

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DEL COMPRESOR DE
REFRIGERACIÓN EN UNA PLANTA MODULAR

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del Título de:

Magister en Automatización y Control

Presentado por:

Diego Francisco Jerez Bunces

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y la sabiduría que necesitaba para alcanzar este logro.

Este trabajo tiene una especial dedicatoria a todas y cada una de las personas que han estado en mi vida, disfrutando de mis triunfos y ayudándome a superar en las derrotas.

A a mis padres, Paco y Norma, quienes siempre me han guiado con su ejemplo de esfuerzo, sacrificio y perseverancia.

A mi esposa Alexandra y a mis hijas Sarita y Lupita, que con su amor, paciencia y comprensión me han acompañado en cada paso de este camino.

A mi hermano Javier, por estar siempre a mi lado con su apoyo y confianza, recordándome que los logros compartidos tienen un valor mucho más grande.

Y a mis primos Tony, Karen, Miguel, con la esperanza de que este esfuerzo se convierta en un ejemplo de que los sueños se pueden alcanzar con disciplina, constancia y fe en uno mismo.

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, a Dios, por el regalo de la vida, la salud y la fortaleza que me han permitido llegar hasta aquí.

A mis padres, ya que sembraron en mí, los valores del trabajo y la disciplina, que son los pilares fundamentales que han guiado mi desarrollo personal y profesional.

A mi esposa y a mis hijas, quienes son mi mayor fuente de motivación. Su amor, paciencia y comprensión, me han dado la energía necesaria para seguir adelante. Este logro también es suyo.

A mi hermano, por su constante respaldo, sus palabras de aliento y la confianza que siempre ha tenido en mí.

A mis primos, por estar pendientes de “cuando termino la tesis”, y pues hoy lo hice, y espero que pronto ustedes también lo hagan. Y llenen de orgullo a sus padres.

Y, por último, a mis maestros y mentores, por compartir generosamente sus conocimientos y orientarme con profesionalismo y compromiso. Su guía ha sido crucial para mi crecimiento académico y profesional, y para que este logro sea una realidad hoy.

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, Diego Francisco Jerez Bunces acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor. El estudiante deberá procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 22 de octubre del 2025.

Diego Francisco Jerez Bunces

Evaluadores

Dennis Fabián Paillacho Chiluiza

Profesor de Materia

Patricia Isabel Pasmay Bohórquez

Tutor de proyecto

RESUMEN

El proyecto plantea la modernización e integración de la operación del compresor de refrigeración de la Planta Modular mediante la sustitución de instrumentación neumática y de dispositivos en obsolescencia por una arquitectura liderada por controladores lógicos programables (PLC) y un sistema de interfaz de operación HMI. El enfoque responde a la exigencia de elevar la confiabilidad operativa, de atender la normativa vigente y de consolidar niveles de seguridad en áreas clasificadas.

En la fase de desarrollo se incorporaron equipos aprobados para atmósferas explosivas, en tanto que se introdujeron protocolos de comunicación Modbus TCP/IP, Modbus RTU y HART. Se generaron pantallas gráficas que cumplen la norma ISA-101 y se adoptaron lineamientos contenidos en las normas IEC, NFPA y PCA 08, garantizando la armonización con los requisitos del sector Oil & Gas.

Los ensayos confirmaron mejoras en los niveles de supervisión y control del compresor, una disminución de los tiempos de interrupción no planificada y un perfeccionamiento en la respuesta a incidentes. Se logró la integración del seguimiento en línea, del almacenamiento de datos históricos y, en consecuencia, un reforzamiento del mantenimiento predictivo.

En síntesis, la creación de la nueva arquitectura de control proporciona un aumento en la eficiencia operativa, un crecimiento en la seguridad y una base para el escalado a mejoras tecnológicas de próxima generación.

Palabras clave: Automatización industrial, PLC, Modbus TCP/IP, HMI, ISA-101.

ABSTRACT

This project aims to modernize and integrate the control system of the refrigeration compressor at the Modular Plant, replacing pneumatic instrumentation and obsolete devices with an architecture based on programmable logic controllers (PLC) and human-machine interface (HMI) supervisory systems. The proposal is justified by the need to increase operational reliability, comply with current regulations, and ensure safety in hazardous areas.

For the development, equipment certified for explosive atmospheres was selected, industrial communication protocols Modbus TCP/IP, Modbus RTU, and HART were implemented, and graphical interfaces were designed in accordance with ISA-101 standards. Guidelines from IEC, NFPA, and PCA 08 standards were applied, ensuring compatibility with the Oil & Gas sector requirements.

The results showed a significant improvement in compressor supervision and control, reduced unplanned downtime, and optimized fault response. The system integrated real-time monitoring and historical data collection, enabling predictive maintenance.

It is concluded that the implementation of the new control system increases operational efficiency, enhances safety levels, and establishes a scalable platform for future technological improvements.

Keywords: Industrial automation, PLC, Modbus TCP/IP, HMI, ISA-101.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema	4
1.3 Objetivos	9
1.3.1 Objetivo General.....	9
1.3.2 Objetivos Específicos	9
CAPÍTULO 2.....	10
2 METODOLOGÍA	10
2.1 Arquitectura de Control	10
2.1.1 Topología.....	11
2.1.2 Diagrama de flujo de control	12
2.2 Dimensionamiento de Controlador	14
2.3 Cuantificación de Instrumentos y Accesorios	15
2.4 Accesorios Eléctricos & Instrumentación	15
2.5 PLC y Módulos de Control	15
2.5.1 Controlador Murphy Centurion.....	16
2.5.2 Panel View MV-4	19
2.5.3 PLC Modicon	21
2.5.4 Configuración Controlador Murphy	23
2.5.5 Configuración Del Sistema - Hardware.....	26
2.5.6 Configuración Del Sistema - Comunicaciones.....	27
2.5.7 Entradas Digitales.....	27
2.5.8 Salidas Digitales	28
2.5.9 Entradas Analógicas.....	29
2.5.10 Salidas Analógicas.....	30
2.5.11 Entradas de Temperatura	31
2.5.12 Puntos Magnéticos.....	32

2.5.13	Puntos de Ajuste	33
2.5.14	Temporizadores Globales	34
2.5.15	Eventos	35
2.5.16	Asignación de Salida.....	36
2.5.17	Estados	37
2.5.18	Pantallas de Visualización.....	38
2.5.19	Módulo de Visualización Modicon	39
2.6	Norma ISA-101.....	40
2.6.1	Normalización del uso de colores	41
2.6.2	Representación de alarmas	42
2.6.3	Representación para encendido o apagado de válvulas de control	43
2.6.4	Representación de botones de comando y navegación	44
2.7	Hardware Adicional (Equipos Mayores)	45
2.7.1	Transmisor de Presión.....	45
2.7.2	Termocuplas	47
2.7.3	Switch de Vibración	49
2.7.4	Switch de Nivel	50
2.7.5	Controlador de Nivel de Aceite	51
CAPÍTULO 3.....		54
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS	54
3.1	Tags	54
3.2	Programación de Controlador Murphy	55
3.2.1	Hardware Options.....	55
3.2.2	Comm Port Settings.....	56
3.2.3	Configuración de Digital Input (DI).....	57
3.2.4	Configuración de Digital Output (DO)	58
3.2.5	Configuración de Analog Inputs (AI).....	59
3.2.6	Configuración Analog Output (AO)	60
3.2.7	Configuración Magnetic Pick Up.....	61
3.2.8	Configuración Set Points	62
3.2.9	Configuración Eventos / Fallas	63
3.3	Asignación de Variables PLC	64
3.3.1	Programación PLC	67
3.3.2	Visualización Señales Pantalla HMI	69
3.4	Presupuesto	76

3.5	Análisis Técnico de Resultados.....	81
CAPÍTULO 4.....		84
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		84
4.1.	Conclusiones.....	84
4.2	Recomendaciones.....	85
BIBLIOGRAFÍA.....		87
ÁPENDICES.....		88

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de datos
PLC	Controlador lógico programable
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
ISA	Sociedad Internacional de automatización
HMI	Interface hombre-máquina
LD	Programación escalera
DI	Entrada digital
AI	Entrada analógica
AO	Salida analógica
DO	Salida digital
PC	Computador personal
E/S	Entradas/Salidas
RTU	Unidad terminal remota
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
VDC	Voltaje corriente directa
VAC	Voltaje corriente alterna
M	Manual
A	Automático
P	Permisivo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Distribución Estaciones de Captación de Gas [Autor]	1
Figura 1.2 Parte Interna del Tablero de Control [Autor]	3
Figura 1.3 Parte Frontal del Tablero de Control [Autor]	4
Figura 2.1 Topología de Comunicación [Autor]	12
Figura 2.2 Diagrama de flujo de control [Autor]	14
Figura 2.3 Controlador Murphy Centurion	17
Figura 2.4 Especificaciones Técnicas Controlador Murphy Centurion	19
Figura 2.5 Panel View MV-4	19
Figura 2.6 Especificaciones Técnicas Panel View.....	20
Figura 2.7 Especificaciones Técnicas PLC Modicon	23
Figura 2.8 Icono de Configuración Controlador Murphy	24
Figura 2.9 Configuración Controlador Murphy.....	24
Figura 2.10 Editor Configuración Controlador Murphy	25
Figura 2.11 Configuración General Controlador Murphy	26
Figura 2.12 Configuración del Sistema – Hardware	26
Figura 2.13 Configuración del Sistema - Comunicaciones	27
Figura 2.14 Entradas Digitales	28
Figura 2.15 Salidas Digitales	29
Figura 2.16 Entradas Analógicas.....	30
Figura 2.17 Salidas Analógicas	31
Figura 2.18 Entradas de Temperatura.....	32
Figura 2.19 Puntos Magnéticos	33
Figura 2.20 Puntos de Ajuste	34
Figura 2.21 Temporizadores Globales	35
Figura 2.22 Eventos	36
Figura 2.23 Asignación de Salida	37
Figura 2.24 Estados	38
Figura 2.25 Pantallas de Visualización	39
Figura 2.26 Validar el Menú.....	39
Figura 2.27 Módulo de Visualización Modicon	40
Figura 2.28 Normalización del uso de colores.....	42
Figura 2.29 Representación de alarmas.....	43

Figura 2.30 Representación para encendido o apagado de válvulas de control	44
Figura 2.31 Representación de botones de comando y navegación	45
Figura 2.32 Especificaciones Técnicas del Transmisor de Presión	46
Figura 2.33 Especificaciones Técnicas de Termocuplas	48
Figura 2.34 Especificaciones Técnicas Switch de Vibración	50
Figura 2.35 Especificaciones Técnicas Switch de Nivel	51
Figura 2.36 Especificaciones Controlador de Nivel de Aceite	52
Figura 3.1 Hardware Options.....	56
Figura 3.2 Comm Port Settings	56
Figura 3.3 Asignación de Variables	67
Figura 3.4 Secuencia Funcionamiento	68
Figura 3.5 Visualización Señales Pantalla HMI	69
Figura 3.6 Botones para navegar entre pantallas del HMI	70
Figura 3.7 Botón Real-Time.....	70
Figura 3.8 Tendencias en Tiempo Real de las Variables del Proceso	70
Figura 3.9 History Trend	71
Figura 3.10 Alarmas y los Eventos más Importantes de la Estación	71
Figura 3.11 Pantalla Correspondiente al SE_ Sistema de Refrigeración	72
Figura 3.12 Válvula de control de Presión PCV-520	73
Figura 3.13 Aero Enfriador (AIR COOLER) AC-540A	73
Figura 3.14 Scrubber o recipiente V-560 A, y una bomba SE_P_550A	74
Figura 3.15 Compresor de Refrigeración K_530 A.....	74
Figura 3.16 Pantalla del HMI	75
Figura 3.17 Valores de los Transmisores de Presión	75
Figura 3.18 Datos Correspondientes al Motor	76
Figura 3.19 Modo de Trabajo del Compresor de Refrigeración.....	76
Figura 3.20 Bomba SE_P_550 A.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Instrumentación Neumática y Ubicación en el Compresor de Refrigeración [Autor].....	5
Tabla 2.1 Tag de Proceso a los Transductores de Presión [Autor]	47
Tabla 2.2 Tag de Proceso a las Termocuplas Tipo J	48
Tabla 2.3 Tag de Proceso a los Interruptores de Vibración.....	50
Tabla 2.4 Tag de Proceso a los Interruptores de Nivel.....	53
Tabla 3.1 Tag utilizados para la configuración del controlador Murphy.....	55
Tabla 3.2 Digital Inputs	58
Tabla 3.3 Digital Outputs	59
Tabla 3.4 Analog Inputs.....	60
Tabla 3.5 Analog Outputs	61
Tabla 3.6 Magnetic Inputs	62
Tabla 3.7 Setpoints.....	63
Tabla 3.8 Events/Faults	64
Tabla 3.9 Asignación de Variables PLC	64
Tabla 3.10 Valores referenciales para la implementación de la automatización del sistema de control del compresor de refrigeración	77
Tabla 3.11 Análisis de Resultados	82

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En la región Amazónica del Ecuador, se encuentra un complejo energético muy importante que se dedica al procesamiento de hidrocarburos y gas asociado. Este sistema funciona a través de una red interconectada de estaciones de captación que transportan la materia prima desde varias estaciones de captación de gas situados distribuidos en las provincias de Sucumbiós y Orellana, centrándose principalmente en las áreas productivas de Shushufindi, Libertador y Sacha, como se puede apreciar en la figura 1.1.



Figura 1.1 Distribución Estaciones de Captación de Gas [Autor]

La infraestructura destinada a la captación y procesamiento del gas asociado está compuesta por un conjunto de instalaciones que facilitan su captación, transporte y tratamiento. Entre ellas, destaca la Planta Modular, donde se lleva a cabo el proceso de licuefacción del gas asociado. En este proceso, los hidrocarburos en estado gaseoso se someten a condiciones controladas de presión y temperatura para obtener componentes que se pueden tratar, siendo la gasolina base uno de los principales productos derivados. El gas tratado proviene de varios pozos situados en el Campo Libertador, que están

interconectados a través de una red de gasoductos que aseguran un suministro continuo. Una vez que se completa el proceso de licuefacción, los componentes líquidos se dirigen a instalaciones de procesamiento adicionales, donde se llevan a cabo etapas extra de tratamiento y fraccionamiento para obtener derivados energéticos y comerciales.

Para poder realizar el tratamiento de las corrientes de gas y líquidos intervienen algunos procesos, mismos que se detallan a continuación:

- Compresión del Gas de Succión
- Remoción del CO₂
- Separador de Entrada
- Columna Dethanizadora
- Sistema de Refrigeración
- Sistema de Regeneración de Glicol
- Sistema de Calentamiento de Aceite
- Aire de Instrumentos

Para realizar la mezcla de aceite sintético de lubricación Propak con el Propano, se utiliza un sistema de refrigeración el cual se realiza mediante un compresor de tornillo, el cual su función principal es reducir la temperatura de 173°F a 78°F, con una presión de succión del compresor entre 5 – 12 PSI.

El sistema de control del compresor refrigerante en la planta modular, presenta problemas a nivel de hardware y software, se realizaron las revisiones técnicas pertinentes y se determinó que presenta averías a nivel del microprocesador y sus componentes neumáticos (sensores, switch, finales de carrera).

La mala ubicación de los instrumentos de medición, controlador y las líneas hidráulicas y neumáticas dentro del panel de control ha provocado fugas de aceite que afectan la integridad del sistema de ventilación, las líneas eléctricas y el sistema de control, lo que

provoca que el compresor de refrigeración se apague inesperadamente, lo cual afecta directamente en la producción de la Planta Modular.

En la Figura 1.2. se puede apreciar la parte interna del tablero de control, cómo se encuentra distribuido la instrumentación neumática, como los sensores de presión, las líneas hidráulicas (aceite propak), cables de comunicación y cables de alimentación del sistema de control. Adicional se puede apreciar cómo se encuentra el aceite derramado en la parte interna del tablero de control.

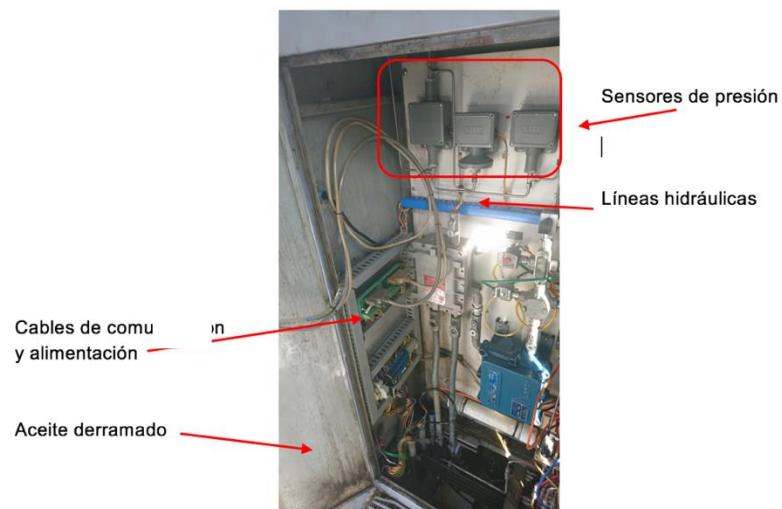


Figura 1.2 Parte Interna del Tablero de Control [Autor]

En la figura 1.3. se puede apreciar la parte frontal del tablero de control, los instrumentos como son los manómetros de presión de diversos puntos del compresor de refrigeración, el controlador averiado, paro de emergencia, regulador de presión, el mismo que tiene la función de regular la velocidad (RPM) del compresor de refrigeración.



Figura 1.3 Parte Frontal del Tablero de Control [Autor]

Los compresores de refrigeración, comprimen el gas propano que sirve como agente refrigerante del gas asociado en los procesos Intercambiador Chiller y Condensador de Reflujo Desetanizador, la producción de la Planta Modular se ve perjudicada si estos equipos no funcionan correctamente.

Al momento, el técnico operador realiza el monitoreo de manera local de las distintas variables tanto de temperaturas, presión de succión, presión de salida, presión del gas combustible, velocidad del motor compresor, no dispone actualmente de señales visuales digitales, tanto de los estados como de las alarmas, las principales señales de las variables no llegan al HMI del cuarto de control principal de la Planta Modular.

El estado en el que se encuentra actualmente el sistema de control del compresor de refrigeración, representa un riesgo para la integridad del personal técnico operativo que labora en la planta modular, así como también para las instalaciones, debido a que si surge algún problema puede causar daños irreversibles y costosos, pudiendo generar paros no programados y por ende pérdida de producción en el normal abastecimiento de la materia prima hacia las instalaciones del Complejo Industrial Shushufindi (CIS).

1.2 Justificación del problema

El sistema de refrigeración de la Planta Modular, son equipos que trabajan de manera permanente de acuerdo a los parámetros y condiciones operativas en base al gas de succión proporcionado por los separadores de entrada.


Los sistemas de control que actualmente se utilizan para el control y monitoreo de las unidades es neumático en su mayoría y las señales del mismo, solo se pueden monitorear de manera local, adicional los mismos por su periodo de trabajo prolongado ya han finalizado su vida útil, dado que son instrumentos que en sus componentes

internos utilizan elementos mecánicos para su funcionamiento, estos tienden a sufrir daños y en ocasiones se filtra agua y/o aceite que vienen a través de las tuberías de aire de instrumentos.

Y en algunos casos, los instrumentos han sido declarados obsoletos por parte del fabricante, lo cual dificulta la adquisición de repuestos de los mismos.

Todas estas condiciones son las que producen que los instrumentos puedan presentar fallos y emitan falsas alarmas de operación y/o paradas inesperadas de los equipos, en la próxima Tabla 1.1, se indica los instrumentos que actualmente se encuentran instalados para realizar el monitoreo y control de las diferentes variables de las unidades de compresión, y la ubicación referencial de los mismos para cada compresor.

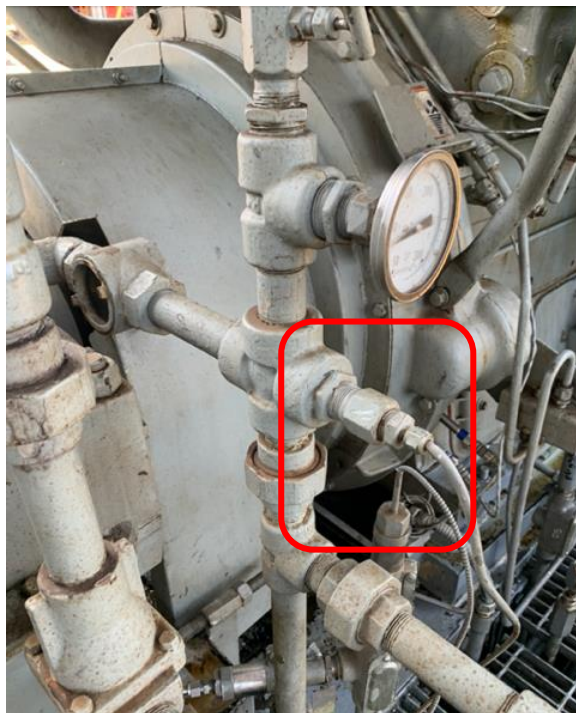
Tabla 1.1 Instrumentación Neumática y Ubicación en el Compresor de Refrigeración [Autor]

PRESIÓN	
Instrumentación Neumática	
Válvula sensor (Switch) de presión	
	
	

TEMPERATURA

Instrumentación Neumática

Switch de alta temperatura



VIBRACIÓN

Instrumentación Neumática

Switch de vibración



NIVEL

Instrumentación Neumática

Switch de nivel





NIVEL

Instrumentación Neumática

Mantenedor y Switch de nivel de aceite



Como se observa en las imágenes previas, son instrumentos que se encuentran deteriorados por su tiempo de trabajo, existen elementos que han tenido que ser acoplados para poder garantizar el funcionamiento de los mismos.

Algunos instrumentos han sido declarados como obsoletos por parte del fabricante, lo cual dificulta la adquisición de los mismos y el personal de mantenimiento se ve en la

necesidad de acoplar instrumentos que no son específicamente para uso en compresores, lo cual produce falsas alarmas y/o paros no programados.

Además, se debe tener en consideración que los sistemas de control en la actualidad cuentan con diversos protocolos de comunicación los cuales permiten transmitir mayor cantidad de información de instrumentos y equipos con mayor rapidez de transmisión de datos, lo que permite realizar el monitoreo permanente sobre el estado y operatividad de los compresores en tiempo real, actuando de manera oportuna ante cualquier evento anormal que se pueda producir y de esta manera poder asegurar mayor eficiencia y productividad de los procesos.

Con la implementación de la instrumentación electrónica se espera contar con el monitoreo de señales de sensores, transmisores y elementos finales de control en tiempo real, lo que permitirá un mejor control sobre los parámetros que intervienen en el sistema de refrigeración, optimizando y garantizando así la operatividad continua de los equipos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Optimizar el sistema de control del Compresor de Refrigeración de la Planta Modular, utilizando un controlador lógico programable y panel view local para el monitoreo y control de las principales variables del proceso.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Crear la programación del controlador lógico programable (PLC) para automatizar el sistema de control del compresor de refrigeración, asegurando un funcionamiento eficiente y confiable.
- Diseñar la interfaz gráfica utilizando la Norma ISA 101, para controlar y monitorear el proceso en tiempo real.
- Procesar los datos utilizando el HMI principal de la Planta Modular.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

El enfoque para modernizar el sistema de control del compresor de refrigeración en la planta modular, se divide en varias fases para poder cumplir con los objetivos planteados inicialmente, desde el diagnóstico del sistema existente hasta la optimización después de la implementación, los mismos se detallan a continuación:

- Arquitectura de Control
- Dimensionamiento del Sistema de Control
- Cuantificación de Instrumentos y Accesorios
- Programación y configuración según tipo de controlador
- Diseño de pantallas HMI
- Hardware adicional utilizado

El objetivo de esta metodología es crear un enfoque estructurado y sistemático para la implementación y actualización del sistema de control del compresor de refrigeración en la planta modular, garantizando la integración efectiva de tecnologías modernas. Los cuales están diseñados para optimizar el rendimiento operativo del compresor, mejorar la confiabilidad y precisión del monitoreo de parámetros críticos, garantizar la confiabilidad operativa y garantizar que el sistema actualizado cumpla con los estándares técnicos y operativos requeridos para un control efectivo del proceso industrial.

2.1 Arquitectura de Control

Para la implementación de este proyecto se utilizó, dos tipos de comunicación, una Modbus TCP y Modbus Serial RS232.

La arquitectura de red Modbus El término "serial" se emplea para la comunicación entre el controlador, principal Murphy Centurion y el Panel View Local, así como para la comunicación entre el PLC Modicon y el Módulo Visualizador. Este tipo de comunicación se la utiliza debido a que los dispositivos están ubicados a una distancia considerable entre sí, como se sabe la distancia máxima para este tipo de comunicaciones es de hasta 15 metros (50 ft), adicional es recomendable para comunicaciones punto a punto.

Para la comunicación entre los controladores del compresor de refrigeración y la RTU del sistema de control general de la Planta Modular, se utilizó la red de comunicación Modbus TCP, las mismas que se encuentran enlazadas mediante un switch de comunicaciones en el tablero de control del compresor y otro interruptor en el panel de control principal de la instalación.

La aplicación de este protocolo de comunicación se da, debido a que la comunicación modbus TCP es muy utilizada en la industria OIL & GAS, principalmente en el área de Estaciones de Captación de Gas, lo cual permite una mayor facilidad al momento de implementar futuros equipos o instrumentos que requieran conectarse a la red, debido a su adaptabilidad para la conexión con múltiples dispositivos, otra de las consideraciones se da por la distancia que existe entre los compresores de refrigeración y el panel de control principal de la planta modular, y al ser una red modbus TCP, esta permite conexiones hasta una distancia 100m con par trenzado.

2.1.1 Topología

Para la creación del sistema de control, se instauró una red basada en protocolos de comunicación Modbus TCP (Ethernet TCP/IP) y Modbus RTU (Serial RS-232), cuyo propósito es conectar el sistema de control local con el principal de la Planta Modular; para ello, se utilizaron switches de comunicación.

Para este caso, la conexión que utiliza este tipo de comunicación se encuentra dentro del tablero de control por lo que para este proyecto no representa un riesgo al momento de realizar la implementación.

Para la comunicación Modbus TCP, se establece como requisito que los nodos se encuentren en el mismo intervalo de direcciones IP, que se emplea para el sistema de control.

Se debe considerar que para la comunicación Modbus RTU (Serial RS-232), el protocolo emplea la combinación Maestro-Esclavo. Según las condiciones del sistema de control de una red Modbus RTU, puede haber un maestro y hasta 247 esclavos, cada uno con su propia dirección. La restricción de este tipo de comunicación radica en la distancia de conexión entre los distintos dispositivos.

