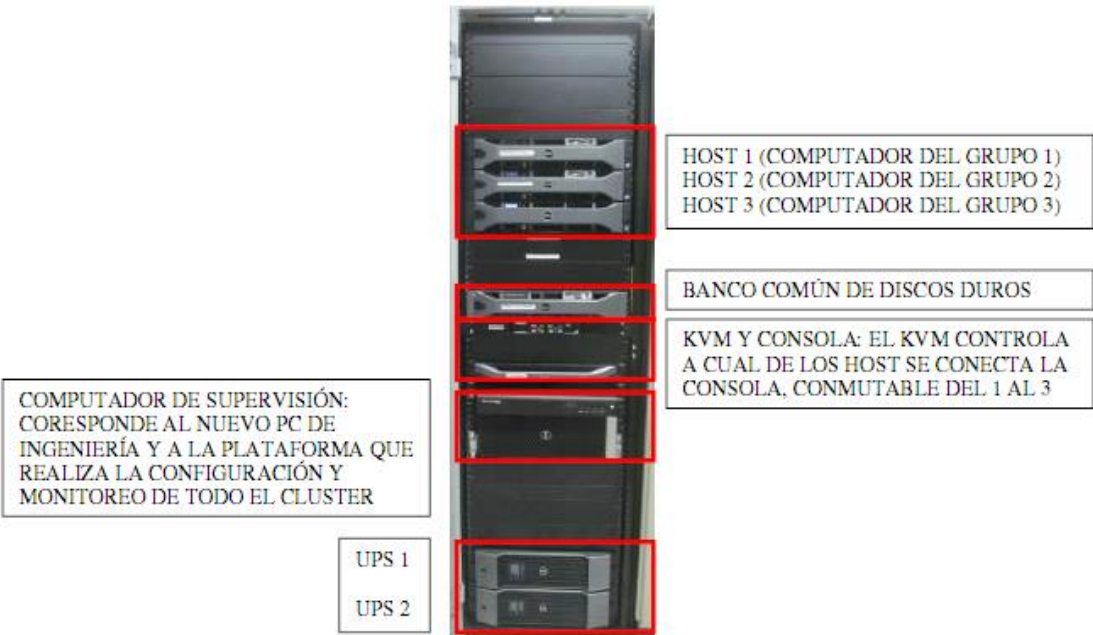


Figura 3.3-1 Rack de virtualización (Cluster)

El servidor HMI, en el caso particular de la planta IANSA Chillán, corresponde a la aplicación software (programa) que envía datos de operación (parámetros y acciones) al PLC, los cuales fueron ordenados por el operador desde el cliente (estación de trabajo). Se adjunta un esquema de cuando el operador da la orden de apertura de una válvula en el PLC de difusión.

- La información va desde el operador -interfaz HMI - **red de supervideo** - llega al CLUSTER- servidor HMI.
- La aplicación del servidor HMI envía la información al PLC, sale por el CLUSTER – **red de supervisión** – PLC DIFUSIÓN.

- El PLC determina la acción que corresponde a través de sus salidas y entradas remotas (**red de campo**).
- El PLC devuelve el status de la acción a través de PLC – **Red de supervisión**-cluster – Servidor HMI.
- El servidor HMI actualiza el valor de “pantalla”, y envía la información actualizada a las estaciones de trabajo de los operadores (**red de supervideo**).

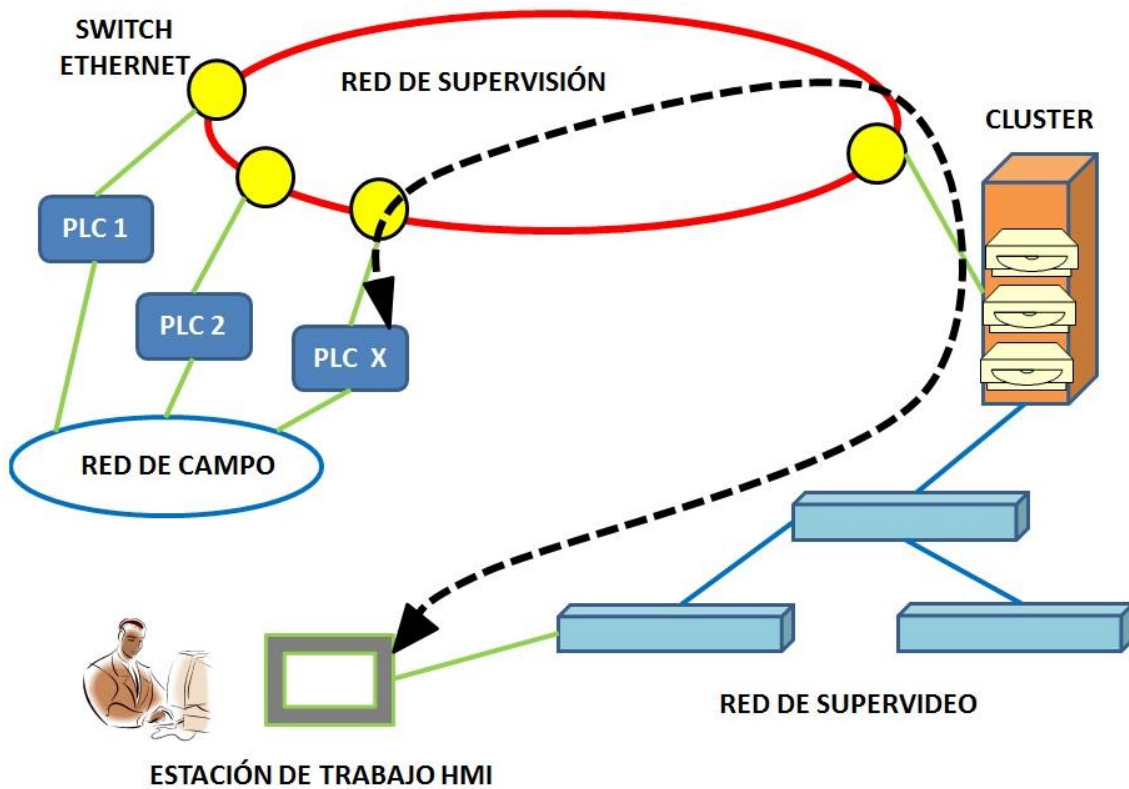


Figura 3.3-2 Esquema de mando de operación

Ciente: Bajo el contexto de la planta, el cliente es la **estación del operador (hardware y software)**.

