

2013

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE NIVEL DE CRUDO DE TANQUE SKIMMER V-615 ALIMENTADO POR UNA BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL P-615B EN LA PLANTA DE PRODUCCION MATACHIN SUR

Trabajo Final en la Modalidad Pasantía Supervisada

HERNAN JAVIER ARDILA SANCHEZ

Director

AGUSTIN SOTO OTALORA

Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Supervisor de Pasantía

HELVER JULIAN PACHON PACHON

Ingeniero de Control

MECANICOS ASOCIADOS S.A.S

Neiva - Huila

**Convenio de Cooperación
Académica**



**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE
NIVEL DE CRUDO DE TANQUE SKIMMER V-615 ALIMENTADO POR UNA
BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL P-615B EN LA PLANTA DE PRODUCCION
MATACHIN SUR**

HERNAN JAVIER ARDILA SANCHEZ

**CONVENIO COOPERACION ACADEMICA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA – MECANICOS ASOCIADOS S.A.S.
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA – HUILA
2013**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DE
NIVEL DE CRUDO DE TANQUE SKIMMER V-615 ALIMENTADO POR UNA
BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL P-615B EN LA PLANTA DE PRODUCCION
MATACHIN SUR**

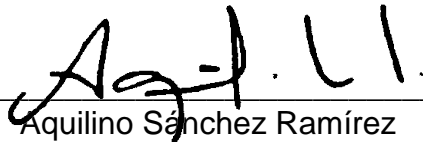
**Trabajo Final en la Modalidad Pasantía Supervisada, para optar al Título de
Ingeniero Electrónico**

HERNAN JAVIER ARDILA SANCHEZ

**Director Pasantía Supervisada
Agustín Soto Otálora
Ingeniero Electrónico**


**CONVENIO COOPERACION ACADEMICA
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA – MECANICOS ASOCIADOS S.A.S.
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA ELECTRONICA
NEIVA – HUILA
2013**

Nota de aceptación:



Aquilino Sánchez Ramírez
Supervisor General de Producción
PETROBRAS

Firma del presidente del jurado



Helver Julián Pachón Pachón
Supervisor de Pasantía
Ingeniero de Control MASA S.A.

Firma del jurado

Agustín Soto Otálora
Director de Pasantía
Universidad Surcolombiana

Firma del jurado

Neiva, _____

A Dios
A mi madre Susana Sánchez Ramírez
A mi padre Hernán Ardila Guayara
A mi hermana Paula Alejandra Ardila Sánchez
A mi tío Aquilino Sánchez Ramírez
A mis Familiares

A todas aquellas personas que de una u otra manera me acompañaron en el proceso a lo largo de mi carrera.

A todos ellos dedico esta obra.

HERNAN JAVIER ARDILA SANCHEZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por tantas bendiciones entregadas.

A mi madre Susana Sánchez Ramírez, a mi padre Hernán Ardila Guayara, a mi hermana Paula Alejandra Ardila Sánchez y mi tío Aquilino Sánchez Ramírez, por el apoyo incondicional que me dieron durante todo este proceso de aprendizaje.

Al Ingeniero Agustín Soto Otálora, director de pasantía supervisada, por la meritoria colaboración y asesoría en la ejecución del proyecto.

A la empresa Mecánicos Asociados S.A.S por la oportunidad de crecer profesionalmente y por la experiencia laboral adquirida. Al Ingeniero Julián Pachón Pachón de Mecánicos Asociados S.A.S. por su apoyo y su guía en el planteamiento, ejecución y presentación de este trabajo de grado.

A mis amigos Oscar Mauricio Calvache, Sergio Álvarez Conta, Jorge Antonio Valencia, Erik Perdomo, Eliana Tacan Cuellar, Viviana Ramírez y Juan Pablo Romero, y a todos aquellos que estuvieron conmigo durante el transcurso de mis estudios universitarios y que de uno u otro modo contribuyeron siempre a mi estabilidad emocional y a mi crecimiento académico.

Mis compañeros, profesores y en general a todas aquellas personas que me acompañaron a lo largo de la carrera e hicieron satisfactoria y fructífera la experiencia vivida en la Universidad Surcolombiana de Neiva (Huila).

HERNAN JAVIER ARDILA SANCHEZ

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	19
1. OBJETIVOS	21
1.1. OBJETIVO GENERAL	21
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
2. CARACTERISTICAS SKIMMER V-615	22
2.1. CONDICIONES AMBIENTALES	23
2.2. CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO	23
3. OPERACIÓN SKIMMER V-615	24
3.1. EQUIPOS Y ACCESORIOS	24
3.2. DESCRIPCION DE OPERACIÓN	25
3.2.1. Operación normal	26
3.2.2. Contingencias de aguas de producción	26
3.2.3. Manejo de aguas aceitosas generadas por lluvias	26
3.3. CAJA COLECTORA DE DRENAJES	27
4. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ACTUAL SKIMMER V-615	28
4.1. ARRANQUE O PARADA DE P-615A/B	28
4.1.1. Desde cubículo (MCC)	28
4.1.2. Desde botonera (Local)	28
4.2. TRANSFERENCIA DEL COMPARTIMIENTO DE ACEITE HACIA EL MANIFOLD M-604.	29
4.3. TRANSFERENCIA DEL COMPARTIMIENTO DE ENTRADA HACIA EL TANQUE T-630/T-631.	30
5. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (MCC)	30
5.1. MCC BOMBAS P-615A/B	31

6. PROCESO DE SELECCIÓN DE TRANSMISOR DE NIVEL	34
6.1. TRANSMISOR DE NIVEL DE CRUDO	34
6.1.1. Transmisor FOXBORO IDP10	37
6.1.1.1. Error de exactitud por influencia operacional	37
6.1.1.2. Error de precisión de referencia	38
6.1.1.3. Error de precisión por temperatura	38
6.1.1.4. Error de precisión por vibración	39
6.1.1.5. Error de precisión por presión estática	40
6.1.2. Transmisor HONEYWELL STF128	40
6.1.2.1. Error de precisión de referencia	41
6.1.2.2. Error de precisión por temperatura	41
6.1.2.3. Error de precisión por presión estática	42
6.1.2.4. Error de exactitud por influencia operacional	42
6.1.3. Transmisor ROSEMOUNT 3051CD	42
6.1.3.1. Error de precisión de referencia	44
6.1.3.2. Error de precisión por temperatura	44
6.1.3.3. Error de precisión por vibración	45
6.1.3.4. Error de precisión por presión estática	46
6.1.3.5. Error de exactitud por influencia operacional	46
7. RECONOCIMIENTO DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN	47
8. DISEÑO SISTEMA DE CONTROL	50
8.1. SETPOINT	51
8.2. PLC CONTROLLOGIX DE ALLEN BRADLEY	52
8.2.1. Modulo E/S analógicas	53
8.2.2. Modulo E/S digitales	54
8.2.3. Modulo comunicación Ethernet/IP	54
8.3. BOMBA CENTRIFUGA VERTICAL ELECTROSUMERGIBLE	55
8.4. LAS PERTURBACIONES	56
8.5. SENSOR	56
8.6. TRANSMISOR	56
9. PROGRAMACION DEL SISTEMA	57

9.1. RUTINA PROGRAMACION LADDER ALARMAS DE PROCESO	58
9.2. RUTINA PROGRAMACION LADDER ON/OFF DE BOMBA P-615B	61
9.2.1. Programación modo manual	62
9.2.2. Programación modo automático	62
9.3. RUTINA PROGRAMACION LADDER ON/OFF ALARMA SONORA	63
10. IMPLEMENTACION DE SISTEMA SCADA	65
10.1. IMPLEMENTACION INSTRUMENTACION	65
10.2. IMPLEMENTACION DE ACOMETIDA ELECTRICA	66
10.3. CONEXIONADO EN PLC Y MCC	67
10.4. IMPLEMENTACION DE HMI	69
10.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	71
11. CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFIA	77

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Especificaciones técnicas skimmer V-615	22
Tabla 2. Características ambientales del sitio	23
Tabla 3. Propiedades del crudo	23
Tabla 4. Propiedades del agua	24
Tabla 5. Criterios de orientación para selección de transmisor de nivel	35
Tabla 6. Guía de selección de sensores de nivel	36
Tabla 7. Características PLC Controllogix	52
Tabla 8. Variables de la rutina alarmas de proceso	59
Tabla 9. Variables de la rutina On/Off Bomba P-615B	62
Tabla 10. Variables de la rutina On/Off alarma sonora	63

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tanque skimmer V-615	22
Figura 2. Skimmer horizontal	27
Figura 3. Esquema caja colectora de drenajes	27
Figura 4. Funcionamiento operacional skimmer V-615	29
Figura 5. MCC bomba P-615B	31
Figura 6. Interior MCC bomba P-615B	32
Figura 7. Selectores MAN/AUT y LOC/REM	32
Figura 8. Led indicadores	33
Figura 9. Botones de encendido/apagado de la bomba	33
Figura 10. Códigos span transmisores IDP10	37
Figura 11. Formula error sistemático precisión transmisor IDP10	37
Figura 12. Formula error precisión por temperatura transmisor IDP10	38
Figura 13. Formula error precisión por vibración transmisor IDP10	38
Figura 14. Formula error precisión por presión estática Transmisor IDP10	39
Figura 15. Formula error de precisión de referencia transmisor STF128	40
Figura 16. Formula error precisión por temperatura SFT128	40
Figura 17. Formula error precisión por presión estática SFT128	41
Figura 18. Información transmisor de presión coplanar 3051C	42
Figura 19. Códigos span transmisores Rosemount 3051	43
Figura 20. Formula error precisión por referencia transmisor 3051CD	43

Figura 21. Formula error precisión por temperatura transmisor 3051CD	44
Figura 22. Formato ISA 20L2111 transmisor nivel 3051CD	44
Figura 23. Temperatura referencia del transmisor 3051CD	45
Figura 24. Formula error precisión por vibración transmisor 3051CD	45
Figura 25. Formula error precisión por presión estática transmisor 3051CD	46
Figura 26. Arquitectura lógica de red VLAN “Control” campo Purificación-Matachines.	47
Figura 27. Parte de la arquitectura conexionado red LAN campo Purificación- Matachines	48
Figura 28. Arquitectura de red Matachín Sur	49
Figura 29. Acción de control ON-OFF	50
Figura 30. Controlador ON-OFF con histéresis	51
Figura 31. Diagrama lazo de control realimentado	51
Figura 32. Transmisor de nivel Rosemount 3051CD	57
Figura 33. Programación ladder alarmas de proceso Skimmer V-615	60
Figura 34. Programación ladder On/Off Bomba P-615B	63
Figura 35. Programación ladder On/Off alarma sonora	64
Figura 36. Instalación de transmisor Rosemount 3051CD en Skimmer V-615	65
Figura 37. Instalación de facilidad para acometida eléctrica de transmisor Rosemount 3051CD en Skimmer V-615	66
Figura 38. Ejecución de la subrutina PUPMS	67
Figura 39. Toma de datos de entrada analógica	67
Figura 40. Asignación de salida digital	68
Figura 41. Conexión de entrada análoga en PLC	68

Figura 42. Conexión de salida digital en PLC	69
Figura 43. HMI actual de Skimmer V-615	69
Figura 44. HMI implementado del Skimmer V-615	70
Figura 45. Prueba de funcionamiento modo automático	71
Figura 46. Prueba de funcionamiento en modo manual	72
Figura 47. Centro de gestión de alarmas	73
Figura 48. Funcionamiento de sistema de control y monitoreo de Skimmer V-615	73
Figura 49. Tendencia comportamiento en tiempo real del proceso	74

GLOSARIO

AUTOMATIZACIÓN DE MAQUINAS: Relacionado principalmente con tiempo, posición y dimensión. Un buen ejemplo es un dispositivo para mover automáticamente piezas en un ciclo de tiempo dado.

AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS: Relacionada con el control de variables de proceso como: flujo, temperatura, presión, Ph, densidad, viscosidad, conductividad, etc.

AUTOMATIZACION: Es el acto de convertir la operación de un proceso industrial a parcial o completamente automática, está en general se divide en dos tipos a saber: Automatización de Máquinas y Automatización de Procesos.

CANOPY: El sistema Canopy, la innovadora solución de banda ancha inalámbrica de Motorola, es la tecnología ideal para desarrollar, ampliar y extender avanzados servicios y redes de banda ancha y para ofrecer tecnologías de alta demanda de manera mucho más rápida y económica. Con Canopy, Motorola introduce la tecnología de radio al mercado de los proveedores de servicios de Internet. Los tres nuevos productos operan en las bandas de radio de 2,4 GHz, 5,4 GHz y 5,7 Ghz.

CLASE I, DIVISIÓN 1: Un lugar Clase 1, División 1, es un lugar: (1) en el cual, bajo condiciones normales de funcionamiento, pueden existir concentraciones combustibles de gases o vapores: o (2) en el cual, debido a operaciones de reparación o mantenimiento o a fugas, pueden existir fuertes concentraciones inflamables de dichos gases o vapores, o (3) en el cual la falla o funcionamiento defectuoso de equipos, o procesos que pueden liberar concentraciones combustibles de gases o vapores inflamables, y simultáneamente pueden causar una falla en el equipo eléctrico de manera que provoque directamente que el equipo eléctrico se convierta en una fuente de ignición.

CONTROL DE PROCESOS: La regulación o manipulación de variables que influyen en el comportamiento de un proceso de una forma determinada para obtener un producto con una calidad y una cantidad deseadas de una manera eficiente.

CONTROLADOR: Es un sistema que permite modificar el proceso a un valor deseado. Recibe una señal de error, que es la diferencia entre el valor deseado (Set Point) y la señal medida a través del Transmisor. A la salida del controlador se obtiene una señal o variable correctora, la cual se aplicará al Elemento Final de Control para modificar el proceso a través del agente de control.

ELEMENTO FINAL DE CONTROL: Es un dispositivo que recibe la señal del Controlador para actuar y modificar el agente de control. Puede ser eléctrico o neumático.

EXACTITUD: Es la concordancia entre un valor obtenido experimentalmente y el valor de referencia. Es función de la repetibilidad y de la calibración del instrumento.

GRAVEDAD API: La gravedad API, o grados API, de sus siglas en inglés *American Petroleum Institute*, es una medida de densidad que, en comparación con el agua, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo. Si son superiores a 10, es más liviano que el agua, y por lo tanto flotaría en ésta. La gravedad API se usa también para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo.

HMI (Human Machine Interface): Se define como un panel a través del cual el operador es capaz de controlar la maquinaria y ver diferentes procesos en una planta.

ISA (Instruments Society of America): La Sociedad de Instrumentistas de América publica normas para símbolos, términos y diagramas que son generalmente reconocidos en la industria.

LAZO DE CONTROL: Arreglo de elementos orientados al mantenimiento de condiciones específicas en un proceso, maquinaria o sistema.

LG (Level Gauges): Un indicador visual con un mecanismo simple, pero con limitaciones complejas. Los líquidos que recubren oscurecen el nivel real. La indicación de nivel más confían los operadores ("ver para creer"). Un diferencial de temperatura entre el tanque y el vidrio, un clásico problema de la caldera de cristal, hace que la indicación sea incorrecta.

LRV (valor de rango mínimo): El valor mínimo de la variable medida que un dispositivo está ajustado para medir.

LUGARES CLASE I: Los lugares Clase I, son aquellos en los que hay o puede haber gases o vapores inflamables, presente en el aire, en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables. Los lugares Clase I deben incluir los que se especifican en (a) división 1 y (b) división 2.

MANIFOLD: Es un colector de crudo de todas las líneas productoras del campo las cuales son dirigidas hacia los separadores trifásicos, usado también para realizar pruebas de pozos de manera independientemente.

MONITOREO REMOTO: Es acceder por medio de una red de área local desde cualquier lugar que tenga acceso a la red para realizar supervisión y control de un proceso de forma remota.

NEMA 7: Gabinetes fabricados para su uso en interiores en lugares peligrosos (clasificados) clasificadas como Clase I, División 1, Grupos A, B, C, o D según se define en la norma NFPA 70.

PRECISIÓN: Es el grado de concordancia entre una serie de determinaciones obtenidas de repetir la medición y se expresa como la desviación estándar relativa o el coeficiente de variación. Es función de la repetibilidad y la reproducibilidad.

PROTOCOLO HART: "HART" es un acrónimo en inglés para Transductor Remoto Direccional en Red. El Protocolo HART usa la norma Bell 202 Modulación por desplazamiento de frecuencia o MDF (FSK en inglés) para empalmar señales digitales de comunicación a bajo nivel sobre 4 a 20 mA.

RANGO: Es el conjunto de valores dentro de límites superior e inferior de medida en el rango el instrumento trabaja en forma confiable. Por ejemplo, un termómetro de mercurio con rango de -40 a +150 grados centígrados (Celsius).

RED DE AREA LOCAL: Es la interconexión de una o varias computadoras y periféricos.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Es un sistema completo que incluye HMI's y además es capaz de registrar datos, generar alarmas y administrar un sistema de control distribuido a través de una red de hardware (usualmente PLCs y PACs).

SENSOR: Está en contacto directo con la variable, lo cual convierte ese parámetro físico (de entrada) en una salida eléctrica.

SERVIDOR: Una aplicación informática o programa que realiza algunas tareas en beneficio de otras aplicaciones llamadas clientes. Algunos servicios habituales son los servicios de archivos, que permiten a los usuarios almacenar y acceder a los archivos de una computadora y los servicios de aplicaciones, que realizan tareas en beneficio directo del usuario final.

SKIMMER: Es un tanque que separa un líquido de partículas que flotan sobre el mismo o de otro líquido. Una aplicación común es la eliminación de aceite flotando en el agua. Estas tecnologías se utilizan comúnmente para derrames de petróleo remediación pero también se encuentran comúnmente en aplicaciones industriales, tales como la eliminación de aceite refrigerante de máquina herramienta y quitar el aceite de lavadores de piezas acuosas.

SPAN: Diferencia algebraica entre los valores máximo y mínimo.

TRANSDUCTOR: Es un elemento o dispositivo que convierte un tipo de energía o señal en otra forma de señal.

TRANSMISOR: Instrumento que recibe o carga una señal de la variable de proceso a través del sensor y emite una señal estandarizada para ser medida o comparada.

URV (valor de rango máximo): El valor máximo de la variable medida que un dispositivo está ajustado para medir.

VARIABLE CONTROLADA: Es la variable del proceso continuo en todo el sistema de control. Se define como la cantidad, condición o valor que se mide y controla. Normalmente esta variable es la salida del sistema. Ej.: Temperatura, Nivel, Velocidad, etc.

VARIABLE MEDIDA: Es la variable entregada por el transmisor la cual será leída o graficada. La variable medida va a ser comparada con el valor deseado en el controlador.

RESUMEN

El proyecto desarrollado consistió en la realización de un sistema de monitoreo y control de nivel del compartimiento de crudo del tanque skimmer V-615, alimentado por una bomba centrífuga vertical electro sumergible con el fin de realizar un control automático de dicha variable en la estación de producción Matachín Sur.

Se incluye un levantamiento de información de los equipos necesarios para la ejecución del proyecto, para observar sus características y modo de operación; como también el estudio de cada uno de los software que están implicados en el desarrollo del proyecto.

Para tener excelentes resultados se realizó un estudio de selección de instrumento de acuerdo a las características físico químicas del fluido del proceso y a las condiciones mecánicas de los equipos instalados (Skimmer V-615) para tener la menor inexactitud posible en la medición y así tener datos confiables.

Se hace implementación del lazo de control y se desarrolla el sistema supervisorio HMI que le permite al operador, la inspección y control de dicha variable, monitoreando en tiempo real el nivel de crudo del skimmer desde el cuarto de control, permitiéndole elegir entre un control automático o manual dependiendo de la acción que se quiera realizar. A parte de ello también se establecen alarmas sonoras para determinar la acción del proceso verificando de esta manera que el lazo de control se esté ejecutando de manera correcta; además de ello se deja funcionando el antiguo LG para determinar que la medida por el transmisor sea la real.

El sistema SCADA implementado se dejó asociado con el servidor local estableciendo conexión con la red local corporativa del campo Purificación-Matachines permitiendo monitoreo remoto desde cualquier lugar del campo que tenga acceso a la red para mayor facilidad de mantenimiento.

El resultado fue la evaluación de una correcta operatividad del sistema de monitoreo y control implementado para el control de nivel de crudo del skimmer V-615, realizando las respectivas pruebas operacionales en el lazo de control en modo manual, en modo automático y alarmas sonoras.

Palabras clave: Skimmer, HMI, Lazo de control, SCADA, LG, Servidor, Red local, Monitoreo remoto.

ABSTRACT

The project developed consisted in conducting a monitoring and level control compartment oil skimmer tank V-615, powered by a centrifugal vertically electric submersible pump in order to make an automatic control of the variable in the station production South Matachín.

It includes a collection of information on the equipment needed for the project, to observe their characteristics and mode of operation, as well as the study of each of the software that are involved in the project.

To get great results, it performed a study of instrument's selection according to the physical and chemical characteristics of the process fluid and the mechanical condition of the installed equipment (Skimmer V-615) to have the lowest possible measurement inaccuracy and thus have reliable data.

It makes implementation of the control loop and supervisory HMI system develops that allows the operator, inspection and control of that variable, near real-time monitoring the oil level of the skimmer from the control room, allowing you to choose between a control automatically or manually depending on the action you want to perform. A part of it also set audible alarms to determine the action of the process thus verifying the control loop is running correctly, also it allowed operating the old LG for determine that the measure of the transmitter is the real.

The SCADA system implemented is left associated with the local server by connecting to the corporate LAN in the field Purification-Matachines allowing remote monitoring from somewhere in the field that has network access for ease of maintenance.

The result was an assessment the operability of monitoring and control system implemented to control the level of oil skimmer V-615, making the respective operational tests in the control loop in manual mode, auto mode and audible alarms.

Keywords: Skimmer, HMI, Control Loop, SCADA, LG, Server, LAN, Remote Monitoring.

INTRODUCCION

Durante la última década el avance de la ciencia y tecnología ha llevado a que se consolide dentro del campo de la industria petrolera una multidisciplinar o sector operativo indispensable para todo proceso industrial denominado “Instrumentación y control”.

Poco a poco esta multidisciplinar va automatizando cada vez más los procesos industriales hasta tal punto que llega a optimizar la producción petrolera. La optimización de procesos hace de la instrumentación un factor clave para la industria petrolera al darle la ventaja de controlar variables de operación que determinan en gran manera la efectividad de procesos. Actualmente la industria del petróleo contrata empresas de servicios con el fin de que estas proporcionen los componentes (Instrumento o herramientas) necesarios para poder iniciar, desarrollar y controlar las diferentes etapas que se abarquen en los yacimientos petrolíferos; dando así, que el ámbito en el que se da la instrumentación dentro de la industria es generalmente en operaciones de planta.

Mecánicos Asociados S.A.S. es una empresa colombiana líder en la prestación de servicios integrales de gestión de activos para el sector petrolero, de minería y energía, constituida hace más de 28 años y que hoy en día hace parte del grupo industrial holandés Stork Technical Services.

Con presencia en varios países en Suramérica y un respaldo internacional en tres continentes, acompañando a sus clientes a pensar y a hacer una gestión integral de sus activos, de la manera más confiable, segura y productiva.

En este caso MASA hace presencia en el campo Purificación-Matachines ubicado en el municipio de Purificación en el departamento del Tolima, donde siempre busca obtener mayor control posible de todos los procesos para estar en constante progreso, en busca de un mejor servicio y calidad.

Por esta razón es de gran importancia automatizar la mayor cantidad de procesos permitiendo un monitoreo constante de los mismos y que el operador encargado del área pueda visualizar cada proceso desde un mismo lugar de operación sin tener que estar desplazándose constantemente a verificar todas esas variables importantes que deben estar en constante medida, además de ello se evita riesgos de accidentes laborales al tener contacto directo con las máquinas y variables de medición lo cual daría lugar para ocupar esta mano de obra para otras actividades del sector.

El planteamiento del problema que origina el proyecto de pasantía es la forma de operación del tanque Skimmer V-615 de la planta de producción Matachín Sur, donde el operador del área simplemente por medio de un visor LG se controlaba

de manera manual el nivel de crudo de dicho tanque; lo cual aumenta radicalmente los errores operacionales, ya que el operador en campo tiene que monitorear diversos procesos simultáneamente, por lo que en algún descuido puede causar un posible rebose de crudo, lo cual causaría una contaminación ambiental y fuertes sanciones económicas a la empresa por dicha causa.

Debido a la problemática, se plantea como objetivo principal la implementación de un sistema SCADA para el control y monitoreo de nivel de crudo del tanque Skimmer V-615, que está alimentado por una bomba centrífuga vertical electrosumergible, dando así gran parte de solución al problema, permitiendo al operador elegir entre un control manual y automático dependiendo de la maniobra que se quiera realizar por parte de producción, de esta manera se reduce circunstancialmente los errores operacionales.

El proyecto desarrollado tiene gran alcance en el campo de instrumentación, automatización y control de procesos, por lo tanto gran importancia en el área de Ingeniería Electrónica, para ejercer este campo acción como una especialidad en la industria, lo cual permite tener un desarrollo idóneo para desempeñar el título de Ingeniero Electrónico en dicho campo y en cualquier otro tipo de industria siendo altamente competitivo.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control de nivel de crudo (SCADA) del tanque Skimmer V-615 alimentado por una bomba centrífuga vertical P-615B en la planta de producción Matachín Sur ubicado en el campo Purificación-Matachines.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar levantamiento de información de tanque Skimmer V-615 para establecer su funcionamiento y rango de operación en modo automático.
- Realizar levantamiento de información del MCC de la bomba centrífuga vertical para determinar su forma de operación.
- Conocer el sistema de comunicación manejado en el campo Purificación-Matachines para obtener aprovechamiento del mismo y realizar el proyecto en base al que se tiene para minimizar costos.
- Adquirir conocimientos en todos los software que se necesitan para poder llevar a cabo el proyecto, como lo son RSLogix 5000, FactoryTalk View Studio entre otros que se tendrán que utilizar para el proceso.
- Realizar la programación lógica necesaria para medir y controlar el nivel de crudo.
- Diseñar HMI en FactoryTalk View Studio del tanque Skimmer V-615 estableciendo alarmas de control de alto y bajo con sus respectivos setpoint de la variable a medir.
- Implementar el diseño del sistema SCADA y realizar las pruebas necesarias para el buen funcionamiento del sistema.