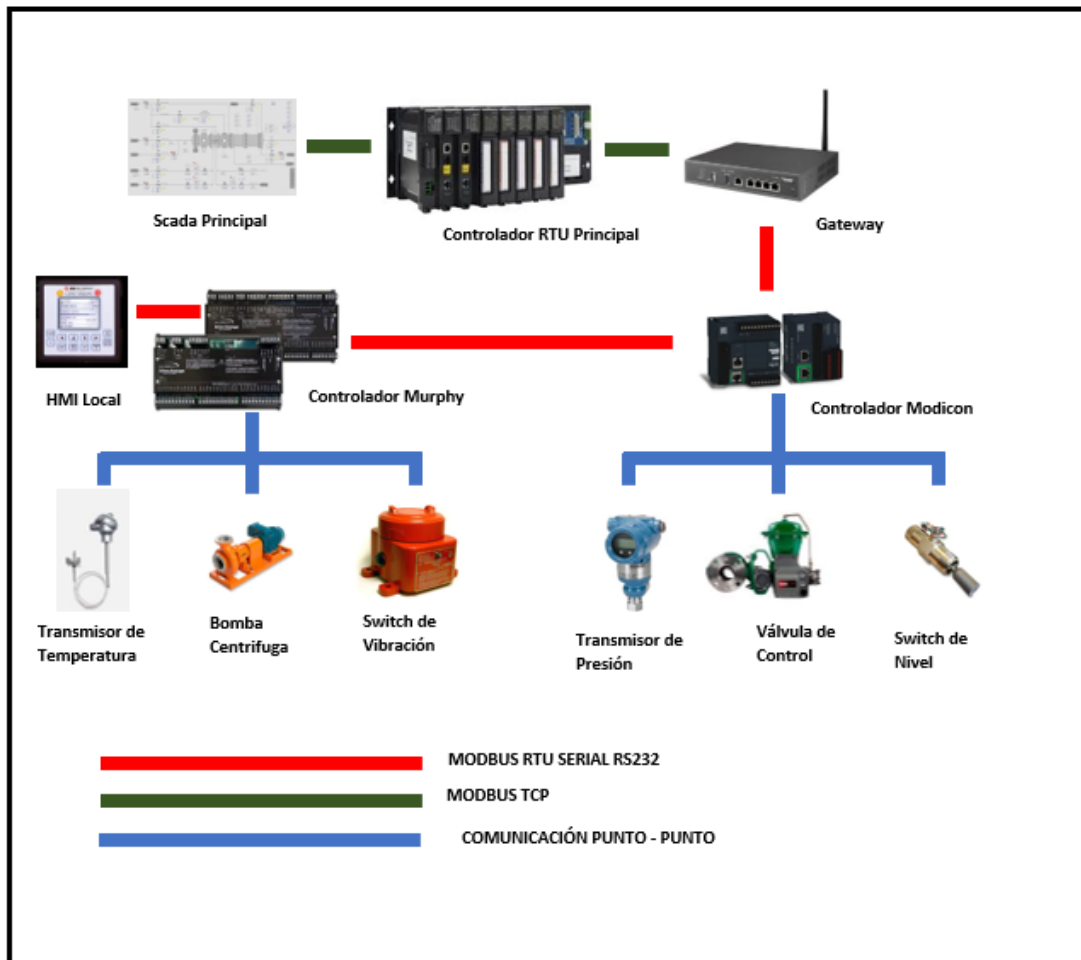


Figura 2.1 Topología de Comunicación [Autor]

2.1.2 Diagrama de flujo de control

En el siguiente diagrama de flujo se tomó como base para realizar el programa de control y automatización del compresor de refrigeración, teniendo en consideración el estado de las alarmas permisivas, y que las diferentes variables se encuentren en condiciones normales de proceso.

Una vez que se verifica que el compresor no tiene activa ninguna alarma, se procede con el arranque de la secuencia de funcionamiento, la misma consiste en encender la bomba de pre lubricación durante un determinado tiempo, en este caso lo recomendado por el fabricante es de 120 segundos, una vez transcurrido este tiempo, se realiza un nuevo barrido de reconocimiento de alarmas, en caso de no tener alarmas activas, da paso a la apertura de la válvula de gas combustible en la línea de succión durante el tiempo de 15 segundo, nuevamente se realiza un reconocimiento de activación de alarmas. Se pulsa la válvula de arranque hasta que el pick up reconozca unas RPM >

200 para dar paso al siguiente paso que es la estabilización del arranque, una vez que el compresor alcanza unas RPM ≥ 700 RPM, se verifica que el arranque se realizó de manera efectiva. Todo este proceso se lo realiza mediante el controlador Murphy Centurión.

Para la carga y descarga de propano, para realizar el enfriamiento, se utiliza el controlador Modicon, la cual mediante la programación se puede escoger la opción de carga MANUAL – AUTOMÁTICO, en caso que se seleccione la carga MANUAL, existe otro selector que permite la carga y descarga manual por parte del operador.

Cuando se selecciona el modo AUTOMÁTICO, en el panel del controlador Modicon, se puede insertar los límites de presión bajo y alto, para que, de acuerdo a la programación del controlador, este pueda trabajar dentro de los rangos establecidos.

Las causas de shut down del compresor se da por diferentes factores, de acuerdo a los parámetros establecidos en los controladores, ya pueden ser por temperatura (alta-baja), presión (alta – baja), switch de nivel de agua, aceite (alto – bajo), RPM (alta – baja).

La configuración de los diferentes parámetros se los definirá más adelante, cuando se detalle los tipos de programación de cada controlador utilizado para la ejecución del presente proyecto.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo de bloques secuenciales, para poder indicar de manera resumida el funcionamiento del sistema de control del compresor de refrigeración.

INICIO / RESET / CONTROL DE ALARMAS

- Verificación inicial del sistema.
- Comprobación de alarmas activas y estado de sensores.
- Confirmación de condiciones seguras para arranque.



PRELUBRICACIÓN

- Activar bomba de prelube durante 120 s.
- Verificar presión y flujo de lubricante.
- Monitorear alarmas tipo A.
- Si ocurre alarma → detener secuencia.



ARRANQUE AUTOMÁTICO

- Abrir válvula de combustible y habilitar motor principal.
- Controlar alarmas A y B.
- Monitorear velocidad (RPM > 200).
- Si falla arranque → señal de alarma al operador.



CONTROL DE VELOCIDAD Y OPERACIÓN

- RPM < 700 → Baja velocidad (modo transición).
- $700 \leq \text{RPM} \leq 1100$ → Velocidad nominal.
- RPM > 1100 → Apagado por sobre velocidad.
- Control manual o automático disponible.



CICLO AUTOMÁTICO DE CARGA / DESCARGA

- Si presión < setpoint → Cargar (abrir válvula OUT4).
- Si presión > setpoint → Descargar (abrir válvula OUT3).
- Tiempos de carga y descarga automáticos (2–6 s).
- Ciclo continuo hasta orden de parada.



SISTEMA DE PROTECCIONES Y PARADA

- Parada automática ante: sobre corriente, baja presión de aceite, falla de sensores o emergencia.
- Presentar alarma y bloquear reinicio hasta intervención del operador.



FIN DEL PROCESO

- Sistema detenido.
- Alarmas y registros de operación disponibles para revisión.

Figura 2.2 Diagrama de flujo de control [Autor]

2.2 Dimensionamiento de Controlador

Para el dimensionamiento del controlador se tomó en cuenta las señales análogas de entrada y salida, señales discretas o digitales de entrada y salida, señales para termocuplas, señales para MPU (Pick Up). Adicional se le considera un 10% de spare para la conexión de futuras señales. Tal como se muestra en el **ÁPENDICE A**.

2.3 Cuantificación de Instrumentos y Accesorios

En esta parte, se procederá a identificar y contabilizar los instrumentos, sensores y accesorios, necesarios para poner en marcha el sistema de control del compresor de refrigeración.

Previo a eso debemos realizar la revisión de los diagramas de control, P&ID y la arquitectura del sistema control, para así poder asegurarnos de tener la cantidad de transmisores, así como de sensores de presión, temperatura, nivel y vibración.

En el **ÁPENDICE B**, se encuentra la tabla con la cantidad de instrumentos y accesorios determinados.

2.4 Accesorios Eléctricos & Instrumentación

En esta sección, se va a desglosar los componentes eléctricos y de instrumentación que son esenciales para la instalación del sistema de control del compresor de refrigeración. Esto incluye la selección de accesorios como canaletas, conduits metálicos y flexibles, rieles DIN, borneras, breakers, relés, conectores, terminales y fuentes de alimentación, todos necesarios para asegurar un conexionado adecuado y la protección de los equipos.

Además, también se tendrán en cuenta los accesorios de instrumentación que se utilizan para montar los sensores y transmisores de campo, como válvulas de aguja, manifolds, termopozos, tubing de acero inoxidable, fittings, soportes, cajas de conexión y prensaestopas. El objetivo de esta fase es garantizar la integridad, eléctrica e instrumental y funcional del sistema, asegurando una instalación que sea segura, ordenada y cumpla con las normativas aplicables (IEC, NFPA, ISA), lo que a su vez optimiza la confiabilidad y el mantenimiento del sistema automatizado. En el **APENDICE C** se encuentra la tabla con los accesorios eléctricos y de instrumentación.

2.5 PLC y Módulos de Control

En esta sección, se detallará el Controlador Lógico Programable (PLC) y los módulos de control que se van a utilizar para automatizar el compresor de refrigeración. El PLC es la parte principal del sistema de control; su función es recibir las señales de los instrumentos de campo, como presión, temperatura, nivel y vibración, procesarlas de acuerdo con la lógica de control programada y es encargada de llevar a cabo las acciones necesarias a través de salidas digitales o analógicas.

También se incluyen los módulos de entrada/salida (I/O), módulos de comunicación y tarjetas de expansión que son esenciales para conectar con los dispositivos de campo y el sistema de supervisión, ya sea un HMI o un PanelView. Elegir y configurar correctamente estos componentes es clave para asegurar que el proceso funcione de manera segura, confiable y continua, cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos que se exigen en los sistemas industriales de automatización.

2.5.1 Controlador Murphy Centurion.

Una vez definido y dimensionado las especificaciones que debe cumplir el controlador para el compresor de refrigeración, para la ejecución del proyecto se seleccionó el controlador Murphy Centurion C5. Debido a que es un controlador configurable avanzado y versátil, diseñado para optimizar y gestionar sistemas automatizados en una amplia variedad de aplicaciones industriales. Particularmente en lo que respecta a los compresores de refrigeración y a los compresores reciprocantes. Este controlador posibilita que los usuarios ajusten sus funciones de acuerdo a las necesidades concretas de cada proyecto.

Posee una interfaz intuitiva y amigable para poder realizar la configuración y monitoreo en tiempo real, lo que conlleva una mejor eficiencia en las operaciones y una significativa reducción de tiempos de inactividad.

Tiene una arquitectura modular, lo cual permite una fácil integración de módulos adicionales, en caso de querer implementar instrumentos adicionales para monitorear otras señales que se consideren necesarias, cuenta con certificaciones que permiten su uso en zonas clasificadas es decir en entornos industriales exigentes.

Incluye protocolos de comunicación estándar y avanzados, lo que asegura una compatibilidad óptima con diversos sistemas y dispositivos. Con un enfoque en la seguridad, incorpora múltiples niveles de protección y redundancia, para salvaguardar tanto los datos como los procesos controlados.

El sistema de monitoreo y control Centurión es configurable. Diseñado, sobre todo, para compresores de proceso accionados por motor de combustión o motor eléctrico, es adecuado para cumplir especificaciones de control en diversidad de aplicaciones.

El Centurión se encarga de monitorear continuamente las señales de entrada y set points del operador y comanda las salidas para mantener una operación adecuada. El

controlador interrumpirá, apagará o regulará el equipo si sucede un evento fuera de los límites establecidos para alterar las condiciones.

Posee capacidades de control automático que permiten iniciar / detener un equipo rotativo según condiciones del proceso como set points de presión o señales análogas, digitales o temperatura. Además, suministra información en tiempo real para una pantalla conectada y/o un sistema de monitoreo a través de puertos de comunicación como HMI, PLC, PC o sistemas SCADA mediante protocolos MODBUS RTU o MODBUS TCP/IP.

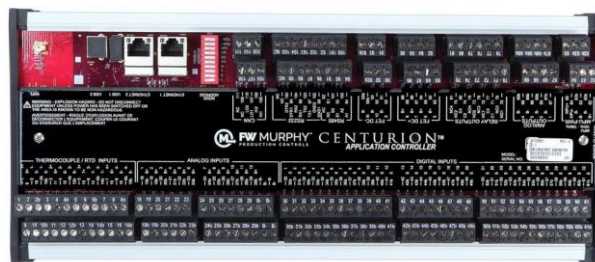
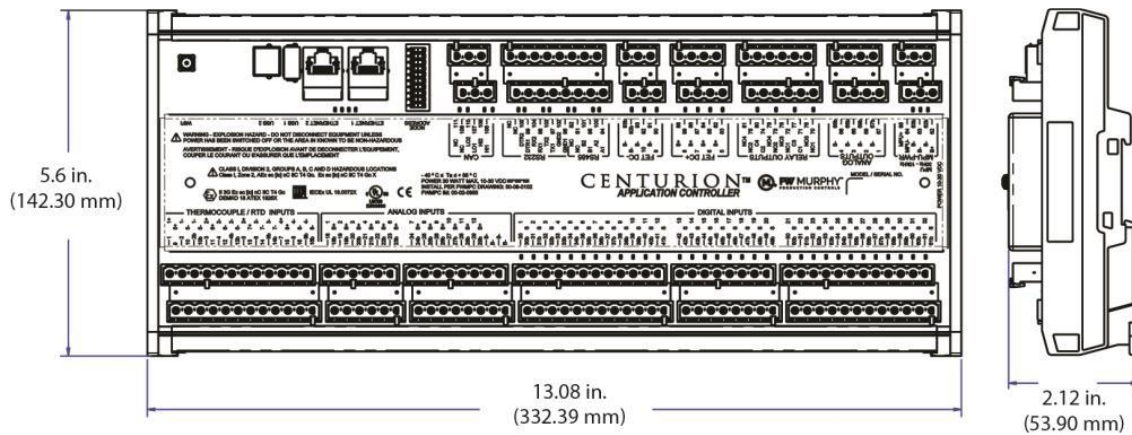


Figura 2.3 Controlador Murphy Centurion

Características de Desempeño:

- Sistema de control y monitoreo totalmente configurable para aplicaciones en compresores recíprocos, de tornillo y equipos de bombeo.
- Expandible para aplicaciones de compresores de tres a cuatro etapas.
- Configuración basada en Windows, todos los puntos I/O pueden ser seleccionados y configurados individualmente.
- Capacidad de configuración de carga / descarga y set points.
- Historial de shut down (últimos 20 eventos).
- Historial de eventos (últimos 32 eventos).
- Lista de Alarmas Activas.
- 10 temporizadores de mantenimiento configurables.
- Capacidad de ejecutar horómetro.
- Capacidad de ejecutar 8 lazos de control (PID lazo cerrado, lazo abierto).
- Plantillas de configuración.
- Lógica de control almacenada en memoria Flash no volátil.
- Set points almacenados en memoria EEPROM no volátil.
- Capacidad de diagnóstico para resolución de problemas.

Especificaciones Técnicas:



Operating Temperature:	-40° to 185° F (-40° to 85° C)
Power input:	30 W max 10-30 VDC
Configuration:	PC-based Centurion Configuration Software
Application firmware:	Standard offers a user-configurable experience
Analog inputs:	<u>12 Analog inputs*</u> : - 0-24 mA or 0-5 VDC, 15-bit hardware - 4 configurable for resistive potentiometer measurement

Digital inputs:	<u>32 Digital inputs*</u> : - NO or NC (active high/active low) intrinsically safe - Optically isolated DC digital inputs (active high/active low) with LED indicators - Polarity sense / wire fault detection on normally closed systems - Approved for use with general purpose switches in hazardous areas
Temperature inputs:	<u>Eight temperature inputs*</u> : - J or K Type Thermocouples - 3-wire 100Ω Pt RTD temperature inputs*** - Open, short DC-, short DC+ wire fault detection - Cold junction compensation
Magnetic pickup inputs:	<u>One magnetic pickup input/AC run signal:</u> - 30 to 10 kHz, 4.5 VAC rms min, 120 VAC rms max.
Digital Outputs:	<u>10 digital outputs:</u> - LED indicators. - 4 relay outputs, form C, dry contacts - 4 FET outputs (source) - 2 FET outputs (sink)
Analog Outputs:	<u>Four analog outputs:</u> - 4-20 mA, 16-bit hardware

Communications:	11 Communications ports: - Two SERIAL RS232: Protocol MODBUS RTU (slave) - Two SERIAL RS485: Protocol MODBUS RTU (slave) - One USB: Host Type A (data log access, firmware updates) - One USB: Slave Type B (configuration/firmware updates) - Two CAN: One proprietary for FW Murphy hardware / One reserved for J1939 Engine ECU - Two Ethernet 10/100 (DLR), Single MAC ID: Protocol Modbus TCP/IP (slave) / EtherNet/IP (CIP) - One WiFi: Optional
Third-party approvals:	- Class 1, Div 2, Grps A, B, C, D Haz. Loc. T4 - Class I, Zone 2, AEx ec [ic] nC IIC T4 Gc Ex ec [ic] nC IIC T4 Gc X - ATEX Zone 2: II 3G Ex ec [ic] nC IIC T4 Gc DEMKO 18 ATEX 1926X -40°C ≤ Tamb ≤ +85°C - IECEx Zone 2 Ex ec [ic] nC IIC T4 Gc IECEx UL 18.0072X -40°C ≤ Tamb ≤ +85°C

Figura 2.4 Especificaciones Técnicas Controlador Murphy Centurion

2.5.2 Panel View MV-4

Si bien el controlador C4-1 Main I/O Module es el eje central del control del proceso, que se puede montar en un riel DIN estándar al interior de un gabinete y que posee la potente herramienta de software desarrollada para configurar de manera óptima el controlador, la opción del equipo MV-4-C Monochrome LCD Display permite modificar la configuración en campo sin necesidad especial de computadora portátil o software, utilizando la pantalla del controlador M-VIEW especialmente programada de FW Murphy y que se encuentra disponible por lo general en la parte frontal de los gabinetes.

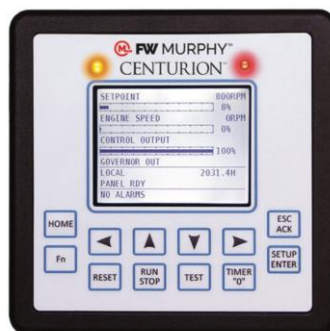
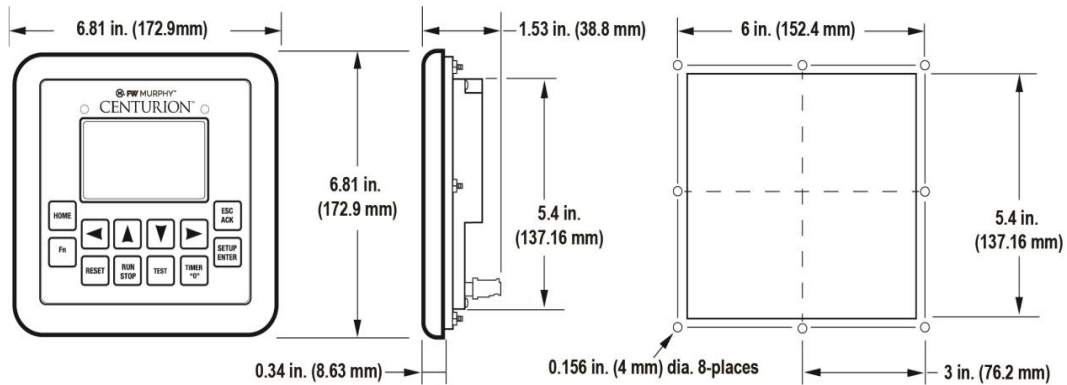


Figura 2.5 Panel View MV-4

El controlador en conjunto con la pantalla M-View está diseñado para monitorear, controlar, proteger y optimizar pequeños y medianos compresores. La operación adecuada se mantiene al monitorear los set points y los puntos de entrada digital,

analógica y de temperatura y al proporcionar la lógica para tomar medidas correctivas y/o proactivas.

Especificaciones Técnicas:



Operating Temperature:	-40° to 185° F (-40° to 85° C)
Power input:	11 W max 10-30 VDC
Screen:	320 x 240 pixels, LCD display with backlight
User interface:	12-key keypad set point entry, alarm ack, start, stop, reset, etc.
Communications:	<ul style="list-style-type: none"> - RS232-1/RS485-1 (MODBUS RTU master) - RS485-2 (MODBUS RTU slave) - 1 USB Slave Type B (firmware updates) - 1 USB Host Type A (reserved) - CAN x 2: One proprietary for FW Murphy Hardware / One reserved for J1939 engine ECU
Customizable process screens (up to nine):	<ul style="list-style-type: none"> - Line by line - Gage - Control loop - Generic register
Built-in screens (examples):	<ul style="list-style-type: none"> - Digital input status and polarity - Digital output status - Temperature input status/fault - Fault snapshot (mirror of line by line) - Alarm log - Event Log

Figura 2.6 Especificaciones Técnicas Panel View

2.5.3 PLC Modicon

El controlador lógico programable Modicon M221 ofrece un alto rendimiento para su clase, requiere una instalación mínima y entrega alta versatilidad. Posee características como entrada USB, Tarjeta SD, capacidad de variedad de entradas y salidas discretas o análogas, puertos de comunicación serie y ethernet, flexibilidad de expansión y configuración con software abierto de Schneider Electric EcoStruxure Machine Expert – Basic.

Constituye la siguiente generación de Machine Struxure de Schneider Electric, Es una solución intuitiva para automatizar máquinas, que incluye todas las funciones y características necesarias para operar máquinas y mejorar sus resultados. Machine Struxure es una solución integral para la operación de máquinas que ofrece ventajas a lo largo de todo el ciclo vital de los equipos, desde el diseño y desarrollo hasta la implementación y mantenimiento.

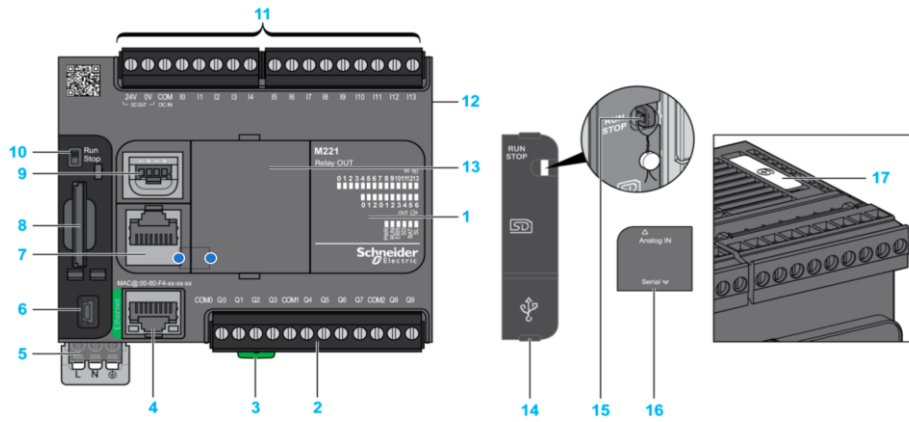
El M221, controlador lógico programable, es compatible con los IEC siguientes 61131-3 lenguajes de programación:

- IL: Lista de instrucciones
- LD: Diagrama de contactos
- Grafcet (lista)
- Grafcet (SFC)

Además de contar con un sistema RTC (reloj en tiempo real), tiene la opción de utilizar un conmutador externo (RUN/STOP) o una entrada digital específica, que se puede establecer en la configuración del software. Las siguientes funciones son proporcionadas por su capacidad de almacenamiento extraíble (tarjeta SD):

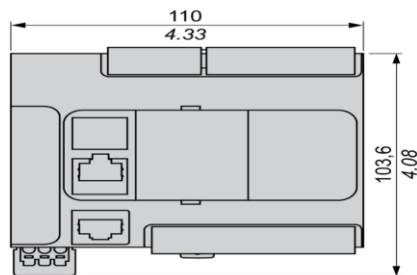
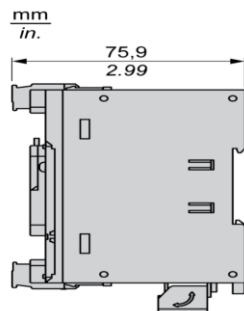
- Administración de clonación: Haz respaldos de la aplicación.
- Administración del firmware: Haz la descarga del firmware en el controlador.
- Administración de la aplicación: Haz una copia de seguridad de la aplicación, restáurala o cópiala en otro controlador M221 que tenga la misma referencia.
- Gestión de la configuración de Post: Añade, cambia o elimina el archivo de configuración de Post.
- Gestión del registro de errores: Realiza una copia de seguridad del archivo de registro de errores o lo elimina.

- Gestión de memoria: Realiza una copia de seguridad y restaura los bits y palabras de memoria de un controlador.



Número	Descripción
1	Indicadores LED de estado
2	Bloque de terminales extraíble de las salidas
3	Canil DIN (segmento DIN) de cierre de clip para 35 mm (1,38 in)
4	Puerto Ethernet / conector RJ-45
5	Fuente de alimentación de 100 a 240 V CA
6	Puerto de programación USB mini-B / para EcoStruxure Machine Expert - Basic)
7	Puerto de línea serie 1 / conector RJ-45 (RS-232 o RS-485)

8	Slot para tarjeta SD
9	2 entradas analógicas
10	Interruptor Run/Stop
11	Bloque de terminales extraíble de entradas y fuente de alimentación integrada utilizados para conectar los sensores con las entradas.
12	Conector de ampliación de E/S
13	Slot para cartucho
14	Cubierta de protección (slot para tarjeta SD, interruptor Ejecutar/Detener y puerto de programación USB mini-B)
15	Gancho de sujeción
16	Cubierta de entradas analógicas extraíble
17	Soporte de la batería



[Us] rated supply voltage:	100...240 V AC / 50/60 Hz
RAM:	640 K (256 K for internal variables and 256 K for application and client data)
Flash memory:	2 MB (including 256 K for backing up the client application and data in the event of a power outage)
Execution speed:	0.2 ms/Boolean instruction
Program:	10 Boolean Kinstructions
Number of words:	8,000. Number of internal bits: 1,024
Discrete I/O number:	24
Discrete Inputs:	14 (sink/source 24 Vdc inputs), includes 4 high-speed inputs
Discrete Outputs:	10 (relay outputs)
Analog Inputs:	2 (0-10 Vdc) analog inputs
Ethernet link:	1 Ethernet port on TM221CE24R controller: Modbus TCP communication (client & server), slave Modbus TCP, DHCP Client dynamic configuration, programming, downloading, monitoring, EtherNet/IP adapter
Serial link	1 serial link port (RJ 45 connector) RS 232/RS 485 with + 5 V supply
Process control	PID, Position control (PTO), Pulse width modulation (PWM), Pulse generator (PLS), Frequency generator (FREQGEN)
Ambient operating temperature:	- 10 to 55 °C (14 to 131 °F)
Certifications and Standards:	Certifications: CE, UL Listing Mark, CSA, RCM, EAC, LR, ABS, DNV - GL Standards: IEC/EN 61131-2 (Edition 2 2007), UL 508 (UL 61010-2-201), ANSI/ISA 12.12.01-2007, CSA C22.2 No. 213, No. 142, E61131-2, and IACS E10

Figura 2.7 Especificaciones Técnicas PLC Modicon

2.5.4 Configuración Controlador Murphy

Para realizar la programación y configuración del controlador Murphy se deben seguir los siguientes pasos:

- La instalación en Windows XP o sistemas operativos posteriores requiere que el usuario tenga privilegios administrativos en la PC.
- Para la instalación, ejecute el programa Centurion Configuration Tool Installer.msi. El instalador permitirá al usuario especificar en qué carpeta instalar la aplicación y si desea instalar el programa para todos los usuarios o solo para el usuario registrado.
- Para ejecutar el software, haga doble clic en el icono Centurion Configuration y Puerto de comunicación.