Equipo de operador WYSE Thinclient (cliente liviano): Corresponde al equipo físico que a través de la **red de supervideo** se conecta a la máquina virtual asignada en el cluster.



Figura 3.3-3 WYSE ThinkClient

3.4. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LAS CALDERAS

Para la producción de vapor a la fábrica se requiere del servicio de 2 calderas acuotubulares de 656 m² de superficie de calefacción en el hogar. Es ahí donde se produce la combustión de carbón mineral de bajo porcentaje de azufre y alto poder calorífico, el carbón combustible es esparcido uniformemente sobre una parrilla móvil que contiene sobre ella la combustión a través de toda la superficie inferior de la zona de calefacción u hogar de las calderas. Es en el hogar donde se produce la radiación del calor hacia el agua que está dentro de los numerosos tubos de acero que revisten las paredes del hogar, el agua utilizada debe ser procesada por una planta de osmosis para separar los minerales pesados que contiene y así obtener agua ablandada para el uso en el sistema.

La alimentación de agua blanda a las calderas es suministrada por dos estanques de agua de alimentación, el agua contenida es una mezcla de agua fría ablandada y vapor saturado recirculado desde la fábrica. La mezcla de agua fría ablandada y vapor saturado ingresa a las calderas a una temperatura de 110°C hacia un serpentín llamado economizador que se encarga de elevar la temperatura del agua a 250 °C todo esto gracias a los gases de salida de la caldera que proyectan su temperatura en el serpentín

del economizador. El agua blanda después del economizador se calienta aún más dentro de los tubos de acero y por efecto de convección el agua de mayor temperatura se traslada a la zona superior de las calderas donde es recibida por un estanque llamado domo superior. Es en el domo superior donde se produce el vapor saturado que posteriormente es recalentado por los gases y flama directa que irradian un serpentín para evaporar las partículas de agua que saturan el vapor producido, el vapor generado después del recalentador ahora llamado vapor seco o recalentado alcanza una temperatura de 450°C y una presión atmosférica de 45 Bar.

De esta manera el vapor seco es suministrado a un colector de alta presión y distribuido para ser usado en la generación de energía en las turbinas y posteriormente el vapor residual se consume a menor energía en la estación evaporadora y demás puntos de la fábrica.

Para el manejo de este proceso se requiere de la supervisión continua de todos los parámetros y las variables asociadas a la producción de vapor por su importancia y envergadura en cuanto a la seguridad y eficiencia.

3.5. LISTADO DE VARIABLES CRÍTICAS

Para la identificación de los instrumentos y/o funciones se utiliza un código alfanumérico o número de etiqueta (TAG). A todos los instrumentos se les ha asignado una etiqueta de identificación única de la señal en planta de acuerdo a la norma ISA S 5.1 más detalles ver criterios de configuración en anexos página 1.

3.5.1. Listado de válvulas de regulación

CALDERA 1

TAG	Descripción	Tipo de instrumento	U.I.
LCV07100D	Válvula de agua Alimentación de caldera 1	N.C / F.C	%
TCV07104	Válvula de regulación de temperatura de vapor de caldera 1	N.C / F.C	%

Tabla 3.3-1 Tabla variables criticas Caldera 1

CALDERA 2

TAG	Descripción	Tipo de instrumento	U.I.
LCV07200D	Válvula de agua Alimentación de caldera 2	N.C / F.C	%
TCV07204	Válvula de regulación de temperatura de vapor de caldera 2	N.C / F.C	%

Tabla 3.3-2 Tabla variables criticas Caldera 2

3.5.2. Listado de motores

CALDERA 1

TAG	Descripción	Potencia	U.I.
MMD07101	Motor parrilla móvil		%
MMD07102	Ventilador aire primario		%
MMD07103	Ventilador aire secundario		N/A
MMD07104	Ventilador tiro inducido		%
MMD07107	Motor vibrador tolva carboncillo		N/A

Tabla 3.3-3 Tabla listado de motores caldera 1

CALDERA 2

TAG	Descripción	Potencia	U.I.
MMD07201	Motor parrilla móvil		%
MMD07202	Ventilador aire primario		%
MMD07203	Ventilador aire secundario		N/A
MMD07204	Ventilador tiro inducido		%
MMD07207	Motor vibrador tolva carboncillo		N/A

Tabla 3.3-4 Tabla listado de motores caldera 2

BOMBAS Y CINTRAS

TAG	Descripción	Potencia	U.I.
MMD07300A	Bomba agua alimentación 1		N/A
MMD07300B	Bomba agua alimentación 2		N/A
MMD07301	Elevador de carboncillo		N/A
MMD07302	Cinta hacia caldera 1		N/A
MMR07302	Cinta hacia caldera 2		N/A
MMD07303	Cinta fija de carboncillo		N/A
MMD07304	Vibrador de carboncillo		N/A

Tabla 3.3-5 Tabla listado de bombas y cintas

3.5.3. Listado de transmisores

CALDERA 1

TAG	Descripción	Tipo de instrumento	Rango	U.I.	Alarmas			
LT07100	Transmisor de Nivel domo	4 – 20 mA	0 a 100	%	HH	H	L	LL
FT07100	Caudal de vapor	4 – 20 mA	0 a 50	T/H	HH	H	L	LL
FT07101	Caudal de agua alimentación	4 – 20 mA	0 a 50	T/H	HH	H	L	LL
PT07100	Presión aire primario	4 – 20 mA	-10 a 50	mm.c.a.	HH	H	L	LL
PT07101	Presión aire secundario	4 – 20 mA	-200 a 200	mm.c.a.	HH	H	L	LL
PT07102	Presión del hogar	4 – 20 mA	-50 a 50	mm.c.a.	HH	H	L	LL
PT07104	Presión del domo	4 – 20 mA	0 a 60	Bar.	HH	H	L	LL
TT07100	Temperatura gases antes economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07101	Temperatura gases después economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07102	Temperatura agua antes economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07103	Temperatura agua después economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07104	Temperatura salida de vapor	T.C. tipo J	0 a 700	°C	HH	H	L	LL
WT07100	Carbón de entrada	analógica	0 a 60	Kg.	X	X	X	X