2. CARACTERISTICAS SKIMMER V-615

Figura 1. Tanque skimmer V-615



Fuente: Manual operacional skimmer V-615. Elaborado por Mecánicos Asociados S.A.S

Tabla 1. Especificaciones técnicas skimmer V-615

SKIMMER V- 615		
CARACTERISTICAS	ESPECIFICACIONES	UNIDADES
UBICACIÓN	Matachín Sur	-
MARCA	TECNITANQUES	-
MODELO	HORIZONTAL	-
VOLUMEN	540	BBLS
DIAMETRO / LONGITUD	10 / 39	FT
PRESION DE DISEÑO	50	PSI G
PRESION DE OPERACIÓN	ATMOSFERICA	-
PESO TOTAL AL VACIO	18000	KG
DIAM. LINEA ENTRADA	10 / 10	IN
DIAM. LINEA SALIDA	2 / 2	IN
DIAM. LINEA DE DRENAJE	4	IN

Fuente: Manual operacional skimmer V-615. Elaborado por Mecánicos Asociados S.A.S

2.1. CONDICIONES AMBIENTALES

La Estación Matachín Sur, está localizadas al sur del departamento del Tolima. Las condiciones ambientales más características del sitio son:

Tabla 2. Características ambientales del sitio

CARACTERISTICAS	VALOR
TEMPERATURA AMBIENTE (°F)	80
ALTITUD MATACHÍN SUR TERRAZA SUPERIOR (m.s.n.m)	847
ALTITUD MATACHÍN SUR TERRAZA INFERIOR (m.s.n.m)	844
HUMEDAD (%)	80-100

Fuente: Evaluación hidráulica skimmer Matachín Sur. Elaborado por Natalia Collazos.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO

Tabla 3. Propiedades del crudo

PARAMETRO	DATO	PARAMETRO	DATO
Gravedad API @ 60°F	27.9	Sal (PTB)	5.4
Densidad @ 15°C (Kg/m3)	883.3	Curva de destilación (°C)	
Viscosidad @ 100°F (cSt)	19.06	IBP	73
Viscosidad @ 122°F (cSt)	12.57	5%	125
Viscosidad @ 210°F (cSt)	4.055	10%	152
Pour Point (°C)	-3	15%	173
Flash Point (°C)	-3	20%	214
Parafinas (wt%)	7.1	30%	270
Nickel (ppm)	69.93	40%	310
Vanadio (ppm)	75.26	50%	342
Contenido Azufre (wt%)	1.02	60%	358

Fuente: Evaluación hidráulica skimmer Matachín Sur. Elaborado por Natalia Collazos.

La gravedad específica se calcula a partir de la formula API a 60°F, de la cual se obtiene lo siguiente:

$$GE = \frac{141,5}{G_{API} + 131,5} = \frac{141,5}{27,9 + 131,5} = 0,8877$$

Tabla 4. Propiedades del agua

REPORTE DE RESULTADOS						
PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	TANQUE TK 631	TANQUE TK 630	LIMITES DECRETO 1554/84 MINISTERIO DE SALUD	
			ANTEK 36007	ANTEK 36008	Art. 72	Art. 74
HORA	h.	---	12:43	12:48	N.E.	N.E.
pH	UNIDADES	ELECTROMETRICO	8,14	8,21	5,0-9,0	N.E.
OXIGENO DISUELTO	mg/L O ₂	ELECTRODO DE MEMBRANA	4,1	4,2	N.E.	N.E.
CLORUROS	mg/L Cl ⁻	TITULOMETRICO ARGENTOMETRICO	4 260	4 260	N.E.	N.E.
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	152	26	>=80%	N.E.
HIERRO DISUELTO	mg/L	E.A.A.	0,078	<0,024	N.E.	N.E.
HIERRO TOTAL	mg/L	E.A.A.	0,293	0,032	N.E.	N.E.
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	6 220	18,1	>=80%	N.E.
BACTERIAS SULFATOREDUCTORAS(SC5)	NPM-100mL		<3	4	N.E.	N.E.

N.E.: NO ESTABLECIDO N.A.: NO APLICA

E.A.A.: ESPECTROMETRIA DE ABSORCIÓN ATOMICA

OBSERVACIONES:

METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 21st EDITION 2005, APHA, AWWA, WEF.

Fuente: Evaluación hidráulica skimmer Matachín Sur. Elaborado por Natalia Collazos.

3. OPERACIÓN SKIMMER V615

3.1. EQUIPOS Y ACCESORIOS

- Skimmer V-615
- Bomba P-615A (compartimiento de agua)
- Bomba P-615B (compartimiento de crudo)
- Tanque de agua de producción T-630/ T-631
- Desnatadores V-636A/B
- Manifold M-604

3.2. DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN

El tanque Skimmer V-615 recibe los drenajes de agua de proceso y aguas aceitosas de la estación Matachín Sur. En este tanque se separa el agua de las trazas de grasas y aceites y de los sólidos que arrastra esta desde las distintas áreas de proceso.

- Drenaje de Separadores V-601/ V-602.
- Reboce de tanques T-630/T-631 y drenajes.
- Drenaje de cárcamos perimetrales de aguas aceitosas de equipos y aguas lluvias.
- Drenaje de los tanques T-635 A/B/C.
- Drenaje de los Scrubber V-605 y V-603.
- Drenaje del Gauge Tank TK-620.
- Drenaje de trampas de gas de consumo.

El Skimmer V-615 es un tanque horizontal con capacidad para 540Bbls. Este cuenta con un tabique de rebose que separa la cámara de separación de la cámara de acumulación de crudo. Además cuenta en la entrada con una caja colectora de drenajes que acumula y homogeniza la alimentación al equipo, esta tiene una malla metálica que ayuda a retener objetos sólidos que puedan ser arrastrados por el agua en las cunetas y drenajes abiertos del campo.

El tanque Skimmer V-615 recibe todas las líneas de drenaje cerrado de la estación Matachín Sur, así como las posibles contingencias de agua de producción que se puedan presentar en los equipos de producción. Adicionalmente maneja los drenajes abiertos de aguas aceitosas acumuladas en las cunetas y diques de contención de la estación Matachín Sur. Estos drenajes abiertos pueden presentar arrastre de objetos sólidos que pueden ocasionar taponamiento en líneas cerradas de flujo y los equipos de bombeo, por lo cual a la entrada del tanque Skimmer V-615 se tiene una caja colectora de drenajes con una malla metálica que retiene estos objetos e impide su paso al interior del tanque.

Dentro del tanque Skimmer, el agua entra a la cámara de separación donde se realiza la separación por gravedad de los distintos componentes: grasas y aceites que flotan sobre el agua de producción formando una nata y los sólidos que se depositan en el fondo del tanque formando lodos. Las grasas y aceites que forman nata en la superficie son llevadas a la cámara de acumulación de crudo, superando el nivel del tabique de rebose. El crudo (grasas y aceites) almacenado en la cámara de acumulación del Skimmer V-615 se retorna a proceso mediante la bomba P-615B, hacia el Manifold M-604 de producción general.

El agua de producción acumulada en el tanque Skimmer V-615, es retornada a proceso según criterio del operador del campo, teniendo en cuenta: tiempo de

residencia para formación de natas y lodos y el caudal de alimentación al tanque (variable según contingencia de operación o de lluvia). Esta operación se realiza mediante la bomba P-615A que retorna el agua al proceso en los tanques TK-630, TK-631 y hacia los Desnatadores V-636A/B.

Se presentan tres escenarios de operación para el tanque Skimmer V-615: operación normal (drenajes cerrados de aguas aceitosas), contingencias de agua de producción y manejo de drenajes abiertos de aguas aceitosas de la estación Matachín Sur. A continuación se describen estos escenarios.

3.2.1. Operación normal. En operación normal, el tanque Skimmer V-615 recibe únicamente los drenajes cerrados de aguas aceitosas (agua de producción) de la estación, las cuales se acumulan al interior del tanque hasta completar la capacidad de operación del mismo.

Las grasas y aceites presentes en el agua se separan por gravedad formando una nata en la superficie del agua y los sólidos suspendidos se depositan en el fondo del tanque formando lodos. Al completar la capacidad de acumulación de fluidos en el tanque se realiza la operación de retorno a proceso: de agua de producción mediante la bomba P-615A y de crudo mediante la bomba P-615B.

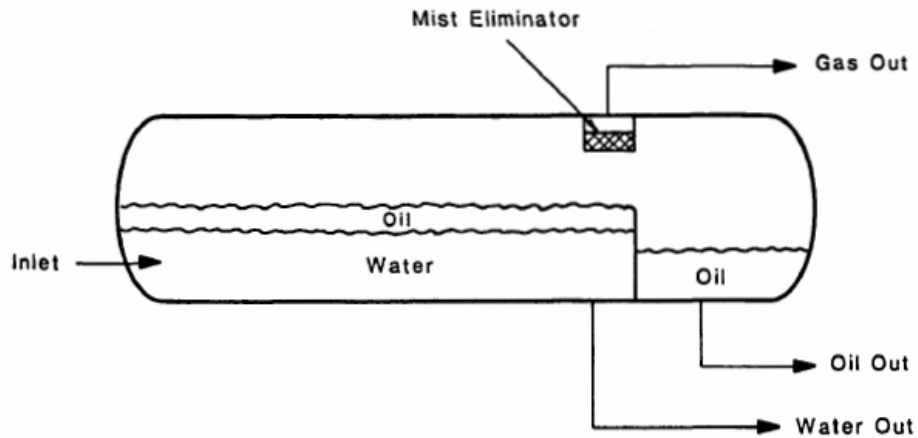
3.2.2. Contingencias de agua de producción. El envío de agua de producción directamente de los equipos de proceso hacia el tanque Skimmer V-615 ya sea por operaciones atípicas en los procesos de tratamiento de crudo y de agua de producción, o por drenajes desde los equipos de proceso ya sea por falla o mantenimiento.

En estos casos se envía un volumen determinado de agua de producción al tanque Skimmer V-615 siempre y cuando los tanques de agua de producción TK-630 y TK-631 no tengan la capacidad disponible para manejar la contingencia.

3.2.3. Manejo de aguas aceitosas generadas en lluvias. Las aguas lluvias que caen en áreas de proceso donde hay presencia de grasas y aceites son retenidos en cárcamos y cunetas para evitar la afectación del medio ambiente. Estas aguas aceitosas son enviadas al Skimmer V-615.

En los periodos de lluvias fuertes o de larga duración, la cantidad de aguas aceitosas estimadas que se envían al Skimmer V-615 superan la capacidad de esta vasija.

Figura 2. Skimmer horizontal

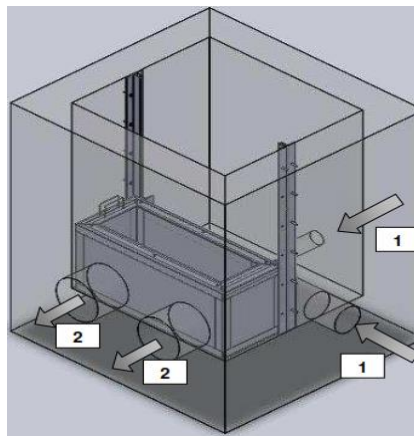


Fuente: Evaluación hidráulica skimmer Matachín Sur. Elaborado por Natalia Collazos.

3.3. CAJA COLECTORA DE DRENAJES.

El Skimmer V-615 cuenta en la entrada con una caja colectora de drenajes que acumula y homogeniza la alimentación al equipo, esta tiene una malla metálica que ayuda a retener objetos sólidos que puedan ser arrastrados por el agua en las cunetas y drenajes abiertos del campo, impidiendo que estos objetos pasen al interior del tanque. En la Figura 3 se presenta un esquema básico de la caja colectora de drenajes:

Figura 3. Esquema caja colectora de drenajes.



Fuente: Evaluación hidráulica skimmer Matachín Sur. Elaborado por Natalia Collazos.

Con base al esquema presentado en la Figura 3 se tienen las siguientes partes de la caja colectoras de drenajes:

1. Líneas de entrada de agua a la caja colectoras de drenajes. Actualmente se tienen 2 entradas que traen los drenajes de agua de producción y las aguas lluvias aceitosas al tanque Skimmer V-615.
2. Líneas de salida de agua de la caja colectoras de drenajes. Se tienen dos líneas de 10"-150# que conectan la caja con la entrada al tanque Skimmer V-615.
3. Ubicación del filtro de mallas metálicas que retiene los objetos sólidos de gran tamaño que arrastra el agua lluvia desde los diques y cunetas de la estación Matachín Norte.

La caja colectoras de drenajes tiene un volumen de $1,17m^3$ (7,4Bbls), sus dimensiones son: 1.3x1.0x0.9 m según datos tomados en campo.

Los drenajes de agua de producción y aguas lluvias aceitosas entran a la caja colectoras de drenajes y rebosan el tabique que sostiene el filtro de mallas metálicas de tal manera que se obliga al agua a pasar a través de este para impedir el paso de los objetos sólidos. Luego el agua pasa al tanque Skimmer V-615 mediante las líneas de 10"-150# que se ubican a la salida del filtro (2 en la Figura 4).

4. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL ACTUAL SKIMMER V-615

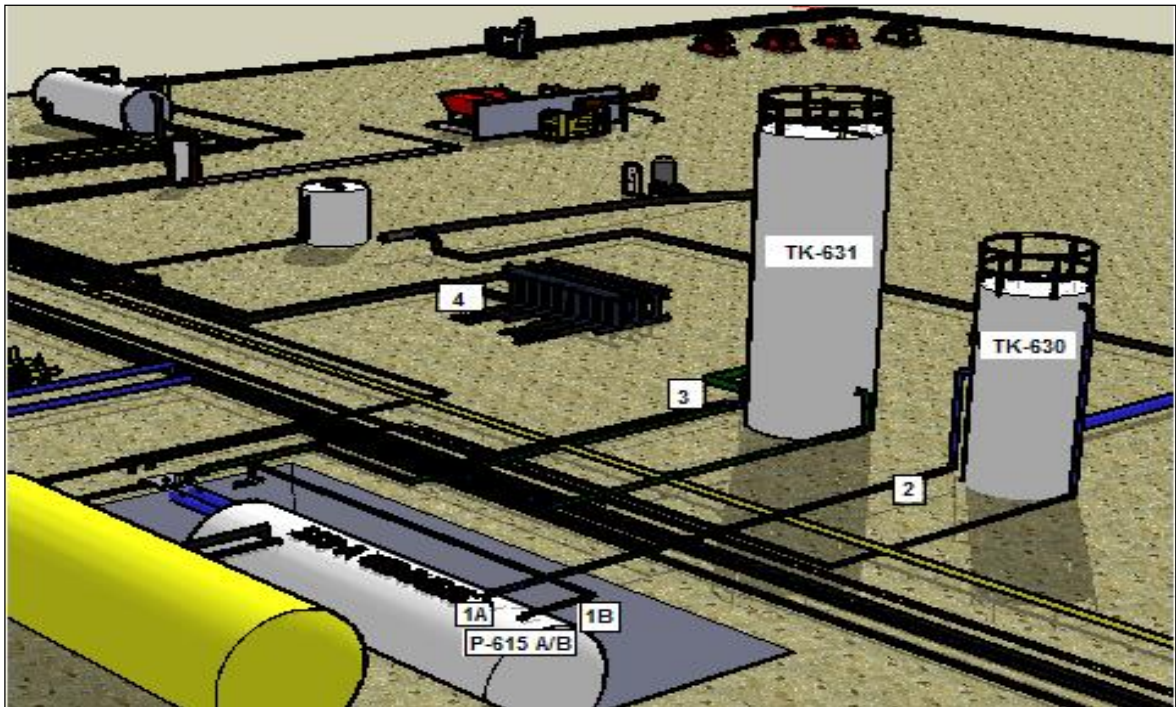
4.1. ARRANQUE O PARADA DE P-615A/B.

4.1.1. Desde cubículo (MCC). En el tablero de control selector **MAN/OFF/AUTO** en "**MAN**" y el selector **LOC/REM** en "**REM**", obturando botones encender para arrancar o apagar para realizar esta acción.

4.1.2. Desde botonera (Local). Para operar las bombas desde el cubículo el selector **MAN/AUTO** en "**MAN**" y el selector **LOC/REM** en "**LOC**", obturando botones Verde para arrancar o rojo para apagar. Este equipo tiene solo supervisión del compartimiento de agua, pero no del compartimiento de crudo en sistema de supervisión y control en FactoryTalk View.

4.2. TRANSFERENCIA DEL COMPARTIMIENTO DE ACEITE HACIA EL MANIFOLD M-604.

Figura 4. Funcionamiento operacional skimmer V-615



Fuente: Manual operacional skimmer V-615. Mecánicos Asociados S.A.S

- Abrir válvula (#1B) de descarga de la bomba P-615B y colector seleccionado en Manifold. (ver Figura 6).
- Arrancar bomba P-615B.
- Direccionar el fluido del compartimiento de aceite hacia el Manifold M-604, abriendo válvula que alinea hacia el cabezal general del M-604.
- Direccionar el fluido hacia separador de producción general V-602.
- Monitorear nivel de compartimiento de aceite y seguir transfiriendo hasta bajar el nivel a un 30%.
- Verificar calidad del crudo que sale del compartimiento de aceite.
- Si se obtienen muestras con contenido de borras de aceite, se suspende de inmediato la transferencia de aceite hacia el Manifold solicitando camión de vacío para retirar borras para su respectivo tratamiento.
- Terminar la transferencia al llegar a 30% del nivel, apagar la moto bomba P-615B.
- Cerrar válvula (#1B) de descarga de la P-615B y válvula que direcciona el fluido hacia el Manifold M-604.

4.3. TRANSFERENCIA DEL COMPARTIMIENTO DE ENTRADA HACIA EL TANQUE T-630/T-631.

- Verificar disponibilidad de recibo en tanques TK-630 y TK-631.
- Abrir válvula (#1A) de descarga de la bomba P-615A y las válvulas (#2 y #3) que direcciona el agua del Skimmer hacia el tanque TK-630 y TK-631, respectivamente (ver figura 1).
- Arrancar la bomba P-615A.
- Monitorear nivel del compartimiento de entrada y seguir transfiriendo hasta bajar el nivel a un 50% (y de acuerdo a la calidad del agua), monitoreando constantemente el nivel del TK-630 y TK-631.
- Verificar calidad del agua que se está transfiriendo al tanque TK-630 y TK-631.
- Terminar transferencia al llegar a 60% del nivel, apagando la moto bomba P-615A.
- Cerrar válvula (#1A) de descarga de la bomba P-615A y la válvula (#2 y #3) que direcciona el agua del Skimmer hacia el tanque Tk-630 y TK-631, respectivamente, una vez haya terminado la transferencia.

5. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (MCC)

El uso de los Centro de Control de Motores o MCC responde a la gran tendencia en las instalaciones eléctricas a localizar los controles de motores en áreas remotas y concentrarlos en un solo gabinete.

Los MCC son utilizados como eslabón de unión entre los equipos de generación y los consumidores finales tales como motores, equipos de climatización, etc. Los MCC ofrecen la ventaja de integrar dentro de un mismo gabinete los sistemas arrancadores de motores de distintas áreas de una planta así como el sistema de distribución de la misma, al utilizar este equipamiento se reducen los costos ya que la líneas de alimentación llegan a un solo lugar (el MCC) y desde allí salen los cables de poder y de control hacia las cargas finales.

Un centro de control de motores es un tablero en el que se alojan, en compartimientos individuales, los equipos necesarios para el óptimo arranque y protección de motores eléctricos.

En cada compartimiento se instala un sistema de rieles y en la puerta del compartimiento se instalan los elementos de maniobra tales como, pulsadores de marcha, parada, contramarcha, regulación de velocidad, etc. Dentro del compartimiento sobre plataformas fijas, semiextraíbles o extraíbles, se instalan los

equipos para protección y arranque tales como: breakers, guarda motores, relés térmicos, contactores, variadores, etc.

El tener todos los equipos en una misma área facilita las tareas de mantenimiento así como la fácil integración de los sistemas arrancadores que están dentro del MCC a un sistema de automatización y posteriormente a un sistema de gerenciamiento de motores.

5.1. MCC BOMBAS P-615A/B.

Figura 5. MCC bomba P-615B



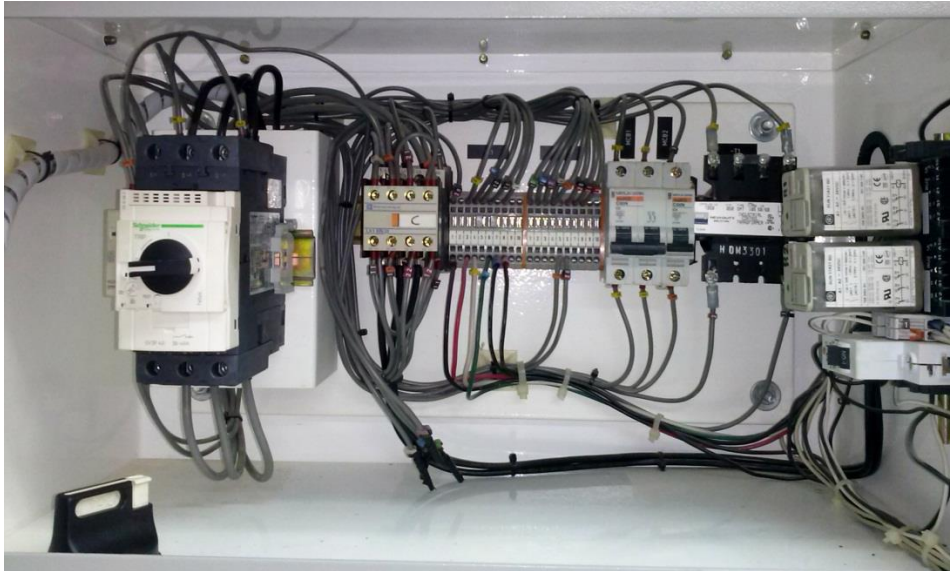
Fuente: Propia

El MCC Bombas P-615A/B se realiza el control manual remoto del Skimmer V-615, como se aprecia en el procedimiento operacional no tiene control automático ni el compartimiento de agua, ni el compartimiento de crudo.

El compartimiento de agua tiene un transmisor de presión diferencial donde cuya señal se lleva al PLC y luego al sistema supervisorio obteniendo la visualización del nivel del agua pero sin ningún tipo de control desde el HMI; por otra parte el compartimiento de crudo no tiene ningún tipo de control y monitoreo desde el cuarto de control, simplemente se hace una visualización in sitio por medio de un LG conectado a un flotador.

El MCC de la Bombas P-615A/B cuenta con un selector de encendido/apagado del tablero, donde por lo general esta encendido, se apaga para realizar mantenimiento del MCC o de la bomba para asilarla eléctricamente.

Figura 6. Interior MCC bomba P-615B



Fuente: Propia

Como se explica en el procedimiento operacional del Skimmer V-615 en el arranque y parada de las bombas se cuenta con un selector de MAN/AUTO y otro selector de LOC/REM, donde actualmente solo funciona en operación manual ya sea remoto desde el MCC en el cuarto de control o local desde el sitio donde se encuentra ubicado el Skimmer.

Figura 7. Selectores MAN/AUT y LOC/REM



Fuente: Propia

El MCC cuenta con led indicadores de APAGADO, ENCENDIDO, FALLA, dependiendo de cada situación los led se encienden, en el caso de encenderse el

de FALLA, es debido a que se activa su protección que es un relé térmico, se dispara ya sea por alta temperatura y también puede ser por sobre picos de corriente.

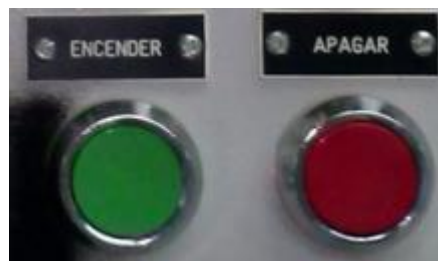
Figura 8. Led indicadores



Fuente: Propia

Para el control remoto de la bomba se tienen dos botones de ENCENDIDO/APAGADO que estando el selector en modo MAN y el otro selector en modo REM, en cada caso se enciende o apaga la bomba desde el MCC del cuarto de control.

Figura 9. Botones de encendido/apagado de la bomba



Fuente: Propia

Estas son las características funcionales más relevantes del MCC que se deben tener en cuenta para la realización del proyecto. Internamente se tiene que revisar los planos de conexiones para determinar en donde irán conectadas las salidas del PLC en el MCC que harán el control sobre la bomba P-615B.

6. PROCESO DE SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL

6.1. TRANSMISOR DE NIVEL DE CRUDO

Para la medida de nivel de crudo del Skimmer V-615, y debido a que el controlador se implementará en un procesador Allen Bradley, se requiere seleccionar un transmisor de señal 4-20mA; adicional a lo anterior para el mantenimiento de la instrumentación del campo Purificación-Petrobras se tiene un HandHeld HART 275, lo que nos indica que debemos seleccionar un transmisor con comunicación HART.

Para la selección del transmisor tenemos en cuenta los parámetros de operación para la medición de nivel indicados en el formato ISA 20P1001 en Anexos, donde se va a medir el nivel de un líquido de gravedad específica de 0.8877 sin interface considerable, es decir el producto es uniforme debido al proceso de separación del tanque, por lo anterior y teniendo en cuenta los criterios de orientación de la tabla 5 y 6 de operación de los transmisores y sensores de nivel, en cuanto a exactitud, temperatura de proceso, tipo de material de proceso (líquidos continuos), costo en el mercado, facilidad y costo del mantenimiento.

Tomando en cuenta los principios anteriores se determina que los transmisores más adecuados para esta medición son el transmisor por ultrasonido, transmisor de flotador y el transmisor por presión diferencial; se escogieron principalmente por el tipo de material de proceso, su costo, fácil mantenimiento.

Debido a que lo más importante es tener un instrumento con la mayor exactitud posible y a bajo costo, tomando estos como los últimos criterios a evaluar se determina que el transmisor por presión diferencial es el instrumento de mayor exactitud por lo tanto es el más adecuado para realizar la medición del nivel bajo las condiciones requeridas.

Por tal motivo a continuación se indicaran tres marcas de transmisores de presión diferencial (Los fabricantes más utilizados en el campo Purificación Petrobras) que cumplen con los parámetros operacionales (Formato ISA 20L001); así se establecerá que transmisor ofrece mayor precisión en la medida de la variable de proceso para el controlador de nivel de crudo del Skimmer V-615.

El span de medida fue determinado midiendo la distancia entre la dos bridas donde irán conectadas las cámaras del transmisor para la medición; la cámara de alta presión que es la ejercida por el líquido y la de baja presión que es la presión atmosférica del sitio. Las bridas están separadas entre sí por 84,5in o sea $84,5inH_2O$, pero debido a que el líquido es crudo con peso específico de 0.8877, por principio de presión hidrostática se determina un span de $75inH_2O$.