Figura 2.8 Icono de Configuración Controlador Murphy

- En la pantalla inicial que aparece en la figura. Presenta una relación de todas las configuraciones de los modelos de controladores predeterminados que se incluyen en el software. Una vez que se conecta el controlador, el software lo detecta inmediatamente. Posteriormente se selecciona la tarea por realizar.

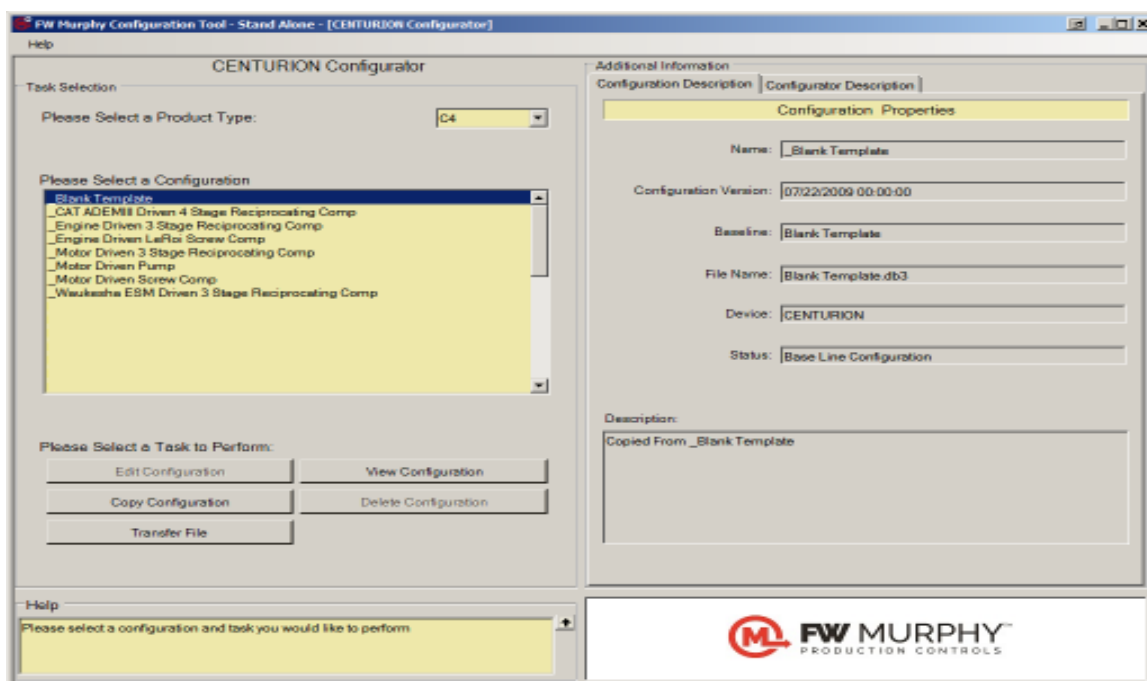


Figura 2.9 Configuración Controlador Murphy

- Una vez seleccionado el modelo del controlador se procede a crear un nombre de archivo del proyecto, puede ser el TAG del equipo, numero de activo del equipo, entre otros. Se selecciona la nueva configuración de la lista de configuraciones y realizar clic en el botón “Editar configuración”.

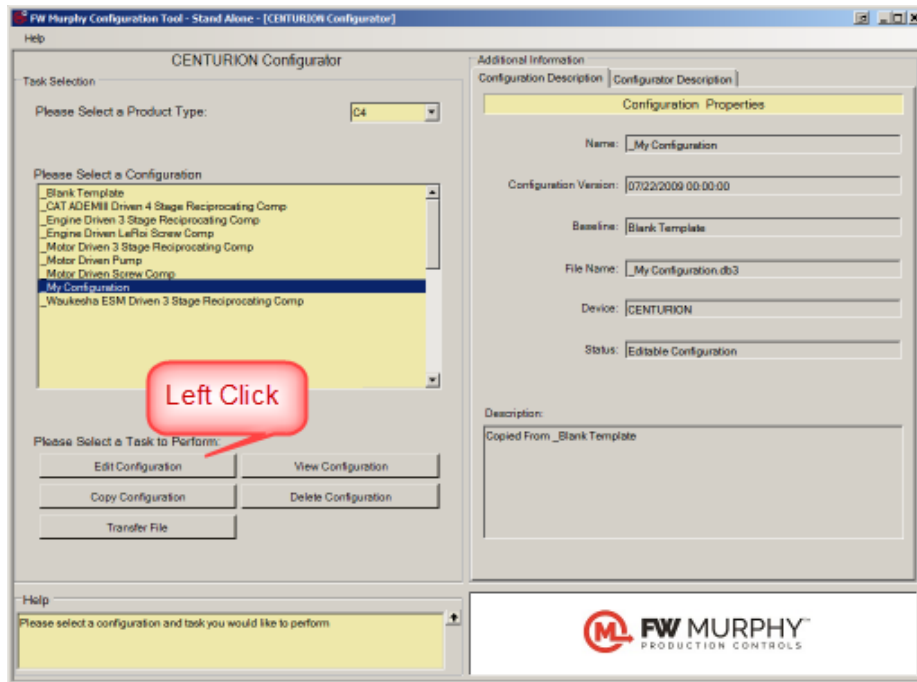


Figura 2.10 Editor Configuración Controlador Murphy

Las pestañas en la parte superior de la ventana permiten acceder a las distintas partes del archivo de configuración y están organizadas en el orden en que deben configurarse (de izquierda a derecha).

Se debe escribir una descripción del proyecto a ejecutarse, algo distintivo o relevante del proyecto. Se recomienda realizar la modificación de la configuración de seguridad. Posteriormente se debe realizar clic en la pestaña “Configuración del sistema” para continuar.

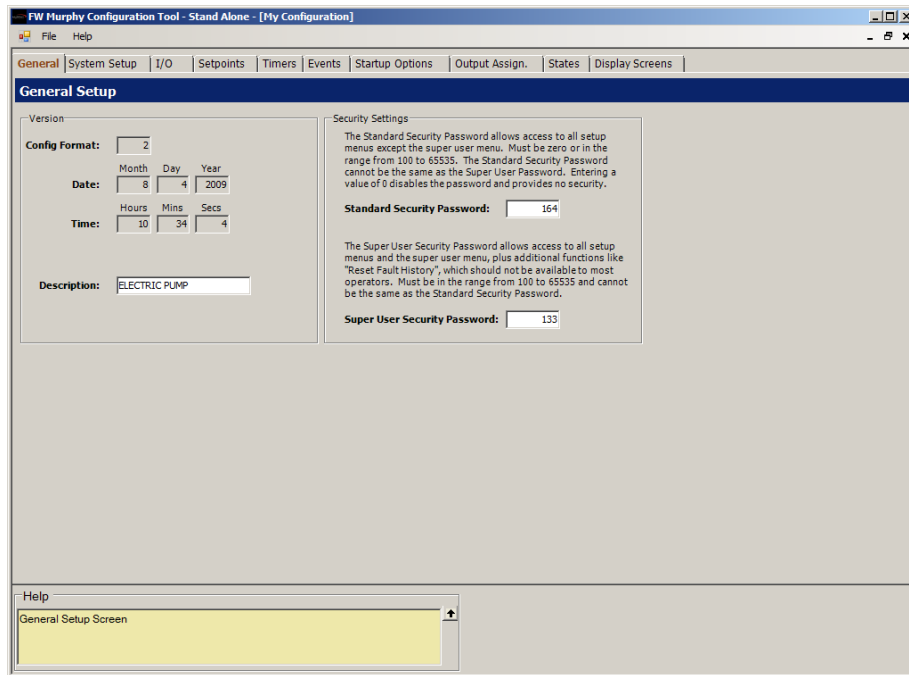


Figura 2.11 Configuración General Controlador Murphy

2.5.5 Configuración Del Sistema - Hardware

Se debe revisar y verificar los requisitos de hardware para satisfacer las necesidades de E/S, de acuerdo al dimensionamiento del controlador realizado y seleccione el modelo correcto y el panel view para completar el sistema de control. Luego, se debe realizar clic en la pestaña “Comunicación” para continuar con la configuración.

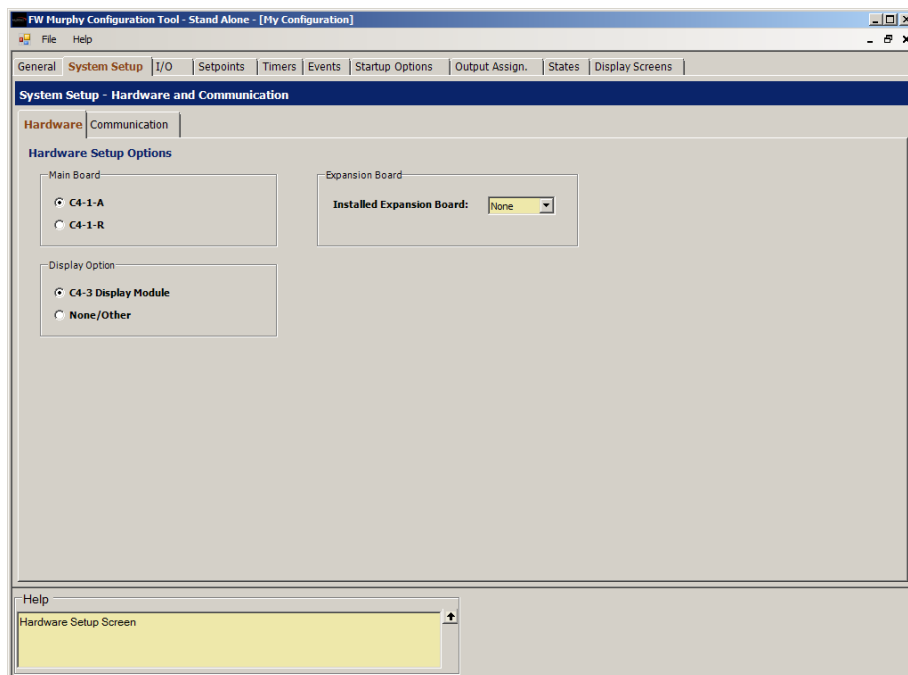


Figura 2.12 Configuración del Sistema – Hardware

2.5.6 Configuración Del Sistema - Comunicaciones

Para realizar la comunicación de manera remota se debe configurar las opciones de comunicación en el Puerto 2. Se debe tener en consideración que el Puerto 1 está dedicado para la comunicación con el panel view. Una vez configurado se debe dar clic en la pestaña “E/S” para continuar.

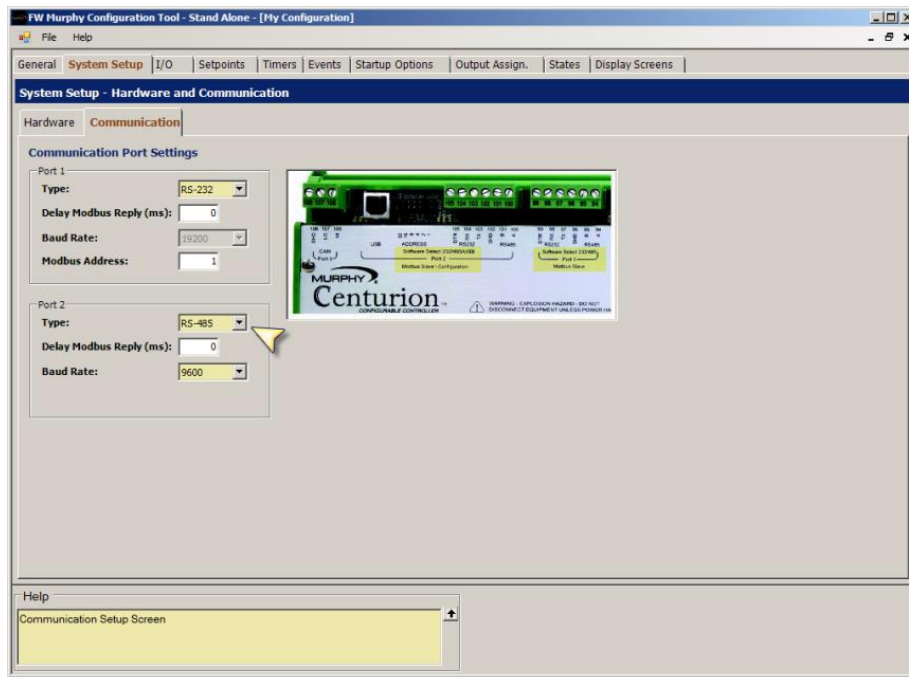


Figura 2.13 Configuración del Sistema - Comunicaciones

2.5.7 Entradas Digitales

Se debe realizar la configuración de una descripción breve de la señal que va conectada en el puerto y se debe seleccionar el uso o aplicación de cada puerto o canal de entrada digital.

La entrada digital (DI) se puede configurar para que requiera pulsos para permanecer sin fallas o para que se aplique un retardo de rebote si se desea. Estas entradas se utilizan para crear eventos o tomar decisiones de control. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Salidas digitales” para continuar.

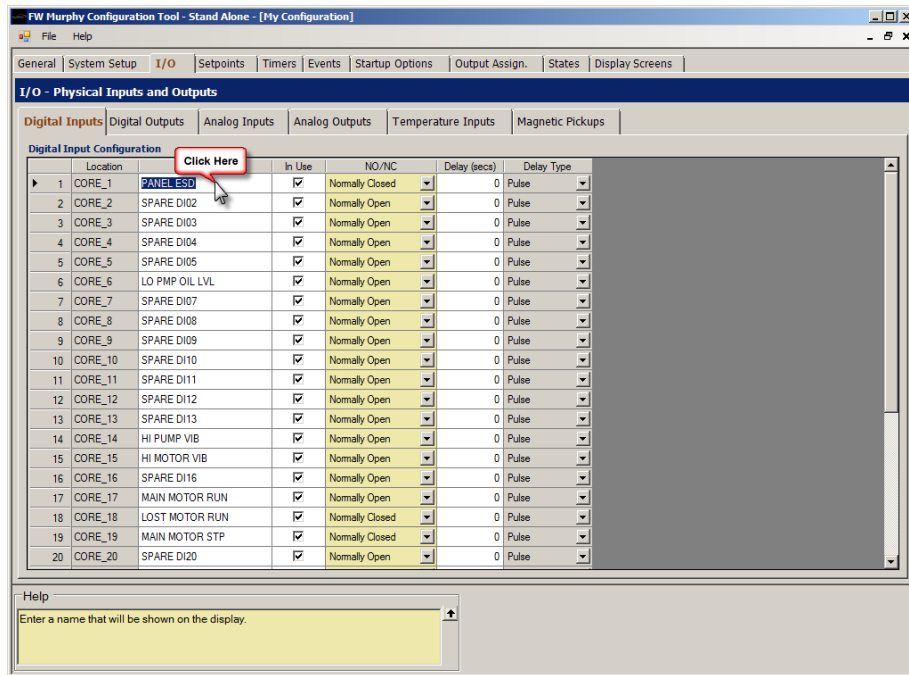


Figura 2.14 Entradas Digitales

2.5.8 Salidas Digitales

Al igual que en las entradas digitales, se debe configurar una descripción en uso para cada salida digital requerida.

Estas salidas controlarán relés o dispositivos similares para la configuración del control de encendido y apagado en la pestaña Asignación de salida o Estados. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Entradas analógicas” para continuar.

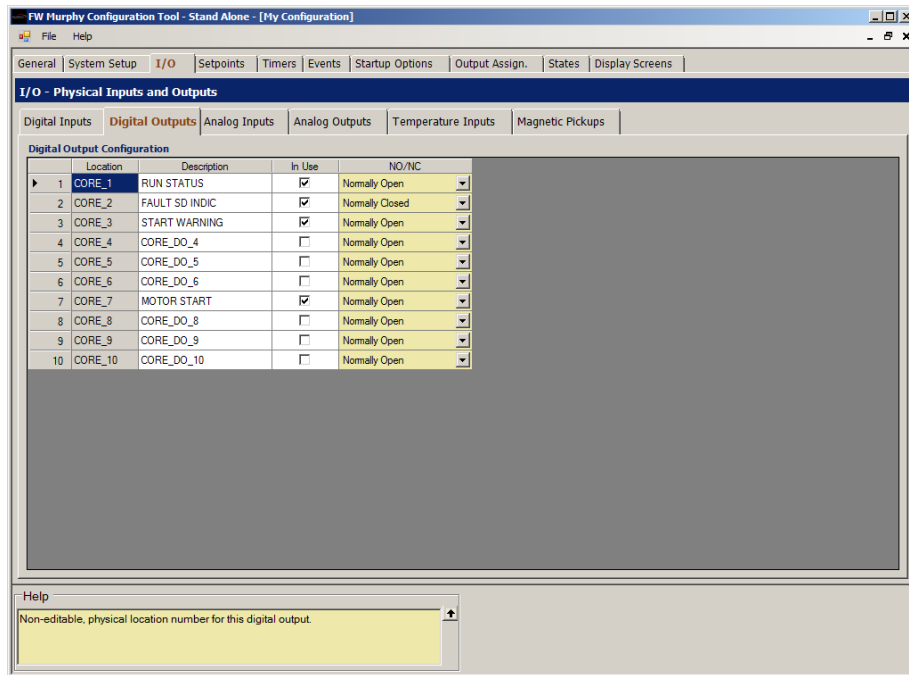


Figura 2.15 Salidas Digitales

2.5.9 Entradas Analógicas

De manera similar a las entrada y salidas digitales, se debe configurar una descripción y seleccionar el uso para cada entrada analógica requerida. Adicional se debe establecer los valores Mín. y Máx. de trabajo del instrumento de acuerdo a la variable a medir.

Los ajustes de compensación y amplitud sin procesar solo deben ajustarse si el tipo es de 0 a 5 VCC. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Salidas analógicas” para continuar.

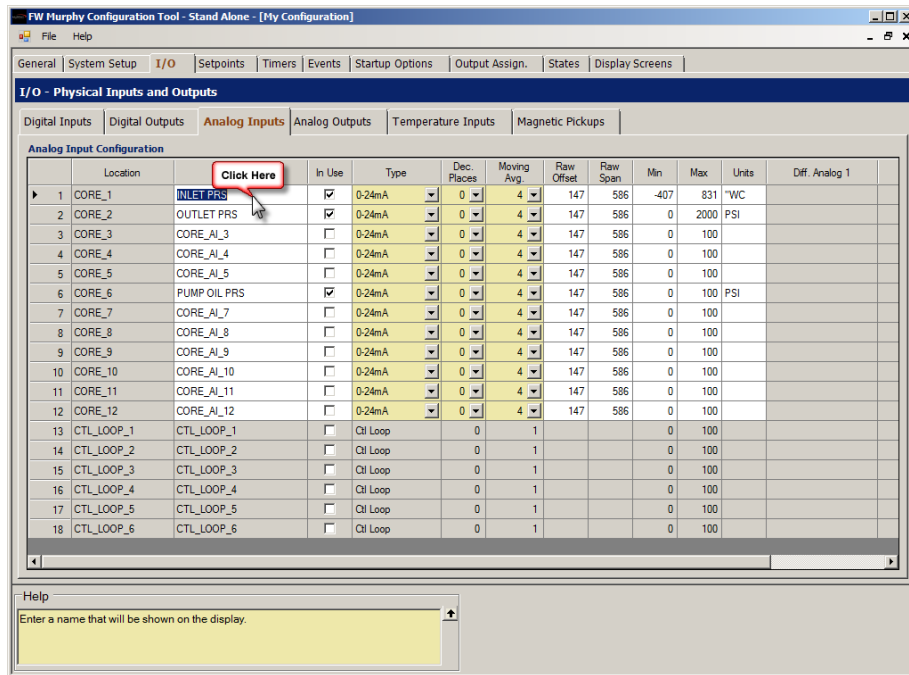


Figura 2.16 Entradas Analógicas

2.5.10 Salidas Analógicas

El procedimiento se repite al igual que en las anteriores configuraciones se debe agregar una descripción y seleccionar el uso para cada salida analógica requerida.

Estas salidas controlan los actuadores de válvulas de control neumáticas, Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Entradas de temperatura” para continuar.

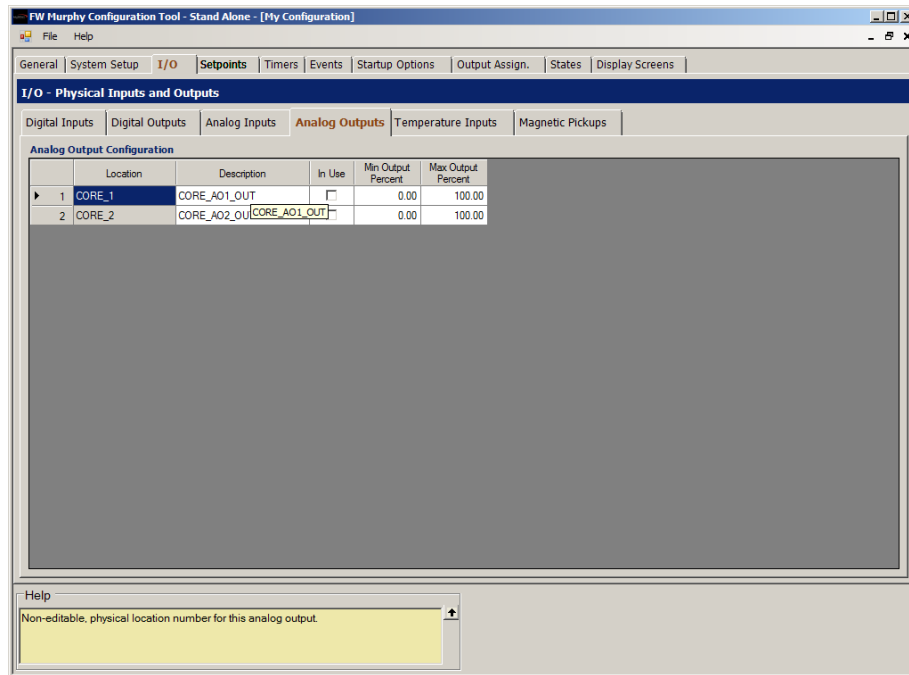


Figura 2.17 Salidas Analógicas

2.5.11 Entradas de Temperatura

Se debe configurar la descripción y seleccionarla para usarla en cada entrada de temperatura requerida, de acuerdo al requerimiento del proceso, también se debe insertar las unidades de temperatura. Se debe tener en consideración que las compensaciones normalmente no requieren ajuste. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Pastillas magnéticas” para continuar.

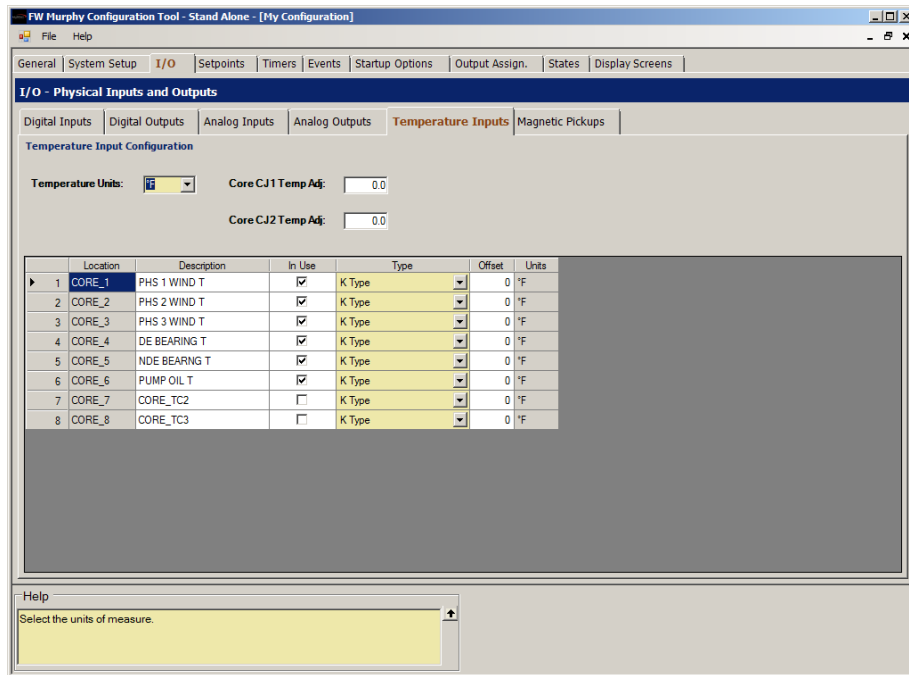


Figura 2.18 Entradas de Temperatura

2.5.12 Puntos Magnéticos

Se debe configurar la descripción y seleccionar para utilizarla en las entradas de frecuencia. Esta entrada normalmente está conectada a un captador magnético o PICK UP, mismo que utiliza el efecto hall para su funcionamiento, por lo que es necesario insertar el número de dientes del volante en donde se va a instalar el instrumento, para tener un valor preciso de las RPM a las que está trabajando el equipo. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Puntos de ajuste” para continuar.

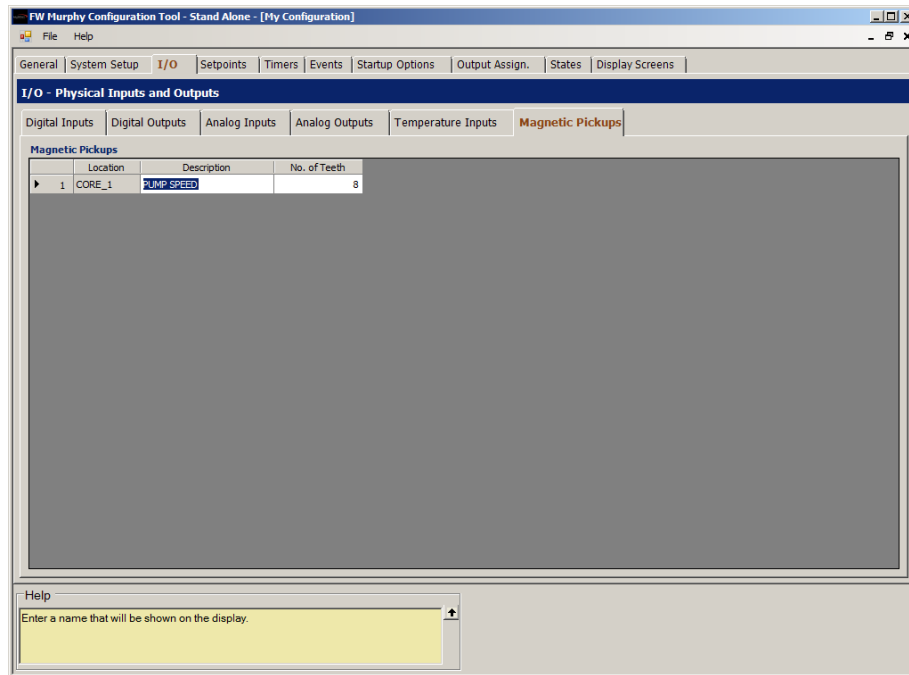


Figura 2.19 Puntos Magnéticos

2.5.13 Puntos de Ajuste

Se debe crear puntos de ajuste para fallas o configuraciones permisivas requeridas para la aplicación de acuerdo al requerimiento del proceso. Los puntos de ajuste se evalúan en condiciones "verdaderas" y "falsas" que se utilizan para activar eventos como fallas y alarmas, o posiblemente se utilizan como permisivas para decisiones lógicas.