Tabla 3.3-6 Tabla de transmisores caldera 1

CALDERA 2

TAG	Descripción	Tipo de instrumento	Rango	U.I.	Alarmas			
LT07200	Transmisor de Nivel domo	4 – 20 mA	0 a 100	%	HH	H	L	LL
FT07200	Caudal de vapor	4 – 20 mA	0 a 50	T/H	HH	H	L	LL
FT07201	Caudal de agua alimentación	4 – 20 mA	0 a 50	T/H	HH	H	L	LL
PT07200	Presión aire primario	4 – 20 mA	-10 a 50	mm.c.a.	HH	H	L	LL
PT07201	Presión aire secundario	4 – 20 mA	-200 a 200	mm.c.a.	HH	H	L	LL
PT07202	Presión del hogar	4 – 20 mA	-50 a 50	mm.c.a.	HH	H	L	LL
PT07204	Presión del domo	4 – 20 mA	0 a 60	Bar.	HH	H	L	LL
TT07200	Temperatura gases antes economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07201	Temperatura gases después economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07202	Temperatura agua antes economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07203	Temperatura agua después economizador	Pt-100	0 a 450	°C	HH	H	L	LL
TT07204	Temperatura salida de vapor	T.C. tipo J	0 a 700	°C	HH	H	L	LL
WT07200	Carbón de entrada	analógica	0 a 60	Kg.	X	X	X	X

Tabla 3.3-7 Tabla de transmisores caldera 2

ESTANQUES DE AGUA DE ALIMENTACIÓN

TAG	Descripción	Tipo de instrumento	Rango	U.I.	Alarmas			
LT07300	Transmisor de Nivel estanque superior	4 – 20 mA	0 a 100	%	HH	H	L	LL
LT07301	Transmisor de Nivel estanque inferior	4 – 20 mA	0 a 100	%	HH	H	L	LL

Tabla 3.3-8 Tabla de transmisores de estanques de agua de alimentación

3.6. PUNTO DE CONEXIÓN A LA RED

Para la definir en punto a conectar, debemos considerar lo siguiente:

- Disponibilidad de conexión
- Distancia a la estación de trabajo
- Red más favorable

3.6.1. Disponibilidad de conexión

En la red de comunicación existe disponibilidad de conexiones Ethernet RJ45, las cuales son administradas por un switch el cual es el equipo utilizado para interconectar en una red, son configurables (se pueden configurar sus puertos, velocidad de comunicación asignada, etc). En la planta se utilizan los switch STRATIX 8000 para la red ethernet, los cuales se configuran accediendo a la dirección IP de estos desde un navegador.

En la sección de caldera existe una sala de control donde se aloja el controlador programable y sus módulos de entrada y salida, además en el tablero donde se ubican los SRATIX 8000 de la red de supervisión, el switch de redundancia y el de la red de supervideo.

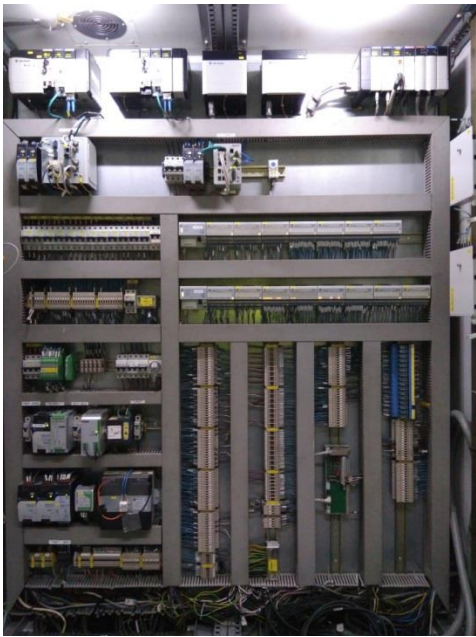


Figura 3.3-4 Tablero de PLC sala de calderas

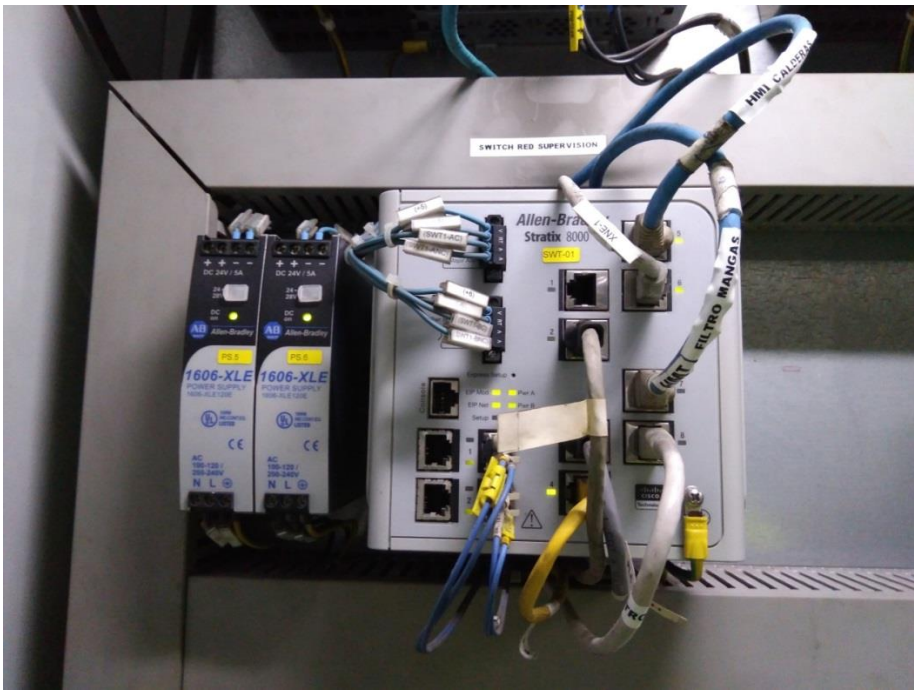


Figura 3.3-5 Switch STRATIX8000 red de supervisión.

Según lo visto anteriormente existe disponibilidad de conexión en los switch STRATIX8000 de la red de supervisión.