Tabla 5. Criterios de orientación para selección de transmisor de nivel

MATERIALES															COSTOS			
Tecnología	Temperatura Max °F[°C]	Sin Contacto Posible	Líquidos Parecidos al Agua			Líquidos de Revestimiento			Espuma			Sólidos			Comentarios/Precauciones	\$300-1000	\$1000-2500	Mas \$2500
			Inexactitud-%Span	Conductor	Aislante	Interfaz	Conductor	Aislante	Suspensiones Acuosas	Espuma Acuosa	Espuma Orgánica	Polvo	Trozos	Pegajosos				
Burbujas de Aire	Ilimit		0.5-1#	E	E	NA	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Requiere alto mantenimiento. Requiere suministro de gas a alta fiabilidad.	x	x	
Capacitancia/RF	2000 [1100]		0.5-3	E	E/F	E	NA/E	F/E	NA/E	ME	IG/ME	L	L	L	Interfaz entre las capas conductoras o interfaz líquido/sólido no funciona. Recubrimientos altamente conductoras con sondas cortas son un problema.	x	x	x
Presion Diferencial	1200 [650]		0.25-1#	E	E	NA	E	E	NA	IG	IG	NA	NA	NA	Extendida sólo para sellos de diafragma o repetidores puede eliminar obstrucciones. Depuración y sellado de piernas son también usados.	x	x	
Desplazador	850 [450]		0.25-1#	E	E	F	L	L	NA	IG	IG	NA	NA	NA	No se recomienda para lodos o lodos líquidos. Vacío y alta viscosidad puede causar inestabilidad dinámica.		x	x
Flotador	500 [260]		0.1-3	E	E	L	L	L	NA	IG/ME	IG/ME	NA	NA	NA	Las partes móviles limitan mayoría de los diseños para servicio de limpieza. Sólo los flotadores densidad predeterminada puede seguir	x	x	x
Laser	300 [150]	x	0.25 in. [6 mm]	L	L	L	E	E	E	L	L	L	E	E	La transmitancia de la fase superior y la reflectancia de la fase inferior determinar el rendimiento.			x
Visor de Nivel (LG)	700 [370]		0.25 in. [6 mm]	E	E	L	L	L	NA	L	NA	NA	NA	NA	Debe tener la misma temperatura que el tanque. Espuma y ebullición son problemas. Recubrimientos opacos causar una lectura incorrecta.	x	x	
Radar	500 [260]	x	0.1-1	E	L	NA	E	L	E	L	E	E	L	L	Materiales poco dieléctricos limitar rango. La condensación o cristalización en la antena puede causar errores.		x	x
Ultrasonido	300 [150]	x	0.25-3	E	E	NA	F	F	NA	IG	IG	NA	NA	NA	La presencia de polvo, de condensación en vapor espacio perjudica el rendimiento. El alcance está limitado por la espuma y sólidos en ángulo o esponjoso	x	x	
Flotadores de cinta (& Servos)	300 [150]		0.1 in. [3 mm]	E	E	NA/F	F	F	NA	IG/ME	IG	NA/F	NA/F	NA	Servo sacudida vertical es adecuado para los sólidos y de interfaz. Mecánica de colgar es el mayor problema.		x	x
TDR	400 [200]		0.1-2	E	E	L	E	F	E	ME	IG	E	E	L	Toberas largas son un problema. Distancia y la precisión en los medios aislantes, con una mayor constante dieléctrica alta. Importantes zonas muertas.		x	x
Dispersión Térmica	850 [450]		1-3#	E	E	NA	F	F	NA	IG/ME	IG/ME	NA	NA	NA	Capacidad de espuma y la interfaz está limitada por las conductividades térmicas involucradas.		x	x

Fuente: Instrument Engineers Handbook - Process Measurement and Analysis

E = excellent
 L = limited models, geometry, or process media
 F = fair
 NA = not applicable
 UL = unlimited
 ME = measures foam
 IG = ignores foam
 # assuming constant density

Tabla 6. Guía de selección de sensores de nivel

Level Sensor Selection Guide

	<i>Liquids</i>		<i>Liquid/Liquid Interface</i>		<i>Foam</i>		<i>Slurry</i>		<i>Suspended Solids</i>		<i>Powdery Solids</i>		<i>Granular Solids</i>		<i>Chunky Solids</i>		<i>Sticky Moist Solids</i>		
	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>	<i>Point</i>	<i>Continuous</i>		
	Beam Breaker	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	3	—	1
Bubbler	1	—	—	—	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Capacitance	1	1	1	1	2	1	2	—	—	—	2	2	1	2	2	2	1	2	
Conductive	—	2	—	1	—	1	—	—	—	—	3	—	3	—	3	—	1	—	
Differential Pressure	1	2	2	—	—	2	2	—	—	—	3	3	—	—	—	—	—	—	
Electromechanical																			
Diaphragm	1	2	—	—	—	2	2	—	—	—	1	3	1	—	3	—	2	3	
Displacer	2	2	2	—	—	3	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Float	—	2	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Float/Tape	1	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Paddle Wheel	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	2	—	1	—	3	—	2	—	
Weight/Cable	1	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	1	—	
Gauges																			
Glass	1	2	2	3	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Magnetic	1	—	—	3	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Inductive	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	2	2	2	2	2	2	3	3	
Microwave	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	1	1	1	1	1	1	
Radiation	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sonic Echo																			
Sonar	—	2	2	—	—	—	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Sonic	1	3	3	—	—	1	1	2	2	—	3	1	1	1	1	2	1	1	
Ultrasonic	2	2	2	—	—	1	2	1	1	—	3	2	2	1	2	2	2	2	
Thermal	—	1	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Vibration	—	3	—	—	—	2	—	1	—	—	1	—	1	—	1	—	1	—	

Fuente: Instrument Engineers Handbook - Process Measurement and Analysis

Source: I&CS/Endress+Hauser, Inc.

1 = Good; 2 = Fair; 3 = Poor or Not Applicable.

6.1.1. Transmisor FOXBORO IDP10. Para un transmisor de presión Foxboro IDP10 se tienen los siguientes códigos determinados por span y rango de operación.

Figura 11. Códigos span transmisores IDP10

Span Limits for IDP10 d/p Cell Transmitters

Code	kPa	psi	mbar	mmHg	mmH ₂ O	inH ₂ O
A (a)	0.12 and 7.5	0.018 and 1.1	1.2 and 75	0.93 and 56	12 and 750	0.5 and 30
B	0.87 and 50	0.125 and 7.2	8.7 and 500	6.5 and 375	87 and 5000	3.5 and 200
C	7 and 210	1 and 30	70 and 2100	50 and 1500	700 and 21 000	28 and 840
Code	MPa	psi	bar or kg/cm ²	mHg	mH ₂ O	ftH ₂ O
D	0.07 and 2.1	10 and 300	0.7 and 21	0.5 and 15	7 and 210	23 and 690
E (b)	0.7 and 21(b)	100 and 3000 (b)	7 and 210 (b)	5 and 150 (b)	70 and 2100 (b)	230 and 6900 (b)

(a) Span Limit Code "A" not available when pressure seals are selected.

(b) When certain options are specified, the upper span and range limits are reduced as shown in the "Options Impact" table below.

Range Limits for IDP10 d/p Cell Transmitters (a)

Code	kPa	psi	mbar	mmHg	mmH ₂ O	inH ₂ O
A (b)	-7.5 and +7.5	-1.1 and +1.1	-75 and +75	-56 and +56	-750 and +750	-30 and +30
B	-50 and +50	-7.2 and +7.2	-500 and +500	-375 and +375	-5000 and +5000	-200 and +200
C	-210 and +210	-30 and +30	-2100 and +2100	-150 and +150	-21 000 and +21 000	-840 and +840
Code	MPa	psi	bar or kg/cm ²	mHg	mH ₂ O	ftH ₂ O
D	-0.21 and +2.1	-30 and +300	-2.1 and +21	-1.5 and +15	-21 and +210	-69 and +690
E (c)	-0.21 and 21 (c)	-30 and +3000 (c)	-2.1 and +210 (c)	-1.5 and +150 (c)	-21 and +2100 (c)	-69 and +6900 (c)

(a) Positive values indicate HI side of sensor at the high pressure, and negative values indicate LO side of sensor at the high pressure.

(b) Span Limit Code "A" not available when pressure seals are selected.

(c) When certain options are specified, the upper span and range limits are reduced as shown in the "Options Impact" table below.

Fuentes: Manual field devices – pressure. Product specifications Foxboro IDP10

Se selecciona el transmisor de código B ya que su LRL (-200 inH₂O) y su URL (200 inH₂O), se ajusta al rango de 75inH₂O a medir en el compartimiento de crudo del Skimmer V-615.

6.1.1.1. Error de exactitud por influencia operacional. Se calcula con la siguiente formula:

$$A_{CC} = \pm \sqrt{(A_{CC})^2_{REF} + (B_T \Delta T)^2 + (B_p \Delta p)^2 + (B_V \Delta V)^2}$$

REF = Referencia

T = Temperatura

V = Vibración

P = Presión estática

En los Anexos se registra las especificaciones del transmisor de nivel IDP10 según formato 20L2111 de ISA:

6.1.1.2. Error de precisión de referencia. El error de precisión de referencia según el fabricante para salida lineal del transmisor:

Figura 12. Formula error sistemático precisión transmisor IDP10

Accuracy (Linear Output) - Table 1 (a)

Accuracy, % of Span (b)(c)	
Spans $\geq 10\%$ URL	Spans $< 10\%$ URL
$\pm 0.075\%$	$\pm [0.04 + 0.0035 (\text{URL}/\text{Span})]\%$

(a) Accuracy includes Linearity, Hysteresis, and Repeatability.
 (b) Add $\pm 0.05\%$ for Span Code A, and $\pm 0.02\%$ for Span Code E.
 (c) Subtract $\pm 0.025\%$ for digital output accuracy.

Fuente: Manual field devices – pressure. Product specifications Foxboro IDP10

Para el transmisor Código B, con salida digital, un span de $75 \text{ inH}_2\text{O}$ y el URL del transmisor es de $200 \text{ inH}_2\text{O}$, tenemos que el span es el 37.5% del URL, entonces nuestro error de precisión es:

$$\begin{aligned} & \pm 0.075\% \text{ del span} - (\pm 0.025\% \text{ del Span}) \\ & \pm 0.075\%(75 \text{ inH}_2\text{O}) - (\pm 0.025(75 \text{ inH}_2\text{O})) \\ & \pm 0.05625 - (\pm 0.01875) \\ & A_{CC} = \pm 0.0375 \text{ inH}_2\text{O} \end{aligned}$$

Error de precisión por temperatura. Efecto de la temperatura ambiente por un incremento de 28°C (50°F).

Figura 13. Formula error precisión por temperatura transmisor IDP10

Span Code	Ambient Temperature Effect
A	$\pm (0.18\% \text{ URL} + 0.025\% \text{ Span})$
B and C	$\pm (0.03\% \text{ URL} + 0.060\% \text{ Span})$
D	$\pm (0.05\% \text{ URL} + 0.045\% \text{ Span})$
E	$\pm (0.08\% \text{ URL} + 0.025\% \text{ Span})$

Fuente: Manual field devices – pressure. Product specifications Foxboro IDP10

Con la anterior información y la condición de operación tenemos:

$$\begin{aligned} B_T &= \pm [0.03\%(200 \text{ inH}_2\text{O}) + 0.060\%(75 \text{ inH}_2\text{O})] \\ B_T &= \pm (0.06 - 0.045) \end{aligned}$$

$$B_T = \pm 0.0158 \text{ inH}_2\text{O}$$

Por ultimo según el fabricante la temperatura de referencia en condiciones de operación es de 75°F, y nuestra condición es de 150°F, por lo tanto:

$$\Delta T = \frac{150^\circ F - 75^\circ F}{50^\circ F}$$

$$\Delta T = 1.5$$

6.1.1.3. Error de precisión por vibración. Se basa en la información proporcionada por el fabricante:

Figura 14. Formula error precisión por vibración transmisor IDP10

Vibration Effect

Total effect is $\pm 0.2\%$ of URL per "g" for vibrations in the frequency range of 5 to 500 Hz; with double amplitudes of 6.3 mm (0.25 in) in the range of 5 to 15 Hz, or accelerations of 3 "g" in the range of 15 to 500 Hz, whichever is smaller, for transmitter with aluminum housing; and with double amplitudes of 6.3 mm (0.25 in) in the range of 5 to 9 Hz, or accelerations of 1 "g" in the range of 9 to 500 Hz, whichever is smaller, for transmitter with 316 ss housing.

Fuente: Manual field devices – pressure. Product specifications Foxboro IDP10

Con la anterior información determinados:

$$B_V = \pm 0.2\%(200 \text{ inH}_2\text{O})$$

$$B_V = 0.4 \text{ inH}_2\text{O}$$

Teniendo en cuenta que la vibración en condición de operación de referencia es 0.1 "g" y nuestra condición es de 0.2 "g", entonces tenemos:

$$\Delta V = \frac{0.2 \text{ "g"} - 0.1 \text{ "g"}}{1 \text{ "g"}}$$

$$\Delta V = 0.1$$

6.1.1.4. Error de precisión por presión estática.

Figura 15. Formula error precisión por presión estática Transmisor IDP10

Span Code	Zero Shift-Static Pressure Effect
A	± 0.30% URL (b)
B and C	± 0.10% URL
D	± 0.50% URL (b)
E	± 0.50% URL

(a) Can be calibrated out by zeroing at nominal line pressure.

(b) Per 3.5 MPa (500 psi) for Span Codes A and D.

Fuente: Manual field devices – pressure. Product specifications Foxboro IDP10

$$B_p = \pm 0.1\%(200 \text{ inH}_2\text{O})$$

$$B_p = 0.2 \text{ inH}_2\text{O}$$

Teniendo en cuenta que la presión estática de referencia es la atmosférica e igual a la de operación que es de 14.7 Psi, por consiguiente no tiene ΔP .

Por ultimo reemplazamos en la fórmula de error de exactitud del numeral 6.1.1.1.

$$A_{CC} = \pm \sqrt{(0.0375 \text{ inH}_2\text{O})^2 + (0.0158 \text{ inH}_2\text{O} * 1.5)^2 + (0.4 \text{ inH}_2\text{O} * 0.1)^2 + (0.2 \text{ inH}_2\text{O})^2}$$

$$A_{CC} = \pm 0.3242 \text{ inH}_2\text{O}$$

6.1.2. Transmisor HONEYWELL STF128.

Figura 16. Formula error de precisión de referencia transmisor nivel STF128

<p>Accuracy (Reference – Includes combined effects of linearity, hysteresis, and repeatability)</p> <ul style="list-style-type: none"> Accuracy includes residual error after averaging successive readings. For FOUNDATION Fieldbus use Digital Mode specifications. For HART use Analog Mode specifications. 	<p>In Analog Mode: ±0.10% of calibrated span or upper range value (URV), whichever is greater, terminal based. For URV calibrated below reference point (25 inH₂O), accuracy equals: ±0.05 + 0.05 $\left(\frac{25 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{span psi}}\right)$ or ±0.05 + 0.05 $\left(\frac{62.5 \text{ mbar}}{\text{span mbar}}\right)$ in % span</p> <p>In Digital Mode: ±0.075% of calibrated span or upper range value (URV), whichever is greater, terminal based. For URV calibrated below reference point (25 inH₂O), accuracy equals: ±0.025 + 0.05 $\left(\frac{25 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{span psi}}\right)$ or ±0.025 + 0.05 $\left(\frac{62.5 \text{ mbar}}{\text{span mbar}}\right)$ in % span</p>
---	---

Fuente: Manual specification and model selection guide. Honeywell STF128

6.1.2.1. Error de precisión de referencia. De la Figura 17 obtenemos el siguiente error de referencia:

$$A_{CC} = \pm 0.1\% \text{ del span}$$

$$A_{CC} = \pm 0.1\%(75 \text{ inH}_2\text{O})$$

$$A_{CC} = \pm 0.075 \text{ inH}_2\text{O}$$

En los Anexos se registran las especificaciones del transmisor de presión diferencial SFT128 según formato 20L2111 de la ISA.

6.1.2.2. Error de precisión por temperatura.

Figura 17. Formula error precisión por temperatura SFT128

Combined Zero and Span Temperature Effect per 28°C (50°F)	In Analog Mode: $\pm 0.40\%$ of span. For URV below reference point (50 inH ₂ O), effect equals: $\pm 0.20 + 0.20 \left(\frac{50 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{span inH}_2\text{O}} \right)$ or $\pm 0.20 + 0.20 \left(\frac{125 \text{ mbar}}{\text{span mbar}} \right)$ in % span In Digital Mode: $\pm 0.375\%$ of span. For URV below reference point (50 inH ₂ O), effect equals: $\pm 0.175 + 0.20 \left(\frac{50 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{span inH}_2\text{O}} \right)$ or $\pm 0.175 + 0.20 \left(\frac{125 \text{ mbar}}{\text{span mbar}} \right)$ in % span
--	--

Fuente: Manual specification and model selection guide. Honeywell STF128

$$B_T = \pm 0.4\% \text{ del span}$$

$$B_T = \pm 0.4\%(75 \text{ inH}_2\text{O}) = 0.3 \text{ inH}_2\text{O}$$

Como la temperatura de referencia del transmisor es de 77°F según el fabricante, se obtiene.

* Performance specifications are based on reference conditions of 25°C (77°F), 10 to 55% RH, and 316 Stainless Steel barrier diaphragm.

$$\Delta T = \frac{150^\circ F - 77^\circ F}{50^\circ F}$$

$$\Delta T = 1.46$$

6.1.2.3. Error de precisión por presión estática.

Figura 18. Formula error precisión por presión estática SFT128

Parameter	Description
Zero Static Pressure Effect per 300 psi (20 bar)	$\pm 0.1625\%$ of span. For URV below reference point (50 inH ₂ O), effect equals: $\pm 0.0125 + 0.15 \left(\frac{50 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{span inH}_2\text{O}} \right)$ or $\pm 0.0125 + 0.15 \left(\frac{125 \text{ mbar}}{\text{span mbar}} \right)$ in % span
Combined Zero and Span Static Pressure Effect per 300 psi (20 bar)	$\pm 0.30\%$ of span. For URV below reference point (50 inH ₂ O), effect equals: $\pm 0.15 + 0.15 \left(\frac{50 \text{ inH}_2\text{O}}{\text{span inH}_2\text{O}} \right)$ or $\pm 0.15 + 0.15 \left(\frac{125 \text{ mbar}}{\text{span mbar}} \right)$ in % span

Fuente: Manual specification and model selection guide. Honeywell STF128

$$B_p = \pm 0.1625\% \text{ del span}$$

$$B_p = \pm 0.1625\%(75 \text{ inH}_2\text{O}) = 0.1218 \text{ inH}_2\text{O}$$

6.1.2.4. Error de exactitud por influencia operacional. Teniendo en cuenta que la presión estática de referencia es la atmosférica e igual a la de operación que es de 14.7 Psi, por consiguiente no tiene ΔP .

Por último el fabricante no indica error de medición por efecto de la vibración, por lo tanto la ecuación de exactitud la determinamos de la siguiente manera:

$$A_{cc} = \pm \sqrt{(0.075 \text{ inH}_2\text{O})^2 + (0.3 \text{ inH}_2\text{O} * 1.46)^2 + (0.1218 \text{ inH}_2\text{O})^2}$$

$$A_{cc} = \pm 0.4607 \text{ inH}_2\text{O}$$

6.1.3. Transmisor ROSEMOUNT 3051CD. Para un transmisor de presión Rosemount 3051CD se tienen los siguientes códigos determinados por Span y Rango de operación.

Figura 19. Información transmisor de presión coplanar 3051C

Model	Transmitter Type			
3051C	Coplanar Pressure Transmitter			
Measurement Type				
Standard				Standard
D	Differential			★
G	Gage			★
Expanded				
A ⁽¹⁾	Absolute			
Pressure Range				
	3051CD	3051CG	3051CA	
Standard				Standard
1	-25 to 25 inH ₂ O (-62.2 to 62.2 mbar)	-25 to 25 inH ₂ O (-62,1 to 62.2 mbar)	0 to 30 psia (0 to 2.1 bar)	★
2	-250 to 250 inH ₂ O (-623 to 623 mbar)	-250 to 250 inH ₂ O (-621 to 623 mbar)	0 to 150 psia (0 to 10.3 bar)	★
3	-1000 to 1000 inH ₂ O (-2.5 to 2.5 bar)	-393 to 1000 inH ₂ O (-0.98 to 2.5 bar)	0 to 800 psia (0 to 55.2 bar)	★
4	-300 to 300 psi (-20.7 to 20.7 bar)	-14.2 to 300 psi (-0.98 to 20.7 bar)	0 to 4000 psia (0 to 275.8 bar)	★
5	-2000 to 2000 psi (-137.9 to 137.9 bar)	-14.2 to 2000 psi (-0.98 to 137.9 bar)	Not Applicable	★
Expanded				
0 ⁽²⁾	-3 to 3 inH ₂ O (-7.5 to 7.5 mbar)	Not Applicable	Not Applicable	
Transmitter Output				
Standard				Standard
A ⁽³⁾	4-20 mA with Digital Signal Based on HART Protocol			★
F	FOUNDATION fieldbus Protocol			★
W ⁽⁴⁾	PROFIBUS PA Protocol			★
X ⁽⁵⁾	Wireless			★

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

Figura 20. Códigos span transmisores Rosemount 3051

Range	Minimum Span		Range and Sensor Limits			
	3051CD ⁽¹⁾ , 3051CG, 3051CF, 3051L	Upper (URL)	Lower (LRL)			
			3051CD Differential 3051CF Flowmeters	3051CG Gage	3051L Differential	3051L Gage
0	0.1 inH ₂ O (0,25 mbar)	3.0 inH ₂ O (7,47 mbar)	-3.0 inH ₂ O (-7,47 mbar)	NA	NA	NA
1	0.5 inH ₂ O (1,2 mbar)	25 inH ₂ O (62,3 mbar)	-25 inH ₂ O (-62,1 mbar)	-25 inH ₂ O (-62,1 mbar)	NA	NA
2	1.6 inH ₂ O (4,1 mbar)	250 inH ₂ O (0,62 bar)	-250 inH ₂ O (-0,62 bar)	-250 inH ₂ O (-0,62 bar)	-250 inH ₂ O (-0,62 bar)	-250 inH ₂ O (-0,62 bar)
3	6.6 inH ₂ O (16,6 mbar)	1000 inH ₂ O (2,49 bar)	-1000 inH ₂ O (-2,49 bar)	0.5 psia (34,5 mbar abs)	-1000 inH ₂ O (-2,49 bar)	0.5 psia (34,5 mbar abs)
4	2 psi (0,14 bar)	300 psi (20,6 bar)	-300 psi (-20,6 bar)	0.5 psia (34,5 mbar abs)	-300 psi (-20,6 bar)	0.5 psia (34,5 mbar abs)
5	13.3 psi (0,91 bar)	2000 psi (137,9 bar)	-2000 psi (-137,9 bar)	0.5 psia (34,5 mbar abs)	NA	NA

(1) Range 0 only available with 3051CD. Range 1 only available with 3051CD, 3051CG, or 3051CF. Range 5 not available with 3051L Differential and 3051 Gage.

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

Se selecciona un transmisor marca Rosemount 3051CD de rango 2, debido a que se ajusta más a las condiciones de operación, debido que tiene un Span entre $1.6inH_2O$ y $250inH_2O$. Su URL es de $250inH_2O$ y su LRL es de $-250inH_2O$.

En los Anexos se registran las especificaciones del transmisor de presión 3051CD según formato 20L2111 de la ISA.

6.1.3.1. Error de precisión de referencia.

Figura 21. Formula error precisión por referencia transmisor 3051CD

Models	Standard 3051
3051C Ranges 2-5	$\pm 0.065\%$ of span For spans less than 10:1, accuracy = $\pm \left[0.015 + 0.005 \left(\frac{URL}{Span} \right) \right] \% \text{ of Span}$

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

Para el transmisor 3051CD de rango 2 y teniendo en cuenta que el URL es de $250inH_2O$ y el Span de $75inH_2O$, se obtiene:

:

$$A_{CC} = \pm \left[0.015 + 0.005 \left(\frac{250inH_2O}{75inH_2O} \right) \right] \% \text{ del Span}$$

$$A_{CC} = \pm 0.0316\% (75inH_2O)$$

$$A_{CC} = \pm 0.0237inH_2O$$

6.1.3.2. Error de precisión por temperatura.

Figura 22. Formula error precisión por temperatura transmisor 3051CD

Ambient Temperature Effect per 50°F (28°C)

Models	Ambient Temperature Effect (for 3051 and enhanced 3051)
3051C Ranges 2-5	$\pm(0.0125\% \text{ URL} + 0.0625\% \text{ span})$ from 1:1 to 5:1 $\pm(0.025\% \text{ URL} + 0.125\% \text{ span})$ from 5:1 to 150:1
Range 1	$\pm(0.1\% \text{ URL} + 0.25\% \text{ span})$ from 1:1 to 30:1
Range 0	$\pm(0.25\% \text{ URL} + 0.05\% \text{ span})$ from 1:1 to 30:1

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

$$A_{CC} = \pm 0.0416\%(75 \text{ inH}_2\text{O})$$

$$B_T = \pm [0.025\%(250 \text{ inH}_2\text{O}) + 0.0625\%(75 \text{ inH}_2\text{O})]$$

$$B_T = \pm [0.0625 + 0.04687]$$

$$B_T = \pm 0.109375 \text{ inH}_2\text{O}$$

Como la temperatura de referencia del transmisor es de 75°F según el fabricante, se obtiene.

Figura 23. Temperatura referencia del transmisor 3051CD

- (1) Dead time and update rate apply to all models and ranges; analog output only
- (2) Nominal total response time at 75 °F (24 °C) reference conditions.
- (3) Transducer block response time, Analog Input block execution time not included.

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

$$\Delta T = \frac{150^\circ F - 75^\circ F}{50^\circ F}$$

$$\Delta T = 1.5$$

6.1.3.3. Error de precisión por vibración.

Figura 24. Formula error precisión por vibración transmisor 3051CD

Vibration Effect

Less than $\pm 0.1\%$ of URL when tested per the requirements of IEC60770-1: 1999 field or pipeline with high vibration level (10-60 Hz 0.21 mm displacement peak amplitude / 60-2000 Hz 3g).