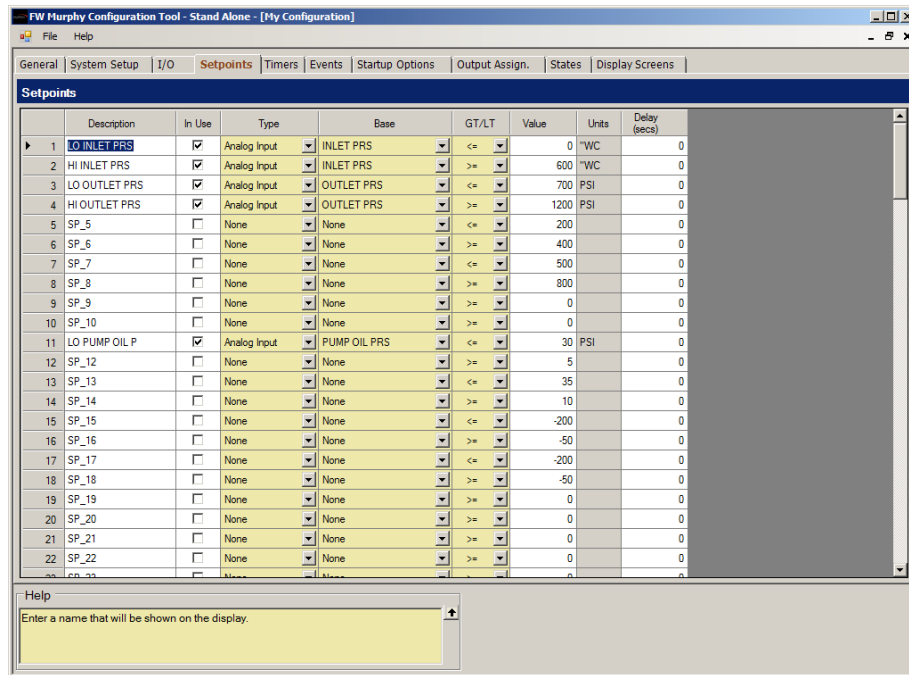


Figura 2.20 Puntos de Ajuste

2.5.14 Temporizadores Globales

En caso de requerirlo se puede realizar la configuración de los retrasos de tiempo de bloqueo de la ejecución de arranque y los retrasos utilizados para controlar el encendido y las salidas de combustible, si se utilizan. Estos son utilizados normalmente para ejecutar los tiempos de arranque necesarios para la estabilización del compresor de refrigeración. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña “Temporizadores de mantenimiento” para continuar.

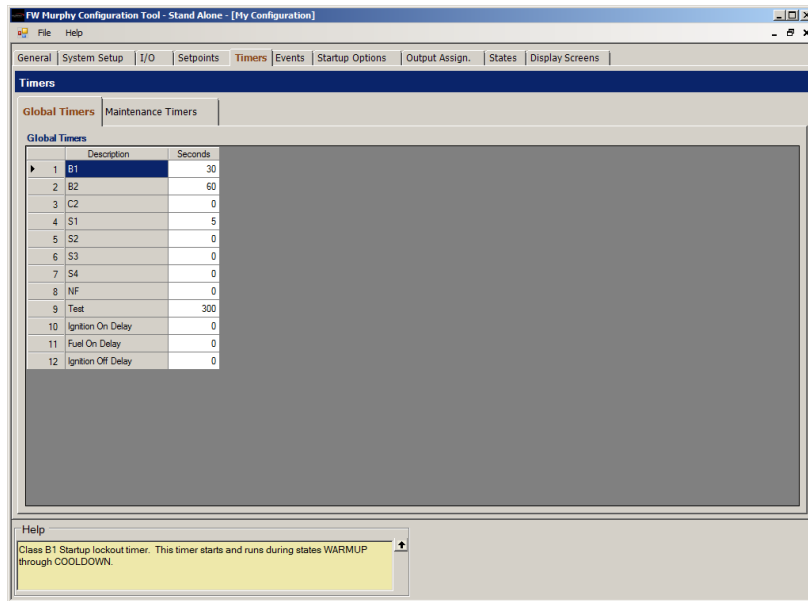


Figura 2.21 Temporizadores Globales

2.5.15 Eventos

Cualquier apagado, alarma o mensaje solo en el sistema debe ser creado EN ESTA LISTA, y se asocia con un tipo de señal definido en el menú desplegable. También hay señales generadas por el sistema que se pueden usar para activar tiempos de espera de estado y fallas de comunicación. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña "Opciones de inicio" para continuar.

FW Murphy Configuration Tool - Stand Alone - [My Configuration]

File Help

General System Setup I/O Setpoints Timers Events Startup Options Output Assign. States Display Screens

Events/Faults

	Description	In Use	Type	Class	Event Clear	Signal Type	Signal
1	PANEL EMERGENCY STOP	<input checked="" type="checkbox"/>	ESD	A	Requires Reset	Digital	PANEL ESD
2	SPARE DI02 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI02
3	SPARE DI03 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI03
4	SPARE DI04 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	B1	Requires Reset	Digital	SPARE DI04
5	SPARE DI05 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	B1	Requires Reset	Digital	SPARE DI05
6	LO PUMP OIL LEVEL	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	LO PMP OIL LVL
7	SPARE DI07 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI07
8	SPARE DI08 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI08
9	SPARE DI09 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI09
10	SPARE DI10 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI10
11	SPARE DI11 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI11
12	SPARE DI12 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI12
13	SPARE DI13 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI13
14	HI PUMP VIBRATION	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	HI PUMP VIB
15	HI MOTOR VIBRATION	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	HI MOTOR VIB
16	SPARE DI16 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI16
17	MAIN MOTOR RUN FAIL	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	State Tmr Exp	MOTOR ON
18	LOST MOTOR RUN SIGNAL	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	C1	Requires Reset	Digital	LOST MOTOR RUN
19	LOST MOTOR RUN STOP	<input checked="" type="checkbox"/>	Stop	S1	Self Clearing	Digital	MAIN MOTOR STP
20	SPARE DI20 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI20
21	SPARE DI21 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI21
22	SPARE DI22 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI22
23	SPARE DI23 SHUTDOWN	<input checked="" type="checkbox"/>	Fault SD	A	Requires Reset	Digital	SPARE DI23

Help

Enter a name that will be shown on the display. This name will appear on the event logs, and as a popup message when the event is triggered.

Figura 2.22 Eventos

2.5.16 Asignación de Salida

Esta sección es utilizada para vincular las salidas digitales y analógicas a una decisión de control tomada en el controlador. Las salidas comunes son la válvula de combustible, el encendido, el motor principal, etc. Las salidas analógicas normalmente estarán vinculadas a una forma de bucle de control con acción de bucle cerrado PID. Son posibles otras opciones de control, incluido el control de lógica de matriz de estados. Una vez configurado se debe hacer clic en la pestaña "Estados" para continuar.

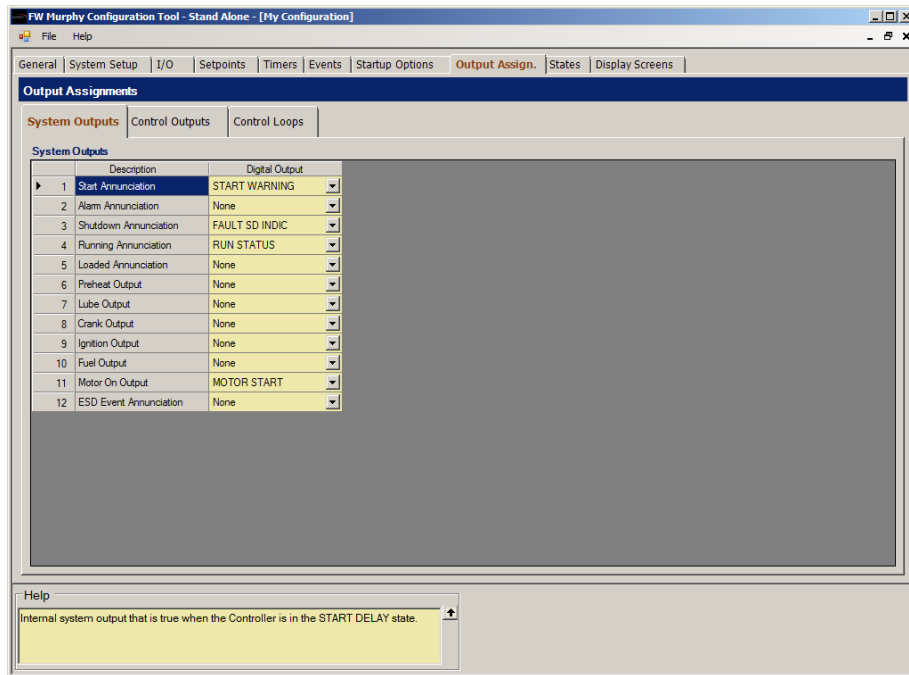


Figura 2.23 Asignación de Salida

2.5.17 Estados

La configuración de estados es el orden secuencial lógico que sigue el controlador después de recibir una señal de inicio o después de una señal de detención. Esto incluye pasos cronometrados y la posibilidad de señales permisivas que pueden crear una lógica permisiva de enclavamiento. Las salidas de control se pueden llevar a condiciones fijas en cada uno de los estados a medida que la lógica avanza a través de la secuencia de inicio/apagado. Una vez configurado se debe hacer clic en el botón. Pestaña “Pantallas de visualización” para continuar.

FW Murphy Configuration Tool - Stand Alone - [My Configuration]													
File Help													
General System Setup I/O Setpoints Timers Events Startup Options Output Assign. States Display Screens													
States													
	State	Description	In Use	Timer (secs)	Permissive Type	Permissive	CTL_1	CTL_2	CTL_3	CTL_4	CTL_5	CTL_6	CTL_7
1	PANEL READY	PANEL RDY	<input checked="" type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
2	START DELAY	START DLY	<input checked="" type="checkbox"/>	10	None	None	0	0	0	0	0	0	0
3	PREHEAT	PREHEAT	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
4	PRELUBE	PRELUBE	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
5	START VALVE	START VALV	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
6	CRANK STOP	CRANK STOP	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
7	CRANK	CRANK	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
8	CRANK REST	CRANK REST	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
9	MOTOR ON	MOTOR ON	<input checked="" type="checkbox"/>	10	Digital Input	MAIN MOTOR RUN	0	0	0	0	0	0	0
10	WARMUP	WARMUP	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
11	LOAD SEQ 1	LOAD SEQ 1	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
12	LOAD SEQ 2	LOAD SEQ 2	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
13	LOAD SEQ 3	LOAD SEQ 3	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
14	LOAD SEQ 4	LOAD SEQ 4	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
15	WAIT TO LOAD	WAIT TO LD	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
16	RUN LOADED	RUNNING	<input checked="" type="checkbox"/>	65635	None	None	0	0	0	0	0	0	0
17	COOLDOWN	COOLDOWN	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
18	STOP ENGINE	STOPPING	<input checked="" type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
19	MOTOR OFF	MOTOR OFF	<input checked="" type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
20	STOP VALVE	STOP VLV	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
21	POSTLUBE	POSTLUBE	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0
22	RESTART DELAY	RESTRT DLY	<input type="checkbox"/>	0	None	None	0	0	0	0	0	0	0

Help
Non-editable, system generated state description. These are placeholders and may be replaced with user text in the description field.

Figura 2.24 Estados

2.5.18 Pantallas de Visualización

La selección de la pantalla de visualización define la manera en que se muestran los datos en la pantalla del Centurion. Hay hasta 9 pantallas posibles. Se puede elegir entre las lecturas escaladas o los bucles de control que se han configurado anteriormente para una pantalla personalizada. Las plantillas tienen pantallas típicas ya definidas, pero se pueden personalizar según sea necesario.

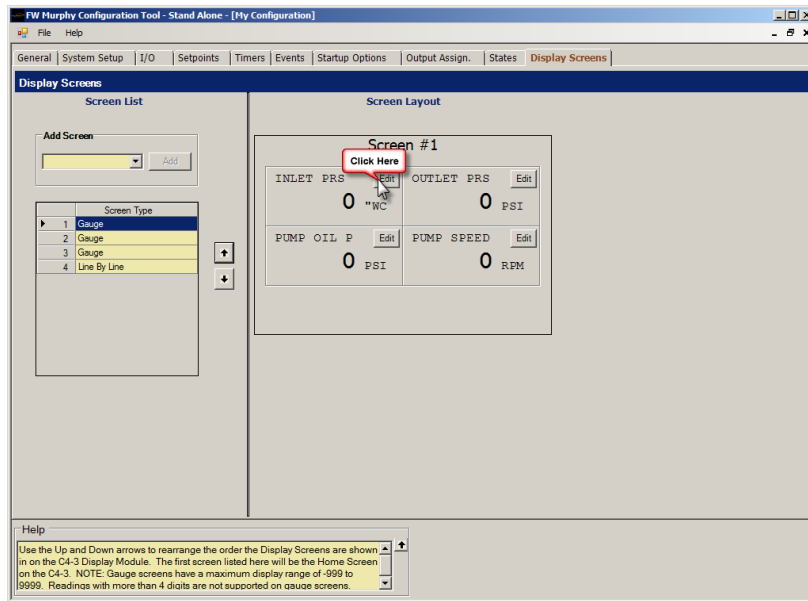


Figura 2.25 Pantallas de Visualización

- Para ejecutar la validación, seleccione Archivo -> Validar en el menú.

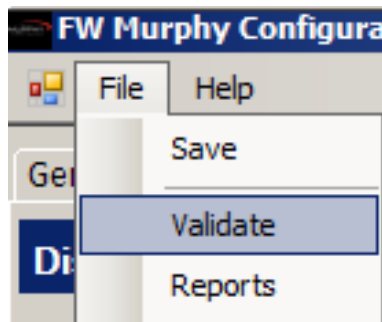


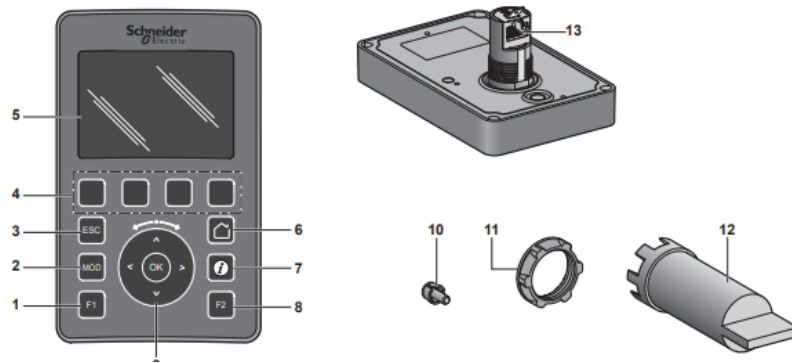
Figura 2.26 Validar el Menú

2.5.19 Módulo de Visualización Modicon

La visualización gráfica remota es una unidad de control local. Se emplea para actividades de supervisión, puesta en marcha, operación y mantenimiento, junto a la Controladora lógica Modicon M221.

Tendrá acceso a la página del menú de configuración cuando conecte la visualización gráfica remota al Logic Controller.

Además, puede establecer páginas personalizadas por medio de EcoStruxure Machine Expert - Basic. La Visualización gráfica remota tiene la posibilidad de conectarse al Controlador lógico usando la línea serie (Serial o Serial 1).



Número	Descripción
1	F1 key
2	MOD key
3	ESC key
4	R1 to R4 keys
5	Graphic screen
6	Home key
7	Information key
8	F2 key
9	Touch wheel/OK/Arrows
10	Anti-rotation tee
11	Installation nut
12	Socket wrench
13	RJ45 Serial line

Figura 2.27 Módulo de Visualización Modicon

2.6 Norma ISA-101

Las Normas ISA 101 (ANSI/ISA-101.01-2015) son un grupo de acuerdos para la creación de interfaces humano-máquina en el marco de la automatización industrial, cuyo objetivo es evitar que el operador reciba un flujo excesivo de información no deseada y, por lo tanto, lograr una mayor eficiencia y disminuir la sobrecarga de datos. Ofrecerle al usuario los instrumentos necesarios para identificar, determinar un diagnóstico y actuar frente a circunstancias anormales en un sistema.

Incluyen elementos esenciales para el diseño de pantallas HMI, como son:

Elección de fondos y colores.

La forma, el tamaño y la agrupación del objeto. Teclados

- Orden de los menús. Ventanas emergentes.
- Creación de elementos dinámicos.

- Pantallas de asistencia.
- Creación de bases de datos históricas.
- Gestión de usuarios, entre otras cosas.

Al llevar a cabo un HMI, se deben cumplir ciertos criterios:

Los operadores pueden entenderlo y comprenderlo con facilidad.

- Prevenir fallos para cualquier usuario.
- Incremento de la productividad del operador.
- Disminución del estrés debido a la sobrecarga de información innecesaria.
- Disminución de pérdidas notables para la compañía debido al tiempo y los recursos.

2.6.1 Normalización del uso de colores

El color, por sí solo, nunca es empleado como único elemento que distinga un estado o condición relevante. Los colores brillantes se emplean, sobre todo, para captar la atención en situaciones que no son normales. Las pantallas que muestran la operación en funcionamiento normal no deben exponer colores saturados y brillantes, como los de componentes similares a las válvulas, bombas o equipos, con tonalidades verdes o rojas. El rojo brillante y el amarillo, cuando se escogen como colores de alarma, solo sirven para representar una condición vinculada a la alarma y no para ningún otro fin. Para que el operador esté alerta, la sala de control tiene que estar iluminada de manera más intensa que una oficina convencional, tanto durante el día como durante la noche.

Color	RGB Values	Sample	Defined Uses
Gray	213, 213, 213		Overall graphic background
White	255, 255, 255		Highlighting of some small items, e.g., PV Quality indications
Light Gray	243, 243, 243		ON indication for equipment
Gray	136, 136, 136		Off indication for equipment
Dark Gray	74, 74, 74		Some text, minor process lines
Black	0, 0, 0		Text and labels, major process lines, process vessel outlines. Dark Gray (64, 64, 64) can also be a good choice.
Dark Blue	0, 0, 215		Process values, controller modes and outputs, similar special purposes. Trend line for a single trended value.
Dark Green	0, 128, 0		Controller setpoints and other operator inputs, trend trace of setpoints
Light Green	153, 255, 102		Possible "faint green" for some specific highlighting
Light Blue	187, 224, 227		Desired operating ranges or conditions
Cyan	0, 255, 255		Vessel level strips, trend lines
Brown	204, 102, 0		Trend lines, position feedback indication
Pale Red (Pink)	255, 153, 204		Possible "faint red" for some specific indications
Red	255, 0, 0		Top level, priority one alarm
Yellow	255, 255, 0		Priority two alarm
Orange	255, 102, 0		Priority three alarm
Magenta	255, 0, 255		Priority four alarm for diagnostics
Dark Magenta	204, 0, 102		Trend lines

Figura 2.28 Normalización del uso de colores

2.6.2 Representación de alarmas

Las alarmas deben ser codificadas de acuerdo con su prioridad (color / forma / texto) para que se representen correctamente. Para funciones que no estén relacionadas con la alarma, los colores de alarma no deben ser usados; en otras palabras, no se debe violar directamente la regla básica del uso del color ya mencionada.

Cuando un objeto o valor entra en alarma, el indicador que se encuentra separado de la alarma aparece al lado de este. El indicador parpadea hasta que se reconoce la alarma y deja de parpadear cuando es reconocida. Sigue visible mientras la condición de alarma esté vigente. Los operadores no perciben el cambio de color en la visión periférica, sin embargo, el movimiento, como por ejemplo parpadear, es fácilmente perceptible.

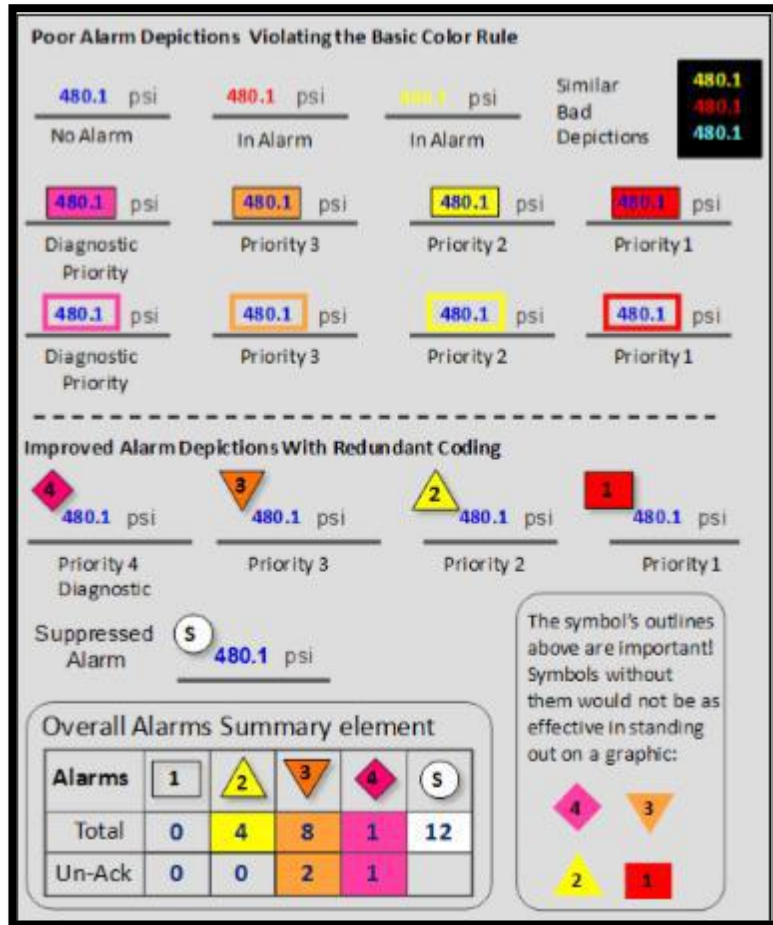


Figura 2.29 Representación de alarmas

2.6.3 Representación para encendido o apagado de válvulas de control

Las válvulas de control son uno de los componentes más difíciles de representar. La tendencia es la de intentar introducir una cantidad excesiva de datos en un espacio reducido. En la representación convencional, una válvula de control (de estrangulación o con posición variable) se ilustra con una cabeza en forma de cúpula y una válvula de bloqueo automatizado (con encendido o apagado solamente) se representa con una cabeza rectangular.

Según las representaciones del equipo, el cuerpo de la válvula se ilustra con un color negro cuando está cerrado y con un color más claro cuando está abierto. Esto también se aplica a la representación de diagramas P&ID para válvulas de cierre.

El mismo procedimiento puede reflejar el estado de las válvulas de tres vías. También es posible mostrar los estados del solenoide y del interruptor de posición si eso es lo que se quiere.

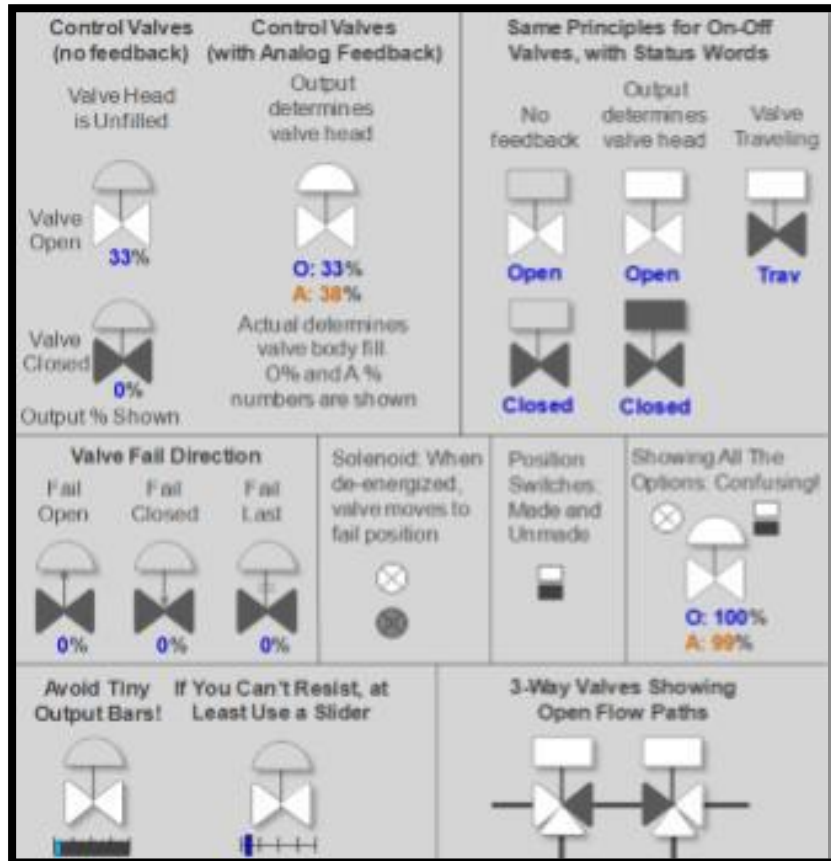


Figura 2.30 Representación para encendido o apagado de válvulas de control

2.6.4 Representación de botones de comando y navegación

Para que el operador pueda acceder a otras pantallas, todas ellas deben contar con botones de navegación. Siempre que se emplea una representación P&ID, cada línea de proceso que ingrese o salga de la pantalla tiene que incluir un botón para enlazar a la gráfica correspondiente. Los botones de navegación o los objetivos tienen que ser sencillos y coherentes (y no tener un aspecto muy similar a los botones de comando).

La mayoría de los sistemas de control ofrecen objetos de botones de navegación preconstruidos, incluidos varios que tienen colores inapropiados, son innecesariamente tridimensionales y son excesivamente invasivos.

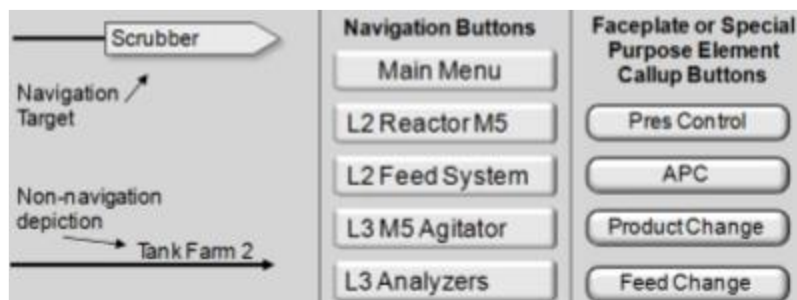


Figura 2.31 Representación de botones de comando y navegación

2.7 Hardware Adicional (Equipos Mayores)

En esta fase, se detallarán los equipos y componentes adicionales que son necesarios para complementar el sistema de control y automatización del compresor de refrigeración. Esto incluye el hardware esencial para garantizar que el sistema funcione correctamente, se comunique de manera efectiva y esté protegido, asegurando así un funcionamiento confiable y continuo dentro de las condiciones operativas de la planta.

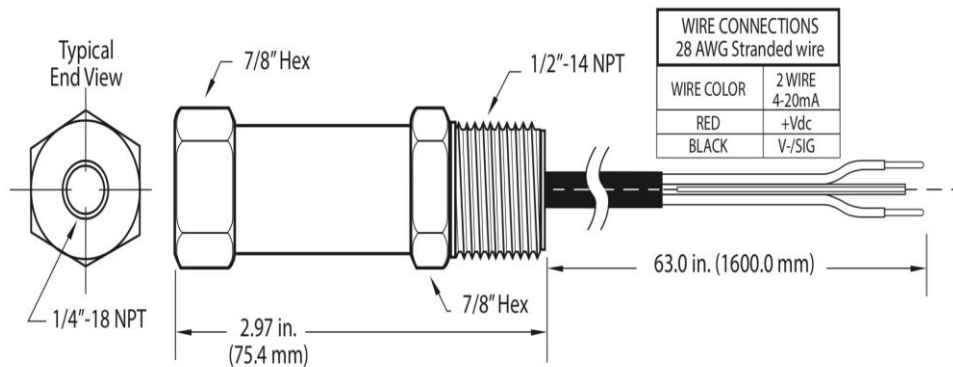
2.7.1 Transmisor de Presión

Los dispositivos de la serie PXT-K son transmisores de presión de última tecnología que ofrecen una salida de 4-20 mA. La carcasa de acero inoxidable que contiene un chip de silicio soldado y está llena de aceite de silicona es la que conforma el transductor en cada sensor pieza resistivo.