3.6.2. Distancia a estación de trabajo

La estación de trabajo o sala de operación de calderas se encuentra instalada en la misma sección en frente de las calderas, por lo que se mantiene una vigilancia física de estas mismas por parte de los operadores. El controlador programable se ubica en una sala de control en la misma sección, por lo que la estación de trabajo se ubicara en la sala de operación, que distante hasta el punto de conexión más próximo que se encuentra en la sala de control de calderas, son aproximadamente 10 metros.

3.6.3. Red más favorable

De acuerdo a la arquitectura existente, se considerara la red que brinde el punto más cercano de conexión al controlador programable de tal manera de evitar todo inconveniente que involucre una desconexión involuntaria o accidental, un tramo corto e identificado, alejado de zonas de alto movimiento, temperatura y vibraciones. De acuerdo a todo lo planteado se determina que la red de supervisión cumple con las características descritas.

3.7. LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES

Para la implementación de este proyecto se utilizaron los siguientes materiales:

- PanelView Plus 1000, marca ALLEN BRADLEY.
- Fuente de poder de 24 Vdc, potencia de 70 wats. Marca PHOENIX CONTACT
- Tablero metálico de 300 mm por 400 mm por 200 mm marca ENERLUX.
- Cable TAG color rojo y color negro.
- Cable cordón de alimentación más enchufe macho de 10 A.
- Riel DIN
- Bornera DIN

3.8. CONFIGURACIÓN DE PANTALLA HMI

El sistema de Rockwell posee una interfaz de Operación denominada *Factory Talk View* la que permite al usuario interactuar en línea con el proceso. Además de la Operación propiamente tal (comando de válvulas, motores, etc.). También brinda acceso a distintas funciones complementarias para la gestión de alarmas, diagnósticos, etc.

3.8.1. Pantallas de Proceso

Los archivos de extensión “.mer” son los que se generan en el desarrollo del HMI, en el entorno del Factory Talk. En la planta no poseen una nomenclatura definida, más bien adquieren el nombre de donde será su aplicación de trabajo.

Ejemplo:

Supervision_redundante_calderas.mer

3.8.2. Colores

Se utilizará fondo negro para todas las pantallas del sistema. Los títulos en los gráficos de proceso serán de un color que contraste con el fondo negro. Las líneas de proceso serán de los colores establecidos por los estándares de planta. Los elementos (imágenes de control de válvulas, motores e instrumentos de medición.) serán los diseñados por rockwell ubicados en la librería de Factory Talk View.

3.8.3. Gráficos

Para la creación de los gráficos se mantendrá la estructura del gráfico existente en el HMI de la estación de trabajo de calderas, todo esto en cuanto a la disposición en el

cuadro de la pantalla, ubicación de dibujos de las calderas, ubicación de los motores y display de variables. Para brindar familiaridad al operador cuando sea necesario su uso.

3.8.4. Indicaciones de Variables de Proceso

Los indicadores de variables analógicas de proceso se presentaran como un rectángulo de color azul para variables de nivel y presión, verde para pesaje y rojo para variables de temperatura, que incorpora dentro la unidad de medida y el valor de la medida.

En el caso de indicaciones de niveles de recipientes y tanques se incorporará una barra animada de fondo negro y magnitud en barra de color azul.

3.8.5. Indicaciones de Controladores de Lazo

Para el caso de controles de lazos, el acceso a cuadro de control se logra al hacer clic sobre el elemento final de control, es decir los cuadros de indicación de set point de color rojo, bombas o motores si corresponde y cuadro azul donde se visualiza la medición.

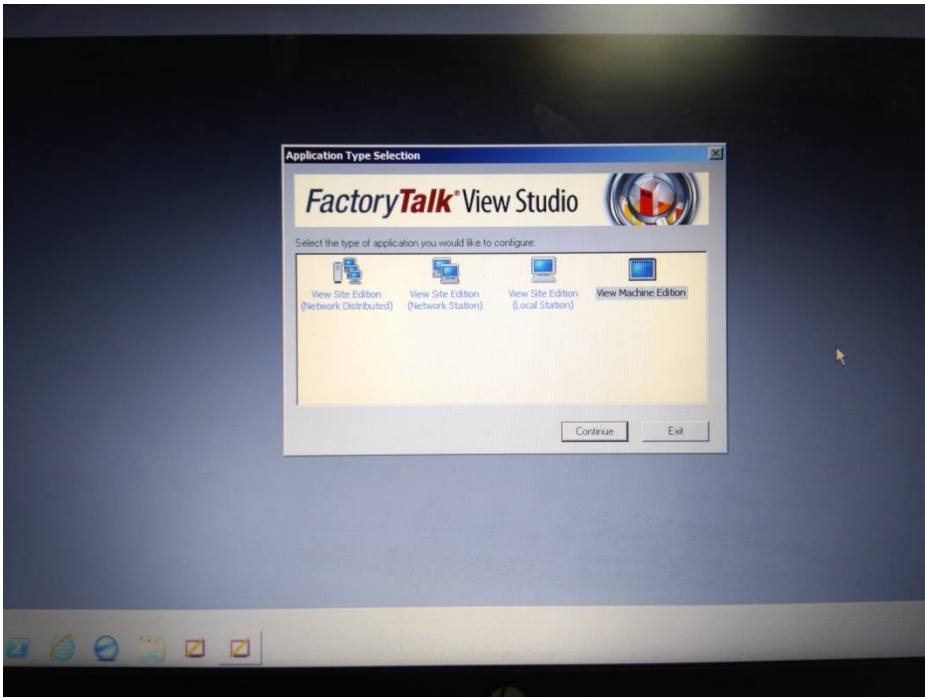
3.9. **CREACIÓN DE PROYECTO EN FACTORY TALK VIEW MACHINE EDITION (ME)**

A continuación se indica cómo se ejecuta y se da una revisión básica.