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

Entonces obtenemos:

$$B_V = \pm 0.1\%(250 \text{ inH}_2\text{O})$$

$$B_V = 0.25 \text{ inH}_2\text{O}$$

$$\Delta V = \frac{0.2''g'' - 3''g''}{3''g''}$$

$$\Delta V = -0.9334$$

6.1.3.4. Error de precisión por presión estática.

Figura 25. Formula error precisión por presión estática transmisor 3051CD

Line Pressure Effect per 1000 psi (6,9 MPa)

For line pressures above 2000 psi (13,7 MPa) and Ranges 4-5, see user manual (Document number 00809-0100-4007 for enhanced 3051 HART, 00809-0100-4001 for HART, 00809-0100-4774 for FOUNDATION™ fieldbus, and 00809-0100-4797 for PROFIBUS PA).	
Models	Line Pressure Effect (for 3051 and enhanced 3051)
3051CD, 3051CF	Zero Error
Ranges 2-3	±0.05% of URL/1000 psi (68.9 bar) for line pressures from 0 to 2000 psi (0 to 13.7 MPa)
Range 1	±0.25% of URL/1000 psi (68.9 bar)
Range 0	±0.125% of URL/100 psi (6.89 bar)
	Span Error
Ranges 2-3	±0.1% of reading/1000 psi (68.9 bar)
Range 1	±0.4% of reading/1000 psi (68.9 bar)
Range 0	±0.15% of reading/100 psi (6.89 bar)

Fuente: Product datasheet. Rosemount 3051 pressure transmitter

$$B_p = \frac{\pm 0.05\% \text{ of URL}}{1000} = \frac{\pm 0.05\% (250 \text{ inH}_2\text{O})}{1000}$$

$$B_p = \frac{\pm 0.125}{1000} = 0.000125 \text{ inH}_2\text{O}$$

6.1.3.5. Error de exactitud por influencia operacional. Teniendo en cuenta que la presión estática de referencia es la atmosférica e igual a la de operación que es de 14.7 Psi, por consiguiente no tiene ΔP .

$$A_{CC} = \pm \sqrt{(0.0237 \text{ inH}_2\text{O})^2 + (0.109375 * 1.5)^2 + (0.25 \text{ inH}_2\text{O} * (-0.9334))^2 + (0.000125)^2}$$

$$A_{CC} = \pm 0.2862 \text{ inH}_2\text{O}$$

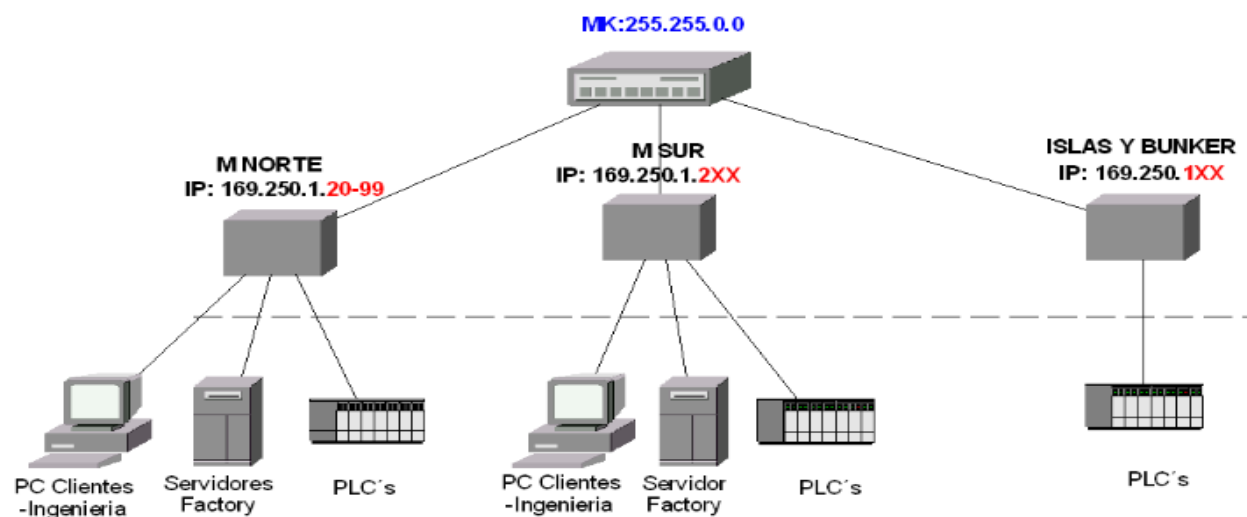
Con los datos obtenidos de precisión total en cada uno de los transmisores, se determina que el transmisor Rosemount 3150CD posee el menor error de exactitud resultante ($A_{CC} = \pm 0.2862 \text{ inH}_2\text{O}$), con lo cual determinamos seleccionar este dispositivo para la medición en el lazo de control de nivel de crudo del Skimmer V-615.

7. RECONOCIMIENTO DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN

El sistema de comunicación se basa principalmente en una red local que está conformada por varias VLAN, comunicando todo el campo Purificación-Matachines por el uso de enlaces de largo alcance CANOPYS emitiendo la señal por radio frecuencia y en algunos casos por fibra óptica. Para la comunicación interna de una estación se usa esencialmente el estándar Ethernet, para comunicación de Cámaras de video, sistema SCADA, CANOPYS.

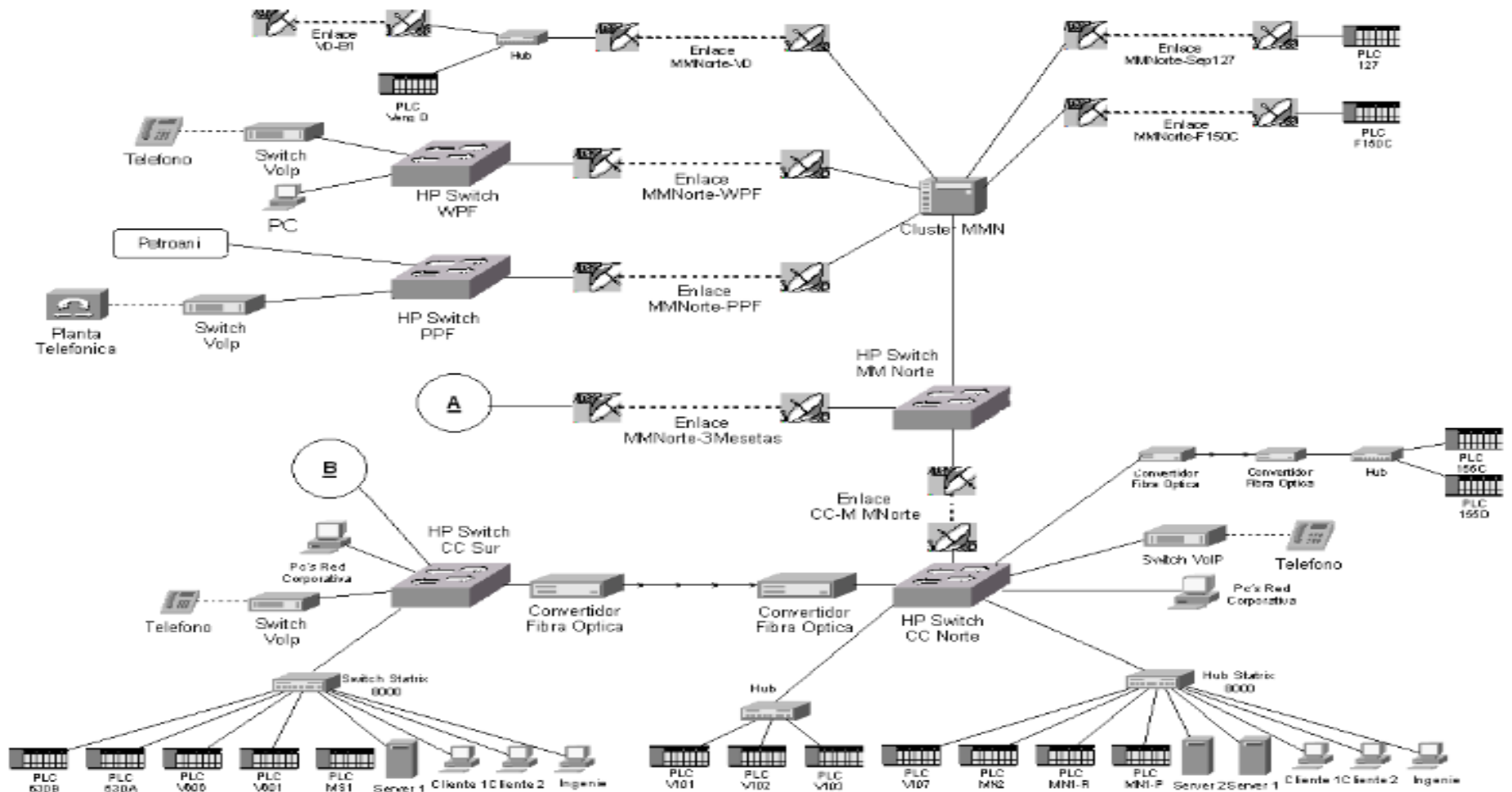
A continuación se presenta parte de la arquitectura, esencialmente la parte que implica la realización de este proyecto; en el cual se representan los principales equipos que hay en el campo.

Figura 26. Arquitectura lógica de red VLAN “Control” campo Purificación-Matachines



Fuente: Arquitectura de red campo Purificación-Matachines. Elaborado por Julián Pachón Pachón

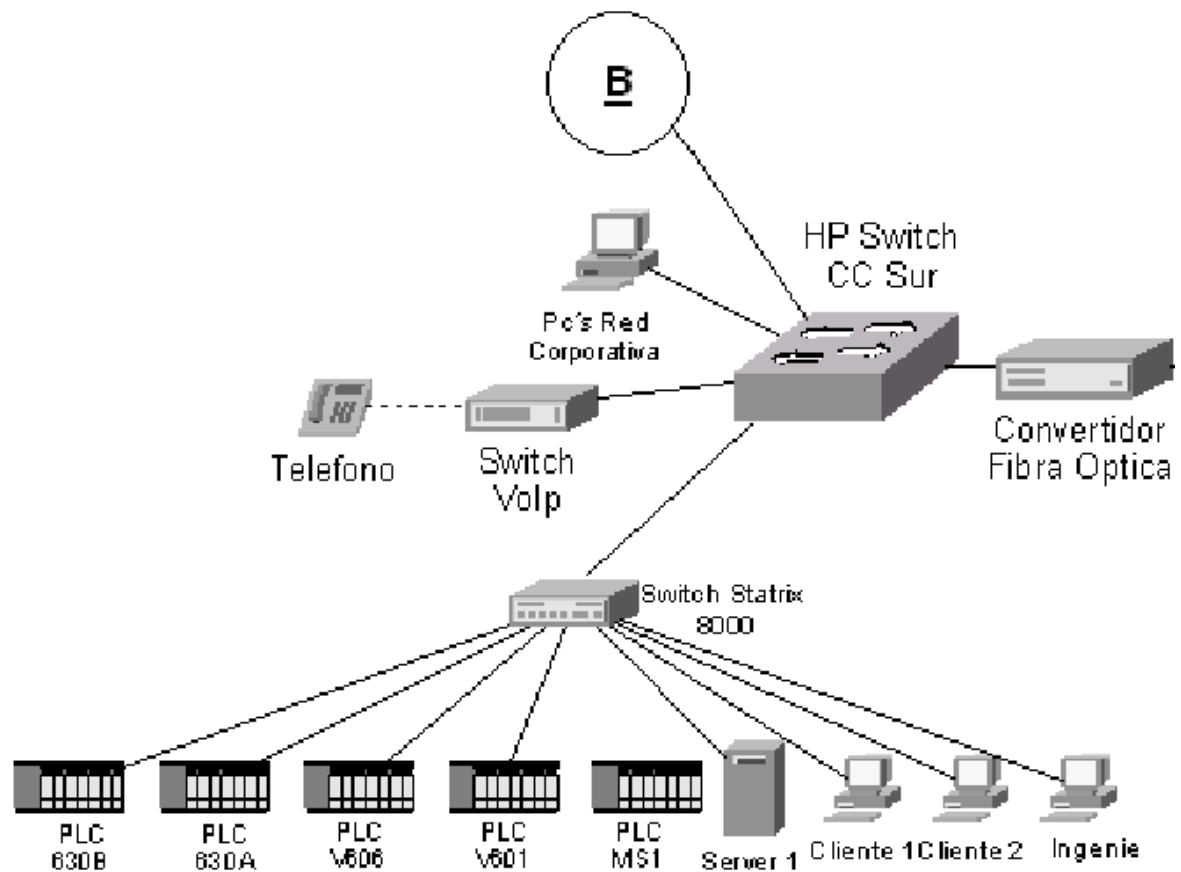
Figura 27. Parte de la arquitectura conexasión red LAN campo Purificación-Matachines



Fuente: Arquitectura de red campo Purificación-Matachines. Elaborado por Julián Pachón Pachón

Referente a parte de la arquitectura de conexionado del campo Purificación-Matachines, se extrae porción de la arquitectura de interés para la realización del proyecto.

Figura 28. Arquitectura de red Matachín Sur



Fuente: Arquitectura de red campo Purificación-Matachines. Elaborado por Julián Pachón Pachón

Se usa el PLC principal Allen-Bradley ControlLogix MS1 que usa el estándar Ethernet para establecer enlaces de comunicación, que con la configuración adecuada instaura conexión con el servidor principal y así poner en línea en la red local; de esta manera tener supervisión remota del equipo.

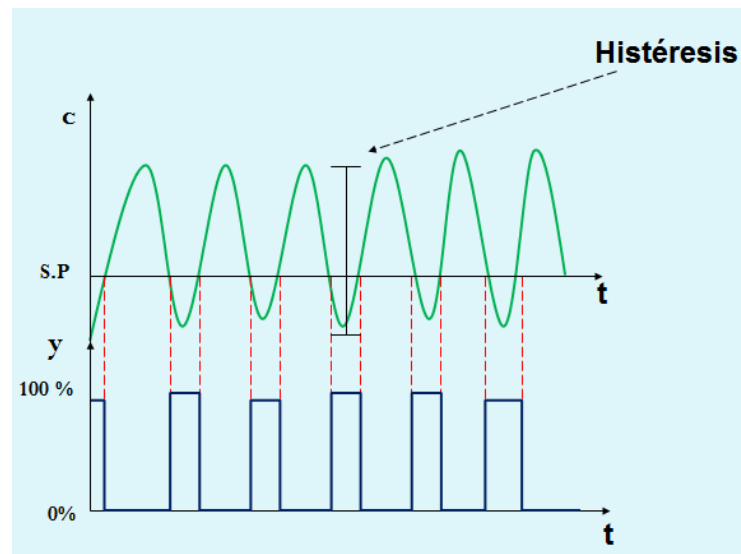
8. DISEÑO SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control utilizado es ON-OFF, es no lineal y proporciona a su salida dos valores fijos que corresponden a conectado/desconectado, según que la señal de error sea positiva o negativa. Inicialmente el error es positivo y el control se activa (ON) hasta llegar al valor deseado, el error se hace negativo y el controlador pasa a OFF. El proceso se repite continuamente. Una oscilación continua rápida puede provocar un desgaste excesivo del elemento final de control.

$$y(t) = M_1 (ON), \quad \text{si } e(t) > 0$$

$$y(t) = M_2 (OFF), \quad \text{si } e(t) < 0$$

Figura 29. Acción de control ON-OFF



Fuente: Controladores ON-OFF. Facultad Regional Santa Fe – UTN

Para evitar una conmutación excesivamente frecuente, se introduce un retardo en la entrada, este efecto conocido como histéresis. La histéresis provoca que la señal de error deba superar H (brecha diferencial, antes de que se produzca la conmutación).

Estando limitada a dos posiciones, esta acción de control proporciona demasiada o muy poca corrección del sistema, por lo que la salida oscila continuamente alrededor del valor deseado.

La brecha diferencial (histéresis) se define como el rango de valores más pequeño que el valor medido debe atravesar para ocasionar que el dispositivo de corrección pase de una posición a otra.

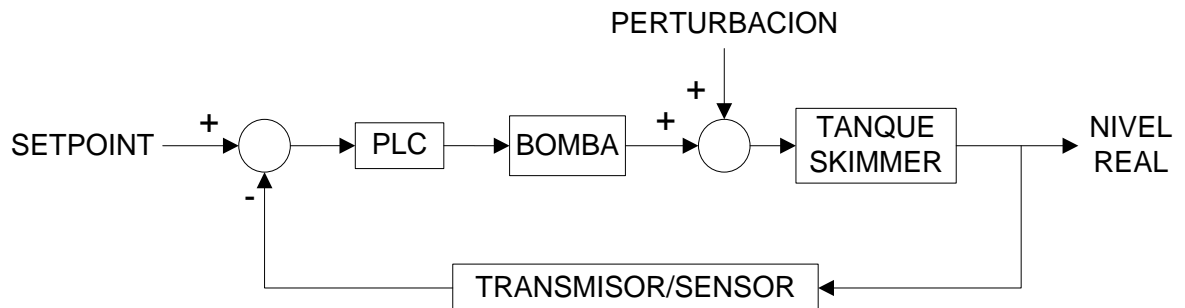
Figura 30. Controlador On-Off con Histéresis



Fuente: Controladores ON-OFF. Facultad Regional Santa Fe – UTN

Se trabaja en continua evolución, no hay estado estacionario. El controlador no es lineal y cambia de estado cuando el error toma valores extremos, no detecta valores intermedios. No se puede definir una función transferencia para el controlador, ni estudiar el lazo de realimentación como en sistemas lineales. No se puede establecer un error de estado estacionario, sino un error medio.

Figura 31. Diagrama lazo de control realimentado



Fuente: Propia

8.1. SETPOINT

Es el nivel deseado que se quiere sostener en el tanque Skimmer o sea para un control continuo de la variable, pero como el control de nivel del tanque Skimmer V-615 es discontinuo, se requiere de un sistema de control On-Off que depende de valores extremos. Se maneja el nivel del tanque de 0-100%, donde como

setpoint central se tiene 50% con valores de histéresis $+H = 25\%$ y $-H = 10\%$, o sea con un valor total de $H = 35\%$ de banda muerta. A partir de la histéresis se obtienen un valor máximo y valor mínimo, donde solo se realizara el control de dicha variable para este rango. Para la automatización del nivel del tanque se establecieron los siguientes setpoint en término de porcentaje de líquido en el tanque.

- Nivel alto-alto: 85%
- Nivel alto: 75%
- Nivel bajo: 40%
- Nivel bajo-bajo: 30%

El porcentaje de nivel alto-alto y bajo-bajo es solamente para establecer alarmas para caso extremo, únicamente se activara en tal caso de que el lazo de control tenga falla y el nivel caiga sobre la zona muerta o sea en aquella zona donde no se tiene control de la variable, de esta manera se da aviso al operador para que actué a realizar la operación de control manualmente.

8.2. PLC CONTROLLOGIX DE ALLEN BRADLEY

La arquitectura integrada Logix de Allen Bradley ofrece un equipo de control, un entorno de programación y compatibilidad para comunicaciones común a través de varias plataformas de hardware. Todos los ControlLogix funcionan con un sistema operativo de multitarea y multiprocesamiento y admite el mismo conjunto de instrucciones en varios lenguajes de programación. A continuación se mencionan los componentes característicos como lo son el controlador, memoria RAM, módulos de entradas y salidas del sistema ControlLogix:

Tabla 7. Características PLC Controllogix

Componente	Características
Controlador	Controlador capaz de direccionar una gran cantidad de puntos de E/S simultáneamente (128.000 digitales máx./4.000 analógicas máx.)
Memoria RAM del controlador	Controladores con memoria RAM de 750 Kbytes, 1.5 Mbytes, 3.5 Mbytes, 7.5 Mbytes y 8 Mbytes.
Memoria no volátil Controlador	750 Kbytes, 1.5 Mbytes y 3.5 Mbytes.
Módulos de entradas Analógicas	Módulos de 2, 4, 6, 8, 16 entradas de: Voltaje: (Configurable por el usuario) $\pm 10.25\text{ V}$, $0 - 5.125\text{ V}$, $0 - 10.250\text{ V}$ Corriente: $0 - 20.5\text{ Ma}$, $0 - 21\text{ Ma}$

Módulos de Entradas de RTD's	Detectores RTD's compatibles: 100, 200, 500, 1000 Ω Platino, alfa = 385 100, 200, 500, 1000 Ω Platino, alfa = 3916 120 Ω Níquel, alfa = 672 100, 120, 200, 500 Ω Níquel, alfa = 618 10 Ω Cobre.
Módulos de Salidas Analógicas	Módulos de 4, 6 y 8 salidas de: Voltaje: ± 10.4 V Corriente: 0 – 21 Ma
Módulos de Entradas Digitales	Módulos de 16 y 32 entradas aisladas y no aisladas.
Módulos de Salidas Digitales	Módulos de 8, 16 y 32 salidas aisladas y no aisladas.

Fuente: Datasheet PLC ControlLogix

Para la realización del proyecto de automatización del tanque Skimmer V-615 se utilizan tres módulos principales:

8.2.1. Módulo de E/S analógicas. Son módulos de interface que convierten las señales analógicas en valores digitales en el caso de las entradas y los valores digitales en señales analógicas para las salidas.

La lista siguiente muestra las funciones disponibles en los módulos de E/S analógica ControlLogix, cuyo uso abarca una amplia gama de aplicaciones.

- Desinstalación e instalación con la alimentación eléctrica conectada (RIUP) – característica del sistema que le permite desinstalar e insertar módulos mientras se aplica alimentación eléctrica al chasis.
- Comunicaciones productor/consumidor – un intercambio de datos inteligente entre módulos y otros dispositivos del sistema en los que cada módulo produce datos sin que se haya efectuado ninguna encuesta.
- Sello de hora continuo de datos – módulo de 15 bits-sello de hora continuo específico con resolución de milisegundos que indica en qué momento se han muestreado/aplicado los datos. Este sello de hora puede utilizarse para calcular el intervalo entre las actualizaciones de canales o del lado de campo.
- Sello de hora de los datos del sistema – el reloj del sistema de 64 bits inserta un sello de hora en la transferencia de datos entre el módulo y su controlador propietario dentro del chasis local.
- Formatos de datos de punto flotante de 32 bits o de número entero de 16 bits IEEE.

- Resolución de entrada de 16 bits y salida de 13-16 bits, dependiendo del tipo de módulo de salida.
- Funciones en tarjeta, tales como escala a unidades de ingeniería, alarmas y detección de bajo/sobre-rango.
- Calibración –los módulos de E/S analógica permiten la calibración canal por canal o por módulos.

8.2.2. Módulo de E/S digitales. Los módulos de E/S digitales ControlLogix son módulos de entrada/salida que incorporan funciones de detección de activación/desactivación y de accionamiento.

Mediante el modelo de red de productor/consumidor, pueden facilitar información cuando se precisa y proporcionar funciones de sistema adicionales.

A continuación figura una lista de las características disponibles en los modelos de E/S digitales ControlLogix que permiten más aplicaciones del sistema.

- Extracción e inserción con la alimentación eléctrica conectada (RIUP) – Esta función del sistema permite extraer e instalar módulos y bloques de terminales extraíbles mientras está conectada la alimentación eléctrica.
- Comunicaciones productor/consumidor – Estas comunicaciones constituyen un intercambio inteligente de datos entre módulos y otros dispositivos del sistema en que cada módulo produce datos sin tener que ser encuestado.
- Sello de hora de sistema de datos – Un reloj de sistema de 64 bits coloca un sello de hora en la transferencia de datos entre el módulo y su controlador propietario dentro del chasis local.
- Generación de informes de fallos en el nivel del módulo y detección de diagnóstico del lado de campo.

8.2.3. Modulo comunicación Ethernet/IP. El Protocolo industrial Ethernet (Ethernet/IP) es un estándar para la interconexión de redes industriales que admite la transmisión de mensajes implícita y explícita, y que utiliza medios físicos y chips de comunicación Ethernet comerciales.

Ethernet/IP es una red abierta que utiliza:

- El estándar de comunicación física y de datos IEEE 802.3.
- El conjunto de protocolos Ethernet TCP/IP (Protocolo industrial Ethernet/ Protocolo Internet).
- El protocolo de control e información (CIP).

TCP/IP es el protocolo del nivel de transporte y red de Internet y suele estar vinculado con las instalaciones Ethernet y el mundo de los negocios. TCP/IP proporciona una serie de servicios que puede utilizar cualquier pareja de dispositivos para compartir datos. Dado que la tecnología Ethernet y los conjuntos de protocolos estándar como TCP/IP han sido promocionados para uso público, se han producido de forma masiva y pueden conseguirse fácilmente medios físicos y herramientas de software estandarizadas, con lo que puede disfrutar de las ventajas de una tecnología conocida y una gran facilidad de acceso.

El UDP/IP (Protocolo de datagrama de usuario) también se utiliza junto con la red Ethernet. UDP/IP proporciona un transporte de datos rápido y eficiente, características necesarias para el intercambio de datos en tiempo real.

Para que Ethernet/IP tuviese éxito, se ha agregado el protocolo CIP al conjunto TCP/UDP/IP con el fin de proporcionar un nivel de aplicaciones común. Por lo tanto, cuando se elige un producto Ethernet/IP, estará seleccionado también prestaciones de TCP/IP y CIP.

El módulo 1756-ENBT funciona bien como una interfaz para un controlador ControlLogix para comunicarse con otros dispositivos en una red Ethernet/IP o como un adaptador para módulos E/S 1756 en una red Ethernet/IP. Este módulo soporta:

- Control de E/S.
- La comunicación a través de tags producidos/consumidos y las instrucciones MSG.
- Comunicación con el operador.
- Configuración y programación, tales como la carga y descarga.
- Un adaptador de módulos E/S 1756.
- Un servidor web para proporcionar información de diagnóstico y de estado.

8.3. BOMBA CENTRIFUCA VERTICAL ELECTROSUMERGIBLE

Es el elemento final de control que por medio del sistema de control On-Off se hará el control de nivel de crudo del tanque Skimmer V-615. La bomba es una WORTHINGTON centrífuga vertical de cárcamo húmedo, especialmente diseñadas para manejar aguas de drenaje y otro tipo de líquidos que contengan sedimentos y sólidos en ciertas concentraciones y tamaños.

El flujo pasa axialmente por la coladera de succión al impulsor y descarga en forma radial en la boquilla de descarga de la carcasa. La bomba está suspendida de la placa de apoyo de la base estructural del motor por medio de una tubería de

columna al soporte de la chumacera. Todo el empuje axial es tomado por el motor o cabezal de engranes.

Normalmente, se usa motor de eje hueco, pero es posible por medio de un arreglo especial, usar motor standard verticalizado de eje sólido sin que tome este el empuje axial de la bomba.

La rotación de la bomba es siempre en el mismo sentido de las manecillas del reloj, vista desde la parte superior del motor. Sus características se encuentran en el ANEXO A del plano P&ID del Skimmer V-615.

8.4. LAS PERTURBACIONES

Variable cuya aparición puede tener una probabilidad de ocurrencia. Se puede establecer como filtraciones, fugas o derrame de combustible de los estanques, lo cual considera una variación de los niveles. El controlador es el encargado de eliminar la influencia de las perturbaciones externas en el proceso.

8.5. SENSOR

El sensor utilizado y escogido anteriormente fue el diafragma principalmente por ser ideal para líquidos continuos. El diafragma es una fina lámina de metal generalmente circular soportada por sus bordes y que se deforma por la aplicación de presión. Puede ser una chapa lisa pero lo más común es que sea corrugada.

El sensor está en contacto directo con el líquido del tanque, que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque con referencia a la presión atmosférica.

El diafragma hace parte de un transmisor digital de nivel por presión diferencial, en donde principalmente el diafragma está fijado en una brida que se monta rasante al tanque para permitir sin dificultades la medida de nivel del fluido.

8.6. TRANSMISOR

El transmisor fue escogido con anterioridad dependiendo de ciertas características específicas del proceso, donde el transmisor Rosemount 3150CD después del estudio de selección de instrumento fue el que mejor se adaptó a las características para la medición del nivel para el proceso requerido.

Figura 32. Transmisor de nivel Rosemount 3051CD



Fuente: Datasheet Transmisor de presión Rosemount 3051

Características:

- Rendimiento con una precisión de hasta 0,04%
- Cinco años de estabilidad instalada de 0,125%
- La plataforma Coplanar admite manifold integrado, elemento primario y sello de diafragma.
- Spans/rangos calibrados entre 0,25 mbar y 276 bar (0.1inH₂O a 4000 psi)
- Aislantes de proceso de acero inoxidable 316L, Hastelloy, C276, Monel, tantaló, Monel bañado en oro o acero inoxidable 3136L bañado en oro.