La presión del fluido en el proceso se transmite, mediante el aceite contenido en la celda, desde un diafragma de aislamiento de acero inoxidable hasta un chip de medición de silicio.

Internamente, cuenta con un circuito de acondicionamiento de señal moderno que presenta una resistencia EMI/RFI excepcional y un error de temperatura muy pequeño. Su carcasa y todos los componentes que se conectan al proceso están fabricados con acero inoxidable 316L, lo que la hace perfecta para ser utilizada en aplicaciones como motores, compresores, control de procesos, nivel de líquido y bombas.

Especificaciones Técnicas:



Operating Pressure Range:	PXT-K-600 Range 0-600 psig PXT-K-300 Range 0-300 psig PXT-K-100 Range 0-100 psig
Operating Temperature:	-22 to 176° F (-30 to 80° C)
Compensated Temp Range:	-20 to 160° F (-29 to 71° C)
Accuracy:	+/- 0.25% of span at 25° C
Process Connection:	1/4"-18 NPT female with 7/8" Hex nut
Electrical Connection:	1/2" NPT male conduit connection, 60" long cable, vented
Enclosure:	NEMA 4/IP65
Body:	316L stainless steel.
Wetted Parts:	316L stainless steel.
Supply Voltage:	8 - 30 VDC (Typically 24 VDC)
Transmitter Output:	4-20 mA, two wire configurations with load characteristics
Applicable Standards:	CSA: Class I / II / III, Div 1, Groups A-F T4 Class I / II / III, Div 2, Groups A-D,F,G T4 ATEX: IBExU 10 ATEX 1124 X II 1G Ex ia IIC T6-T4 II 3G Ex nA IIC T6

Figura 2.32 Especificaciones Técnicas del Transmisor de Presión

La designación del tag de proceso a los transductores de presión de visualiza en la siguiente tabla 2.1:

Tabla 2.1 Tag de Proceso a los Transductores de Presión [Autor]

Item	Tag	Descripción	Rango	Modelo	No. Parte	Cantidad
7	PT-531A/B	Presión Descarga	0-600 PSI	PXT-K-600	05707739	8
8	PT-535DA/B	Presión Aceite Cigüeñal				
9	PT-545A/B	Presión Aceite Compresor Lube 1				
10	PT-546A/B	Presión Aceite Compresor Lube 2				
4	PT-532A/B	Presión Aceite Incrementador	0-300 PSI	PXT-K-300	05707737	6
5	PT-102A/B	Presión Gas Combustible				
6	PT-103A/B	Presión Aire Arranque				
1	PT-530A/B	Presión Succión	0-100 PSI	PXT-K-100	05707735	6
2	PT-535IA/B	Presión Aceite Máquina				
3	PT-101A/B	Presión Gobernador				

2.7.2 Termocuplas

Termocupla apropiada para aplicaciones de la industria, brinda estabilidad en el soporte de instalación y resistencia a las vibraciones. Consiste en dos cables TEW&C que están soldados en un extremo, formando así una unión (sin aterrizar). Cada cable está hecho de un metal distinto, por lo que cada uno responde de manera única a la temperatura en la unión. Esta discrepancia produce un voltaje que se modifica según las variaciones de la temperatura.

El cable de Termocupla TEW&C posee aislamiento de fibra de vidrio con un blindaje externo de metal de acero inoxidable trenzado, el tramo de cable expuesto a las condiciones industriales posee una coraza metálica flexible con una curvatura de 90 grados para evitar daños del conductor en las acciones de mantenimiento de máquinas y equipos de proceso.

Especificaciones Técnicas:



Termocupla:	Tipo J
Material Bulbo:	Acero inoxidable
Diámetro Bulbo:	3/8"
Conexión al Proceso:	1/2" NPT
Calibre Conductor:	20 AWG, flexible
Aislamiento Conductor:	Fibra de vidrio
Aislamiento Externo Conductor:	Acero inoxidable trenzado
Rango de temperatura:	32 to 1400° F (0 to 760° C)
Tolerancia:	± 4°F (2.2°C) o ±0.75%
Cubierta:	Tipo coraza
Aprobaciones:	ASTM E230 ANSI MC96.1

Figura 2.33 Especificaciones Técnicas de Termocuplas

La designación del tag de proceso a las termocuplas tipo J se visualiza en la siguiente tabla 2.2:

Tabla 2.2 Tag de Proceso a las Termocuplas Tipo J

Item	Tag	Descripción	Conexión Proceso	Diámetro Bulbo	Inserción	Cable Coraza	Cantidad
1	TT-530A/B	Temp. Descarga	1/2" NPT	3/8"	4 ½"	2 m.	4
2	TT-538A/B	Temp. Manifold Derecho					
3	TT-531A/B	Temp. Agua Máquina	1/2" NPT	3/8"	4 ½"	3 m.	2
4	TT-539A/B	Temp. Manifold Izquierdo	1/2" NPT	3/8"	4 ½"	4 m.	2
5	TT-532A/B	Temp. Aceite Incrementador	1/2" NPT	3/8"	2 ½"	2 m.	6
6	TT-535A/B	Temp. Aceite Máquina					
7	TT-545A/B	Temp. Aceite Compresor					

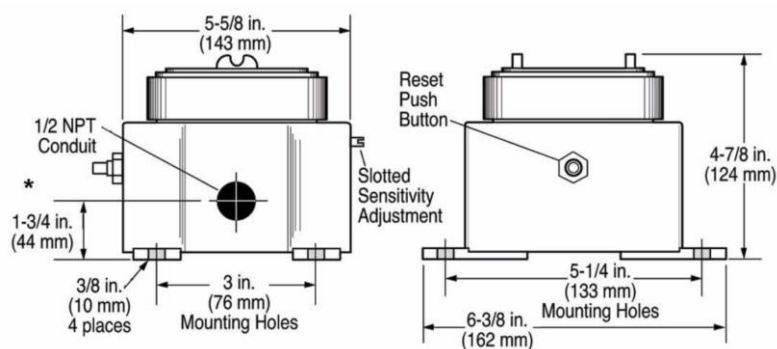
2.7.3 Switch de Vibración

Los interruptores de la Serie VS2 son mecanismos sensibles al golpeteo o vibración excesiva de maquinaria o equipos rotativos que pueden afectar el desempeño del equipo y en consecuencia representar una amenaza para la operación adecuada. Está diseñado para detectar golpes o vibraciones en tres ejes de movimiento, utiliza un brazo mecánico y un cerrojo magnético que permanecen enganchados en operación normal. A medida que aumenta el nivel de vibración o golpeteo, las fuerzas de inercia actúan contra el brazo mecánico y lo alejan del cerrojo magnético. Esta acción hace que el brazo mecánico opere los contactos para obtener un apagado seguro de la maquinaria o equipo rotativo.

La sensibilidad puede modificarse manualmente en campo, y se obtiene ajustando el espacio de aire (air gap) entre el imán y la cabeza del perno del mecanismo de ajuste. Adicionalmente un botón de reset manual para enganchar el brazo mecánico al cerrojo magnético a su estado normal.

Presenta carcasa a prueba de explosión ideal para aplicaciones que incluyen todo tipo de maquinaria rotativa o recíproca, ventiladores de refrigeración, motores, bombas, compresores, intercambiadores de calor, etc.

Especificaciones Técnicas:



Case:	Explosion-proof aluminum alloy housing
Operating Temperature Range:	-40°F to 185°F (-40° C to 85° C)
Snap switches:	2-SPDT snap-switches; 5A @ 480 VAC 2A resistive, 1A inductive, up to 30 VDC
Enclosure:	Meets IP54
Range adjustment:	0-7 G's; 0-100 Hz/0.10 in. displacement
Certification:	CSA Canada and US listed for Class I, Division 1, Groups C & D hazardous locations
Field Features:	Field Reset Button Field adjustable sensitivity
Mounting:	Base mount with bolts

Figura 2.34 Especificaciones Técnicas Switch de Vibración

La designación del tag de proceso a los interruptores de vibración se visualiza en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Tag de Proceso a los Interruptores de Vibración

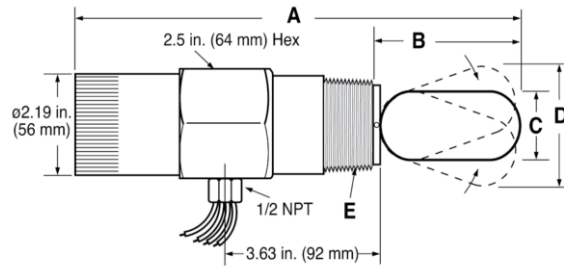
Item	Tag	Descripción	Marca	Modelo	No. Parte	Cantidad
1	VHS-530A/B	Alta Vibración Succión	Murphy	VS2EX	20700049	8
2	VHS-532A/B	Alta Vibración Incrementador				
3	VHS-535A/B	Alta Vibración Motor				
4	VHS-541A/B	Alta Vibración Enfriador				

2.7.4 Switch de Nivel

Los interruptores de nivel de líquido de la serie LS200 tienen un diseño sólido que, cuando el nivel del líquido cambia, activa uno o dos interruptores. Se han desarrollado para ser usados en separadores, depuradores de gas y otros dispositivos similares. Es fácil montar el interruptor de nivel porque se puede atornillar directamente en el recipiente o vessel, o también montarlo a través de una cámara de flotación externa.

Posee un cuerpo construido en acero inoxidable 316 para atmósferas corrosivas mientras que el flotador tiene una protección en acero inoxidable 304 que le permite operar con gravedad específica de 0,55 y con fluidos más pesados.

Especificaciones Técnicas:



Process Connection:	2" NPT
Pressure Rating:	2000 psig (13.8 MPa) [138 bar]
Temperature Rating:	-20 to 300°F (-29 to 149°C)
Body:	316 Stainless Steel
Float:	304 Stainless Steel
O-ring:	Viton
Allowable Specific Gravity:	0,55 @ 2000 PSI
Snap switch:	DPDT snap-switches 10A @ 125-250 VAC 10A @ 6-24 VDC
Wiring:	18 AWG x 36 in. (1.0 mm ² x 916 mm)
Certification:	Listed for cCSAus Class I, Div 1, Grps C & D locations Canadian Registration Number: 0F01476.2

Figura 2.35 Especificaciones Técnicas Switch de Nivel

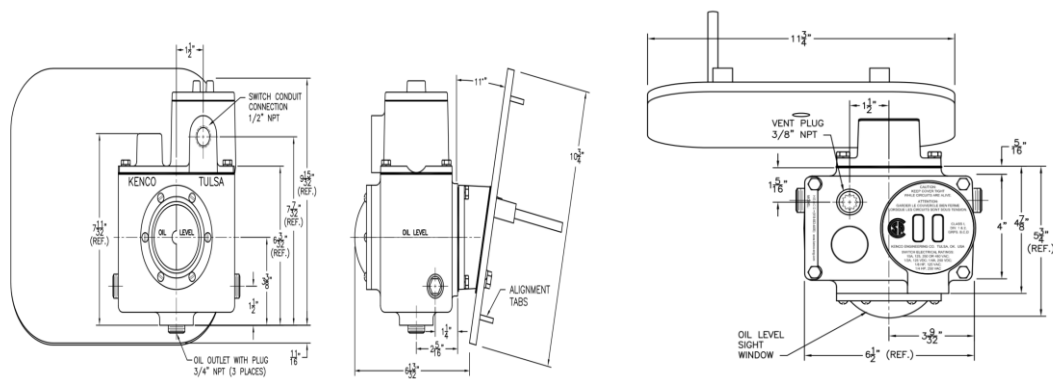
2.7.5 Controlador de Nivel de Aceite

Los interruptores KENCO de nivel de aceite están concebidos como un mecanismo de seguridad para el motor o compresor que permanece estacionario. El nivel de aceite en el cárter es regulado por el interruptor de nivel de aceite. El nivel de aceite en la caja del interruptor de nivel de aceite está directamente relacionado con el nivel dentro del cárter. El compresor o motor tiene un consumo continuo de aceite proveniente del cárter. Si la cantidad de aceite en el cárter se encuentra por debajo del nivel establecido, el interruptor saltará y encenderá una alarma. El interruptor se disparará para condiciones de nivel bajo, dependiendo de la configuración que tenga.

Posee un kit de montaje con designación (-17) para Motores Waukesha VHP F2895, F3521, F5108, L5790 y L7042 que reemplaza la puerta de inspección con una

disposición de montaje de perno simple. El interruptor de nivel se ubica al costado derecho de la puerta de inspección como se indica en los diagramas de especificación técnica.

Especificaciones Técnicas:



Enclosure:	Explosion Proof
Housing:	Aluminum
Float Material:	Closed Cell Polyurethane
Valve Seat:	Nitrile (Buna-N)
Sight Window:	U.V. Stabilized Transparent Nylon
Process Connections:	Oil Outlet Connection Size: 3/4" FNPT
Switch:	SPDT Single Point Double Throw
Switch Rating:	15 amp, 125/250/480 VAC 0.5 amp, 125 VDC; 0.25 amp, 250 VDC 1/8 hp, 125 VAC; 1/4 hp, 250 VAC
Switch Trip Point:	Switch trips when oil level drops 3/4" below centerline of sight window. It has no oil level controller function.
Electrical Connection Size:	1/2" FNPT
Maximum Temperature:	180°F/ 82°C
Mounting Bracket Adapter:	(-17): For Waukesha VHP Engines F2895, F3521, F5108, L5790 and L7042 (Replaces Inspection Door with Single Bolt Mounting Arrangement)
Certification:	CSA: Class I, Div 1 & 2, Groups B,C,D T5 ATEX: II 2 G Ex d IIB+H2 T5 Gb -35° C < Tamb < + 85° C KEMA 07ATEX0129X

Figura 2.36 Especificaciones Controlador de Nivel de Aceite

La designación del tag de proceso a los interruptores de nivel se visualiza en la siguiente tabla 2.4:

Tabla 2.4 Tag de Proceso a los Interruptores de Nivel

Item	Tag	Descripción	Marca	Modelo	No. Parte	Cantidad
1	LSL-535A/B	Bajo Nivel Aceite Máquina	KENCO	KES-17	KES-17	2
2	LSL-520A/B	Bajo Nivel Depurador	Murphy	LS200SS-D	15700773	10
3	LSL-541A/B	Bajo Nivel Agua - Máquina				
4	LSL-542A/B	Bajo Nivel Agua - Auxiliar				
5	LSL-560A/B	Bajo Nivel Separador				
6	LSH-560A/B	Alto Nivel Separador				

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

El análisis comparativo del sistema de control se llevará a cabo en este capítulo. posterior al montaje e instalación de la nueva instrumentación electrónica, controladores, panel view y sistema de comunicaciones.

Para una mayor comprensión del presente capítulo se debe tener en consideración las abreviaturas que se encuentran en el apéndice y que están descritas de acuerdo a las normas ISA.

3.1 Tags

Los tags son esenciales para diferenciar entre las diferentes variables y que estas puedan ser entendidas por el software y posteriormente ser visualizadas en un SCADA, HMI o Panel View.

Para cada señal que ingrese o salga del PLC, ya sea análoga o digital; además de para la lectura de las señales térmicas a través de las termocuplas, las RPM, mediante el pick up.

Estos tags también sirven para la creación e identificación de señales visuales o sonoras de acuerdo a la necesidad del proceso. En la tabla siguiente, a continuación, se presentan las etiquetas que se usaron para ajustar el controlador Murph.

Tabla 3.1 Tag utilizados para la configuración del controlador Murphy

	LSL-520B
Signal	TSL-530B
PPS-535B	TSH-530B
TSH-532B	LSL-541B
DPSL-530B	LSL-542B
DPSL-511B	TSH-535B
PSL-535B	TSH-545B
TSH-531B	LSL-535B
VSH-541B	CARGANDO
TSH-538B	DESCARGANDO
VSH-532B	PRELUBE
PSL-532B	None
PSL-530B	None
PSH-530B	UNDERSPEED RPM
LSL-560B	OVERSPEED RPM
LSH-560B	LOST RPM/STALL

3.2 Programación de Controlador Murphy

Para la configuración del controlador Murphy, como se había indicado anteriormente, se debe empezar por la selección del Hardware a configurar de la manera que se muestra en la figura 3.1, la cual es el reporte que genera el controlador una vez que ha sido configurado.

3.2.1 Hardware Options

Se puede comprobar que el controlador C4-1-A se utilizó para la creación de este proyecto, por la cantidad de entradas y salidas, tanto análogas como digitales, y de acuerdo al dimensionamiento, en este caso no se requiere de módulos adicionales, y el Panel View utilizado es el MV-3-C.

Core Board:	C4-1-A
Expansion Board:	None
Display Option:	MV-3-C

Figura 3.1 Hardware Options

3.2.2 Comm Port Settings

Una vez seleccionado el tipo y modelo de controlador y Panel View a utilizar, se procede a identificar los tipos de comunicación que se utilizará. En este caso tenemos 2 puertos de comunicación Port1 y Port 2, los cuales van a ser utilizados con el protocolo RS232.

El Delay Modbus Reply (ms) es el tiempo que el maestro tiene para esperar una respuesta del esclavo, en el Port 1 es de 100. Para el Port 2 no se utiliza.

El Baud Rate, es la velocidad de Baudios, esto se realiza cuando los dispositivos utilizan una comunicación en serie, e indica que el puerto es capaz de transferir cierta cantidad de bits por segundo, para cada puerto de acuerdo a la necesidad del proceso, el Port 1 está configurado a una velocidad de 115200 y el Port 2 está configurado a una velocidad de 9600.

El Modbus Address, es la dirección de registro, que por lo general comienzan con un número entero para especificar el tipo de memoria. En este caso el Port1 1 tiene dirección 1. El Port 2 no utiliza dirección para este proyecto.

	<u>Port 1</u>	<u>Port 2</u>
Type:	RS-232	RS-232
Delay Modbus Reply (ms):	100	0
Baud Rate:	115200	9600
Modbus Address:	1	

Figura 3.2 Comm Port Settings

3.2.3 Configuración de Digital Input (DI)

Como se había indicado el controlador posee 32 entradas digitales (DI) para el procesamiento de las diferentes señales. Para la verificación de la configuración se realiza lo siguiente:

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número que va desde el 1 al 32.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

NO/NC, se selecciona el estado que se requiere que trabaje el puerto es decir NC (Normalmente Close o Cerrado) y NO (Normalmente Open o Abierto), esto se realiza de acuerdo a la necesidad de operación del compresor y a la conexión del instrumento físico en campo.

Enable Delay, puede ser TRUE o FALSE, en caso de requerir que la señal necesite un retraso o compensación de tiempo, ya sea para que el operador pueda reconocer la alarma y evitar que el compresor se apague. En Esta configuración esta en FALSE, lo que indica que en cuanto una señal cambie de estado automáticamente las señales envían a apagar el compresor como medida de protección tanto para el equipo como para el personal.

Delay (Sec), en caso de ser TRUE, se coloca el tiempo en segundos que tiene el operador para reconocer la o las alarmas activas. En este caso es 0.

Delay Type, se refiere al tipo de retraso que se genera internamente en el controlador, en este caso es un pulso, al ser señales digitales.

Tabla 3.2 Digital Inputs

Digital Inputs

	In Use	Description	NO/NC	Enable Delay	Delay (Sec)	DelayType
1	Yes	PPS-535B	Normally Closed	False	0	Pulse
2	Yes	TSH-532B	Normally Closed	False	0	Pulse
3	Yes	DPSL-530B	Normally Closed	False	0	Pulse
4	Yes	DPSL-511B	Normally Closed	False	0	Pulse
5	Yes	PSL-535B	Normally Closed	False	0	Pulse
6	Yes	TSH-531B	Normally Closed	False	0	Pulse
7	Yes	VSH-541B	Normally Closed	False	0	Pulse
8	Yes	TSH-538B	Normally Closed	False	0	Pulse
9	Yes	VSH-532B	Normally Closed	False	0	Pulse
10	Yes	PSL-532B	Normally Closed	False	0	Pulse
11	Yes	PSL-530B	Normally Closed	False	0	Pulse
12	Yes	PSH-530B	Normally Closed	False	0	Pulse
13	Yes	LSL-560B	Normally Closed	False	0	Pulse
14	Yes	LSH-560B	Normally Closed	False	0	Pulse
15	Yes	LSL-520B	Normally Closed	False	0	Pulse
16	Yes	TSL-530B	Normally Closed	False	0	Pulse
17	Yes	TSH-530B	Normally Closed	False	0	Pulse
18	Yes	LSL-541B	Normally Closed	False	0	Pulse
19	Yes	LSL-542B	Normally Closed	False	0	Pulse
20	Yes	TSH-535B	Normally Closed	False	0	Pulse
21	Yes	TSH-545B	Normally Closed	False	0	Pulse
22	Yes	LSL-535B	Normally Closed	False	0	Pulse
23	Yes	CARGANDO	Normally Open	False	0	Pulse
24	Yes	DESCARGANDO	Normally Open	False	0	Pulse
25	No	ESD	Normally Open	False	0	Pulse
26	No	SPARE26	Normally Open	False	0	Pulse
27	No	SPARE27	Normally Open	False	0	Pulse
28	No	SPARE28	Normally Open	False	0	Pulse
29	No	SPARE29	Normally Open	False	0	Pulse
30	No	SPARE30	Normally Closed	False	0	Pulse
31	No	SPARE31	Normally Closed	False	0	Pulse
32	No	SPARE	Normally Open	False	0	Pulse

3.2.4 Configuración de Digital Output (DO)

El controlador Murphy utilizado para este proyecto consta de 10 salidas digitales (DO). Las mismas se pueden verificar su configuración de la siguiente manera:

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número que va desde el 1 al 10.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

NO/NC, se selecciona el estado que se requiere que trabaje el puerto es decir NC (Normalmente Close o Cerrado) y NO (Normalmente Open o Abierto), esto se realiza de acuerdo a la necesidad de operación del compresor y a la conexión del instrumento físico en campo.

Tabla 3.3 Digital Outputs

Digital Outputs

	In Use	Description	NO/NC
1	Yes	RUN STATUS	Normally Open
2	Yes	FAULT SD INDIC	Normally Open
3	Yes	FUEL VALVE	Normally Open
4	Yes	PRELUBRICACION	Normally Open
5	No	CORE_DO_5	Normally Open
6	No	CORE_DO_6	Normally Open
7	No	CORE_DO_7	Normally Open
8	No	CORE_DO_8	Normally Open
9	No	CORE_DO_9	Normally Open
10	No	CORE_DO_10	Normally Open

3.2.5 Configuración de Analog Inputs (AI)

El controlador tiene 18 entradas análogas (AI), para verificar la configuración se lo realiza de la siguiente manera:

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número que va desde el 1 al 18.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

Type, en este apartado se coloca el tipo de señal de entrada que emite el instrumento electrónico, es decir puede ser 4-20 mA, 1-5V, entre otros. En este caso utilizamos la señal de 4-20mA.

Raw Offset, es la compensación requerida de las señales para poder ser procesada por el controlador. En este caso las señales de 4-20 mA requieren una compensación de 147.

Raw Spam, es la tolerancia de medida del instrumento de acuerdo al rango de operación o de trabajo, en este caso es de 566.

Min, en caso de trabajar con rangos de operación de las señales de los diferentes instrumentos, en caso de min, nos indica el valor mínimo permitido para el trabajo de la señal, los valores por debajo de este valor indica una señal de alarma para el compresor.

Max, en caso de trabajar con rangos de operación de las señales de los diferentes instrumentos, en caso de máx., nos indica el valor máximo permitido para el trabajo de la señal, los valores por encima de este valor indica una señal de alarma para el compresor.

Units, De acuerdo al tipo de variable a medir se determina el tipo de unidad, ya puede ser PSI, Bar, C, F. entre otros.

Tabla 3.4 Analog Inputs

	In Use	Description	Type	Dec	Mvg Avg	Raw Offset/ First Analog	Raw Span/ Sec Analog	Min	Max	Units
1	No	CORE_AI_1	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
2	No	CORE_AI_2	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
3	No	CORE_AI_3	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
4	No	CORE_AI_4	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
5	No	CORE_AI_5	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
6	No	CORE_AI_6	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
7	No	CORE_AI_7	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
8	No	CORE_AI_8	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
9	No	CORE_AI_9	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
10	No	CORE_AI_10	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
11	No	CORE_AI_11	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
12	No	CORE_AI_12	0-24mA	0	1	147	586	0	100	
13	No	CTL_LOOP_1	Ctl Loop	0	1	0.00	100.00	0	100	
14	No	CTL_LOOP_2	Ctl Loop	0	1	0.00	100.00	0	100	
15	No	CTL_LOOP_3	Ctl Loop	0	1	0.00	100.00	0	100	
16	No	CTL_LOOP_4	Ctl Loop	0	1	0.00	100.00	0	100	
17	No	CTL_LOOP_5	Ctl Loop	0	1	0.00	100.00	0	100	
18	No	CTL_LOOP_6	Ctl Loop	0	1	0.00	100.00	0	100	

3.2.6 Configuración Analog Output (AO)

El controlador dispone de 2 salidas análogas (AO), las mismas se encuentran configuradas de la siguiente manera:

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número que va desde el 1 y 2.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

Min Output, en caso de trabajar con rangos de operación de las señales de los diferentes instrumentos, en caso de min, nos indica el valor mínimo permitido para el trabajo de la señal, los valores por debajo de este valor indica una señal de alarma para el compresor.

Max O, en caso de trabajar con rangos de operación de las señales de los diferentes instrumentos, en caso de máx., nos indica el valor máximo permitido para el trabajo de la señal, los valores por encima de este valor indica una señal de alarma para el compresor.

Tabla 3.5 Analog Outputs

	InUse	Description	Min Output	Max Output
1	No	CORE_AO_1	0.00	100.00
2	No	CORE_AO_2	0.00	100.00

3.2.7 Configuración Magnetic Pick Up

El controlador Murphy dispone de 2 entradas para PICK UP, y se verifica la configuración de la siguiente manera:

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número que va desde el 1 y 2.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

Nbr Of Teeth, los pick up al tener su principio de funcionamiento en el efecto hall, requiere que se inserte el número de dientes del engranaje, en este caso del volante en donde se va a instalar el instrumento, todo esto con la finalidad que nos de unos valores de RPM precisos y reales de trabajo del compresor.

Tabla 3.6 Magnetic Inputs

	InUse	Description	Nbr Of Teeth
1	Yes	ENGINE SPEED	208
2	No	Not Installed	0

3.2.8 Configuración Set Points

Para la configuración del set points de limites alto y bajo de las diferentes variables se puede realizar de acuerdo a lo indicado en la siguiente tabla.

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

Type, en este apartado se coloca el tipo de señal de entrada por ejemplo Pick Up, 4-20mA, 1-5 V, entre otros.

Base, se indica el tipo de señal de alarma del instrumento, puede ser Speed, Presión, Temperatura, Nivel, entre otros.

GT/LT, se coloca la condición (=) igual (>) mayor que, (<) menor que. De acuerdo al requerimiento del proceso.

Value, se coloca el valor límite de trabajo de la señal insertada, ya sea superior o inferior. El controlador detecta que la señal está trabajando fuera del límite establecido y emite una alarma o en su defecto envía a apagar el compresor de refrigeración. En este caso se puede verificar que el valor para sobre velocidad es de 1100 RPM y para Baja Velocidad es de 700 RPM.