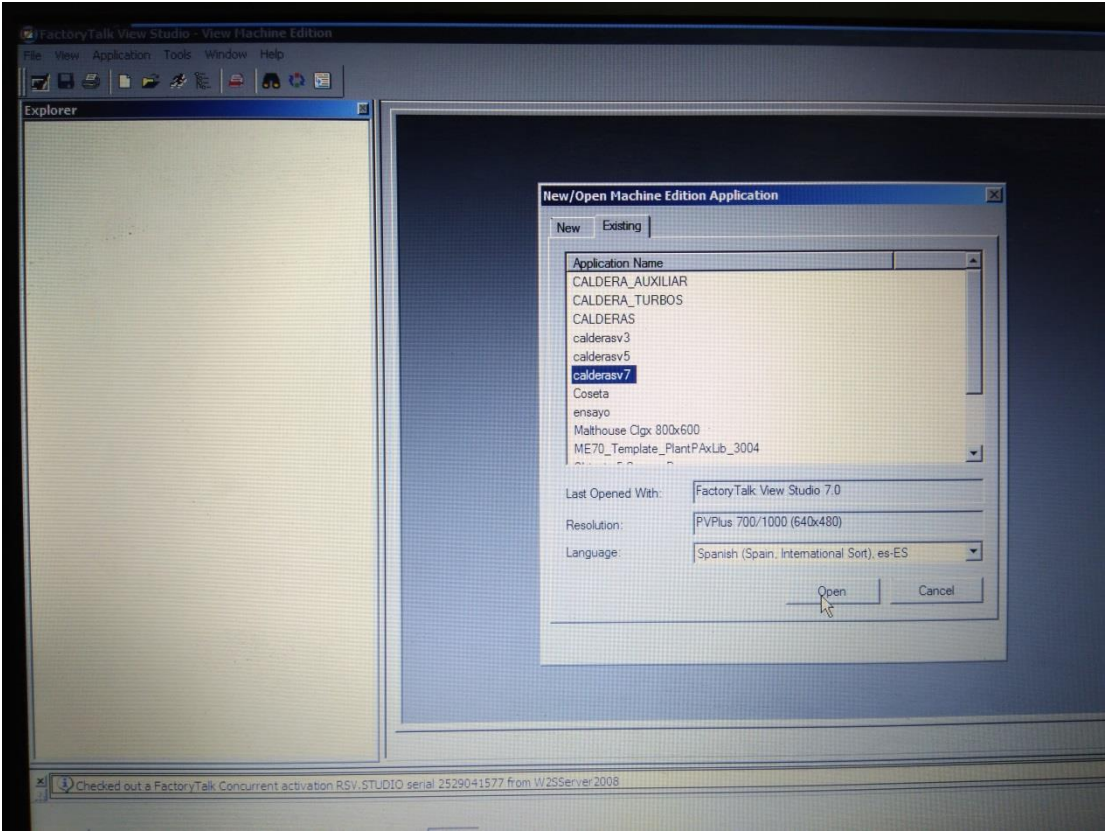
1. Presionar tecla WINDOWS, abrir aplicación Factory Talk View Studio.