9. PROGRAMACION DEL SISTEMA

La programación del PLC ControlLogix se realiza por medio del software RSLogix 5000, como se vio anteriormente tiene varios entornos de programación, pero este proyecto ha sido desarrollado en base al lenguaje de programación ladder.

Para iniciar con el diseño de la lógica se sigue la configuración del software RSLogix 5000 establecido en el Anexo E, para configurar los módulos de E/S analógicas, digitales y de comunicación Ethernet.

Para tener el control del nivel de crudo del tanque Skimmer V-615, se ha dividido el programa en tres rutinas; una rutina para establecer las alarmas de proceso, una rutina para el ON/OFF de la bomba P-615B y una rutina para el accionamiento de la alarma sonora.

9.1. RUTINA PROGRAMACION LADDER ALARMAS DE PROCESO

Para la programación en lenguaje ladder de las respectivas alarmas de proceso se usaron las variables de la Tabla 8. Donde para la automatización del tanque skimmer se utiliza la variable **LT_V615B.PV** para tomar la señal análoga 4-20mA desde el transmisor de nivel, donde en la escala 4mA equivale a 0% y 20mA equivale a 100% de líquido en el tanque, por lo tanto se han establecido cuatro alarmas. Las alarmas de control de nivel **Alto** y nivel **Bajo** para encendido y apagado de la bomba y dos alarmas de nivel **Alto-Alto** y nivel **Bajo-Bajo** que son alarmas de seguridad solo se activaran en caso de que el lazo de control falle o estando en modo manual según criterio del operador y por tanto por esa falla no se activen las alarmas de control, de esta manera se da la oportunidad al operador de reaccionar y realizar el control manualmente hasta restablecer el control en automático.

La alarma de nivel **Alto** (**LT_V615B.HiAlmLimit**) se activa cuando pasa por una instrucción de comparación y evalúa la variable de proceso enviada por el transmisor (**LT_V615B.PV**), con respecto al setpoint de 75% establecido de nivel **Alto**; cuando el nivel supera este setpoint, se activa un bit de alarma (**LT_V615B.HiAlmBit**), que este a su vez activa un temporizador (**LT_V615B.HiAlmTmr**), cuya función es retrasar la señal por dos segundos, debido a que el transmisor puede tener sobre-picos de corriente en tiempo de milisegundos y puede enviar una señal errónea del nivel medido, con este temporizador se asegura que la señal medida sea la real. Una vez que el temporizador termina activa un bit interno del temporizador indicando que ha llegado a su fin, a su vez activa un bit de salida de detección de nivel (**LT_V615B.HiAlmDet**), el cual está garantizando que el valor que está llegando es la medición real de la variable.

Por último se establece una variable de mensaje de reconocimiento (**LT_V615B.HiAlmAck**) de la alarma para el HMI, con el fin de que cuando se active la alarma de nivel **Alto**, esta aparezca en el supervisorio y el operador se dé cuenta de que alarma se trata, además de un indicador visual (**LT_V615B.HiAlm**) de activación de dicha alarma en el HMI.

Para la alarma de nivel **Bajo**, nivel **Alto-Alto** y nivel **Bajo-Bajo** se realiza la misma lógica de programación que con el nivel **Alto**, usando los Tags respectivos descritos en la Tabla 8.

Tabla 8. Variables de la rutina alarmas de proceso

TAG	E/S	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
LT_V615B.PV	E NO	REAL	Variable de Proceso
LT_V615B.HiHiAlmLimit	E NO	REAL	Limite Alarma Hi-Hi
LT_V615B.HiHiAlmBit	BIT NO	BOOL	Bit Alarma Hi-Hi
LT_V615B.HiHiAlmTmr	-	TIMER	Temporizador
LT_V615B.HiHiAlmDet	BIT NO	BOOL	Bit Detección Alarma Hi-Hi
LT_V615B.HiHiAlmAck	BIT NC	BOOL	Bit de ACK en HMI
LT_V615B.HiHiAlm	BIT NO	BOOL	Bit Activación Alarma en HMI
LT_V615B.HiAlmLimit	E NO	REAL	Limite Alarma Hi
LT_V615B.HiAlmBit	BIT NO	BOOL	Bit de Alarma Hi
LT_V615B.HiAlmTmr	-	TIMER	Temporizador
LT_V615B.HiAlmDet	BIT NO	BOOL	Bit Detección Alarma Hi
LT_V615B.HiAlmAck	BIT NC	BOOL	Bit de ACK en HMI
LT_V615B.HiAlm	BIT NO	BOOL	Bit Activación Alarma en HMI
LT_V615B.LoAlmLimit	E NO	REAL	Limite Alarma Low
LT_V615B.LoAlmBit	BIT NO	BOOL	Bit Alarma Low
LT_V615B.LoAlmTmr	-	TIMER	Temporizador
LT_V615B.LoAlmDet	BIT NO	BOOL	Bit Detección Alarma Low
LT_V615B.LoAlmAck	BIT NC	BOOL	Bit de ACK en HMI
LT_V615B.LoAlm	BIT NO	BOOL	Bit Activación Alarma en HMI
LT_V615B.LoLoAlmLimit	E NO	REAL	Limite Alarma Lo-Lo
LT_V615B.LoLoAlmBit	BIT NO	BOOL	Bit Alarma Lo-Lo
LT_V615B.LoLoAlmTmr	-	TIMER	Temporizador
LT_V615B.LoLoAlmDet	BIT NO	BOOL	Bit Detección Alarma Lo-Lo
LT_V615B.LoLoAlmAck	BIT NC	BOOL	Bit de ACK en HMI
LT_V615B.LoLoAlm	BIT NO	BOOL	Bit Activación Alarma en HMI

Fuente: Propia

Figura 33. Programación ladder alarmas de proceso Skimmer V-615

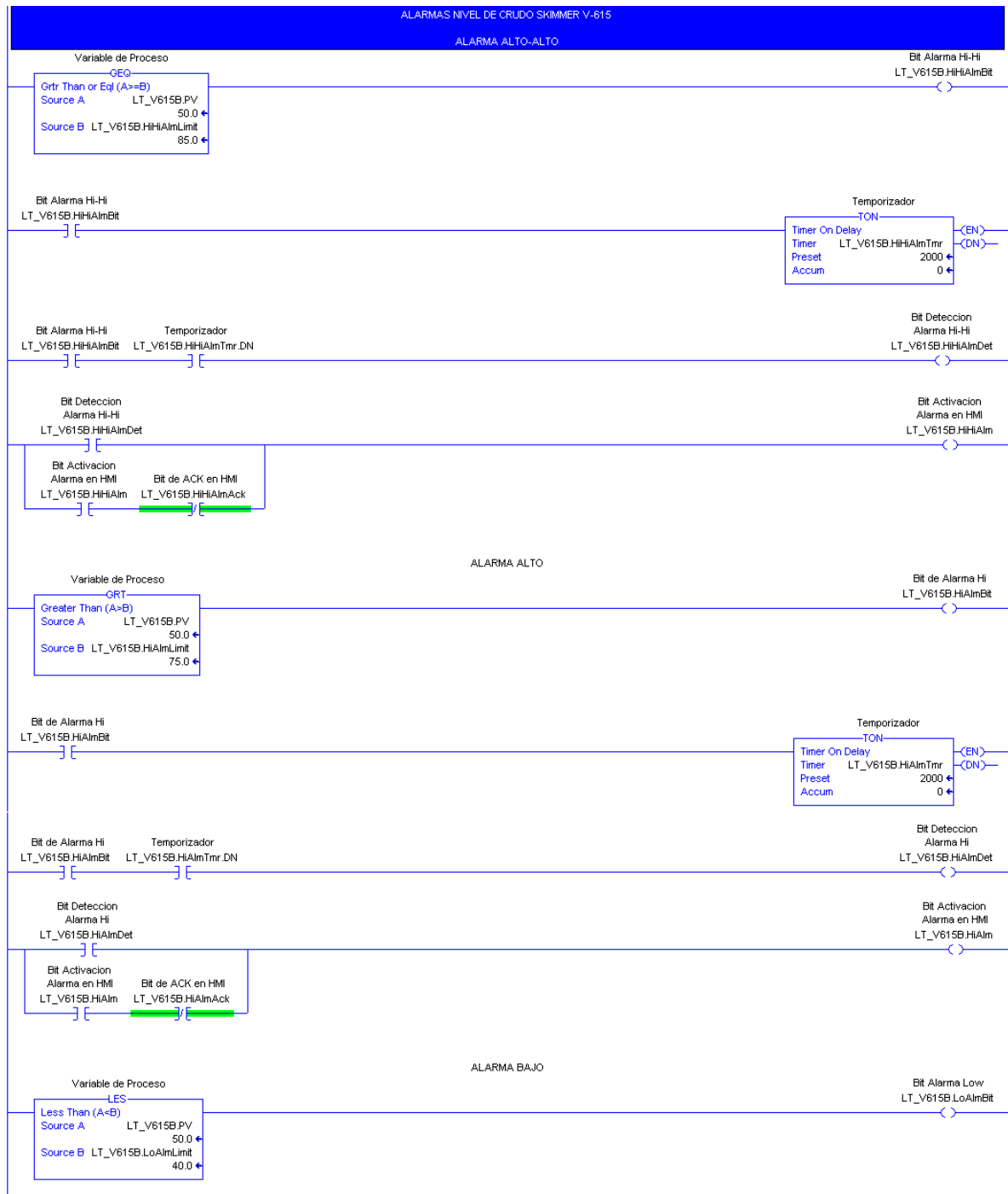
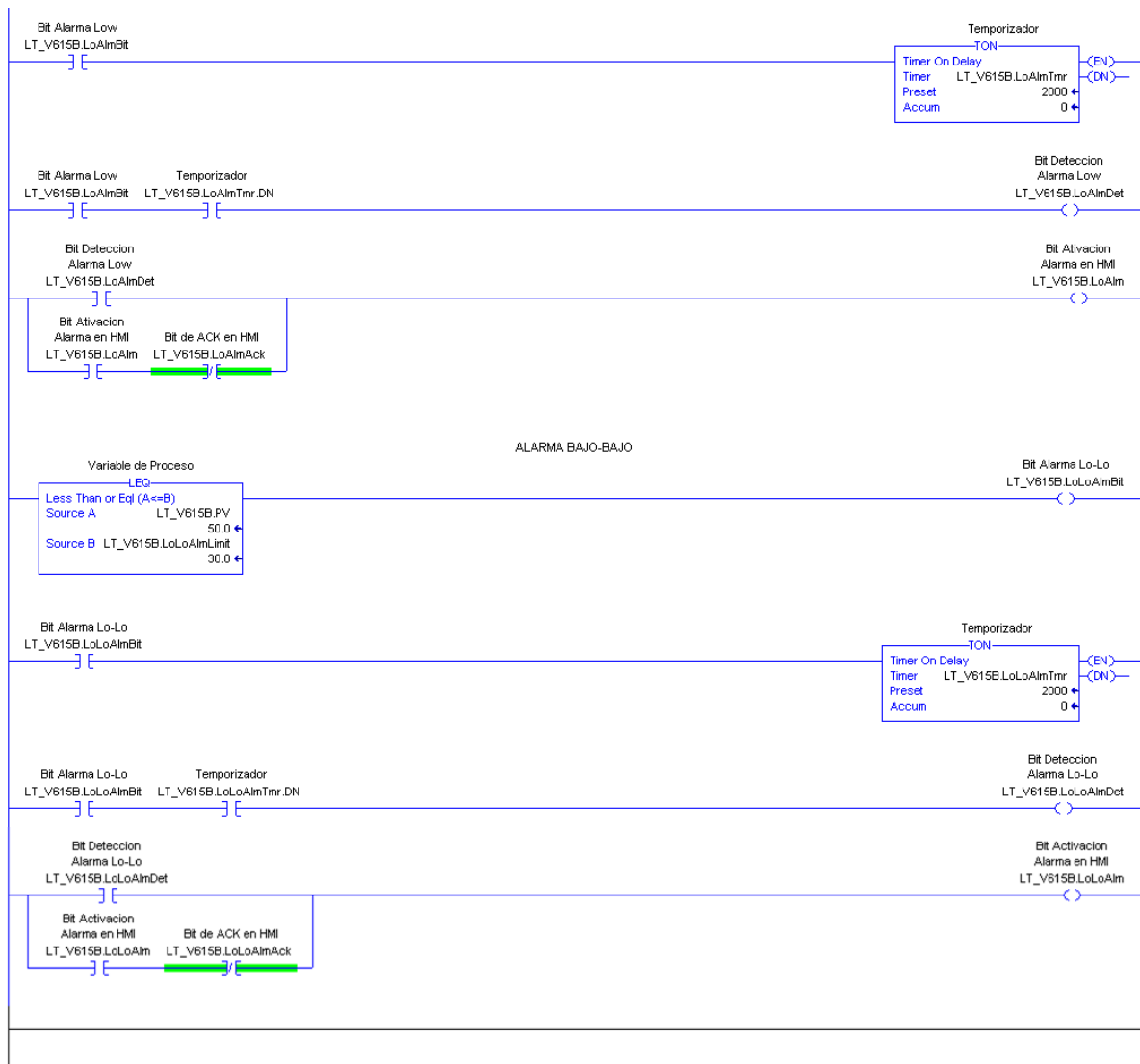


Figura 33. (Continuación)



Fuente: Propia

9.2. RUTINA PROGRAMACION LADDER ON/OFF DE BOMBA P-615B

Para el ON/OFF de la bomba se realiza una programación ladder de tal forma que el operador tenga la opción de elegir entre el control en manual y control en automático, esto debido a que diversas ocasiones se usa el tanque skimmer para maniobras y contingencias operacionales.

En el sistema supervisorio se establece un botón MAN/AUTO, dependiendo de la variable **P615B.ManAuto**, cuando **P615B.ManAuto=0** activa modo manual, cuando **P615B.ManAuto=1** se activa el modo automático, Los Tags de las variables están establecidos en la Tabla 9.

Tabla 9. Variables de la rutina On/Off Bomba P-615B

TAG	E/S	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
P615B.ManAuto	E NO	BOOL	Modo Manual/Automático
P615B.ButtOn	E NO	BOOL	Botón On
P615B.ButtOff	E NC	BOOL	Botón OFF
LT_V615B.HiAlmDet	E NO	BOOL	Bit Detección Alarma Hi
LT_V615B.LoAlmDet	E NC	BOOL	Bit Detección Alarma Low
P615B.PumpOnOff	S	BOOL	Bomba ON/OFF

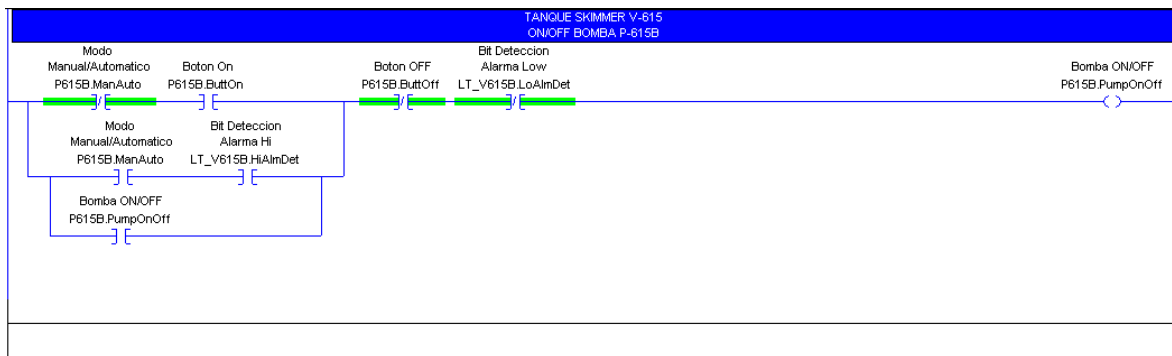
Fuente: Propia

9.2.1. Programación modo manual. La programación en modo manual se establece dos botones, un BOTON ON (**P615B.ButtOn**) y un BOTON OFF (**P615B.ButtOff**), para encendido y apagado (**P615B.PumpOnOff**) de la bomba manualmente.

9.2.2. Programación modo automático. Como se plasmó anteriormente las variables de control son las establecidas por las alarmas de nivel Alto y Bajo, donde en el programa ladder se generan dos variables de detección de nivel para establecer control sobre la bomba; una variable de detección por nivel Alto (**LT_V615B.HiAlmDet**) y otra variable de detección por nivel Bajo (**LT_V615B.LoAlmDet**), ya que estas dos variables garantizan que la medida es real.

Cuando el tanque supera el 75% de nivel de crudo la alarma de nivel Alto se activa (NO), el contacto cierra y por lo tanto enciende la bomba P-615B, cuando el nivel disminuye y entra en el rango de operación normal dicho contacto de la alarma de nivel Alto vuelve a su estado inicial (NO), pero la bomba continua encendida hasta que llegue al límite mínimo permitido o sea hasta llegar al setpoint 40% de alarma de nivel Bajo (NC), lo cual abre el contacto estableciendo la orden de apagado a la bomba; cuando el nivel aumenta y entra en el rango de operación normal, el contacto de alarma de nivel Bajo vuelve a su estado inicial (NC), realizando este bucle hasta que se cambie de modo automático a manual.

Figura 34. Programación ladder On/Off Bomba P-615B



Fuente: Propia

9.3. RUTINA PROGRAMACION LADDER ON/OFF ALARMA SONORA

Según estándar de PETROBRAS existen dos clases de alarma, una alarma de evacuación que tiene que ser con sonido continuo y otra alarma de proceso que tiene que ser con sonido intermitente, en la tabla 10 se muestra los tags de las variables utilizadas en esta rutina.

Tabla 10. Variables de la rutina On/Off alarma sonora

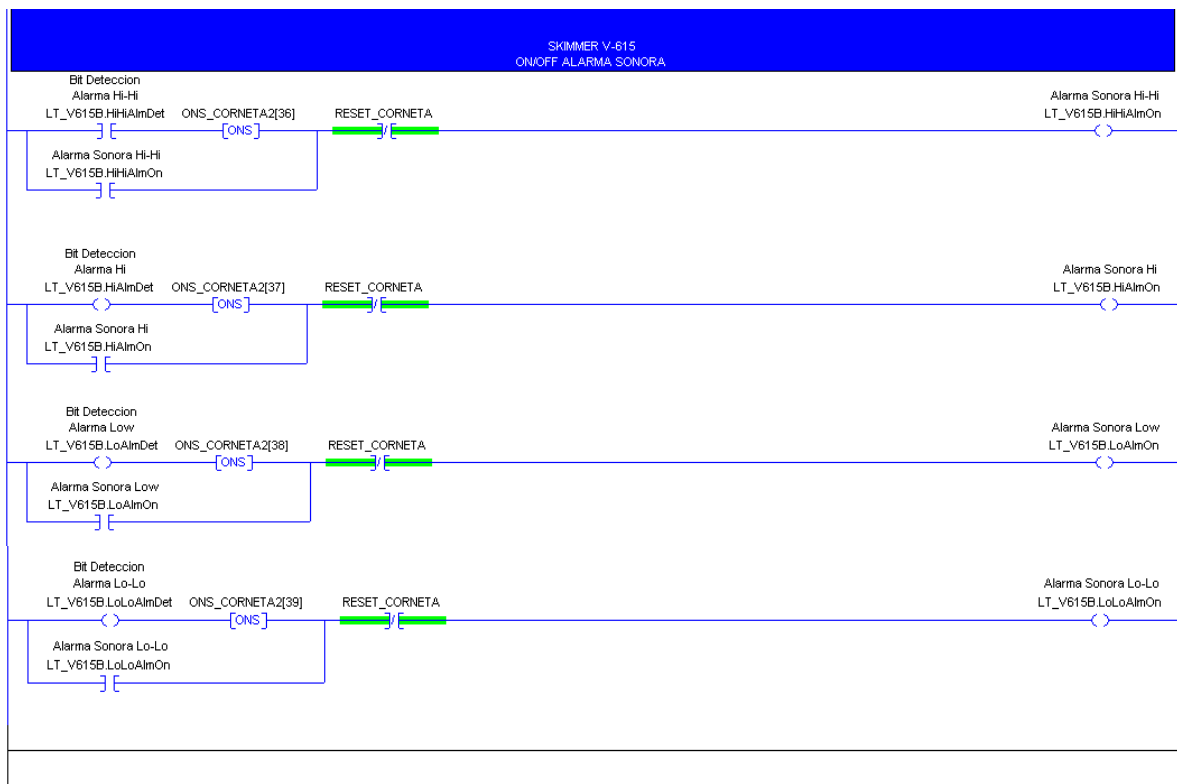
TAG	E/S	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
LT_V615B.HiHiAlmDet	E NO	BOOL	Bit Detección Alarma Hi-Hi
LT_V615B.HiAlmDet	E NO	BOOL	Bit Detección Alarma Hi
LT_V615B.LoAlmDet	E NO	BOOL	Bit Detección Alarma Low
LT_V615B.LoLoAlmDet	E NO	BOOL	Bit Detección Alarma Lo-Lo
ONS_CORNETA[36-39]	E ONS	BOOL	ONS Corneta
RESET_CORNETA	E NC	BOOL	Off Alarma Sonora
LT_V615B.HiHiAlmOn	S	BOOL	Alarma Sonora Hi-Hi
LT_V615B.HiAlmOn	S	BOOL	Alarma Sonora Hi
LT_V615B.LoAlmOn	S	BOOL	Alarma Sonora Low
LT_V615B.LoLoAlmOn	S	BOOL	Alarma Sonora Lo-Lo

Fuente: Propia

Para la programación de las alarmas sonoras dependen del bit de detección de nivel expuesto anteriormente. Para el caso de la activación de la alarma Alto, se toma el bit de detección de nivel como entrada (**LT_V615B.HiAlmDet**) y con otro bit de entrada con un arreglo de 64 bytes (**ONS_CORNETA [36-39]**), usando desde 36 al 39 bytes debido que los bytes anteriores se encuentran ocupados con otras alarmas sonoras de otros procesos, para este caso se usa el byte 37.

La variable **ONS_CORNETA[36-39]** se usa para la activación de corneta configurada con la instrucción ONS, esta instrucción permite que por cada vez que el renglón se hace verdadero realiza un disparo de activación en la salida, en este caso activa el bit de alarma sonora de nivel Alto (**LT_V615B.HiAlmOn**) y para que la alarma emita un sonido intermitente se ancla la salida a estas dos variables de entrada; para apagar la alarma se crea un botón en el supervisorio de apagado de alarma (**RESET_CORNETA**).

Figura 35. Programación ladder On/Off alarma sonora



Fuente: Propia

10. IMPLEMENTACION DE SISTEMA SCADA

La implementación del sistema SCADA se divide en implementación de instrumentación, implementación de acometida eléctrica, conexas en PLC y MCC, implementación de HMI, resultados y pruebas de funcionamiento.

10.1. IMPLEMENTACION INSTRUMENTACION

En la implementación de la parte de instrumentación se usaron los materiales expuestos en el ANEXO C, donde primeramente se llevaron las cuatro bridas de 2" y un threadolet de $\frac{3}{4}$ " a la cuadrilla de soldadura para fabricar un spool que facilite la conexión del transmisor. Cuando estuvieron listos los spool se prosiguió a la instalación de estos en el skimmer V-615, al estar los spool instalados, el que quedo en la parte inferior del skimmer se colocó una reducción de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " para facilitar la conexión de un niple de $\frac{1}{2}$ " y así poder instalar la válvula de bola de $\frac{1}{2}$ " x 3000 PSI, para sellar el paso de fluido hacia el transmisor en futuros mantenimientos, esto también debido a que la conexión a las cámaras del transmisor son $\frac{1}{2}$ ".

Figura 36. Instalación de transmisor Rosemount 3051CD en Skimmer V-615



Fuente: Propia

Se prosigue a realizar la configuración del transmisor Rosemount 3051CD por medio del Handheld Hart 275, se realiza solo la configuración y calibración de cero para establecer referencia con la presión atmosférica del lugar, esto debido a que es un equipo nuevo y no requiere calibración; todo el debido proceso de configuración se encuentra en el ANEXO H. Seguidamente se procede a instalar el transmisor en sitio, colocando un racor de $\frac{1}{2}$ " NPT x $\frac{1}{2}$ " OD en la válvula anteriormente instalada realizando tal conexión con la cámara de alta presión del transmisor y después otro racor tipo codo de $\frac{1}{2}$ " NPT x $\frac{1}{2}$ " OD y se conecta a la cámara de baja presión y por medio de un tubing $\frac{1}{2}$ " se realizaron las maniobras necesarias para conectarlo con la presión referencia del LG en la parte superior, que es este caso es la presión atmosférica.

10.2. IMPLEMENTACION DE ACOMETIDA ELECTRICA

Para la implementación de la parte eléctrica se usaron los materiales descritos en el ANEXO D, donde principalmente se realizó el acondicionamiento del tanque Skimmer, allí se usó un sello corta fuego anclado al transmisor y por medio de una unión universal $\frac{3}{4}$ " se conecta un acople flexible para mejor facilidad de conexión hacia el tubo conduit galvanizado de $\frac{3}{4}$ ", se realiza dicha conexión con una reducción bushing $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ".

Figura 37. Instalación de facilidad para acometida eléctrica de transmisor Rosemount 3051CD en Skimmer V-615



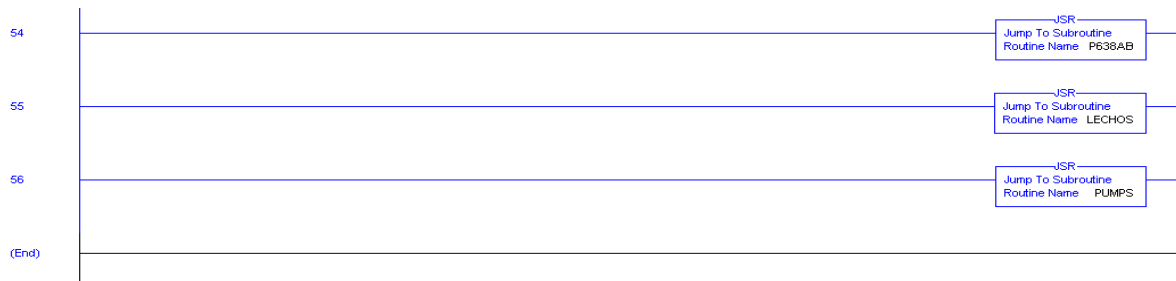
Fuente: Propia

El tubo conduit galvanizado 3/4" va acoplado a una caja de tres salidas que va instalada en donde se encuentra el transmisor del compartimiento de agua, para aprovechar ese tramo que va hasta el cárcamo más cercano. Se prosigue a extender el cable por medio de los cárcamos que hay en campo, desde el PLC principal en el cuarto de control hasta llegar al transmisor instalado en el skimmer del compartimiento crudo y luego de esto, se extiende cable desde el PLC hasta el MCC de la bomba P-615B; donde para ello se utilizó aproximadamente 250mts de cable inst 3x16, debido que no había en el momento el cable inst 2x16 con shield.