Units, se inserta la unidad de acuerdo a la variable que está midiendo el instrumento, PSI, Bar, F, C. RPM, entre otros.

Delay (Sec), en caso de ser TRUE, se coloca el tiempo en segundos que tiene el operador para reconocer la o las alarmas activas. En este caso es 0.

Tabla 3.7 Setpoints

	In Use	Description	Type	Base	GT/LT	Value	Units	Delay (secs)
1	Yes	OVERSPEED RPM	Magnetic Pickup	ENGINE SPEED	>=	1100	RPM	0
2	Yes	UNDERSPEED RPM	Magnetic Pickup	ENGINE SPEED	<=	700	RPM	0
3	No	SP_3	None	None	>=	0		0
4	No	SP_4	None	None	>=	0		0

Por ejemplo, en el numeral 1, está habilitado (YES), tiene la descripción (OVERSPEED), tipo de señal de entrada (PICK UP), GT/LT (>=) mayor o igual que, Value (1100), Unidades (RPM), Delay sec (0).

Esto quiere decir que el compresor se va a apagar de manera instantánea si la señal del PICK UP sobrepasa los 1100 RPM.

3.2.9 Configuración Eventos / Fallas

In Use, se puede colocar la palabra YES / NO dependiendo si se utiliza o no el puerto de acuerdo al número.

Description, en algunos casos se puede colocar una breve descripción de la señal que está conectada al puerto y en otros casos se coloca el tag de identificación de la señal.

Type, en este apartado se coloca el tipo de señal de entrada.

Class, este controlador puede diferenciar las clases de alarmas y las separa de acuerdo a su complejidad y efecto sobre las operaciones del compresor de refrigeración, es así que la clase de señal, la señal A envía a apagar el compresor de manera inmediata, las señales C1, C2 son indicadoras que alguna variable está trabajando fuera de su límite, pero no pone en riesgo las operaciones del compresor.

Event Clear, de acuerdo a la clase de alarma, esta parte nos indica si la alarma requiere ser solamente reconocida y corregida sin necesidad de apagar el compresor o si la señal debe ser reseteada con el compresor apagado. Es una condicionante para poder arrancar nuevamente el compresor en caso de fallas considerables.

Signal Type, nos indica el tipo de señal que emitió la alarma o falla esta puede ser analógica o digital, entrada o salida, pick up, Termocuplas, entre otras. De acuerdo a la configuración del controlador.

Signal, en este punto se puede identificar a las señales con el tag establecido inicialmente para poder llevar un registro detallado y evitar duplicidad de tags o variables.

Tabla 3.8 Events/Faults

	In Use	Description	Type	Class	EventClear	SignalType	Signal
1	Yes	LO SCRUBB OIL PRESS	Fault SD	C2	Requires Reset	Digital Input	PPS-535B
2	Yes	HI INCREMEN OIL TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSH-532B
3	Yes	LO S/D DIF PRESS	Fault SD	C2	Requires Reset	Digital Input	DPSL-530B
4	Yes	LO COM OIL DIF PRESS	Fault SD	C2	Requires Reset	Digital Input	DPSL-511B
5	Yes	LO ENG OIL PRESS	Fault SD	C2	Requires Reset	Digital Input	PSL-535B
6	Yes	HI ENG WATER TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSH-531B
7	Yes	VIBRATION	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	VSH-541B
8	Yes	HI MANIFOLD TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSH-538B
9	Yes	INCREMENT VIBRATION	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	VSH-532B
10	Yes	LO INC OIL PRESS	Fault SD	C2	Requires Reset	Digital Input	PSL-532B
11	Yes	LO SUCTION PRESS	Fault SD	C2	Requires Reset	Digital Input	PSL-530B
12	Yes	HI DISCH PRESSURE	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	PSH-530B
13	Yes	LO SCRUBBER LEVEL	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	LSL-560B
14	Yes	HI SCRUBBER LEVEL	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	LSH-560B
15	Yes	LO DEPURADOR LEVEL	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	LSL-520B
16	Yes	LO DISCHARGE TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSL-530B
17	Yes	HI DISCHARGE TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSH-530B
18	Yes	LO ENG WATER LEVEL	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	LSL-541B
19	Yes	LO AUX WATER LEVEL	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	LSL-542B
20	Yes	HI ENGINE OIL TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSH-535B
21	Yes	HI COMPR OIL TEMP	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	TSH-545B
22	Yes	LO ENG OIL LEVEL	Fault SD	A	Requires Reset	Digital Input	LSL-535B
23	Yes	CARGANDO	Message	C2	Self Clearing	Digital Input	CARGANDO
24	Yes	DESCARGANDO	Message	C2	Self Clearing	Digital Input	DESCARGANDO

3.3 Asignación de Variables PLC

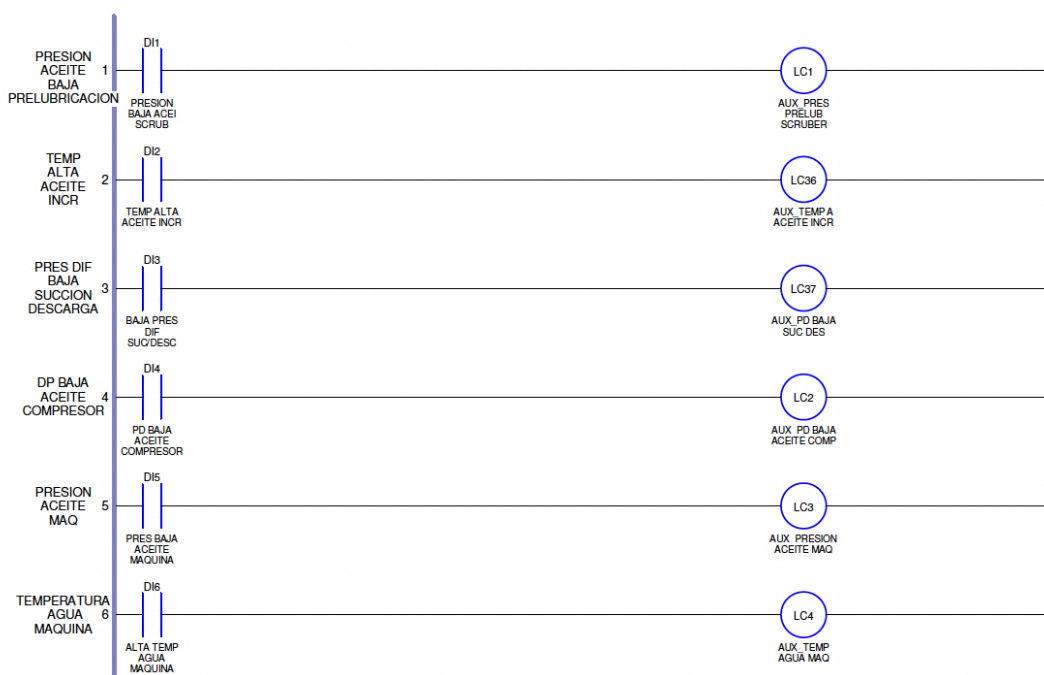
Al igual que para la configuración en el controlador Murphy, para la programación en el PLC Modicon, Para programar la intervención de cada señal en el proceso, es necesario asignar variables (tags) para su identificación. La tabla siguiente presenta la asignación de variables.

Tabla 3.9 Asignación de Variables PLC

Nro.	Descripción	Tipo de Señal	Canal	Auxiliar
1	Presión de Aceite Baja Pre lubricación	Digital	DI1	LC1
2	Temperatura Alta de Aceite	Digital	DI2	LC2

3	Presión Baja de Aceite de Máquina	Digital	DI6	LC3
4	Presión Baja de Succión	Digital	DI12	LC7
5	Presión Alta de Descarga	Digital	DI13	LC8
6	Nivel Bajo de Separador	Digital	DI14	LC9
7	Nivel Alto del Depurador	Digital	DI16	LC11
8	Nivel Bajo de Agua de Máquina	Digital	DI19	LC17

En la figura 3.3, se puede apreciar de manera gráfica, la implementación e identificación de cada una de las variables a utilizar en la configuración:



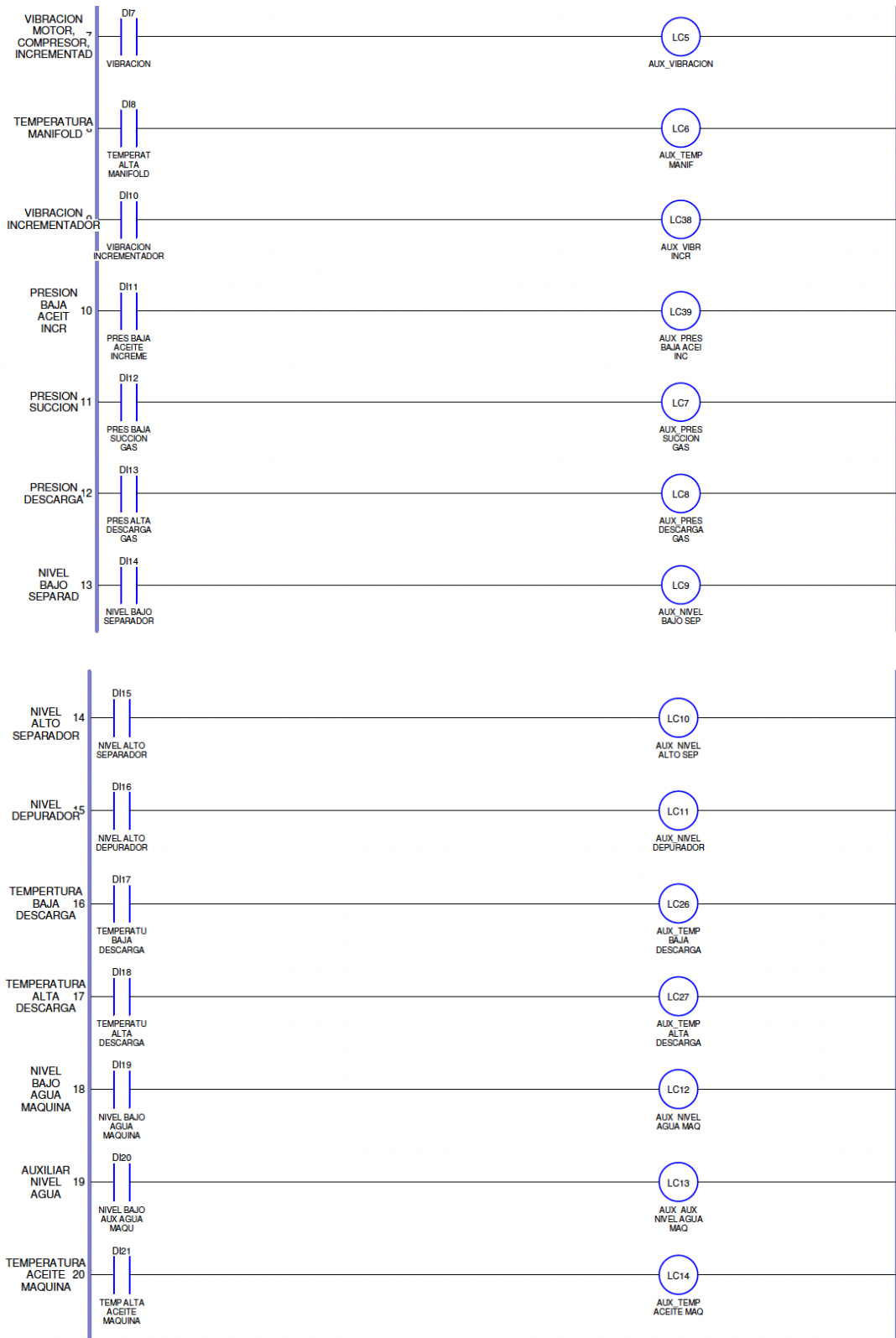


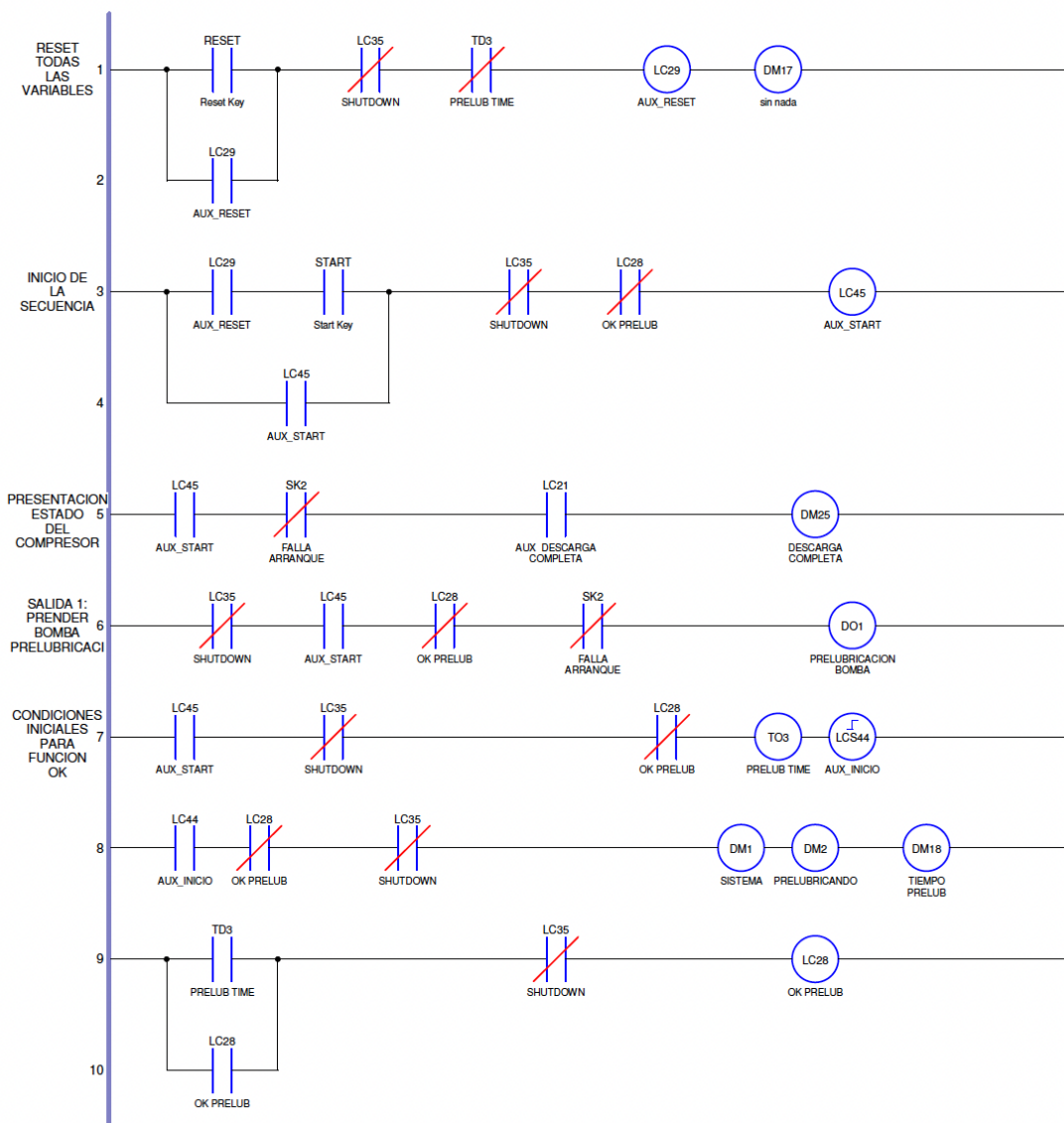
Figura 3.3 Asignación de Variables

3.3.1 Programación PLC

Una vez asignado las variables a las diferentes señales del proceso, se procede a para poder tener, es necesario programar el PLC en lenguaje. Ladder una similitud con todos los controladores utilizados en la planta modular.

La misma tiene su principio de funcionamiento en contactos, abiertos o cerrados, timers, bobinas, bobinas auxiliares. En la figura 3.4 se puede apreciar la secuencia de funcionamiento.

SECUENCIA FUNCIONAMIENTO



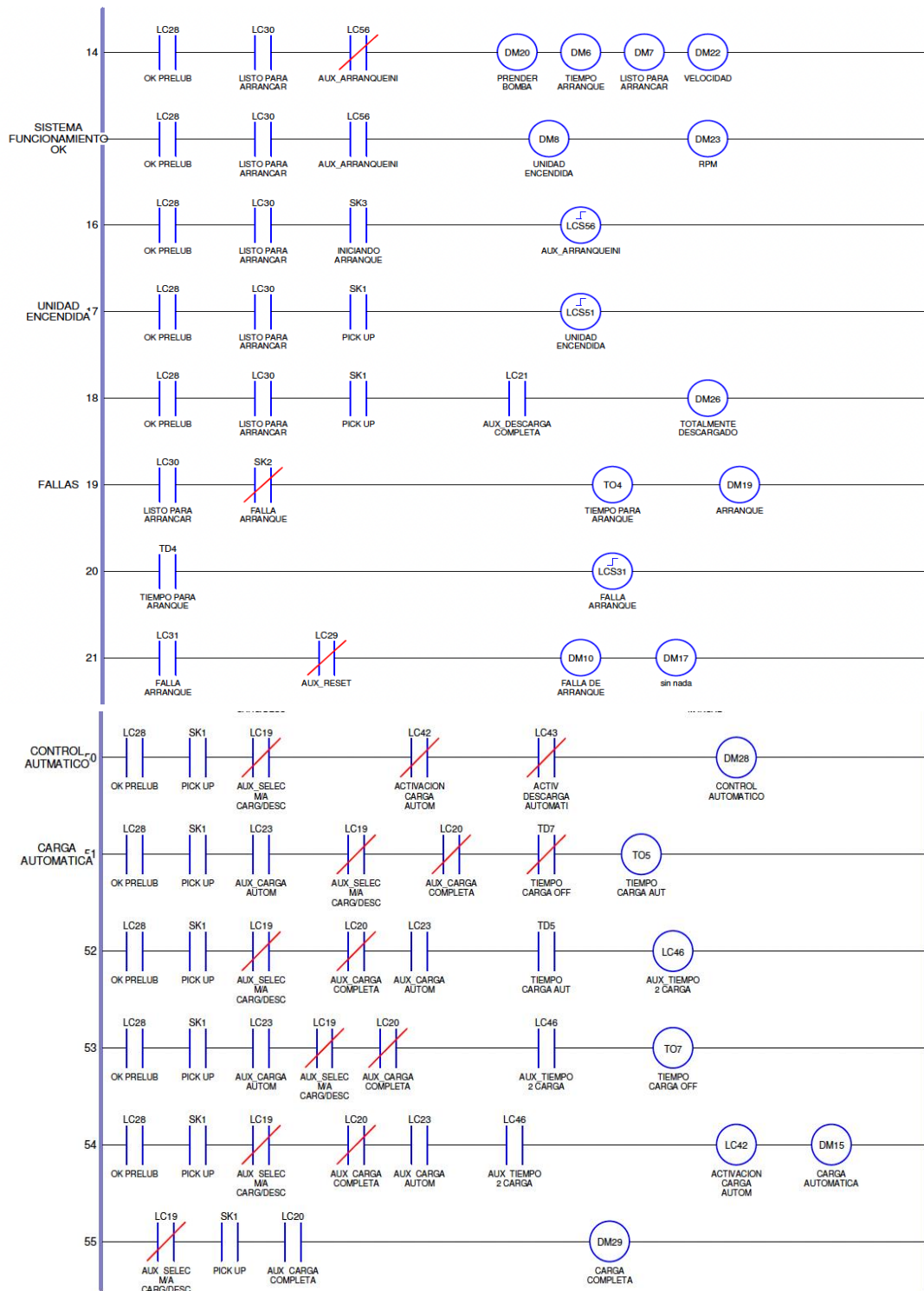


Figura 3.4 Secuencia Funcionamiento

3.3.2 Visualización Señales Pantalla HMI

El HMI se ha distribuido de tal manera que la aplicación tiene áreas para operación, navegación, históricos, y alarmas.

El área de operación contiene las pantallas de Intel Separator, Gas Process, Liquid Process, Refrig Compr y Utilities según sea elegido en la navegación. Además, se indica pantallas de alarmas como Alm Summ y Alm Hist. Otra de las pantallas que se muestra son históricos como pantallas de Hist Trend o Real Time. Por último, se presenta una pantalla en la que se tiene el ajuste de los lazos de control PID, en el que se pueden personalizar los valores del bloque PID. Para la implementación, de las señales en el HMI se realiza la configuración del mismo, de acuerdo a la norma ISA.

- A. Navegación
- B. Operación
- C. Reconocimiento Alarmas
- D. Alarmas

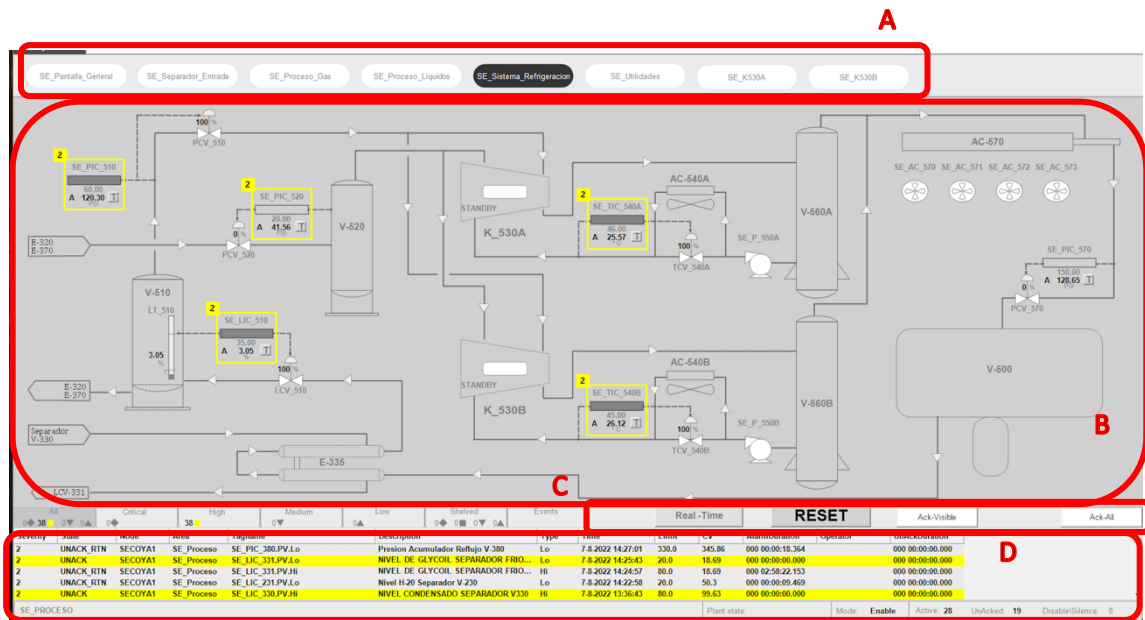


Figura 3.5 Visualización Señales Pantalla HMI

En todas las ventanas se puede seleccionar la navegación entre las diferentes pantallas del HMI, como también se observa las Alarmas ACK y la alarma de comunicación del PLC.

Los botones para cambiar de pantalla son las siguientes y se utiliza para poder navegar entre pantallas del HMI.



Figura 3.6 Botones para navegar entre pantallas del HMI

Se tiene como complemento de la navegación las alarmas ACK ALL, ACK VISIBLE y RESET los mismos tienen comunicación con la RTU. Estas se activarán cuando se presente algún acontecimiento.

Adicional se tiene el botón de Real – Time, el cual nos permite acceder a ajuste de los lazos de control PID, en el que se pueden personalizar los valores del bloque PID.



Figura 3.7 Botón Real-Time

En la siguiente Figura se puede valorar las tendencias en tiempo real de las variables del proceso elegidas. Las mismas sirven como referencia al operador para saber si las condiciones de proceso están dentro de los límites de trabajo recomendados.

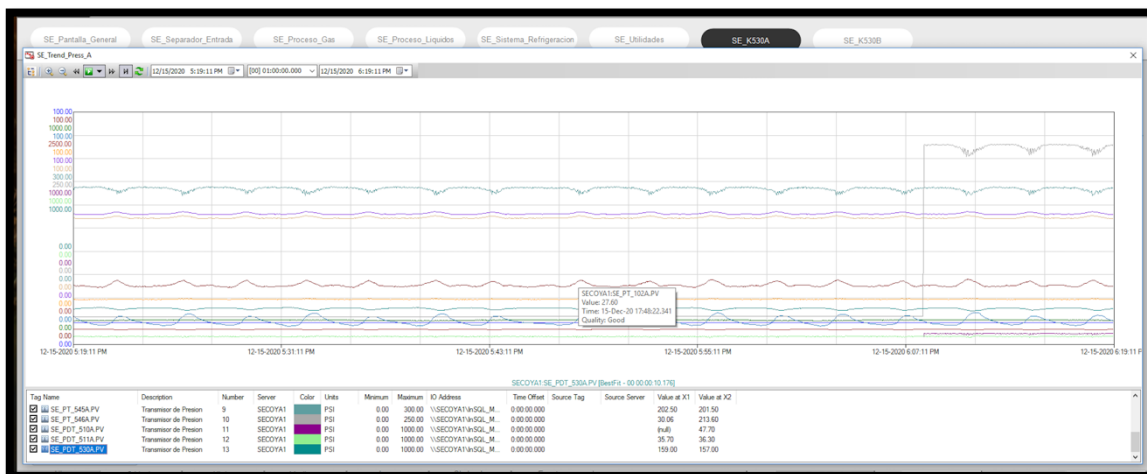


Figura 3.8 Tendencias en Tiempo Real de las Variables del Proceso

En la siguiente figura se puede apreciar el History Trend, En el interior de la pantalla de History Trend se realiza una representación gráfica de valor (es) a lo largo de un período de tiempo. La tendencia le permite ver datos muestreados durante un período de tiempo

en una pantalla gráfica. Los datos se muestrean a una velocidad periódica. Puede crear objetos con diferentes tasas de actualización o con la tasa de actualización de muestra de forma simultánea. También puede configurar eventos para activar el inicio y la detención del registro de datos y recopilar muestras de datos para analizar fuera de línea.

La Pantalla de History Trend proporciona una instantánea de los datos de una fecha y hora del pasado. No son dinámicos a diferencia de las tendencias en tiempo real, las tendencias históricas solo se actualizan cuando se les indica que lo hagan ya sea a través de una lógica de cuándo el operador hace clic en un botón.

La tendencia histórica brinda al operador una flexibilidad completa en el diseño de la interfaz para su tendencia. Se tiene scooters que el operador deslice sobre la tendencia para acceder a una variedad de datos según la ubicación actual del scooter.

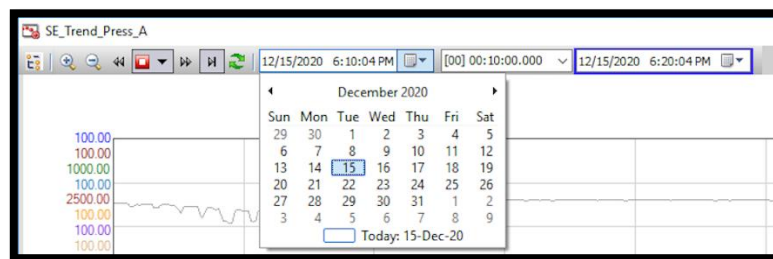


Figura 3.9 History Trend

En las pantallas también se muestra las alarmas de una formada minimizada, donde se indica las alarmas y los eventos más importantes de la estación. Como se puede apreciar en la siguiente Figura.