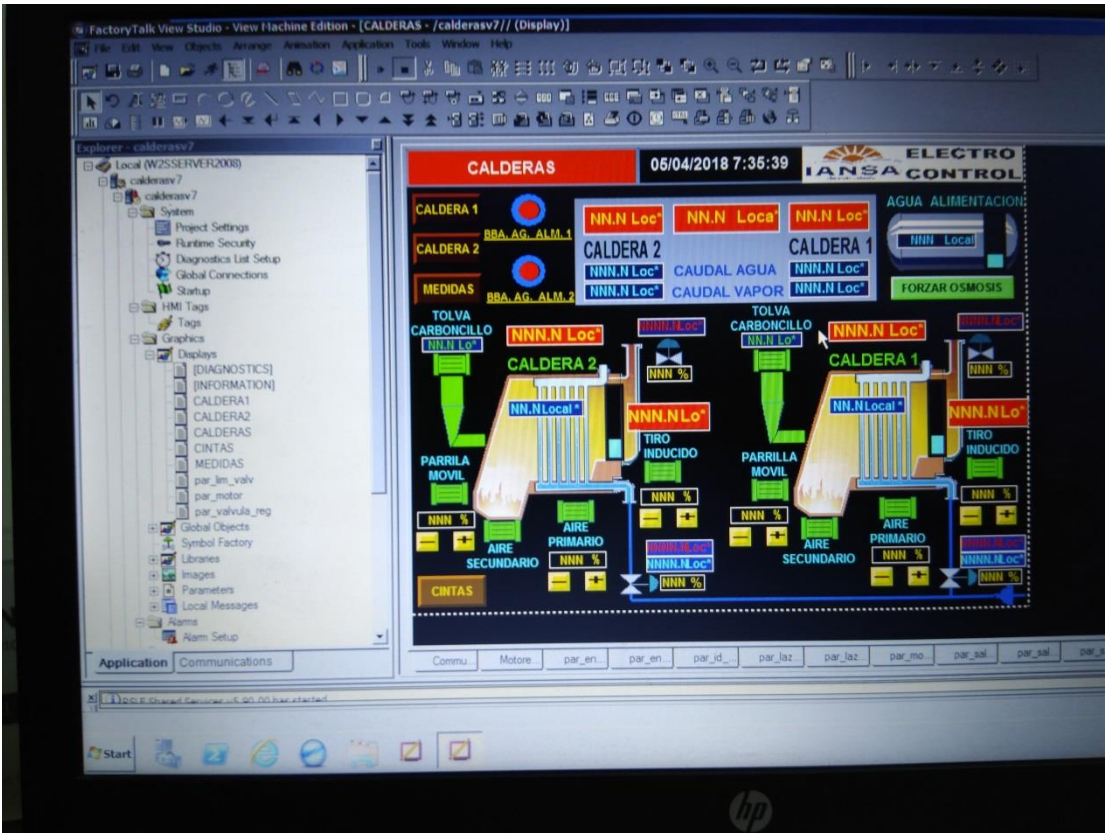
2. Seleccionar MACHINE EDITION



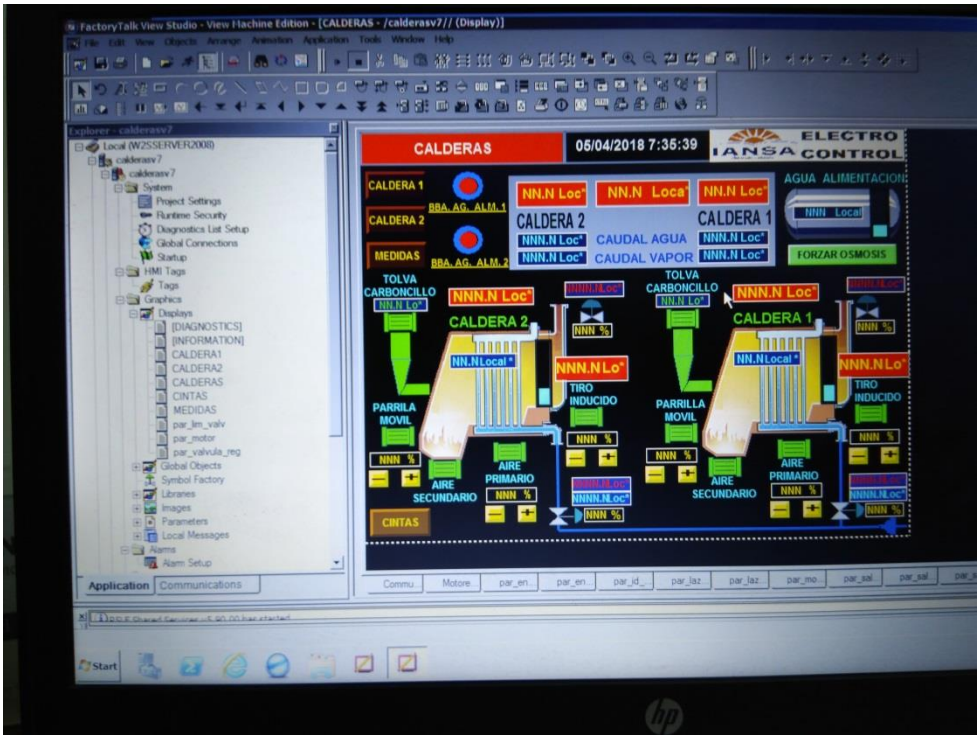
3. Luego se selecciona el proyecto, en este caso nuestro proyecto es el de “calderasv7”



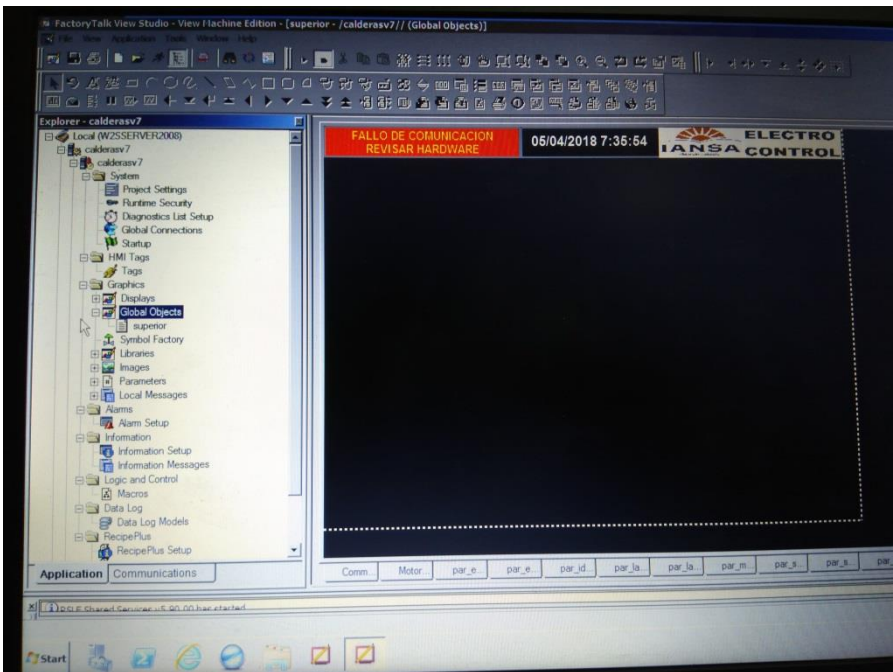
4. Ya con el proyecto abierto se distribuyen los gráficos y se asocian las variables de proceso a las direcciones de PLC