10.3. CONEXIONADO EN PLC Y MCC

Se añade en la programación de la rutina principal, por medio de la instrucción JSR que es salto a subrutina diferente, para asegurar que la subrutina PUMPS se ejecute en el PLC.

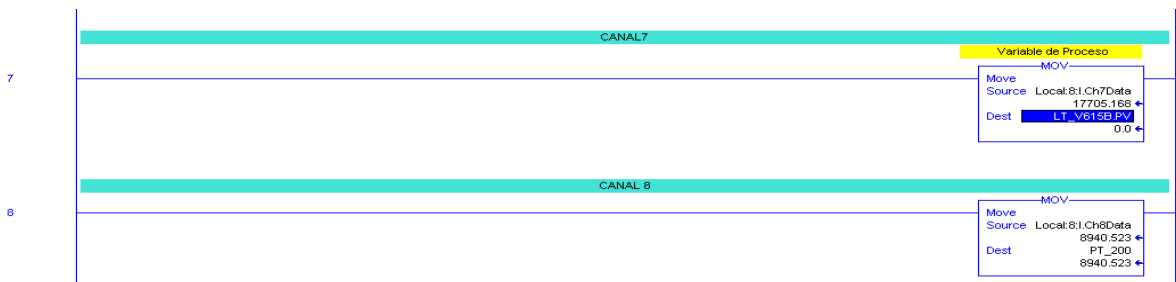
Figura 38. Ejecución de la subrutina PUMP



Fuente: Propia

Se añade en la programación de la rutina de entradas análogas, una línea para tomar los datos de la entrada análoga por medio de la instrucción MOV que simplemente copia la información que llega del transmisor a la entrada análoga Local:8.I:Ch7Data y la copia al tag que se ha designado como variable de proceso.

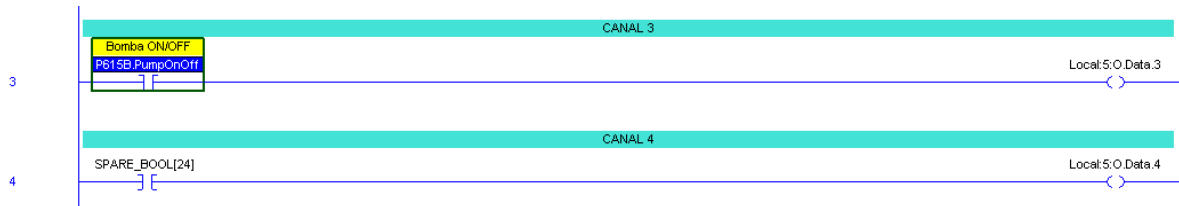
Figura 39. Toma de datos de entrada analógica



Fuente: Propia

Se asigna una salida digital al tag P615B.PumpOnOff correspondiéndole la salida Local:5:O.Data.3 en la rutina de salidas digitales, para el accionamiento de la bomba.

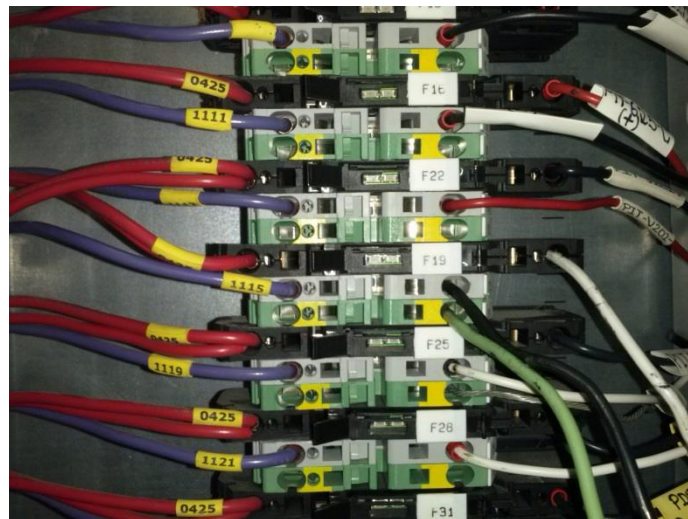
Figura 40. Asignación de salida digital



Fuente: Propia

Se realiza la conexión en PLC en la tarjeta de entradas análogas 1756-IF16, en la entrada # 1115 según estándar de conexiones que tiene el PLC.

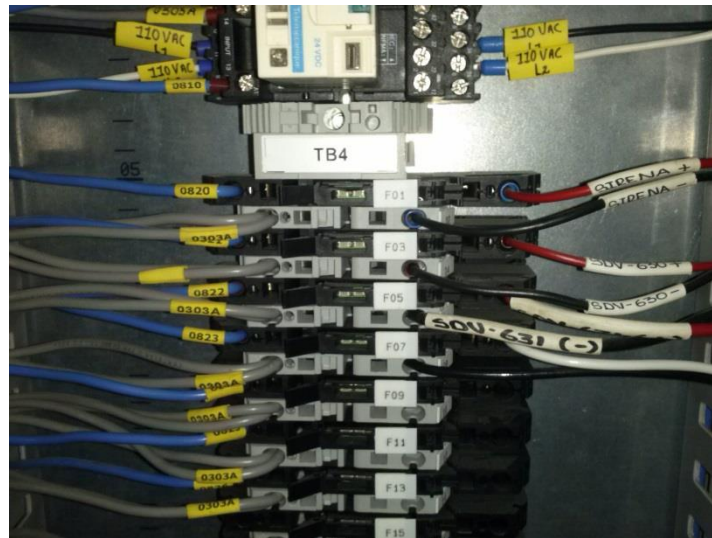
Figura 41. Conexión de entrada análoga en PLC



Fuente: Propia

Se realiza conexión en PLC en tarjeta de salidas digitales 1756-OW16I, en la salida # 0823 según estándar de conexiones en PLC; también se realiza la conexión en el MCC, primeramente se dejan los selectores en REM y AUTO en el MCC y luego se lleva la señal digital a un relevo de 24DC que al cerrarse permite el paso de 110V, el cual activa un contactor de 110V, que este a su vez al cerrarse permite el paso de la línea de 480V que alimenta la bomba P-615B.

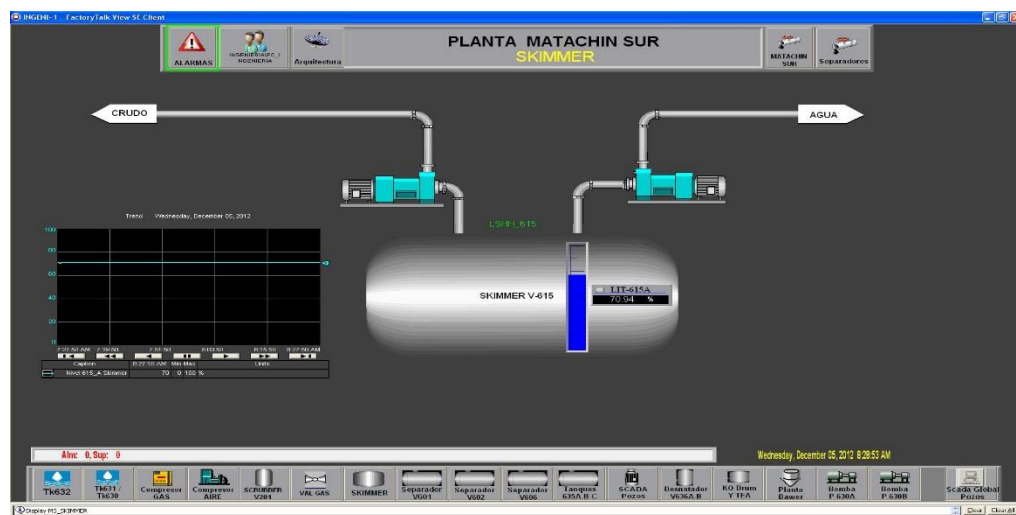
Figura 42. Conexión de salida digital en PLC



10.4. IMPLEMENTACION DE HMI

Para la realización de la interfaz máquina-hombre se usa el software FactoryTalk View, se procede a su realización tomado como base el que se encuentra actualmente funcionando en campo.

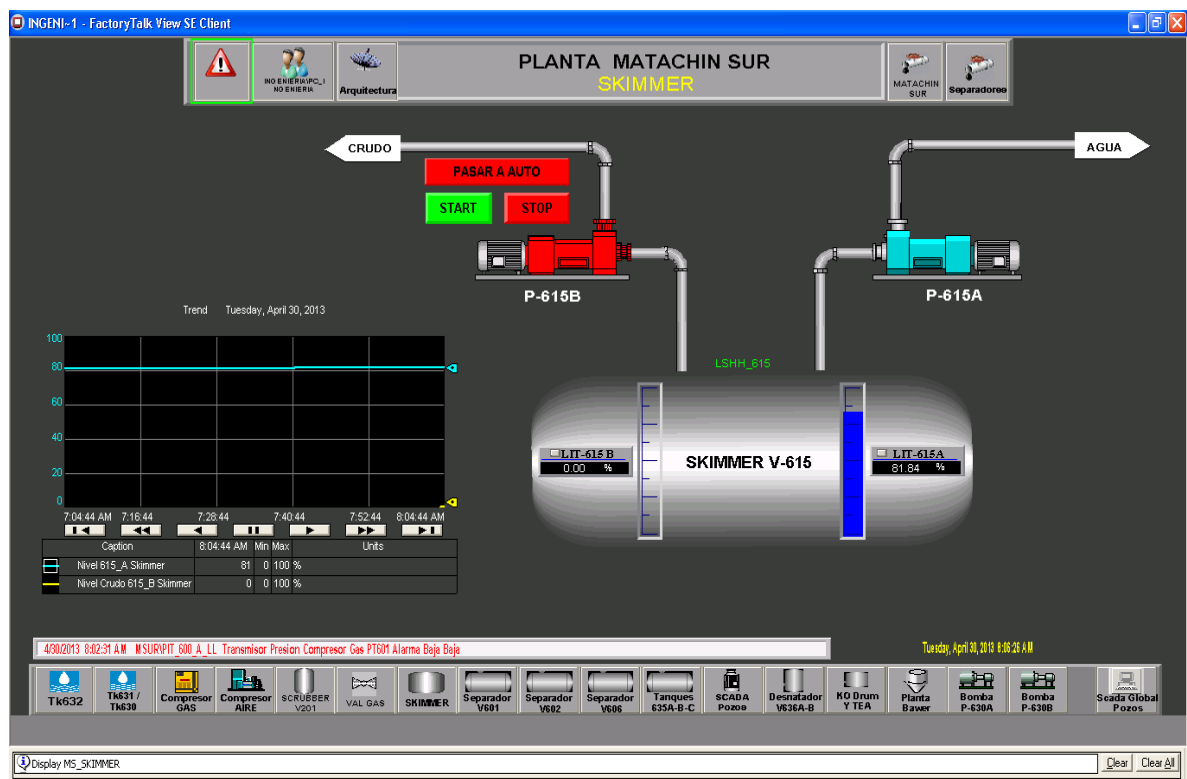
Figura 43. HMI actual de Skimmer V-615



Fuente: Propia

Como se puede observar en la Figura 46, solo se tiene HMI en funcionamiento para la visualización del compartimiento de agua sin ningún tipo de control desde el supervisorio. Los paneles de arriba y debajo de la pantalla de la Figura 46 son objetos globales que aparecen en todas las patallas del supervisorio para cada proceso que se encuentran en monitoreo actualmente, como una forma más cómoda para navegar entre cada una de ellas; por lo tanto a continuación se mostrara el HMI modificado e implementado, para cumplir con el control y monitoreo remoto del Skimmer V-615 en el compartimiento de crudo.

Figura 44. HMI implementado del Skimmer V-615



Fuente: Propia

Para la configuración y asignación de variables para cada botón y demás partes del HMI se sigue la misma asignación de los tags aplicados en la programación ladder expuesta anteriormente y cuyo proceso de diseño a detalle se explica en el ANEXO G.

Como se observa en la Figura 47 se encuentra en modo manual, en pantalla aparece el botón con el nombre "PASAR A AUTO" al hacer click aparecerá un solo botón con el nombre "PASAR A MANUAL" desapareciendo los dos botones de "START" y "STOP" indicando que se encuentra en modo automático.

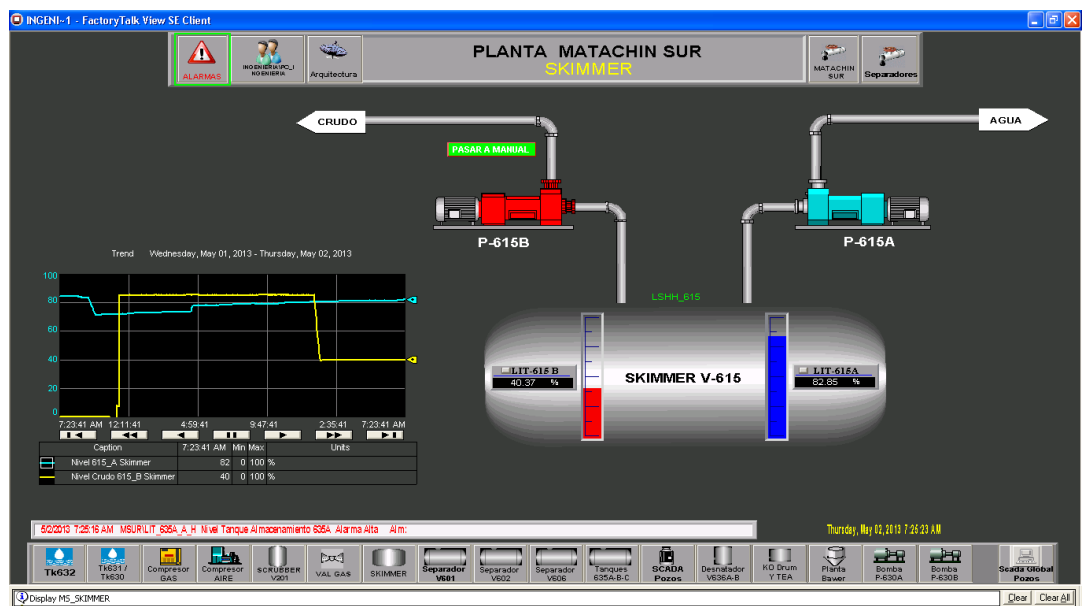
Se establecen dos colores de referencia el verde para “START” para encender la bomba y Rojo para “STOP” para apagarla; también se configura la tendencia para observar el comportamiento del proceso en tiempo real.

Se configuran las alarmas respectivas creadas en la programación ladder, Alto-Alto, Alto, Bajo y Bajo-Bajo, simplemente asignando en el programa dichos tags como alarmas de proceso, de esta manera cuando se active alguna, salga en la central de gestión de alarmas propia del programa, pudiéndose observar que alarma ha sido activada.

10.5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Se prueba el arranque de la bomba P-615B en modo manual y automático quedando el equipo totalmente operativo, además de ello pruebas de alarmas activándose cada una en los setpoint determinados.

Figura 45. Prueba de funcionamiento modo automático



Fuente: Propia

Como se puede observar en la Figura 45 se encuentra en “PASAR A MANUAL” o sea que se encuentra en modo automático y como está en el rango de operación normal la bomba se encuentra apagada, por medio de un video que se encuentra en Anexos se muestra su perfecto funcionamiento.

En el modo manual se presionó el botón “START”, encendiendo la bomba P-615B y cambiando de estado de rojo a verde en el HMI indicando que se encuentra encendida y luego se oprimió “STOP” para apagarla pasando de color verde a rojo indicando que está apagada, se hizo rápidamente ya que el operador no permitió realizar un ciclo completo debido a que en el momento se encontraba el separador de producción general con nivel alto.

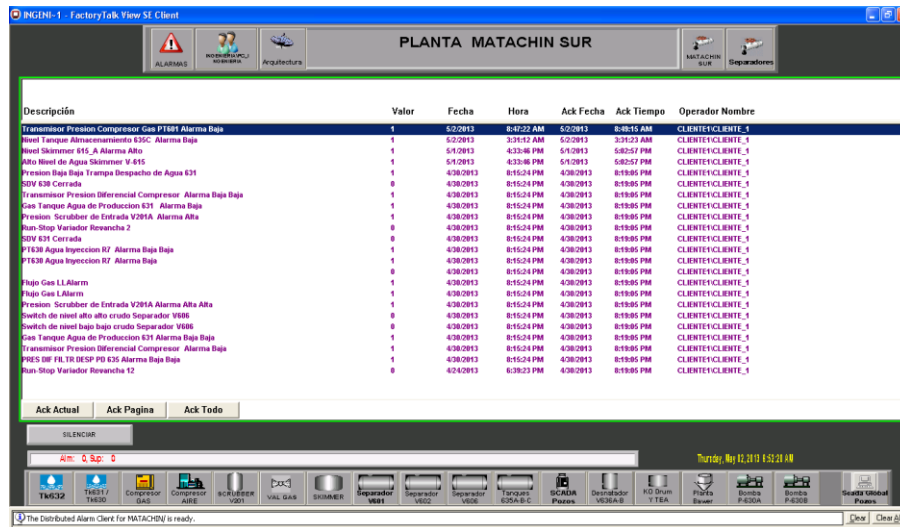
Figura 46. Prueba de funcionamiento en modo manual



Fuente: Propia

En un momento dado las alarmas se activaran en los setpoint establecidos que son Alto-Alto = 85%, Alto = 75%, Bajo = 40% y Bajo-Bajo = 30% y se mostraran en la Figura 49 que es el centro de gestión de alarmas propio del FactoryTalk View, donde se pueden observar todas las alarmas de proceso.

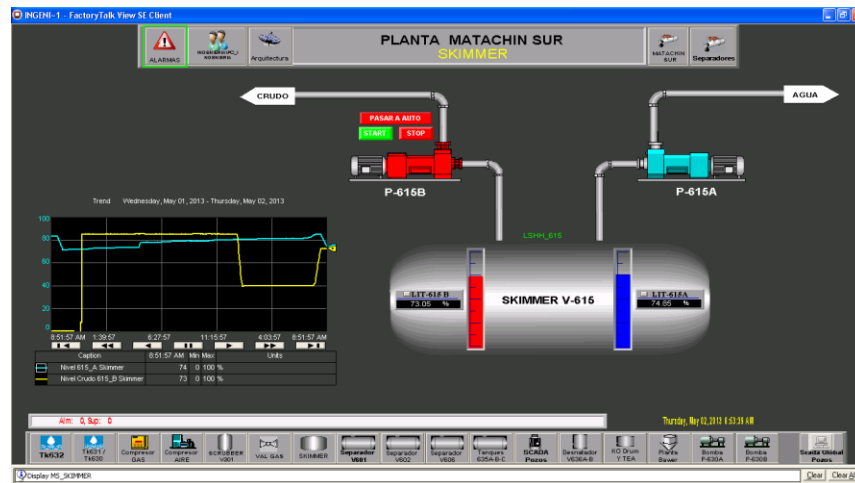
Figura 47. Centro de gestión de alarmas



Fuente: Propia

Debido a que el proceso no es continuo y lento, se requirió esperar hasta que el operador del área hiciera el ON/OFF de la bomba para observar la tendencia del comportamiento del proceso y estimar el buen funcionamiento del sistema.

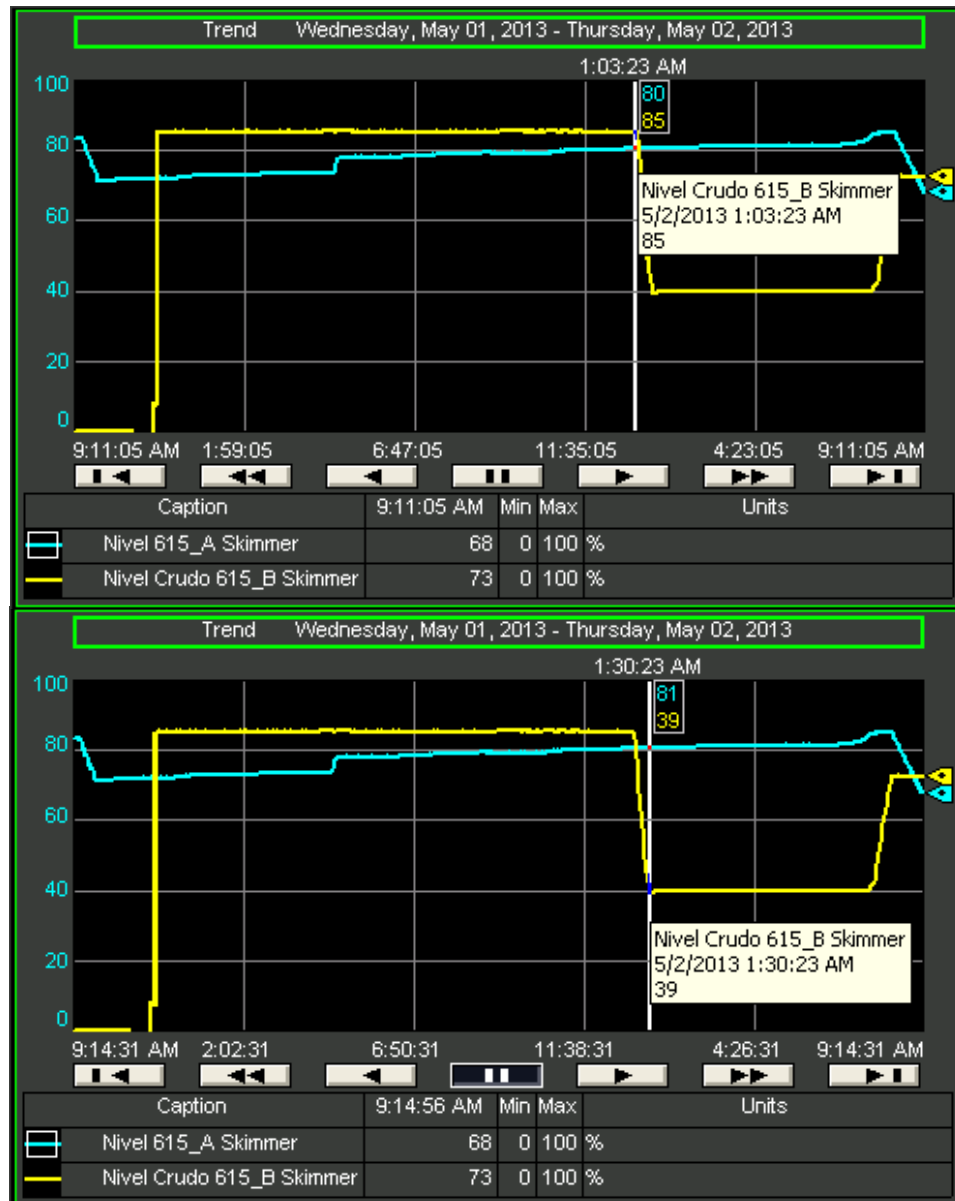
Figura 48. Funcionamiento de sistema de control y monitoreo de Skimmer V-615



Fuente: Propia

Como se puede estimar en la Figura 51 se realiza un ciclo ON/OFF de la bomba, en donde se puede observar que la bomba fue encendida cuando el nivel alcanzo un 85%, el cual fue descendiendo hasta alcanzar un nivel del 39% donde la bomba fue apagada, tardando alrededor de 30 min en llegar hasta este nivel y se sostuvo en 40%, según a criterio del operador el nivel volverá a subir cuando algún proceso asociado al Skimmer empiece a drenar, donde cuyo fluido recaerá al tanque Skimmer para seguir con el ciclo del proceso.

Figura 49. Tendencia comportamiento en tiempo real de proceso



Fuente: Propia

11. CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de supervisión y control de nivel de crudo del tanque Skimmer V-615 permitiendo solucionar una problemática operacional en dicho proceso debido a que el operador del área tenía que controlar visual y manualmente aumentando en gran medida el error operacional, evitando de esta manera un posible impacto ambiental por contaminación y grandes pérdidas económicas por sanciones ambientales y pérdidas de producción en el contrato.
- Para su realización se requirió un estudio del proceso y de todos los elementos que en él influyen, aspectos importantes como su funcionamiento general y el fluido manejado, ya que era de gran importancia tener esta información clara para obtener el mejor desempeño posible; tal información fue proporcionada por PETROBRAS con previa autorización debido a que es información clasificada. De tal información se determina que el líquido de proceso tiene una gravedad específica 0.8877 sin interface considerable por lo que es un líquido continuo uniforme y con un span de medida de $75 \text{ inH}_2\text{O}$, con dichos datos se establece un proceso de selección del instrumento de medida y teniendo en cuenta costo, exactitud, temperatura de proceso, dimensiones y geometría del tanque, se coloca en consideración los diversos instrumentos para la medición de nivel obteniendo como resultado que el transmisor ideal que cumple con estos parámetros es el transmisor de presión diferencial.
- Se requirió seleccionar un transmisor de presión diferencial de señal 4-20mA, adicional a lo anterior, para el mantenimiento de la instrumentación del campo Purificación-Petrobras se tiene un HandHeld HART 275, por lo tanto se selecciona un transmisor con comunicación HART. Se coloca en consideración los transmisores FOXBORO IDP10, HONEYWELL STF128, ROSEMOUNT 3051CD, fijando tal evaluación por error de exactitud por influencia operacional, concluyendo que el transmisor ROSEMOUNT 3051CD con un valor de error de exactitud $\pm 0.2862 \text{ inH}_2\text{O}$ es el ideal para realizar la medición bajo las condiciones operacionales requeridas, respecto a los otros dos transmisores expuestos.
- Inicialmente se realizó estudio de ROSEMOUNT 3051L obteniendo como resultado $\pm 0.3322 \text{ inH}_2\text{O}$, pero hubo un problema en bodega de materiales y facilitaron un ROSEMOUNT 3051CD, que realizando su estudio resultó con menor error de exactitud que el ROSEMOUNT 3051L, pero dicho transmisor por ser conexión de $\frac{1}{2}$ NPT y no bridado es ideal para medir presión y caudal, pero no nivel, ya que éste tiende a taponarse, por tanto necesita un seguido plan de mantenimiento, pero de igual forma tiene un gran desempeño para la medición de nivel en líquidos.