Las señales que están activadas se resaltan en color amarillo, para que el operador pueda identificarlas de manera rápida y pueda tomar las acciones correctivas necesarias.

Severity	State	Node	Area	Tagname	Description	Type	Time	Limit	CV	AlarmDuration	Operator	UnAckDuration
2	UNACK_RTN	SECOYAI	SE_Proceso	SE_FT_366.PV.Lo	Transmisor de Flujo	Lo	12-15-2020 18:13...	25.0	30.5	000 00:00:27.828		000 00:00:00.000
2	UNACK_RTN	SECOYAI	SE_Proceso	SE_LIC_510.PV.Lo	Nivel de Economizador V.510	Lo	12-15-2020 18:13...	10.0	0.15	000 00:00:00.000		000 00:00:00.000
2	UNACK_RTN	SECOYAI	SE_Proceso	SE_LIC_370.PV.Lo	Nivel de Propeno del Condensador de R.	Lo	12-15-2020 18:15...	30.0	5.52	000 00:00:00.000		000 00:00:00.000
2	UNACK_RTN	SECOYAI	SE_Proceso	SE_FT_366.PV.LoLo	Transmisor de Flujo	LoLo	12-15-2020 16:15...	10.0	30.5	000 00:39:12.838		000 00:00:00.000
2	UNACK_RTN	SECOYAI	SE_Proceso	SE_TT_350.PV.H	Transmisor de Temperatura	H	12-15-2020 14:27...	25.0	15.45	000 00:46:16.430		000 00:00:00.000

Figura 3.10 Alarmas y los Eventos más Importantes de la Estación

Dentro de estas alarmas se puede observar la fecha en la que se produjo, además de la hora, la clase de alarma que se produjo, el tipo de alarma que se ejecutó, el operador, el comentario de la alarma y otros datos complementarios de cada alarma o advertencia que se estén generando.

La pantalla puede observarse en la siguiente figura correspondiente al SE_ Sistema de Refrigeración. En el cual se puede apreciar de manera general todos los elementos, equipos e instrumentos que intervienen en el proceso.

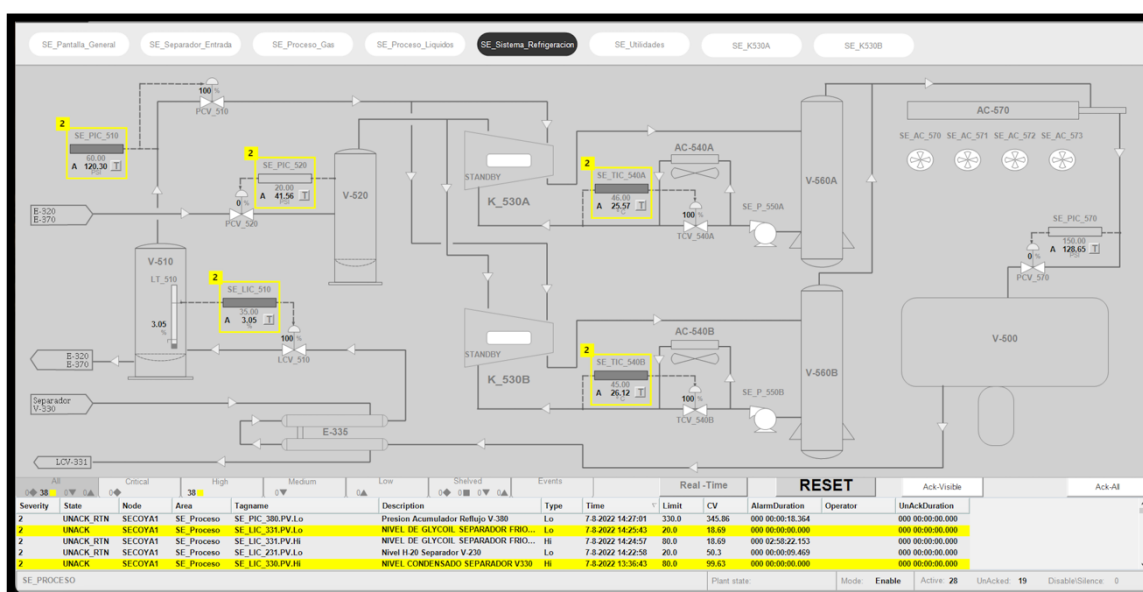


Figura 3.11 Pantalla Correspondiente al SE_ Sistema de Refrigeración

Cada uno de los equipos se describe a continuación, accesorios e instrumentos que conforman el sistema de refrigeración en general de la planta modular, con su respectivo símbolo, basado en la Norma ISA 101.

En la siguiente figura se muestra, el Scrubber V-520 que es el encargado de almacenar el propano que posteriormente es enviado a los compresores de refrigeración.

Se puede apreciar también una válvula de control de presión PCV-520, la cual está en un porcentaje de apertura de 0%, debido a que el set point está en 20 PSI, y el valor del proceso está en 41,56 Psi, al estar sobre el valor del set point y de acuerdo a la configuración, la válvula se cierra para impedir que el recipiente se siga presionando. Una vez que el valor del proceso baje a un valor inferior a 20 PSI, la válvula de control empezaría a realizar una apertura paulatina, todo este control depende de la configuración de respuesta del PID del lazo de control.

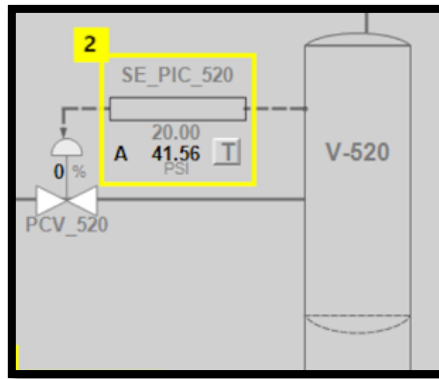


Figura 3.12 Válvula de control de Presión PCV-520

En la siguiente figura, se puede observar el Aero Enfriador (AIR COOLER) AC-540A, mismo que se encuentra trabajando de manera conjunta con el lazo de control de temperatura SE_TIC_540A. En este caso se puede observar como la La válvula de control está abierta completamente tanto como indica el valor como el color del rectángulo un poco más oscuro que indica la apertura de la válvula. El valor de set point de este lazo de control está en 46 C, y el valor de la temperatura del proceso está en 25,57 C, lo cual tiene concordancia con la apertura de la válvula que permite el paso del fluido hasta permitir que el valor de la temperatura empiece a elevar y llegar al establecido por el operador, una vez el valor de proceso alcance al valor del set point, la válvula de control empezara a cerrarse para mantener una temperatura estable, todo esto se lo hace de acuerdo a la configuración de los parámetros del PID.

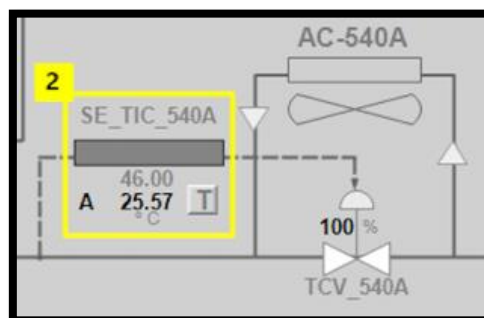


Figura 3.13 Aero Enfriador (AIR COOLER) AC-540A

En la siguiente Figura, se puede apreciar un Scrubber o recipiente V-560 A, y una bomba SE_P_550A, la misma que de acuerdo a la norma ISA 101, se encuentra en color blanco lo cual indica que la bomba se encuentra apagada.

Una vez el valor del permisivo llegue al set point establecido, este permitirá que la bomba se encienda y empiece a evacuar el producto almacenado en el recipiente V-560A.

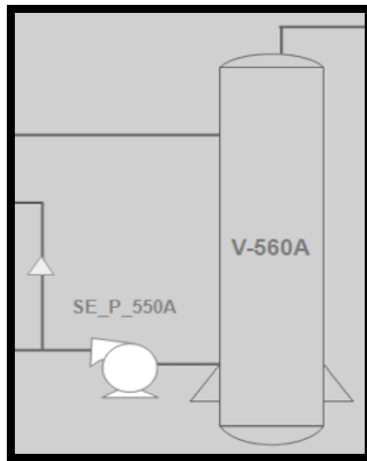


Figura 3.14 Scrubber o recipiente V-560 A, y una bomba SE_P_550A

En la siguiente Figura, se puede apreciar de manera general el compresor de refrigeración K_530 A, mismo que por el indicador rectangular en su interior se puede apreciar que esta de color blanco, lo cual indica que el compresor actualmente se encuentra apagado o en Stand By, mientras se encuentra trabajando el compresor de refrigeración K_530 B. Que es el relevo o Back Up, que entra en funcionamiento por cambios de operación rutinarios o en casos en los que algún compresor sufra una parada inesperada.

La planta modular no puede quedarse sin un sistema de enfriamiento, debido a que es una parte fundamental dentro del proceso, razón por la cual existen 2 compresores de estos para que siempre este trabajando uno a la vez.

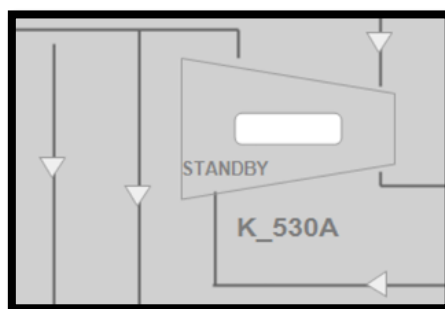


Figura 3.15 Compresor de Refrigeración K_530 A

La figura que sigue muestra que la pantalla del HMI está en la ventana del SE_K530 A. En ella se pueden ver, de manera precisa, todas las variables del procedimiento que están directamente involucradas en el monitoreo y control del compresor de refrigeración.

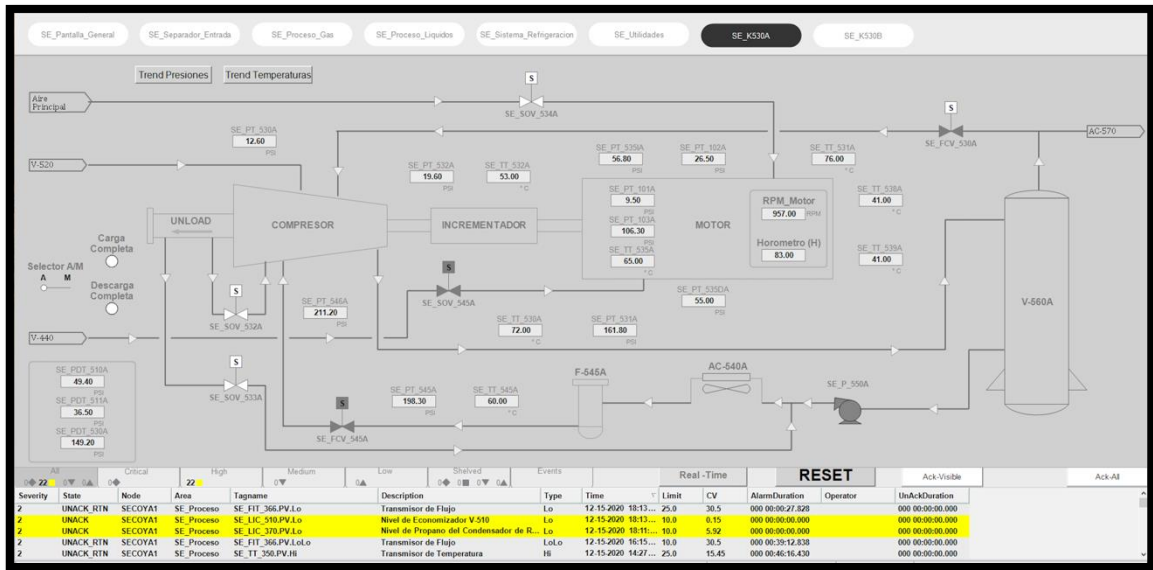


Figura 3.16 Pantalla del HMI

Se puede apreciar los valores de los transmisores de presión, en tiempo real. Están identificado con los tags, SE_PT y el numero asignado para cada señal, dependiendo de su ubicación, además se puede apreciar las unidades en este caso PSI.

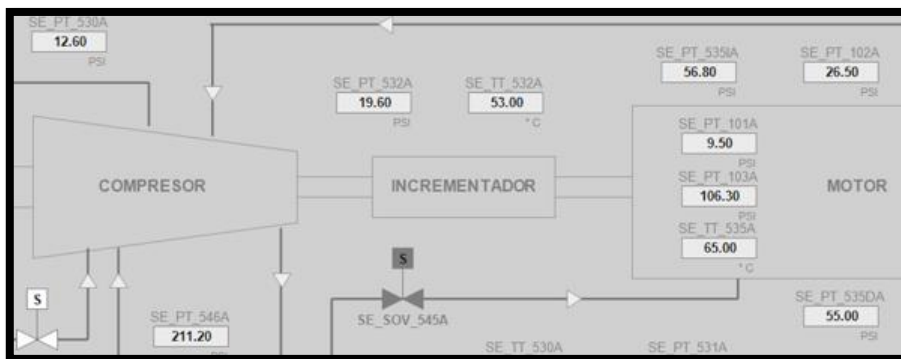


Figura 3.17 Valores de los Transmisores de Presión

Los datos pueden observarse en la figura siguiente correspondientes al motor, como es la presión identificados con los tags SE_PT_XX, se puede también apreciar las RPM del motor a la cual se encuentra trabajando, así como el Horómetro de trabajo del compresor en general, este dato permite saber e identificar cada cuanto tiempo es recomendable hacer el cambio de unidad para poder realizar el mantenimiento preventivo.

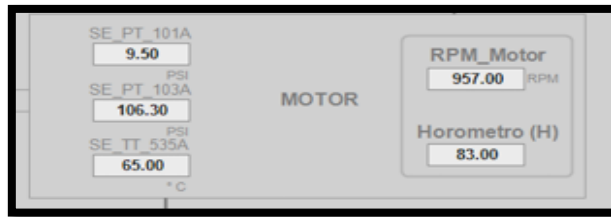


Figura 3.18 Datos Correspondientes al Motor

En la siguiente figura se puede apreciar el modo en el cual se encuentra trabajando el compresor de refrigeración, ya se Automático (A) o Manual (M), de igual manera tiene un indicador en el cual se puede verificar cuando el compresor ha alcanzado la carga o descarga completa del mismo.

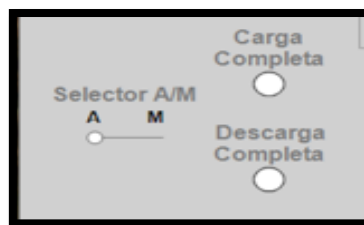


Figura 3.19 Modo de Trabajo del Compresor de Refrigeración

En la siguiente figura se puede apreciar, la bomba SE_P_550 A, de acuerdo a la norma ISA 101 y al color que presenta se puede definir que la bomba se encuentra encendida, evacuando el producto de un Scrubber hacia el Air Cooler AC-540 A, para posteriormente pasar por el filtro F-545 A, de igual manera la válvula de control de flujo SE_FCV_545 A, de acuerdo al color podemos decir que se encuentra activada y dando paso al producto dentro del proceso.

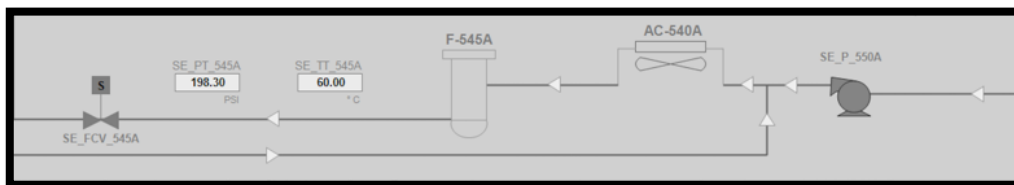


Figura 3.20 Bomba SE_P_550 A

3.4 Presupuesto

En la siguiente tabla se muestra los valores referenciales para la implementación de la automatización del sistema de control del compresor de refrigeración, todos estos

valores son precios de acuerdo al mercado en el cual solo se considera los valores de los equipos, accesorios, instrumentos.

No se considera el precio de la mano de obra por instalación, programación y puesta en marcha del proyecto.

Tabla 3.10 Valores referenciales para la implementación de la automatización del sistema de control del compresor de refrigeración

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
	MATERIALES Y ACCESORIOS ELÉCTRICOS				
1	TABLERO DE CONTROL CERTIFICADO NEMA 4X ESPACIO DISPONIBLE EN EL SITIO ALTURA: 1,5 m ANCHO 0,95 m PROFUNDIDAD 0,5 m DEBE TENER DOS COMPARTIMENTOS:	U	1	\$ 5.455,60	\$ 5.455,60
2	BALIZA REDONDA DIÁMETRO 12 CM DE COLOR ROJO 24 VOLTIOS LUZ LED GIRATORIA	U	1	\$ 113,22	\$ 113,22
3	TAPA PARA CONDULETAS, INCLUYE EMPAQUE Y TORNILLOS	U	10	\$ 6,74	\$ 67,40
4	CABLE FLEXIBLE MULTIFILAR # 18 AWG COBRE AISLAMIENTO TERMOPLÁSTICA DE PVC PARA CONEXIÓN DE INSTRUMENTOS	metro	200	\$ 2,57	\$ 514,00
5	CABLE COMPENSADO PARA TERMOCUPLA COBRE/NÍQUEL 2 X 20 AWG	metro	30	\$ 6,43	\$ 192,90
6	BORNERAS DE MATERIAL CROMEL/ALUMINIO PARA CADA TERMOCUPLA	U	7	\$ 43,10	\$ 301,70
7	CABLE TC 3 CONDUCTORES 14 AWG, FILAMENTOS, 600 VAC, PARA ALIMENTACIÓN 120 VAC	metro	60	\$ 9,77	\$ 586,20
8	CABLE APANTALLADO PARA COMUNICACIÓN 2 HILOS 18 AWG	metro	50	\$ 11,51	\$ 575,50
9	BORNERAS	GLB	1	\$ 81,44	\$ 81,44
10	FUENTE DE ALIMENTACIÓN ENTRADA 120 VAC SALIDA 24 VDC 5 AMP MONTAJE SOBRE RIEL DIN	U	1	\$ 1.438,43	\$ 1.438,43
11	PORTA FUSIBLES	GLB	1	\$ 268,74	\$ 268,74
12	FUSIBLES	GLB	1	\$ 61,08	\$ 61,08
13	RIEL DIN	GLB	1	\$ 60,67	\$ 60,67
14	MARQUILLAS, AMARRAS, TERMINALES	GLB	1	\$ 508,98	\$ 508,98
15	CANALETA DE CABLEADO PVC RANURADA ANCHO 4 cm ALTO 4 cm	metro	5	\$ 16,27	\$ 81,35
16	TUBERÍA CONDUIT FLEXIBLE LIQUID TIGHT CON REVESTIMIENTO DE PVC DE 1/2"	metro	15	\$ 2,91	\$ 43,65

17	TUBERÍA CONDUIT METÁLICO ROSCABLE 3/4"	metro	15	\$ 24,43	\$ 366,45
18	CONDULETA TIPO C 3/4"	U	3	\$ 59,04	\$ 177,12
19	BUSHING 3/4"- 1/2"NPT	U	3	\$ 16,29	\$ 48,87
20	CONECTORES RECTOS LIQUID TIGHT METÁLICO 1/2"	U	15	\$ 1,73	\$ 25,95
21	CONECTORES CURVOS 90 GRADOS LIQUID TIGHT METÁLICO 1/2"	U	15	\$ 2,77	\$ 41,55
22	SELECTOR ROTATIVO TRES POSICIONES (I - O - II) SIN RETENCIÓN, METÁLICA, 1NA - 1NA, IP66	U	1	\$ 254,49	\$ 254,49
23	PULSADOR HONGO Ø40mm, METÁLICO, IP66, ROJO EMERGENCIA, PULSAR-GIRAR, 1NC	U	1	\$ 239,74	\$ 239,74
24	SELECTOR ROTATIVO DOS POSICIONES (I - II) CON RETENCIÓN IP66	U	2	\$ 229,75	\$ 459,50
25	RELÉS + BASE BOBINA DE 24 VDC 1NC 1 NA	U	9	\$ 17,65	\$ 158,85
26	CONECTORES CGB	U	4	\$ 162,87	\$ 651,48
27	TÍPICOS PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA (cableado tablero cable #16, cable UTP cat 5)	GLB	1	\$ 4.162,48	\$ 4.162,48
MATERIALES, ACCESORIOS E INSTRUMENTOS					
1	TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE 1/4"OD x 0,028"DE PARED x 6 m DE LONGITUD	metro	15	\$ 40,72	\$ 610,80
2	TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE 3/8"OD x 0,028"DE PARED x 6 m DE LONGITUD	metro	15	\$ 31,29	\$ 469,35
3	ELBOW MALE 90 GRADOS 1/4" OD x 1/4"NPT SST 316, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	5	\$ 28,50	\$ 142,50
4	ELBOW MALE 90 GRADOS 3/8" OD x 3/8"NPT SST 316, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	5	\$ 39,62	\$ 198,10
5	ELBOW FEMALE 90 GRADOS 1/4" OD x 1/4" NPT, INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	6	\$ 31,03	\$ 186,18
6	UNION MALE 1/4" OD SST 316 INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	5	\$ 30,54	\$ 152,70
7	UNIÓN MALE 3/8" OD SST 316 INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	5	\$ 30,54	\$ 152,70
8	CONECTORES RECTOS MALE 1/4"OD x 1/4"NPT, INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	10	\$ 26,55	\$ 265,50
9	CONECTORES RECTOS MALE 3/8"OD x 1/4"NPT, INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	6	\$ 30,54	\$ 183,24
10	CONECTORES RECTOS FEMALE 1/4"OD x 1/4"NPT, INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	5	\$ 42,41	\$ 212,05
11	TEE 1/4" OD SST 316 INCLUYE FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	8	\$ 45,81	\$ 366,48
12	VÁLVULA NEUMÁTICA DE TRES VÍAS	U	1	\$ 639,30	\$ 639,30

13	VÁLVULAS DE AGUJA 1/4" NPTF 6000 PSI SST 316	U	10	\$ 329,64	\$ 3.296,40
14	PERFILES, PERNOS Y ACCESORIOS PARA SUJECIÓN DE INSTRUMENTOS, TABLERO DE CONTROL, TUBERÍAS Y CAÑERÍAS	GLB	1	\$ 1.628,73	\$ 1.628,73
15	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICA CONEXIÓN A PROCESO 1/4" NPTF RANGO DE MEDICIÓN 0 - 600 PSIG	U	4	\$ 600,16	\$ 2.400,64
16	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICA CONEXIÓN A PROCESO 1/4" NPTF RANGO DE MEDICIÓN 0 - 300 PSIG	U	3	\$ 600,16	\$ 1.800,48
17	TRANSDUCTOR DE PRESIÓN MANOMÉTRICA CONEXIÓN A PROCESO 1/4" NPTF RANGO DE MEDICIÓN 0 - 100 PSIG TEMPERATURA DE OPERACIÓN -40 A 180 GRADOS CENTÍGRADOS SALIDA 4 - 20 MA ALIMENTACIÓN 8 - 30 VDC	U	2	\$ 600,16	\$ 1.200,32
18	TERMOCUPLA TIPO J CON BULBO DE ACERO INOXIDABLE DE 1" CONEXIÓN A PROCESO 1/2"NPT, BLINDAJE INTERNO FIBRA DE VIDRIO, BLINDAJE AISLANTE EXTERNO MALLA DE ACERO, CONEXIÓN ELÉCTRICA 1/2"NPTM	U	1	\$ 1.162,91	\$ 1.162,91
19	TERMOCUPLA TIPO J CON BULBO DE ACERO INOXIDABLE DE 2" CONEXIÓN A PROCESO 1/2"NPT, BLINDAJE INTERNO FIBRA DE VIDRIO, BLINDAJE AISLANTE EXTERNO MALLA DE ACERO, CONEXIÓN ELÉCTRICA 1/2"NPTM	U	1	\$ 1.182,89	\$ 1.182,89
20	TERMOCUPLA TIPO J CON BULBO DE ACERO INOXIDABLE DE 2 1/2" CONEXIÓN A PROCESO 1/2"NPT, BLINDAJE INTERNO FIBRA DE VIDRIO, BLINDAJE AISLANTE EXTERNO MALLA DE ACERO, CONEXIÓN ELÉCTRICA 1/2"NPTM	U	1	\$ 1.209,56	\$ 1.209,56
21	TERMOCUPLA TIPO J CON BULBO DE ACERO INOXIDABLE DE 4" CONEXIÓN A PROCESO 1/2"NPT, BLINDAJE INTERNO FIBRA DE VIDRIO, BLINDAJE AISLANTE EXTERNO MALLA DE ACERO, CONEXIÓN ELÉCTRICA 1/2"NPTM	U	1	\$ 1.249,16	\$ 1.249,16
22	TERMOCUPLA TIPO J CON BULBO DE ACERO INOXIDABLE DE 5 1/2" CONEXIÓN A PROCESO 1/2"NPT, BLINDAJE INTERNO FIBRA DE VIDRIO, BLINDAJE AISLANTE EXTERNO MALLA DE ACERO, CONEXIÓN ELÉCTRICA 1/2"NPTM	U	1	\$ 1.308,86	\$ 1.308,86
23	INTERRUPTOR DE VIBRACIÓN MATERIAL DEL CUERPO ALUMINUM ALLOY	U	4	\$ 412,77	\$ 1.651,08

24	INTERRUPTOR DE NIVEL ACCIONADO POR FLOTADOR MATERIAL DEL CUERPO 316 SST MATERIAL DEL FLOTADOR 304 SST MATERIAL DEL O 'RING VITON	U	6	\$ 739,92	\$ 4.439,52
25	ELECTROVÁLVULA TRES VÍAS DOS POSICIONES ALIMENTACIÓN 24 VDC POSICIÓN NORMALMENTE CERRADA MATERIAL DEL CUERPO BRONCE MATERIAL DEL RESORTE 302 SST MATERIAL DEL O 'RING 430F SST CONEXIÓN A PROCESO 1/4" NPTF	U	5	\$ 1.438,43	\$ 7.192,15
26	MANÓMETRO DIAL 4 1/2" CONEXIÓN A PROCESO LOWER BACK 1/4" NPT RANGO 0 - 30 PSI	U	1	\$ 459,50	\$ 459,50
27	MANÓMETRO DIAL 4 1/2" CONEXIÓN A PROCESO LOWER BACK 1/4" NPT RANGO 0 - 400 PSI	U	1	\$ 519,43	\$ 519,43
28	MANÓMETRO DIAL 2 1/2" CONEXIÓN A PROCESO LOWER BACK 1/4" NPT RANGO 0 - 30 PSI	U	1	\$ 199,78	\$ 199,78
29	MANÓMETRO DIAL 2 1/2" CONEXIÓN A PROCESO LOWER BACK 1/4" NPT RANGO 0 - 100 PSI	U	1	\$ 227,75	\$ 227,75
30	MANÓMETRO DIAL 2 1/2" CONEXIÓN A PROCESO LOWER BACK 1/4" NPT RANGO 0 - 200 PSI	U	1	\$ 239,74	\$ 239,74
31	REGULADOR DE PRESIÓN REGULACIÓN MEDIANTE VOLANTE RANGO DE REGULACIÓN: 0 - 125 PSIG PRESIÓN MÁXIMA DE INGRESO: 400 PSIG	U	1	\$ 299,68	\$ 299,68
32	REGULADOR DE PRESIÓN REGULACIÓN MEDIANTE VOLANTE RANGO DE REGULACIÓN: 0 - 35 PSIG PRESIÓN MÁXIMA DE INGRESO: 400 PSIG	U	1	\$ 239,74	\$ 239,74
33	REGULADOR DE PRESIÓN REGULACIÓN MEDIANTE VOLANTE PARA MONTAJE EN PANEL RANGO DE REGULACIÓN: 0 - 35 PSIG PRESIÓN MÁXIMA DE INGRESO: 400 PSIG	U	1	\$ 239,74	\$ 239,74
34	SISTEMA DE CONTROL PROGRAMABLE Y EXPANDIBLE PARA COMPRESORES K530A Y K530B DIMENSIONADO DE ACUERDO A LA SIGUIENTE CANTIDAD DE SEÑALES POR CADA COMPRESOR (CONSIDERAR COMO MÍNIMO EL 30% ADICIONAL DE SEÑALES PARA RESERVA) CERTIFICACIONES APROBADAS CLASS 1, DIVISIÓN 2 GRUPOS B,C & D - 7 TERMOCUPLAS - 10 ENTRADAS ANÁLOGAS 4 - 20 mA - 4 SALIDAS ANÁLOGAS 4 - 20 mA	U	1	\$ 12.491,59	\$ 12.491,59

	- 16 ENTRADAS DIGITALES - 9 SALIDAS DIGITALES - 1 ENTRADA DE PULSOS 4,5 Vav - 120 Vac/30 - 10 kHz (SENSOR DE EFECTO HALL - PICK UP) - 2 PUERTOS DE COMUNICACIÓN MODBUS RTU (SLAVE Y MASTER) - 1 PUERTO ETHERNET/USB PARA CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN EL SISTEMA DE CONTROL DEBE TENER LA CAPACIDAD DE EJECUTAR RUTINAS ADICIONALES A LAS DE MONITOREO DE LAS SEÑALES DE LOS INSTRUMENTOS (SECUENCIA DE CARGA Y DESCARGA DEL COMPRESOR EN FUNCIÓN DE LAS SEÑALES DISCRETAS DE CARGA Y DESCARGA COMPLETA)				
35	UNA INTERFAZ GRAFICA (PANTALLA) PARA MONITOREO DE LAS SEÑALES PANTALLA LCD RETRO ILUMINADA VARIAS LÍNEAS BOTONES FRONTALES PARA CONFIGURACIÓN, RECONOCIMIENTO DE ALARMAS, PARADA, ARRANQUE, RESETEO, ETC PANTALLAS CONFIGURABLES : LÍNEA POR LÍNEA, MANÓMETROS, LAZOS DE CONTROL, REGISTROS GENÉRICOS	U	1	\$ 7.515,09	\$ 7.515,09
				Total	\$ 72.670,98

3.5 Análisis Técnico de Resultados

El sistema de control original del compresor de refrigeración funcionaba con instrumentación neumática, lo que traía consigo ciertas limitaciones en cuanto a la velocidad de respuesta y la precisión del control.