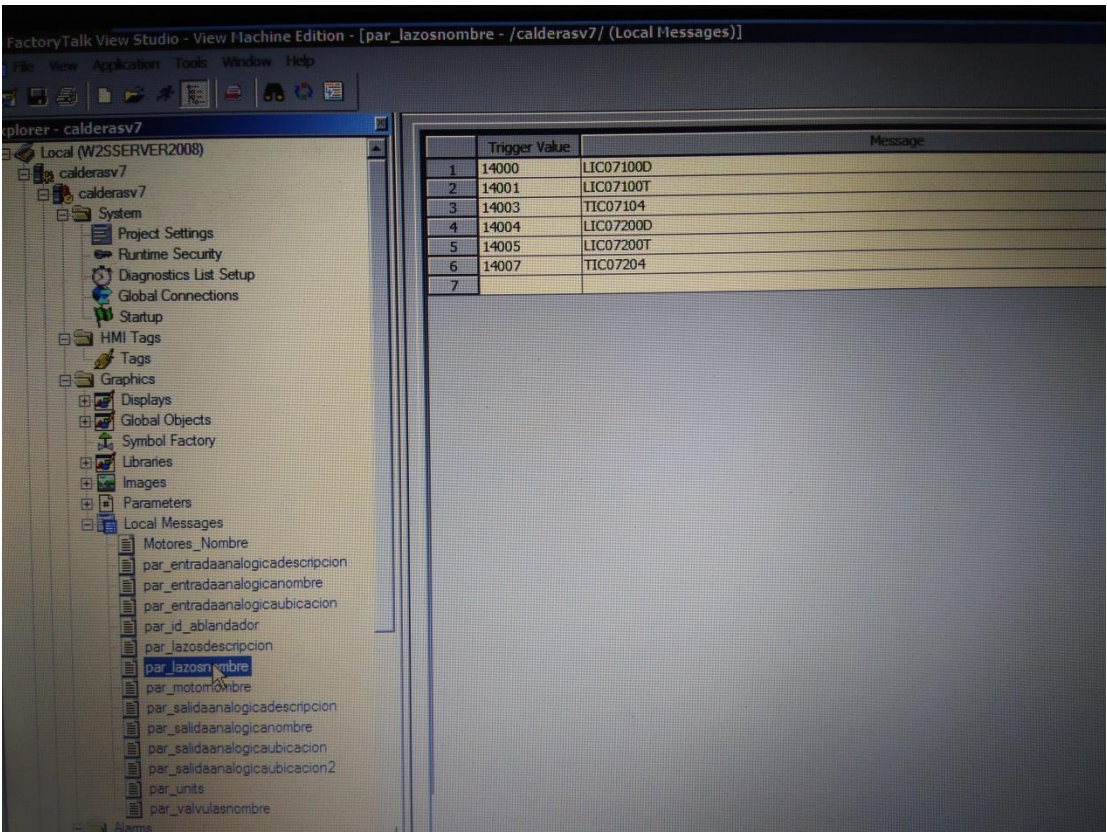
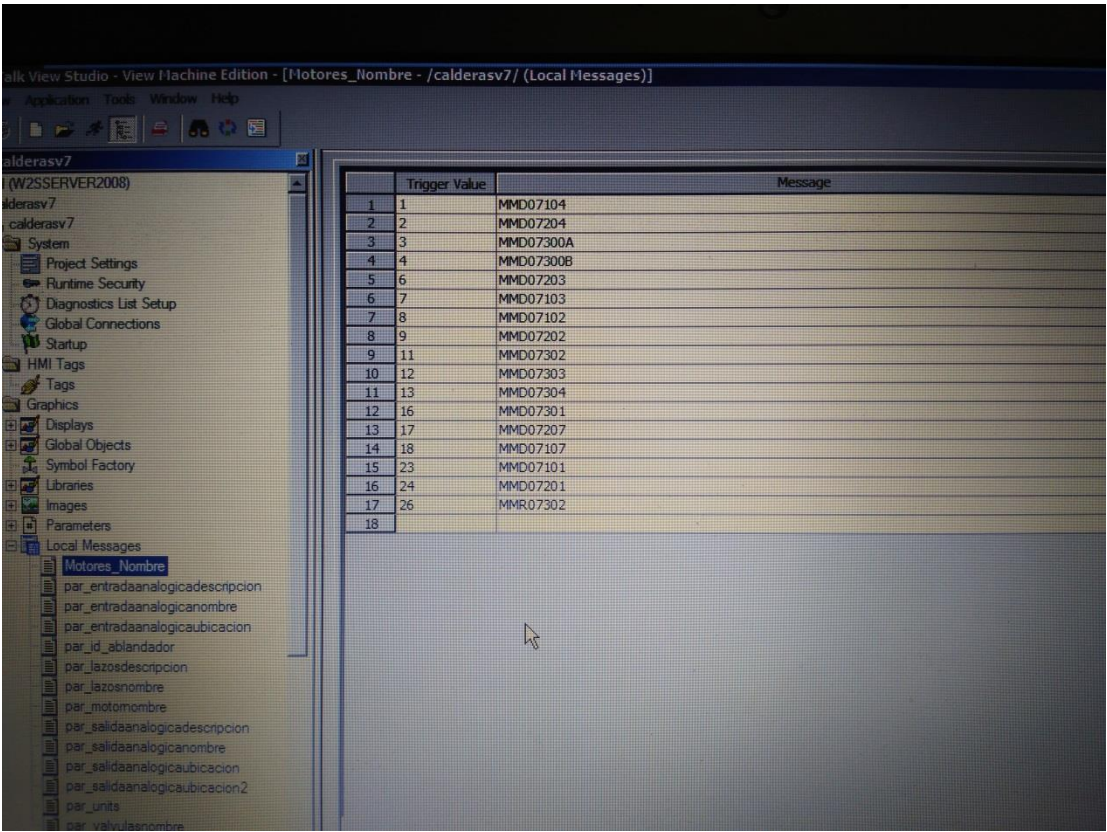
- 5. En el menú GRAPHICS, DISPLAYS se pueden abrir todas las ventanas del HMI (su diseño gráfico). Aquí es donde se puede editar. Se puede recurrir al menú HELP para comprender la utilización de cada una de las herramientas de diseño gráfico.



- 6. Otra de las funciones son los “global objets”, son gráficos permanentes con datos de proceso o alarmas, que generalmente contienen información de fecha, hora y nombre de la pantalla. Estos gráficos mantienen su posición al traspasar de una pantalla a otra y se comporta como un gráfico global del proyecto.



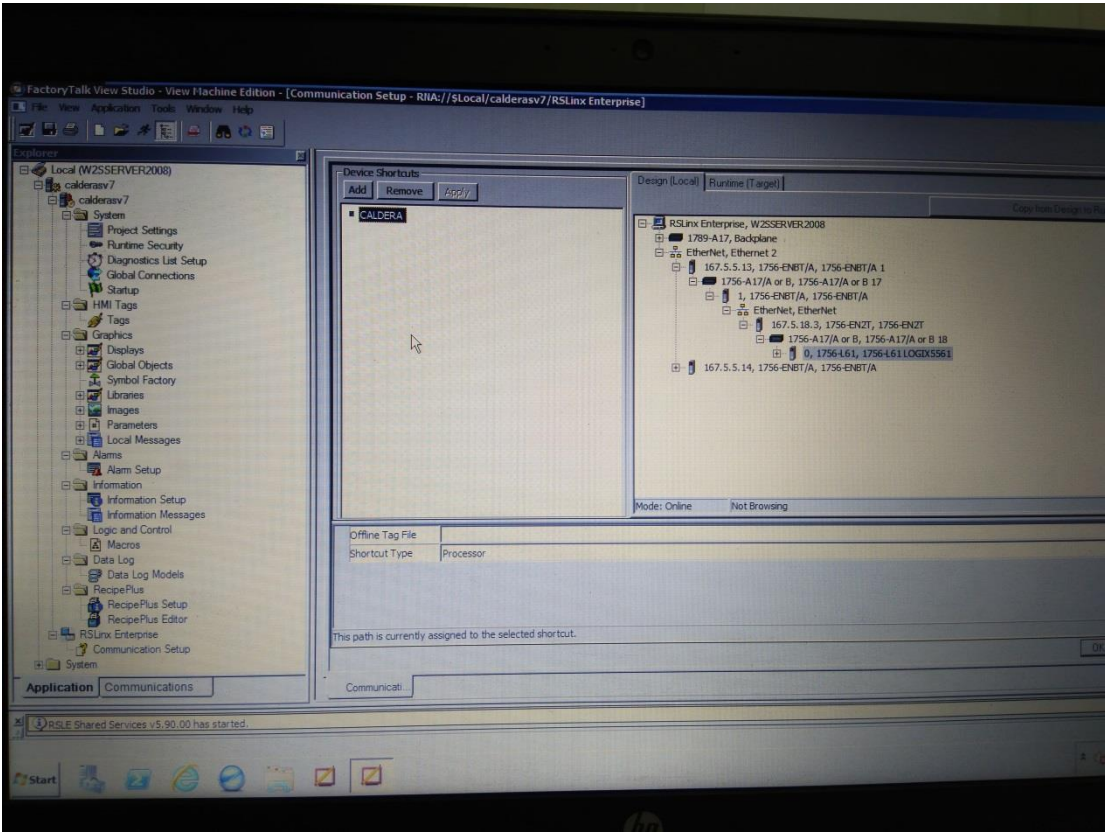
7. Para la visualización de los tag y mensajes descriptivos se debe asociar el mensaje al “trigger value” correspondiente a la variable. Esto se ingresa en “local message” creado para contenerlo.