- Debido a que el proceso de medición de nivel es lento y discontinuo se determinó que el sistema de control óptimo para este proceso es un ON/OFF, ya que se requiere de un valor de histéresis de 35%, manejando un +H = 25% y -H = 10%, tomando como valor de referencia 50%, por consiguiente toma dos valores extremos de control que son 75% y 40%, cuando el nivel alcance un 75% la bomba encienda hasta disminuir el nivel de crudo al 40% en donde dicho valor se apagara la bomba, haciendo un ciclo controlando de esta manera del nivel. Para un control más robusto se establecieron además dos alarmas de seguridad, que se activarían en 85% y 30% de nivel de crudo, en tal caso de que el lazo de control falle, permitiendo al operador una reacción y control manual del proceso en tal eventualidad.
- En el diseño del sistema de control y monitoreo, se estudió los software RSLogix 5000, RSLinx Classic Gateway y FactoryTalk View Studio de Rockwell Automation debido a que el PLC es un ControlLogix Allen Bradley; donde por medio de RSLogix 5000 se realizó la programación ladder del sistema de control, dividiendo el sistema en tres rutinas, una rutina para el ON/OFF de la bomba P-615B, alarmas de proceso y ON/OFF de la alarma sonora, para determinar así el control optimo del proceso.
- Con el RSLinx Classic Gateway se establece la comunicación con el PLC por medio de su módulo de comunicación Ethernet, permitiendo su programación y monitoreo; donde por medio de la red local que hay en el campo se puede acceder desde cualquier punto de la red para realizar verificación, backup de aplicación y modificaciones en línea por medio del RSLogix 5000 y el FactoryTalk View Studio.
- En el FactoryTalk View Studio se realiza el HMI, donde por medio del RSLinx Classic Gateway se puede acceder a los tags de las diversas variables utilizadas para el control del proceso, se hace el direccionamiento de dichas variables para cada componente del HMI, como lo son el botón de “Start”, “Stop”, “Modo Manual”, “Modo Automático”, “Alarmas”, etc. y así tener control del proceso desde el supervisor; como también la configuración de la tendencia para observar el comportamiento del proceso en tiempo real.
- Se realiza la instalación del transmisor ROSEMOUNT 3051CD, acometida eléctrica, conexiones en PLC de la entrada análoga para el transmisor y la salida digital con el MCC de la bomba P-615B.
- Se realizaron pruebas respectivas del funcionamiento del sistema, pruebas en modo manual, modo automático, alarmas de proceso y tendencia en tiempo real del proceso, quedando el sistema de supervisión y control de nivel de crudo del Skimmer V-615 en perfecto funcionamiento.

BIBLIOGRAFIA

ACUÑA OYARZÚN, Claudio Danilo. “Implementación de un sistema de control de nivel para el suministro de petróleo de grupos electrógenos”. Punta Arenas, Magallanes, Chile: Universidad de Magallanes, 2006. 60p.

COLLAZOS, Natalia. “Evaluación hidráulica skimmer matachín sur”. Bogotá DC: Petrobras Colombia Limited. 2012. 13p.

CONTROL ON-OFF. Santa Fe, Argentina: Facultad Regional Santa Fe – UTN, 2010. 14p.

CREUS SOLÉ, Antonio. “Instrumentación industrial”. Sexta edición. Santafé de Bogotá: Alfomega S.A., 1999. ISBN: 958-682-135-8.

DULHOSTE, Jean-François. “Teoría de control”. Mérida, Venezuela: Escuela de Ingeniería Mecánica – ULA. 12p.

EMERSON PROCESS MANAGEMENT. “Rosemount 3051 pressure transmitter”. United States of America: Rosemount Inc., 2013. <www.rosemount.com>. 86p.

HONEYWELL INTERNATIONAL INC. “ST 3000 smart transmitter, specification and model selection guide”. United States of America: <<http://honeywell.com>>. 20p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. “Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación”. Sexta actualización. Bogotá DC: ICONTEC, 2008. 41p. NTC 1486.

INVENSYS OPERATIONS MANAGEMENT. “Model IDP10 differential pressure transmitter”. United States of America: Foxboro, <<http://support.ips.invensys.com>>. 36p.

LIPTAK, Béla G. “Instrument engineers’ handbook, Process measurement and analysis”. Volume I. Fourth edition. United States of America: CRC Press, 2003. 1868p. ISBN: 0-8493-1083-0.

MECANICOS ASOCIADOS S.A.S. “Manual de operación skimmer V-615”. Tercera actualización. Purificación (Tolima): 2012. 6p. Código: P053-EO-05-06-024.

MECANICOS ASOCIADOS S.A.S. “Manual de operaciones estación matachín sur”. Cuarta actualización. Purificación (Tolima): 2012. 33p. Código: MO –MS -001.

NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. "NEMA Enclosure Types". United States of America: NEMA, 2005. 9p.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION INC. "Norma para los requisitos de seguridad eléctrica de los empleados en los lugares de trabajo". Edición 2000. Quincy, Massachusetts: 41p. NFPA 70E.

OGATA, Katsuhiko. "Ingeniería de control moderna". Tercera edición. México: Pearson Educación, 1998. 1015p. ISBN: 0-13-227307-1.

PETROBRAS COLOMBIA LIMITED. "Manual bomba worthington D1080 JD". Biblioteca campo Purificación-Matachines. 22p.

PINO VILLARROEL, Julián Antonio. "Propuesta de automatización y control para la planta de inyección de agua salada de la estación de descarga bared-8, perteneciente al distrito múcura". Múcura, Venezuela: Universidad de Oriente, 2009. 122p.

PONTE BUSTILLOS, Omar. "Instrumentación industrial". Puerto La Cruz: Universidad de Oriente. 2001. 222p.

ROCKWELL AUTOMATION. "Datos de tags y E/S en los controladores Logix5000". United States of America: Allen Bradley, 2009. <www.rockwellautomation.com>. 92p. Publicación: 1756-PM004C-ES-P.

ROCKWELL AUTOMATION. "Descripción del producto FactoryTalk View Site Edition". United States of America: Allen Bradley, 2007. <www.rockwellautomation.com>. 16p. Publicación: FTALK-PP007A-ES-P.

ROCKWELL AUTOMATION. "Descubra las ventajas de las soluciones escalables HMI a nivel de máquina perfectamente integradas". United States of America: Automation University, 2009. <www.rockwellautomation.com/events/au>. 154p.

ROCKWELL AUTOMATION. "Diagrama de lógica de escalera para controladores Logix5000". United States of America: Allen Bradley, 2009. <www.rockwellautomation.com>. 20p. Publicación: 1756-PM008C-ES-P.

ROCKWELL AUTOMATION. "Ethernet/IP descripción general del sistema". United States of America: Allen Bradley, 2000. <www.rockwellautomation.com>. 24p. Publicación: ENET-SO001A-ES-P.

ROCKWELL AUTOMATION. "Instrucciones generales de los controladores Logix5000™". United States of America: Allen Bradley, 2008. <www.rockwellautomation.com>. 701p. Publicación: 1756-RM003K-ES-P.

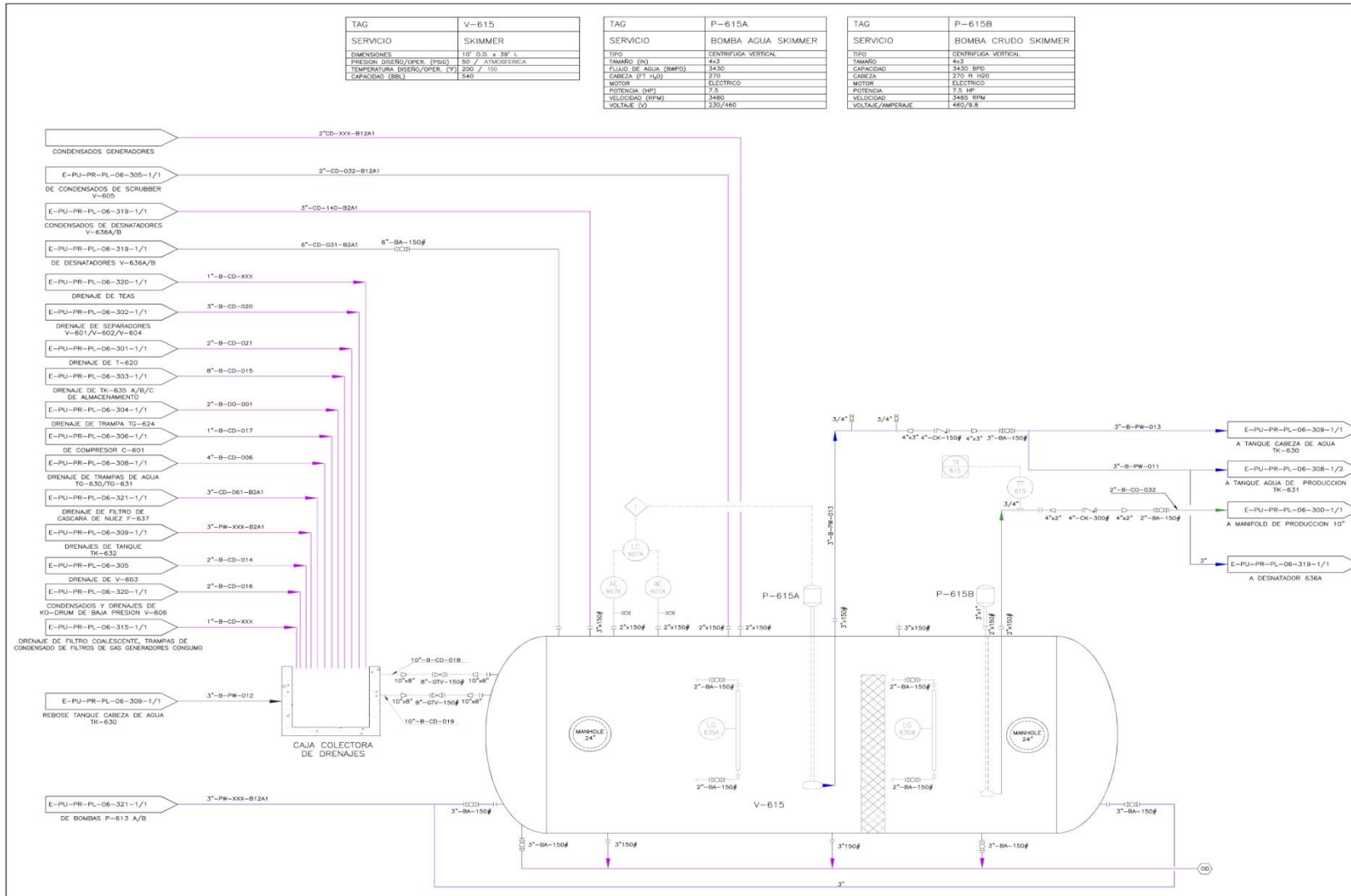
ROCKWELL AUTOMATION. “RSLinx Classic”. United States of America: Allen Bradley, 2008. <www.rockwellautomation.com>. 56p. Publicación: LINX-GR001A-ES-E.

ROCKWELL AUTOMATION. “RSLogix 5000 Software de programación serie Enterprise”. United States of America: Allen Bradley, 2007. <www.rockwellautomation.com>. 16p. Publicación: 9324-PP001H-ES-P.

SANCHEZ MORALES, Armando. “Instrumentación básica de procesos industriales”. México: ISA, 2007. 722p.

THE INSTRUMENTATION, SYSTEMS, AND AUTOMATION SOCIETY. “Specification Forms for Process Measurement and Control Instruments, Part 1: General Considerations”. United States of America: ISA, 2001. 108p. ISA-TR20.00.01-2001.

ANEXO A. PLANO P&ID SKIMMER V-615



TAG	V-615
SERVICIO	SKIMMER
DIMENSIONES	10' O.D. x 39' L
PRESION DISEÑO/OPER. (PSIG)	50 / 150 ATMOSFERICA
TEMPERATURA DISEÑO/OPER. (°F)	200 / 150
CAPACIDAD (BB/L)	840

TAG	P-615A
SERVICIO	BOMBA AGUA SKIMMER
TIPO	CENTRIFUGA VERTICAL
TAMANO (IN)	4-3
FLUJO DE AGUA (BWP/D)	3430
CABEZA (FT H ₂ O)	270
MOTOR	ELECTRICO
POTENCIA (HP)	7.5
VELOCIDAD (RPM)	3450
VOLTAGE (V)	230/460

TAG	P-615B
SERVICIO	BOMBA CRUDO SKIMMER
TIPO	CENTRIFUGA VERTICAL
TAMANO (IN)	4-3
CAPACIDAD	3430 BPD
CABEZA	270 FT H ₂ O
MOTOR	ELECTRICO
POTENCIA (HP)	7.5 HP
VELOCIDAD (RPM)	3450 RPM
VOLTAGE/AMPERAJE	460/9.8

NOTES

- ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PETROBRAS COLOMBIA LIMITED ESTE NO DEBE SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA BENEFICIO DE OTROS SIN LA AUTORIZACION DE PETROBRAS.
- ACTUALIZACION REALIZADA DE ACUERDO A LEVANTAMIENTO EN CAMPO (MAYO 14 AL 19 DE 2012).

SYMBOLS

LINEAS Y ACCESORIOS.
 LINEA DE CRUDO
 LINEA DE AGUA PRODUCTIVA
 LINEAS DE DRENAJE
 LINEA ELECTRICA DE INSTRUMENTOS
 NEUMATICA DE INSTRUMENTOS
 EQUIPOS Y INSTRUMENTOS.

REFERENCE DRAWINGS

E-PU-PR-PL-06-300-1/1	PAIS MANIFOLD DE ENTRADA DE PIZOS E INYECCION DE GUMICOS
E-PU-PR-PL-06-308-1/1	PAIS TANQUE DESNATADOR (TK-631) TRAMPA DE DESPACHO AGUA SUCA MIN (TS-635)
E-PU-PR-PL-06-309-1/1	PAIS TRAMPA RECIBO DE AGUA FILTRADA MIN (TS-630) Y TANQUE CABEZA DE AGUA (TR-630)

AS BUILT

JUN 12/2012

No.	DATE	REVISION	DESIGNED	BY

Designed by:	M.A.B.R.	Registration Number	
Drawn by:	H.A.Y.	Registration Number	
Checked by:	L.L.C.H./H.V.L.	Registration Number	
Approved by:	BR	Registration Number	

THIS DRAWING IS MADE IN ELECTRONIC MEAN, DO NOT MODIFY MANUALLY.

APPROVAL SEAL

PETROBRAS

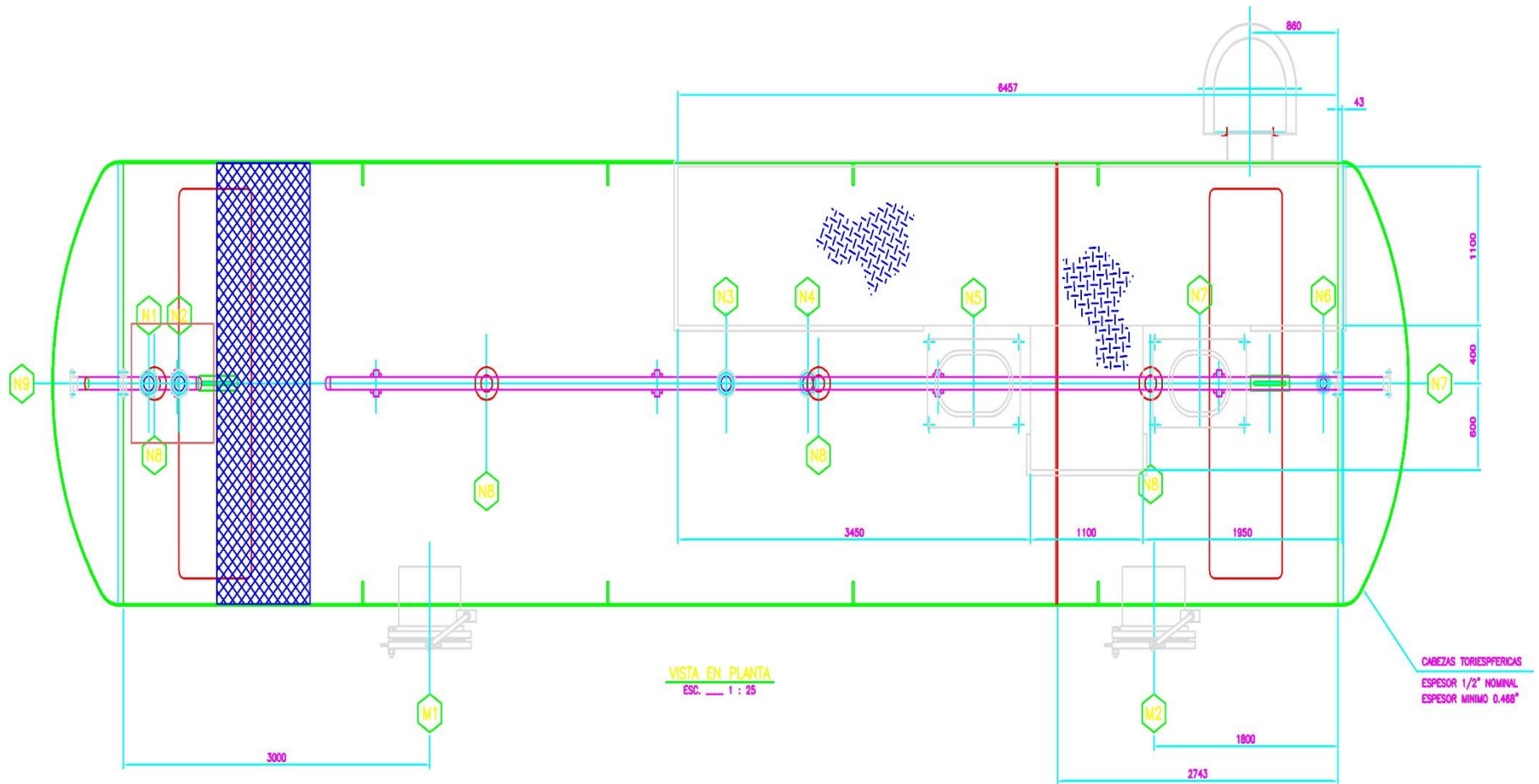
CONTRATO DE ASOCIACION ESPINAL

ESTACION MATACHIN SUR

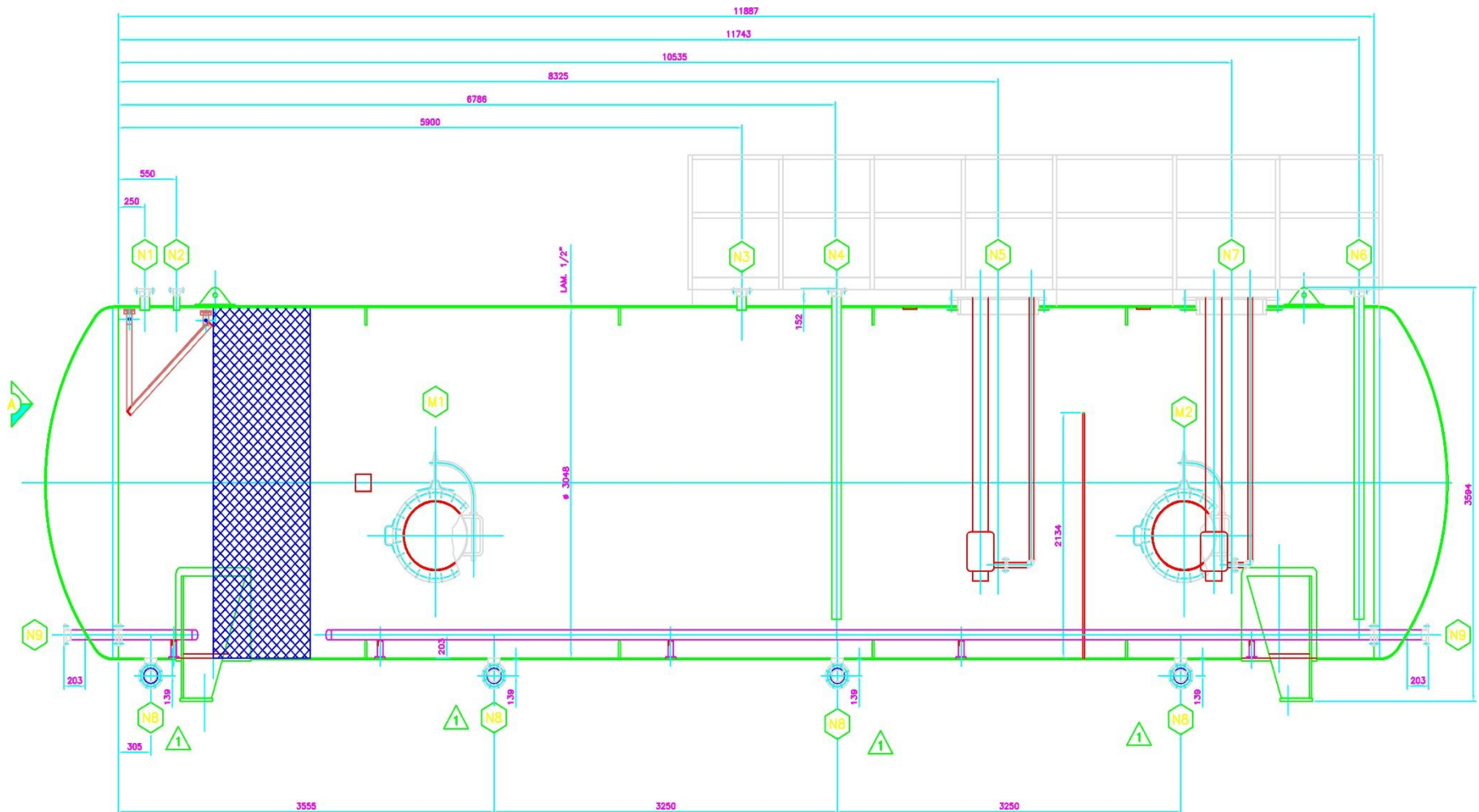
P&ID TANQUE SKIMMER (V-615)

Scale:	SIN	DRAWING	E-PU-PR-PL-06-311-1/1	Rev:	23
--------	-----	---------	-----------------------	------	----

ANEXO B. PLANO MECANICO SKIMMER V-615



ANEXO B. (CONTINUACION)



ANEXO B. (CONTINUACION)

LISTA DE CONEXIONES										
POS.	CANT.	DIAM.	CLASE	TIPO	SCH.	REFUERZO	ELEV.	ORIENT.	PROYEC.	SERVICIO
N1	1	6"	# 150	W.N. R.F.	160	---	/	0°	152	ENTRADA FLUIDO
N2	1	3"	# 150	W.N. R.F.	160	---	/	0°	152	ENTRADA FLUIDO
N3	1	3"	# 150	W.N. R.F.	160	---	/	0°	152	CUELLO DE GANSO
N4	1	3"	# 150	W.N. R.F.	160	---	/	0°	152	CONTROL DE NIVEL
N5	1	18"x26"	# 150	W.N. R.F.	160	3/4" x Ø966	/	0°	76	DESCARGA BOMBA
N6	1	3"	# 150	W.N. R.F.	160	---	/	0°	152	CONTROL DE NIVEL
N7	1	18"x30"	# 150	W.N. R.F.	160	3/4" x Ø966	/	0°	76	DESCARGA BOMBA
N8	4	4"	# 150	W.N. R.F.	80	1/2" x Ø204	/	180°	152	DRENAJES
N9	1	3"	# 150	W.N. R.F.	160	---	/	180°	152	SAND JET
M1	1	24"	# 150	S.O. R.F.	STD	1/2" x Ø788	/	0°	350	MAN HOLE
M2	1	24"	# 150	S.O. R.F.	STD	1/2" x Ø788	/	180°	350	MAN HOLE

MATERIALES			
No.	DESCRIPCION	MATERIAL	DETALLE
1	CUERPO	1/2" SA-515-70	
2	CABEZAS	1/2" SA-516-70	
3	TUBERIAS	SA-106-B SA-53-B/S	SIN COSTURA
4	BRIDAS	SA-105	#150 R.F.
5	SILLAS	SA-36	
6	BASE SILLAS	SA-36	
7	ESPARRAGOS	SA-193-B7	
8	TUERCA	SA-194-2H	
9	PINTURA INTERIOR	VER NOTA 3	
10	PINTURA EXTERIOR	VER NOTA 4	
11	AISLAMIENTO	/	
12	EMPAQUES	SPIRAL WOUND	

DATOS DE DISEÑO	
LONGITUD	468" (1187)
DIAMETRO	120" (3048)
CODIGO	ASME SECCION VIII DIV. 1 ED. 98 /ADD 99
PRESION DE DISEÑO	50 PSIG / FULL VACIO
TEMPERATURA DE DISEÑO	200°F
MDMT	-20°F A 50 PSI
PRESION DE TRABAJO	ATMOSFERICA
PRESION DE PRUEBA	65 PSIG
TEMPERAT. DE OPERACION	150 °F
ESPEJOR DE CORROSION	.125"
EFICIENCIA	.85
RADIOGRAFIA	SPOT
FLUIDO	CRUDO
DENSIDAD FLUIDO	/ Lb/ft ³
VOLUMEN TOTAL	/ ft ³
PESO VACIO	/ Lb.

ANEXO C. ORDEN DE TRABAJO MATERIAL INSTRUMENTACIÓN

N° Aviso	N° OT	Pag 2 de 2	27/02/2013 fecha de Emision	7:00 AM Hora	
Fecha de Program					

Clase de OT: Actividad:
 OT Descripción: Levantamiento de información, instalación de Transmisor de nivel en Skimmer V-615 Crudo. Puesto de Trabajo: Matachín Sur.

Datos Equipo		
TAG: V-615	Equipo: Skimmer	Plan de Mto:
Ubicación: Matachín Sur.		Posición Mto:
Centro:	Prioridad: Alta.	

Operaciones			
Operación	Check	Comentarios	
Materiales: Instrumentación: 1-tubing 1/2 x 6mts 4-Bridas 2" x 150 1-Brida ciega 2" con perforación 1" npt. 1-Miple 1" npt x 3" largo. 1-Valvula de bola 1" x 1000 psi 3-Recoros rectos 1/2 npt x 1/2 od. 3-Codos 1/2 npt x 1/2 od. 1-Miple 3/8 npt x 2". 1-Valvula de Bola 1/2" x 3000 psi 4-Flexitalicos 2" x 150 16-Espanagos 5/8 x 5"	Se requiere Cuadrilla de soldadura para fabricar spool. 1-Transmisor de Nivel Rosemount 3051L con Código Sap 653633		
Códigos de falla			
Componente (s) Afectado (s):			
Modo de falla:	Duración de parada:	Horometro	
Causa posible:			
Estado Equipo post Mto. OK			
Observaciones			

Fecha de Inicio Parada equipo:	Hora de Inicio Parada equipo:	Fecha de Fin Parada equipo:	Hora de Fin Parada equipo:	Horas Estimadas:	Horas Reales: --
Ejecutante <u>Jose Garcés.</u>			Supervisor <u>Ferney Morales</u>		
Nombre Firma			Nombre Firma		

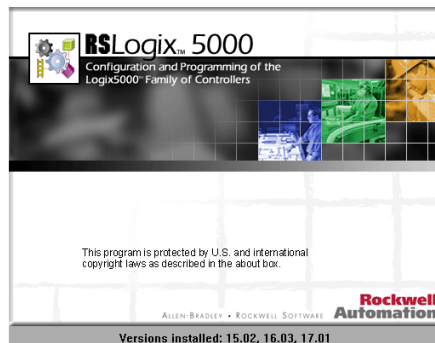
ANEXO E. CONFIGURACION RSLOGIX 5000

DESCRIPCION. El software RSLogix 5000 Enterprise Series, necesita un solo paquete de software para la programación de control secuencial, de seguridad, de procesos, de variadores y de control de movimiento. Este entorno es común para las plataformas Logix5000 de Allen-Bradley: ControlLogix, FlexLogix, CompactLogix y SoftLogix5800, así como PowerFlex 700S con DriveLogix.

Utiliza varios tipos de lenguaje de programación como Escalera (Ladder), Bloques de funciones (Functions blocks), texto estructurado (structured text) y esquemas de funciones secuenciales (Sequential Function Chart).