Esto se debía a que las señales se transmitían a través de aire comprimido y a la necesidad de hacer ajustes manuales en reguladores y válvulas. Estas condiciones provocaban retrasos en la reacción del sistema, especialmente en las fases de arranque, estabilización y protección, además de dificultar el monitoreo en tiempo real. Con la implementación del nuevo sistema de control, el mismo que utiliza tecnología electrónica y comunicación digital, se logró una mejora significativa en los tiempos de respuesta y la estabilidad operativa del proceso.

El procesamiento de señales eléctricas / electrónicas permite una lectura más rápida y precisa de variables como presión, temperatura y nivel, lo que asegura que las acciones de control se realicen de manera inmediata y coordinada. Esto se traduce en un funcionamiento más eficiente, seguro y confiable del compresor de refrigeración.

Para demostrar esta mejora, se llevó a cabo una comparación de los principales tiempos de operación entre ambos sistemas, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla 3.11, a continuación:

Tabla 3.11 Análisis de Resultados

Parámetro Evaluado	Sistema Neumático (Anterior)	Sistema Automatizado (Actual)	Reducción / Mejora (%)	Observaciones Técnicas
Tiempo de arranque del compresor	90 s	35 s	61 %	El arranque neumático dependía del accionamiento manual y de la respuesta lenta de las válvulas. El PLC ejecuta la secuencia automáticamente, reduciendo el tiempo total y evitando fallos.
Estabilización de presión	60 s	20 s	67 %	En el sistema anterior existían oscilaciones por la inercia del aire. El control electrónico ajusta en tiempo real las válvulas de descarga, logrando una presión más estable.
Respuesta ante alarma de baja presión	8 s	2 s	75 %	La señal neumática presentaba retardo por la transmisión de aire. El sistema automatizado detecta instantáneamente la condición y activa la alarma o protección.
Reinicio tras evento de parada	5 min	45 s	85 %	En el control neumático el reinicio era manual. Con el sistema electrónico, el PLC ejecuta automáticamente la verificación y arranque asistido.
Variabilidad de presión durante operación	±5 psi	±1 psi	80 %	La falta de retroalimentación continua en el sistema neumático provocaba fluctuaciones amplias. El control digital mantiene la presión dentro de un rango estable.
Tolerancia en la medición de temperatura	±2,0 °C	±0,5 °C	75 %	Los termómetros neumáticos eran poco precisos. Los transmisores electrónicos ofrecen mayor exactitud y estabilidad térmica.
Tiempo de detección de falla o desviación	10 s	1,5 s	85 %	La detección manual o retardada en el sistema antiguo se reemplaza por diagnóstico automático en tiempo real con alarmas inmediatas en el HMI.

Frecuencia de mantenimiento preventivo	Cada 3 meses	Cada 6 meses	50 %	La instrumentación neumática requería calibraciones y purgas frecuentes. Los instrumentos electrónicos reducen el desgaste y extienden los intervalos de mantenimiento.
Disponibilidad operativa promedio	89 %	97 %	+8 %	La menor frecuencia de fallas y la rápida respuesta del sistema automatizado incrementan la continuidad operativa y reducen paradas no planificadas.
Consumo energético por ciclo de operación	100 % (base)	82 %	18 %	El sistema anterior desperdiciaba energía por pérdidas de aire y control impreciso. El sistema electrónico optimiza secuencias y reduce el consumo.

Los resultados obtenidos indican una notable reducción en los tiempos de arranque, estabilización y respuesta a las variaciones del proceso, lo que pone de manifiesto la efectividad del sistema de control implementado, en comparación con el control neumático tradicional. Además, el cambio de tecnología ha permitido aumentar la confiabilidad del sistema, al disminuir la necesidad de intervenciones manuales y mejorar la supervisión a través de una interfaz gráfica que facilita la detección y gestión de alarmas en tiempo real.

En términos generales, la automatización del sistema de control del compresor representa una mejora significativa en el rendimiento operativo, la eficiencia energética y la continuidad del servicio, fortaleciendo la capacidad de respuesta ante condiciones dinámicas del proceso y garantizando una operación más estable y segura de la planta modular.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La ejecución del presente proyecto de automatización permitió la transición de un sistema de control obsoleto, basado mayoritariamente en instrumentación neumática, hacia una arquitectura moderna soportada en controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de supervisión HMI, optimizando la operación del compresor de refrigeración de la Planta Modular y garantizando la continuidad operacional bajo parámetros de seguridad industrial.
- La comparación entre el sistema de control neumático y el sistema de control electrónico implementado, del compresor de refrigeración muestra una mejora notable en la eficiencia y el rendimiento operativo. Esto se traduce en tiempos de arranque, estabilización y respuesta ante alarmas más cortos, así como en una medición de variables más precisa. El nuevo sistema de control asegura una respuesta más rápida, estable y confiable, reduce la necesidad de mantenimiento y refuerza la continuidad y seguridad del proceso.
- La adopción de protocolos de comunicación industrial estandarizados, como Modbus TCP/IP para redes de alta capacidad y Modbus RTU para enlaces locales, en conjunto con la implementación de comunicación HART para instrumentación de campo, permitió una integración robusta y escalable de las variables críticas del proceso, asegurando la confiabilidad de la transmisión de datos en entornos industriales clasificados.
- El diseño de la interfaz gráfica de operación, bajo los lineamientos de la Norma ISA-101, permitió la estandarización de la representación de estados, alarmas y navegación, minimizando la sobrecarga cognitiva en los operadores y facilitando la detección temprana y respuesta a condiciones anormales de operación.
- La selección de hardware con certificaciones para uso en zonas clasificadas y la correcta segregación física de señales de potencia y control aseguran el cumplimiento de estándares internacionales de seguridad (IEC, NFPA) y mejoran la resiliencia del sistema ante condiciones adversas propias del sector Oil & Gas.

- La implementación de la arquitectura de control propuesta no solo resolvió las limitaciones técnicas y operativas identificadas en el diagnóstico inicial, sino que estableció una plataforma tecnológica escalable que permitirá la incorporación futura de nuevos dispositivos de campo y funcionalidades avanzadas de control y monitoreo.

4.2 Recomendaciones

- Establecer un programa de mantenimiento predictivo y preventivo que contemple la calibración periódica de la instrumentación electrónica, pruebas funcionales del PLC y verificación de la integridad de los enlaces de comunicación industrial, con el fin de preservar la confiabilidad y disponibilidad del sistema.
- Es recomendable llevar a cabo un programa regular de mantenimiento y calibración de los instrumentos electrónicos para asegurar la precisión y confiabilidad del sistema de control a largo plazo. Además, se sugiere extender la implementación del control a otros equipos críticos de la planta modular, aprovechando la infraestructura existente para estandarizar la supervisión, optimizar el consumo de energía y mejorar la eficiencia general de las operaciones.
- Implementar un plan de capacitación continua para el personal operativo y de mantenimiento, enfocado en la operación del sistema de control, interpretación de la interfaz HMI y gestión de eventos y alarmas, asegurando una respuesta oportuna y efectiva ante condiciones anormales.
- Mantener un registro documentado y actualizado de la configuración de hardware, parámetros de control, lógica de programación y topología de red, como parte de la gestión del conocimiento y para facilitar futuras actualizaciones o intervenciones técnicas.
- Realizar respaldos periódicos de la programación de los controladores, bases de datos históricas y configuraciones de HMI, almacenándolos en repositorios seguros y con control de versiones para garantizar la recuperación ante contingencias.
- Evaluar anualmente la incorporación de nuevas tecnologías de automatización, tales como sistemas de diagnóstico avanzado, integración con plataformas SCADA corporativas y análisis de datos en tiempo real, con el objetivo de

mantener la infraestructura alineada a las mejores prácticas y estándares del sector.

BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute. (2014). API Standard 614: Lubrication, shaft-sealing, and control-oil systems and auxiliaries for petroleum, chemical, and gas industry services (5th ed.). API.
- FW Murphy Production Controls. (2024). Centurion™ C5 configurable controller – User manual. FW Murphy.
- International Electrotechnical Commission. (2013). IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP code). IEC.
- International Electrotechnical Commission. (2013). IEC 61131-3: Programmable controllers – Part 3: Programming languages. IEC.
- International Electrotechnical Commission. (2016). IEC 61511: Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector. IEC.
- International Organization for Standardization. (2015). ISO 9001:2015: Quality management systems – Requirements. ISO.
- International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018: Occupational health and safety management systems – Requirements. ISO.
- International Society of Automation. (2015). ANSI/ISA-101.01-2015: Human-machine interfaces for process automation systems. ISA.
- International Society of Automation. (2022). ISA 5.1-2022: Instrumentation symbols and identification. ISA.
- National Fire Protection Association. (2023). NFPA 70: National electrical code. NFPA.
- Schneider Electric. (2024). Modicon M221 logic controller – User guide. Schneider Electric.

ÁPENDICES

ÁPENDICE A - DIMENSIONAMIENTO DE CONTROLADOR

DIMENSIONAMIENTO CONTROLADOR										
Ítem	Variable	Unidad	Tipo	Descripción	TAG	Alarma	Instrumento Electrónico Referencia	Cantidad	Instrumentación Neumática	Cantidad
1	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión Succión del compresor	PT-530	Baja presión de gas de succión	Transmisor de presión Rango 0 - 100 PSI	1	Manómetro de 4 1/2" de 0-60 PSI, para montaje en tablero	1
						Alta presión de gas de succión				
2	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión Descarga del Compresor	PT-531	Baja presión de descarga	Transmisor de presión Rango 0 - 1000 PSI	1	Manómetro de 4 1/2" de 0-1000 PSI, para montaje en tablero	1
						Alta presión de descarga				
3	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión Aceite de la Máquina	PT-535I	Baja Presión Aceite de la Máquina	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI	1	Manómetro de 4 1/2" de 0-600 PSI, para montaje en tablero	1
4	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión Aceite del Cigüeñal	PT-535D	Baja Presión Aceite del Cigüeñal	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI	1	Manómetro de 2 1/2" de 0-400 PSI, para montaje en tablero	1
5	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión Aceite del Incrementador	PT-532	Baja Presión Aceite del Incrementador	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI	1	Manómetro de 2 1/2" de 0-400 PSI, para montaje en tablero	1
6	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión de Gas Combustible	PT-102	Baja Presión de Gas Combustible	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI	1	Manómetro de 2 1/2" de 0-400 PSI, para montaje en tablero	1
7	Presión Manométrica	PSIG	AI	Presión de aire de arranque	PT-103	Baja Presión de aire de arranque	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI	1	Manómetro de 2 1/2" de 0-400 PSI, para montaje en tablero	1

8	Presión Manométrica	PSI G	AI	Presión de Aceite de Lubricación 1	PT-545	Baja Presión de Aceite de Lubricación 1	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI		Manómetro de 2 1/2" de 0-400 PSI, para montaje en tablero	1
9	Presión Manométrica	PSI G	AI	Presión de Aceite de Lubricación 2	PT-546	Baja Presión de Aceite de Lubricación 2	Transductor de presión Rango 0 - 400 PSI	1	Manómetro de 2 1/2" de 0-400 PSI, para montaje en tablero	1
10	Presión Manométrica	PSI G	AI	Presión de Governor	PT-101	Visualización	Transmisor de presión Rango 0 - 400 PSI		Manómetro de 2 1/2" de 0-30 PSI, para montaje en tablero	1
11	Temperatura	°C	Termocuplas	Temperatura de Succión	TT-530	Alta Temperatura de Succión	Termocupla tipo J bulbo de 4" con conexión a proceso 1/2" MNPT	1		
12	Temperatura	°C	Termocupla	Temperatura de Agua de la Máquina	TT-531	Alta Temperatura de Agua de la Máquina	Termocupla tipo J bulbo de 4" con conexión a proceso 1/2" MNPT	1		
13	Temperatura	°C	Termocupla	Temperatura de aceite de Incrementador	TT-532	Alta Temperatura de aceite de Incrementador	Termocupla tipo J bulbo de 4" con conexión a proceso 1/2" MNPT	1		
14	Temperatura	°C	Termocupla	Temperatura de aceite de la Máquina	TT-535	Alta Temperatura de aceite de la Máquina	Termocupla tipo J bulbo de 4" con conexión a proceso 1/2" MNPT	1		
15	Temperatura	°C	Termocupla	Temperatura de manifold derecho	TT-538	Alta Temperatura de manifold derecho		1		
16	Temperatura	°C	Termocupla	Temperatura de manifold izquierdo	TT-539	Alta Temperatura de manifold izquierdo		1		

17	Temperatura	°C	Temperatura de aceite en el compresor	TT-545	Alta Temperatura de aceite en el compresor			1		
18	Vibración		Vibración en línea de Succión	VHS-530	Alta vibración en línea de Succión	Switch de Vibración, a prueba de explosión		1		
19	Vibración		Vibración en el Incrementador	VHS-532	Alta vibración en el Incrementador	Switch de Vibración, a prueba de explosión		1		
20	Vibración		Vibración en el motor	VHS-535	Alta vibración en el motor	Switch de Vibración, a prueba de explosión		1		
21	Nivel		Vibración en el enfriador	VHS-541	Alta Vibración en el enfriador	Switch de Vibración, a prueba de explosión		1		
22	Nivel		Nivel de aceite en el depurador	LSL-520	Bajo Nivel de aceite en el depurador	Controlador de Nivel de Aceite Interruptor simple, alarma de bajo nivel de aceite		1		
23	Nivel		Nivel de aceite en la máquina	LSL-535	Bajo Nivel de aceite en la máquina	Controlador de Nivel de Aceite Interruptor simple, alarma de bajo nivel de aceite.		1		
24	Nivel		Nivel de agua en la máquina	LSL-541	Bajo Nivel de agua en la máquina	Switch de Nivel, accionado por flotador, conexión a proceso de 2",		1		
25	Nivel		Nivel de agua en el auxiliar	LSL-542	Bajo Nivel de agua en el auxiliar	Switch de Nivel, accionado por flotador, conexión a proceso de 2",		2		

26	Nivel		DI	Nivel de aceite en el separador	LSH-560	Alto Nivel de aceite en el separador	Switch de Nivel, accionado por flotador, conexión a proceso de 2",	1		
27	Nivel		DI	Nivel de aceite en el separador	LSL-560	Bajo Nivel de aceite en el separador	Switch de Nivel, accionado por flotador, conexión a proceso de 2",	1		
28	Señal		DI	Carga Manual	LOAD		Selector	1		
29	Señal		DI	Descarga Manual	UN LOAD		Selector			
30	Señal		DI	Selector Automático - Manual	SMA		Selector con retención	1		
31	Indicador		DI	Carga Completa	LOAD-FULL		Fin de Carrera	1		
32	Indicador		DI	Descarga Completa	UN LOAD-FULL		Fin de Carrera	1		
33	Emergencia		DI	Paro de Emergencia	ESD		Pulsador de emergencia tipo Hongo NA/NC	1		
34	Indicador		DO	Baliza	L-STOP	Normalmente cerrada	Electroválvula de 3 vías 2 posiciones 24 Vdc	1		
35	Señal		DO	Señal de Carga	LOAD	Normalmente abierta	Electroválvula de 3 vías 2 posiciones 24 Vdc	1		
36	Señal		DO	Señal de Descarga	UN LOAD	Normalmente cerrada	Electroválvula de 3 vías 2 posiciones 24 Vdc	1		
37	Señal		DO	Válvula de Gas Combustible	FUEL	Normalmente cerrada	Electroválvula de 3 vías 2 posiciones 24 Vdc	1		
38	Señal		DO	Pre lubricación	PRELUB		Indicador	1		
39	Señal		DO	Alarma Fallo Compresor	UA530		Indicador	1		

4 0	Velocidad	RPM	MP U	Señal de velocidad		Sobre Velocidad del Motor	Magnetic Pick Up.	2		
--------	-----------	-----	---------	-----------------------	--	---------------------------------	----------------------	---	--	--

ÁPENDICE B - CUANTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS

INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS ADICIONALES				
No.	Descripción	Instrumento	Unidad	Cantidad
1	Pulsador para activación de motor de arranque	Válvula piloto de tres vías, pilotada mediante pulsador retorno mediante resorte.	U	1
2	Válvula de corte y paso de gas combustible	Válvula de cierre (shutoff), de 2 vías operador por diafragma, conexión a proceso mediante brida, tamaño de 2".	U	1
3	Reguladores de presión	Regulador de presión, mediante volante, para montaje en panel. Rango de 0-35 PSI. Señal de Governor	U	1
4	Termo pozo para instalación de termocuplas	Termo pozo roscado de acero inoxidable Longitud 5", conexión externa 3/4" NPT, conexión interna 1/2" NPT	U	5
5	Cable para conexión de termocuplas	Cable compensado para Termocupla cobre/níquel 2 X 20 AWG	m	60
6	Regulador de aire de instrumentación	Regulador de presión, mediante volante. Rango de 0-125PSI.	U	2
7	Regulador de aire para válvulas	Regulador de presión, mediante volante. Rango de 0-35PSI.	U	1
8	Cable para conexión de instrumentos	Cable Flexible 1 Pr #18 AWG Cobre, Aislamiento Termoplástico PVC, para conexión de instrumentos	m	300
9	Cable para conexionado interno de tablero de control	Cable Flexible TFF #16 AWG, recubrimiento PVC, para cableado interno Tablero de Control	m	120
10	Luz de Emergencia del tablero - Indicación de estado del compresor OFF	Baliza redonda diámetro 130 mm, color rojo 24 VCC, luz led giratoria, IP67 acorde a IEC 60529	U	1
11	Pulsador Paro de Emergencia	Pulsador de emergencia tipo hongo, cabeza redonda Ø40 mm color rojo, metálico, NEMA 4X, girar para liberar, 1NC, 1NA, registrado por UL	U	1
12	Controlador On / Off	Selector rotativo dos posiciones, con retención	U	2
13	Control de Purga			
14	Tablero de control	Tablero de control, Certificado Nema 4X, Dimensiones, Alto: 150 cm, Ancho: 90 cm, Profundidad: 40 cm.	U	1

15	Relé para activación de válvulas solenoide y spare	Relés + Base de bobina de 24VDC 1NC, 1NA	U	12
16	Borneras para Termocupla	Borneras de material hierro, cobre/níquel para Termocupla tipo J, incluye marcador, placa final, placa separadora	U	7
17	Válvula de aguja para señales de presión	VÁLVULA DE AGUJA 1/4" NPTF 6000 PSI SST316	U	12
18	Alimentación para Instrumentación	Fuente de alimentación, Entrada 100 - 240 VCA, Salida 22 - 28 VDC, 5 Amp, montaje riel din	U	1
19	Sensor de Vibración	Interruptor de vibración, Contactos eléctricos: 2 micro interruptores SPDT, 5A @ 480 VAC; 2A resistive, 1A inductive, up to 30 VDC, Botón de reset	U	3
20	Interruptor de nivel Scrubber	Interruptor de nivel, Material del cuerpo: SST 316, Accionado por flotador, Conexión a proceso: 2" NPT, Rango de presión: 2000 PSIG, Contactos eléctricos: 2 contactos SPDT, Conexión eléctrica: 1/2" NP (2 adicionales Scrubber de succión principal), Adaptadores para montaje universal	U	9
21	Interruptor de Nivel de Aceite	Controlador de Nivel de Aceite, Interruptor simple para alarma de bajo nivel de aceite, Mirilla para visión de nivel de aceite de Nylon Transparente, Contactos eléctricos: un contacto SPDT, Conexión a proceso: Entrada de aceite: 1/2" FNPT, Salida de aceite: 3/4" FNPT, Conexión eléctrica: 1/2" FNPT, Rango de presión: 10 - 35 PSIG	U	3
22	Transductores de presión	Transmisor de presión manométrica, Conexión a proceso 1/4" NPTF, Rango de medición: 0 - 1000 PSIG, Salida 4 - 20 mA. (Mayor detalle en los TDR)	U	2
23		Transmisor de presión manométrica, Conexión a proceso 1/4" NPTF, Rango de medición: 0 - 400 PSIG, Salida 4 - 20 mA. (Mayor detalle en los TDR)	U	6
24		Transmisor de presión manométrica, Conexión a proceso 1/4" NPTF, Rango de medición: 0 - 100 PSIG, Salida 4 - 20 mA. (Mayor detalle en los TDR)	U	3
25	Protección para equipos e instrumentos	Fusibles vidrio, 5x20 mm 0,5A	U	100
26		Fusibles vidrio, 5x20 mm 1A	U	30
27		Circuit Breaker, 10A, 415 VAC, 10 kA, 60 Hz, 2 polos, C, para montaje en riel din.	U	3
28	Accesorios para montaje y conexión de instrumentos en tablero	Riel Din Perforado 35x7.5 mm, espesor 1mm.	m	12
29		Porta Fusibles, 500V, 6.3 A, color gris, con identificación	U	130
30		Canaleta Ranurada Plástica PVC para cableado, 40 x 40 mm	m	12
31		Marquillas termo contraíbles (18-12 AWG) (1000u/rollo)	rollo	1
32		Etiquetas Metálicas, placas de acero inoxidable 60x15 mm.	U	40
33		Terminales de punta, para cable calibre 12-20 AWG	U	300
34		Terminales de horquilla, para cable calibre 10 - 18 AWG	U	100

35		Amarras plásticas 3x80mm	U	300
36		Amarras plásticas 4.8x300 mm	U	300
37		Amarras plásticas 2,5x200 mm	U	300
38		Bloque de terminales, 500V, 32A, incluye marcador, placa final y placa separadora y marcadores de grupo.	U	200
39		Bloques terminales de tierra, 12 - 20 AWG, 25A	U	25
40		Barra de conexión neutro - tierra, 10 orificios, para montaje en tablero	U	2
41	Panel View	Interfaz Gráfica (Pantalla Táctil) para monitoreo de las señales.	U	1

ÁPENDICE C - ACCESORIOS ELÉCTRICOS & INSTRUMENTACIÓN

ACCESORIOS ELÉCTRICOS & INSTRUMENTACIÓN			
No.	Descripción	Unidad	Cantidad x Equipo
1	Conectores Rectos Liquid Tight Metálico de 1/2"	U	20
2	Conectores Curvos 90° Liquid Tight Metálico de 1/2"	U	20
3	Conectores Rectos Liquid Tight Metálico de 3/4"	U	30
4	Conectores Curvos 90° Liquid Tight Metálico de 3/4"	U	20
6	Tubería Conduit Metálico I.M.C. roscable de 3/4"	m	70
7	Tubería Conduit Flexible Liquid Tight con revestimiento de PVC de 3/4"	m	50
8	Tubería Conduit Flexible Liquid Tight con revestimiento de PVC de 1/2"	m	50
9	Cable armado # 12 AWG THHN 3 conductores	m	150
10	Conduleta Tipo C, 3/4" + Tapa + Empaque	U	10
11	Conduleta Tipo T, 3/4" + Tapa + Empaque	U	15
12	Conduleta Tipo LL, 3/4" + Tapa + Empaque	U	9
13	Conduleta Tipo LR, 3/4" + Tapa + Empaque	U	5
14	Conduleta Tipo L, 3/4" + Tapa + Empaque	U	10
15	Conduleta Tipo LB, 3/4" + Tapa + Empaque	U	7
16	Unión de tubería IMC 3/4"	U	10
17	Riel Channel Perforado 4x2 cm	m	15
18	Grapa Riel Channel 3/4" (Abrazadera para Channel)	U	30
19	Abrazadera tubería IMC 3/4"	U	10
20	Bushing 3/4" a 1/2", inoxidable 316 NPT	U	25
21	Conectores CGB 3/4", Aluminio. Para áreas clasificadas.	U	15
22	TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE 1/4" OD X 0,028" DE PARED X 6m DE LONGITUD	m	90
23	TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE 3/8" OD X 0,028" DE PARED X 6m DE LONGITUD	m	60
24	ELBOW MALE 90° DE 1/4" OD x 1/4" NPT SST 316, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	25
25	ELBOW MALE 90° DE 3/8" OD x 3/8" NPT SST 316, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	20
26	ELBOW FEMALE 90° DE 1/4" OD x 1/4" NPT, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	10
27	ELBOW FEMALE 90° DE 3/8" OD x 3/8" NPT, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	10
28	UNION MALE 1/4" OD SST 316, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	15
29	UNION MALE 3/8" OD SST 316, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	15

30	CONECTORES RECTOS MALE 1/4" OD x 1/4" NPT, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	25
31	CONECTORES RECTOS MALE 3/8" OD x 1/4" NPT, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	15
32	CONECTORES RECTOS FEMALE 1/4" OD x 1/4" NPT, INCLUIDO FERRULAS BACK Y FRONT, TUERCAS	U	15