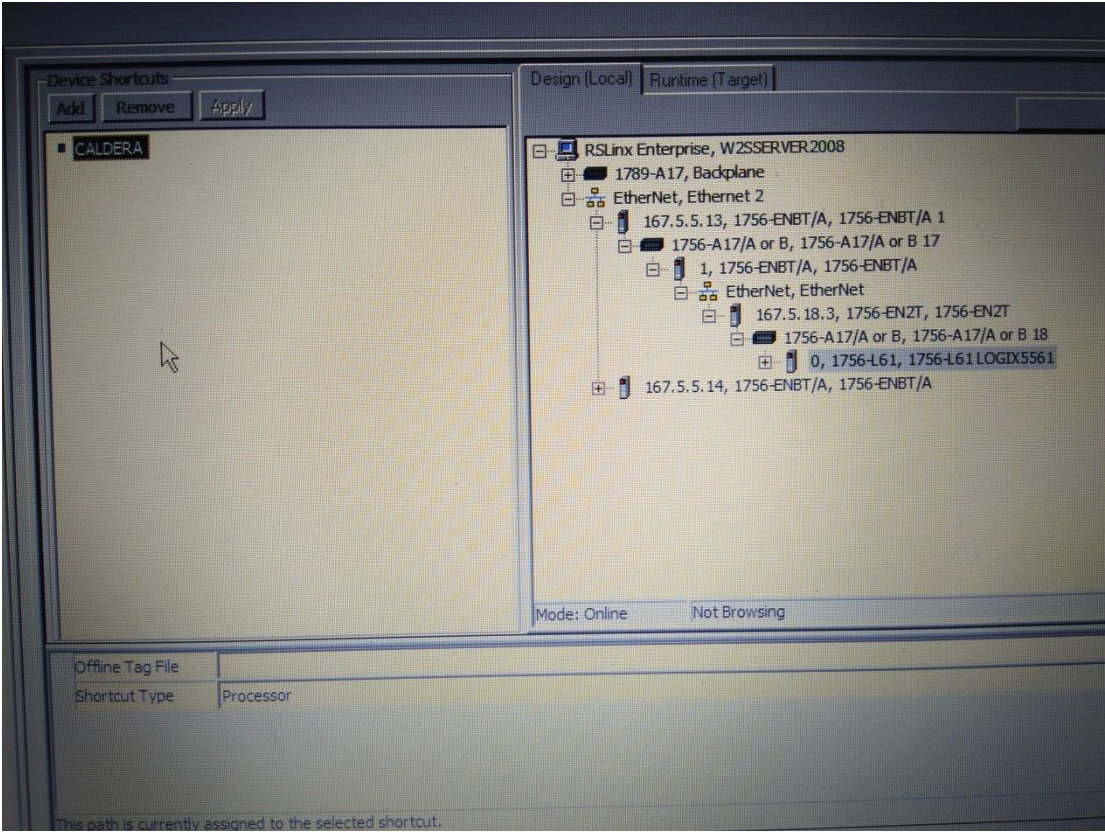
8. El direccionamiento de la ubicación de cada PLC o equipo (principalmente direcciones IP) se realizan en el menú RSLE_CHILLAN.



9. A continuación, se describe como se instancian el controlador programable con el proyecto HMI.



10. Conectado a la red se debe crear un “Shortcuts” para establecer el camino que usara el proyecto para interactuar con las variables de proceso administradas por el controlador programable asignado, en este caso será el PLC de calderas.



CONCLUSION

Con este proyecto se logró una propuesta concreta de mejora para robustecer la supervisión de las calderas. Esta propuesta de mejora, satisface la necesidad de mantener un sistema aislado de la red y el control distribuido para supervisar de manera independiente las variables asociadas a las calderas, con las cuales se puede mantener disponible ante una eventual incidencia en posibles fallas de transmisión de información sobre el sistema actual distribuido.

Con lo anterior se puede mantener la supervisión de manera eficiente en el control de las calderas, mediante la implementación de una pantalla de control (HMI) en forma paralela a la estación de trabajo, permitiendo el control y la visualización de las variables de terreno.

El resultado del funcionamiento de este proyecto, es clave ante un eventual problema de comunicación de la estación de trabajo y el sistema de supervisión vigente, brindando supervisión y control al operador de caldera en caso de la no disponibilidad de su estación de trabajo asociada a la red distribuida.

Para su implementación se utilizó un PanelView1000Plus, que además otorgó la ventaja de disminuir considerablemente el tramo que recorre el cable de comunicación hacia el controlador programable de calderas quedando esta nueva estación de trabajo como una isla dentro de la red distribuida dominante en planta, ofreciendo una solución más rápida y económica.

BIBLIOGRAFÍA

ROCKWELL. Redes y comunicaciones, definiciones y referencias.

<<https://ab.rockwellautomation.com/es/Networks-and-Communications>> [consulta: 10 de febrero 2018]

ROSADO Muñoz, Alfredo, SISTEMAS INDUSTRIALES DISTRIBUIDOS: Una filosofía de automatización (APUNTES TEORÍA) 3º ITT-SE. Valencia, España: Universidad de Valencia.

Segmentación de las redes de control de la planta Chillán, Chillán, Chile (1), 2016.