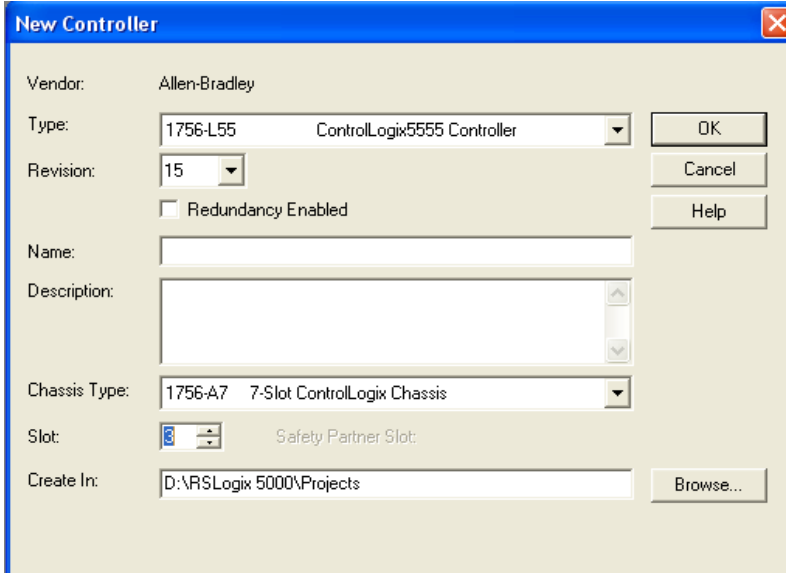
RSLogix 5000 es una plataforma de software que:

- Puede utilizarse para aplicaciones de base discreta, de proceso, de lote, de movimiento, de seguridad y de variadores.
- Es compatible con la familia escalable de controladores programables de automatización (PAC) Logix.
- Permite fragmentar la aplicación en programas más pequeños que pueden volver a utilizarse, rutinas e instrucciones que pueden crearse al utilizar distintos lenguajes de programación: diagrama de lógica de escalera, diagrama de bloque de funciones, texto estructurado y diagrama de funciones secuenciales.
- Incluye un conjunto extenso de instrucciones incorporadas que usted puede aumentar al crear sus propias instrucciones add-on definidas por el usuario.
- Permite escribir la aplicación sin tener que preocuparse de la configuración de la memoria.
- Proporciona la capacidad de crear tipos de datos definidos por el usuario para representar fácilmente componentes específicos de la aplicación en una estructura.
- Incorpora datos y los comparte con otros productos de software de Rockwell Automation para reducir drásticamente el tiempo de entrada de datos, proporcionar auditorías y facilitar el manejo de códigos y su uso repetido.



El programa RSLogix 5000 está diseñado principalmente para la plataforma de Microsoft Windows XP, por lo cual es su limitación más importante; para la realización de la configuración de una nueva tarea se hace lo siguiente:

1. Se selecciona File – New.
2. Al abrir un nuevo archivo se abre una ventana para la configuración del PLC que se va utilizar donde se puede apreciar los siguientes campos:



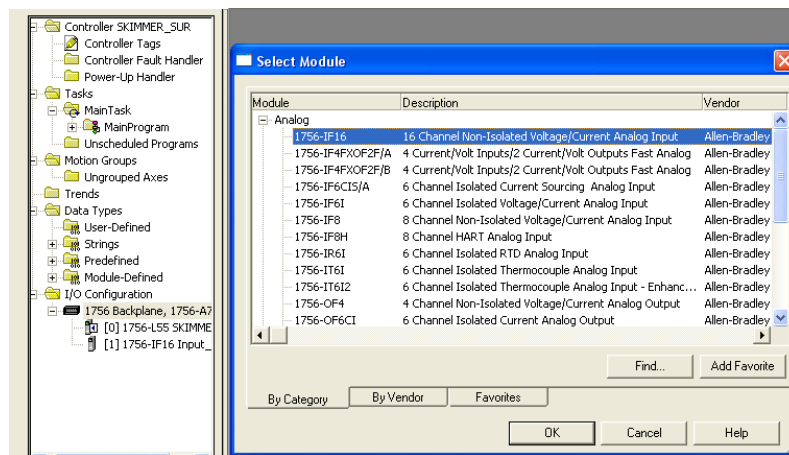
- Type: Es el tipo de controlador a usar.
- Revisión: Revisión mayor de firmware del controlador.
- Name: Nombre que se quiere dar al controlador.
- Chassis Type: Tamaño del chasis del controlador.
- Slot: Numero de ranuras del controlador donde irán ubicados los diferentes módulos.
- Create In: La carpeta donde será creado el proyecto

En este caso se escoge como controlador 1756-L55 ControlLogix5555 con un chasis de 7, es el que se tiene actualmente disponible para la realización del proyecto.

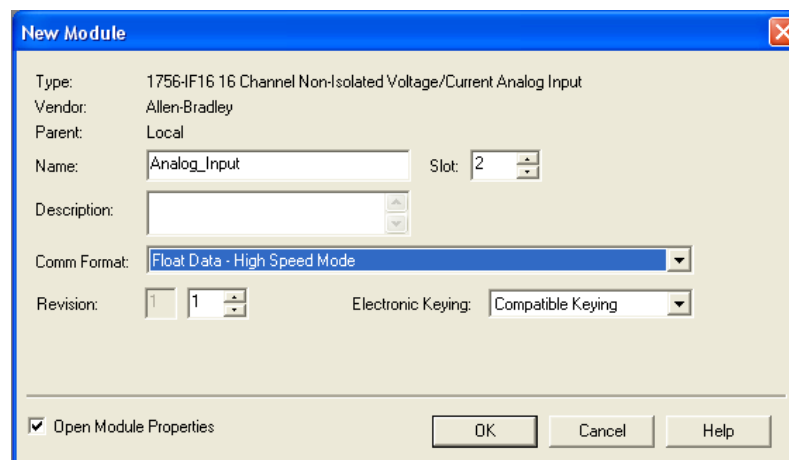
Se debe tener en cuenta que a lo largo de un proyecto Logix5000, usted define nombres para los distintos elementos del proyecto, como son el controlador, las direcciones de datos (tags), las rutinas, los módulos de E/S, etc. Cuando introduzca los nombres se debe seguir las siguientes reglas:

- Sólo letras, números y caracteres de subrayado (_)
- Deben empezar con una letra o un carácter de subrayado

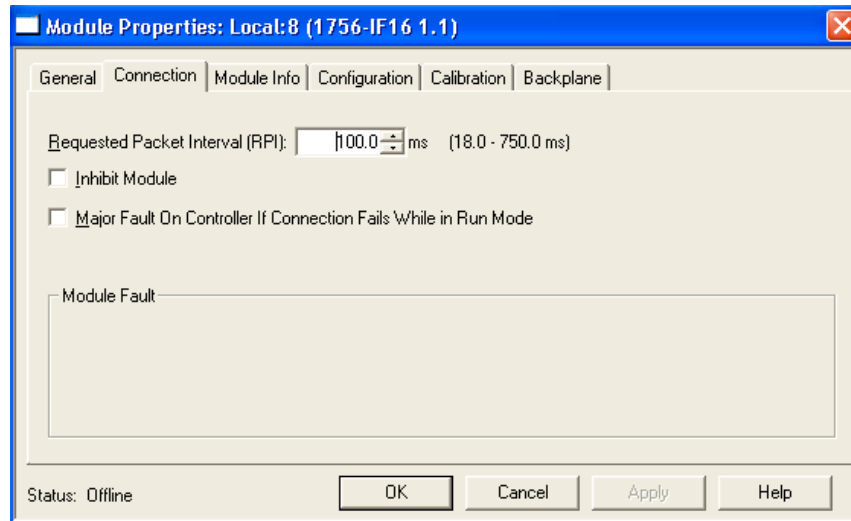
- ≤ 40 caracteres
 - No utilice caracteres de subrayado consecutivo
 - No se distingue entre mayúsculas y minúsculas
3. **Configuración de módulo de entradas y salida.** Para establecer comunicación con los módulos de E/S en el sistema, debe añadir los módulos a la carpeta I/O Configuration del controlador. Las propiedades que se seleccionen para cada módulo definen cómo se comporta el módulo.
- Se dirige a la carpeta I/O Configuration – Backplane – 1756-IF16.
 - Se elige 1756-IF16 por ser entradas de corriente análogas, debido a que la salida del transmisor es de 4-20Ma.



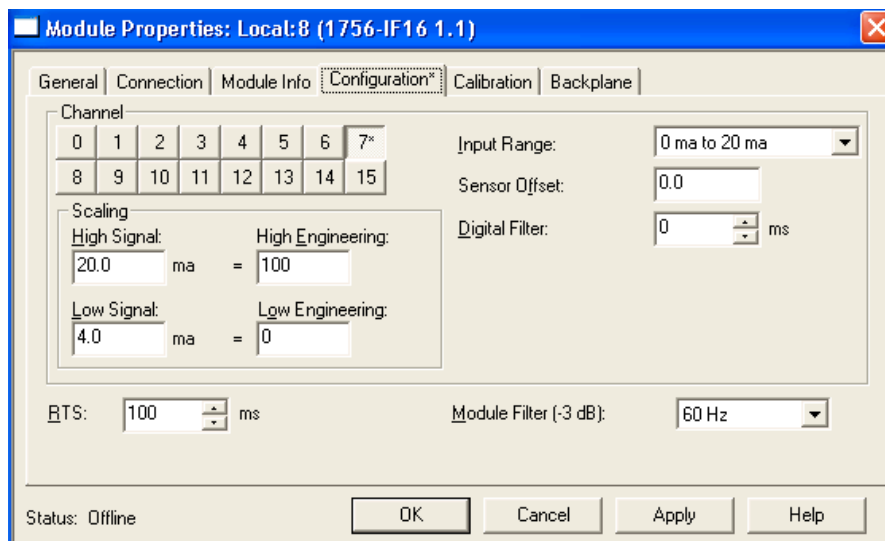
4. Al seleccionar la entrada análoga se dispone a colocar el nombre del módulo para este caso Analog_Input, Slot = 2 que es la ubicación de ranura donde estará el módulo y demás valores se dejan por defecto.



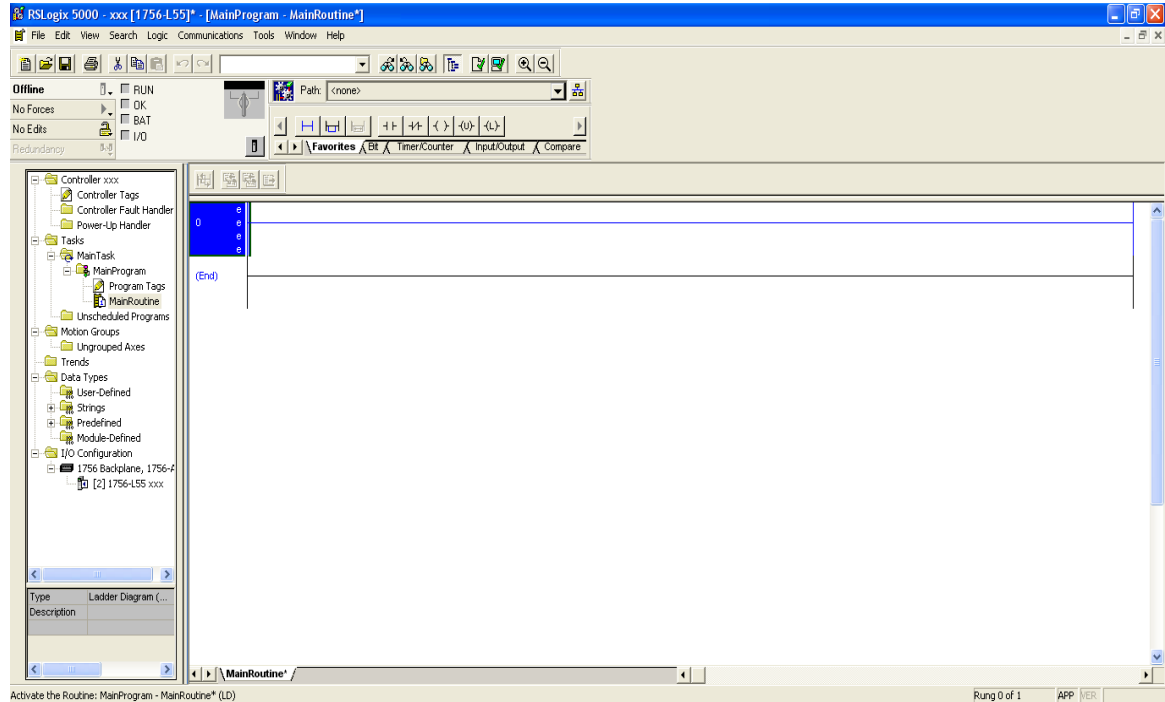
- Al añadir el módulo análogo al controlador, se prosigue a configurarlo dando click derecho sobre el módulo creado y propiedades, donde aparecerá una ventana con varias pestañas, donde inicialmente aparece la configuración general, la cual fue hecha anteriormente, por consiguiente se pasa a la pestaña connection; hay se coloca un intervalo de tiempo de 100ms en el que se quiere el controlador tome los datos.



- En la pestaña de configuración, primero se determina la clase de señal análoga a utilizar, la opción a escoger es de 0-20mA, luego se determina la escala de la señal, como se tiene como variable a medir el nivel, el estándar de la empresa determina que se debe representar por porcentaje de líquido en el tanque a medir, por lo tanto se toma 4mA como 0% y 20mA como 100% y por último se escoge el módulo de filtro de 60Hz para eliminar posible interferencia con la red eléctrica.



7. Por último se dirige Main program – MainRoutine, en el cual aparecerá la interfaz de programación en ladder para empezar a realizar la programación lógica secuencial adecuada.



ANEXO F. COFIGURACION RSLINX CLASSIC GATEWAY

DESCRIPCION. RSLinx Classic para redes y dispositivos de Rockwell Automation es una solución completa para comunicaciones industriales que permite que el controlador programable Allen-Bradley acceda a una amplia variedad de aplicaciones de Rockwell Software y Allen-Bradley. Entre estas aplicaciones se incluyen desde aplicaciones de configuración y programación tales como RSLogix y RSNetWorx hasta aplicaciones HMI (interfaz operador-máquina) como RSView32, hasta sus propias aplicaciones de adquisición de datos mediante Microsoft Office, páginas Web o Visual Basic®. Además, RSLinx Classic utiliza técnicas de optimización de datos avanzadas y dispone de una serie de diagnósticos. La interfaz de programación de aplicaciones (API) admite aplicaciones personalizadas creadas con RSLinx Classic SDK. RSLinx Classic es un servidor compatible con OPC Data Access y un servidor DDE.

RSLinx Classic Gateway conecta a los clientes en redes TCP/IP haciendo que las comunicaciones basadas en RSLinx Classic lleguen a cada rincón de la empresa. Los productos de configuración y programación como RSLogix y RSNetWorx utilizan RSLinx Classic Lite o superior con un controlador de dispositivos remotos vía Linx Gateway configurado para comunicarse con RSLinx Classic Gateway. Las aplicaciones VB/VBA y HMI remotas, entre las que se incluye Microsoft Office, pueden utilizar conectividad OPC remota para comunicarse con RSLinx Classic Gateway a fin de recopilar datos. Esto permite que varios equipos distribuidos recopilen datos aunque no tengan instalado RSLinx Classic.

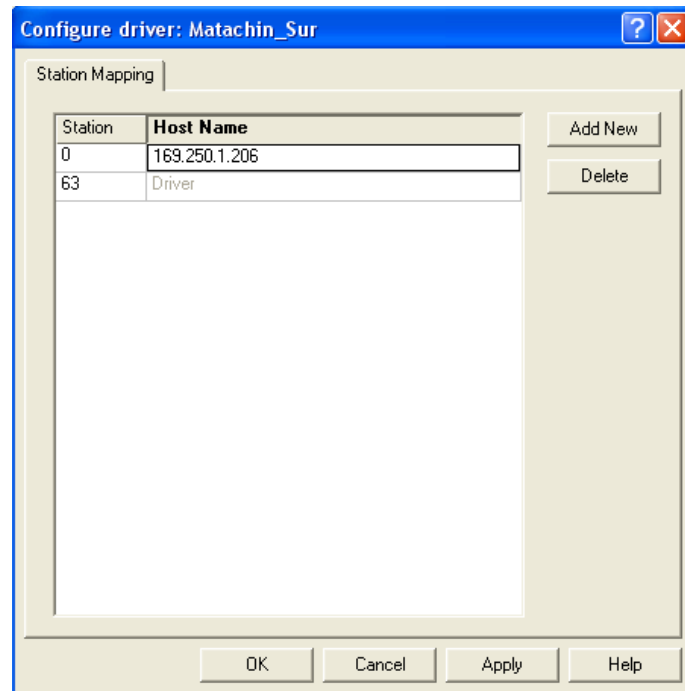
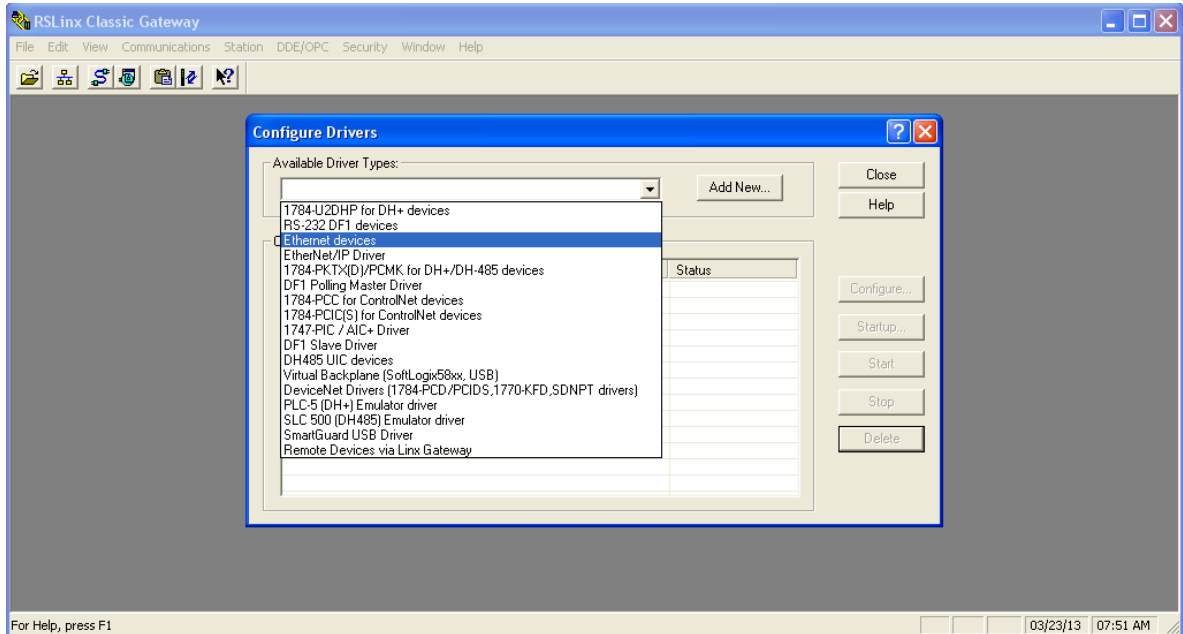
Además de ofrecer las mismas funciones que RSLinx Classic Professional, RSLinx Classic Gateway proporciona conectividad remota con:

- Varios clientes RSView32 que acceden a datos por medio de un RSLinx Classic Gateway (conectividad OPC remota).
- Un equipo remoto que ejecuta RSLogix y se encuentra conectado a una red de la planta por medio de un módem para cambios de programa en línea.
- Aplicaciones Microsoft Office remotas que muestran datos de la planta como, por ejemplo, Excel.
- Una página Web que muestra datos de la planta cuando el servidor Web y RSLinx Classic se encuentran en equipos distintos.

Un controlador es la interfaz de software para el dispositivo de hardware que se utilizará para establecer la comunicación entre RSLinx y el procesador. Para configurar un controlador en RSLinx Classic, entonces:

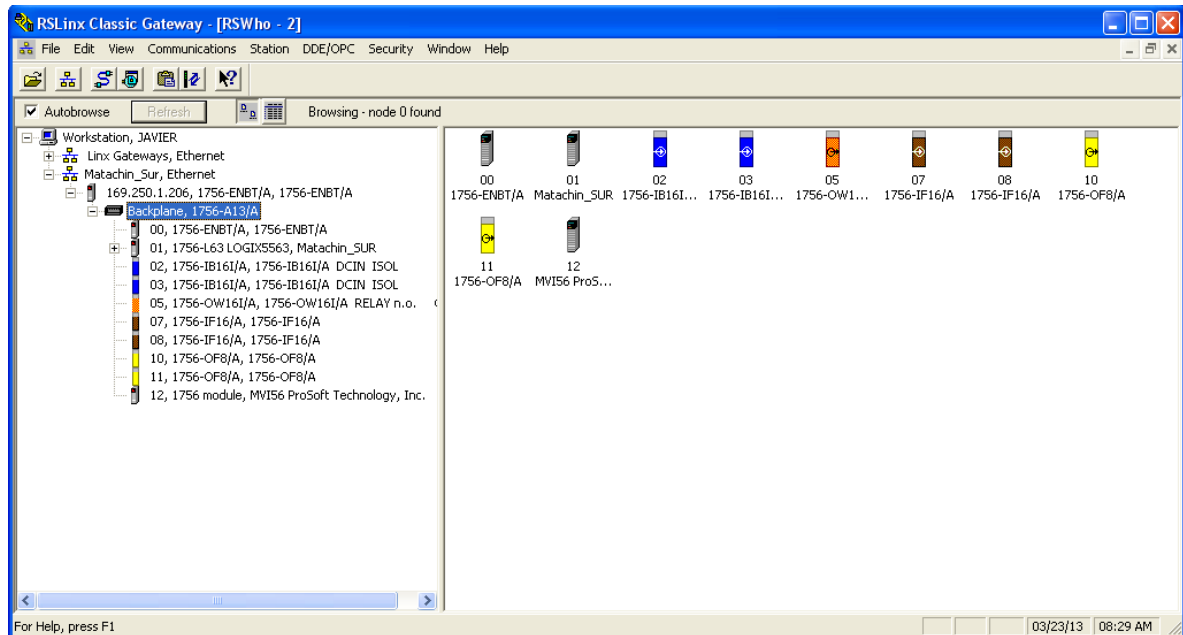
1. seleccione **Comunicaciones > Configurar controladores**. Aparecerá el cuadro de diálogo Configurar controladores que permite agregar, editar o eliminar controladores. Se selecciona el tipo de comunicación del controlador en este caso se elige **Ethernet Device**, se da clic en **Añadir nuevo** y se

proporciona la información solicitada en el cuadro de diálogo de configuración del controlador que se visualiza, primero el nombre del controlador en este caso PLC central de Matachín Sur y su dirección IP 169.250.1.206 para establecer la comunicación con el PLC.



2. Seguidamente se va a la ventana principal y vamos a **Comunicaciones > RSWho**, donde aparecerá el controlador configurado con todos los módulos que este PLC contiene

El RSLinx Classic Gateway es la puerta de enlace para establecer la conexión con el PLC, de esta manera se crea el enlace de comunicación con los software RSLogix 5000 y el FactoryTalk View.



ANEXO G. CONFIGURACION Y DISEÑO DE HMI EN FACTORY TALK VIEW STUDIO

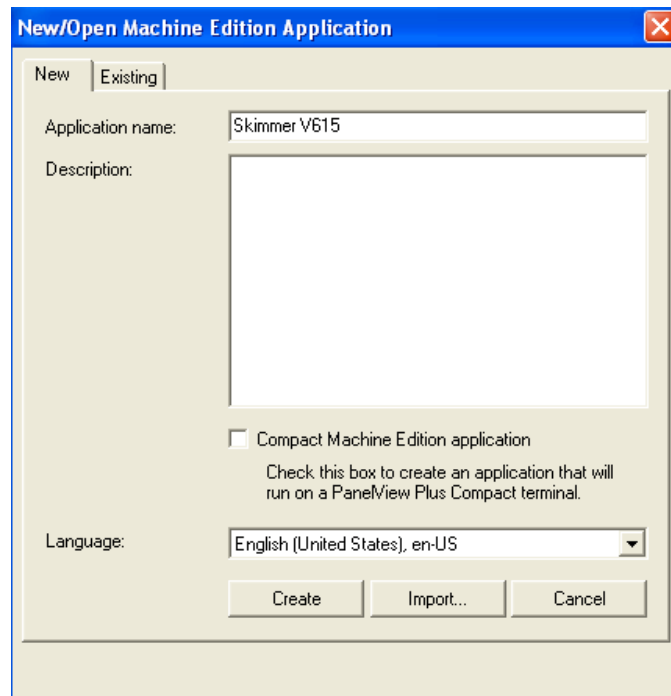
DESCRIPCION. FactoryTalk View Site Edition ofrece máximo control en desarrollo y utilización de aplicaciones autónomas y aplicaciones multiservidor / multiciente. FactoryTalk View Studio es un programa de software HMI basado en Microsoft® Windows® para monitorizar, controlar y obtener datos de las operaciones de fabricación de toda la empresa.

- Simplifica el desarrollo de HMI con un editor común para FactoryTalk View Machine Edition y para Site Edition.
- Comparte datos e integre perfectamente otros productos habilitados para FactoryTalk. La arquitectura FactoryTalk orientada al servicio proporciona servicios comunes como seguridad, alarmas y diagnósticos en todos los productos.
- Optimiza las comunicaciones de la planta al integrar mejor los controladores de Rockwell Automation y los datos en tiempo real de FactoryTalk.
- Maximiza la productividad al obtener acceso directo a la información de tags en el controlador y al eliminar la necesidad de crear tags para HMI.
- Configura su aplicación desde cualquier sitio de la red y haga cambios en un sistema en ejecución fácilmente con la capacidad de configuración remota multiusuario.
- Define pantallas gráficas una sola vez, y úselas como referencia en todo el sistema distribuido.
- Proporciona una pista de auditoría de la información de operador y de alarmas en una base de datos de registro centralizada.
- Personaliza la experiencia del operador al utilizar VBA del lado del cliente y el modelo de objetos gráficos expuesto.
- Maximiza la disponibilidad del sistema con detección de fallos y recuperación incorporados.

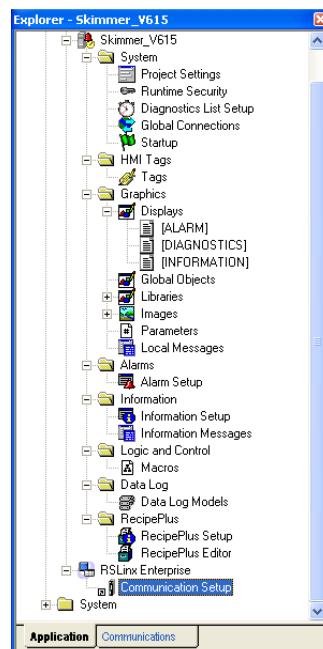
CONFIGURACION INICIAL



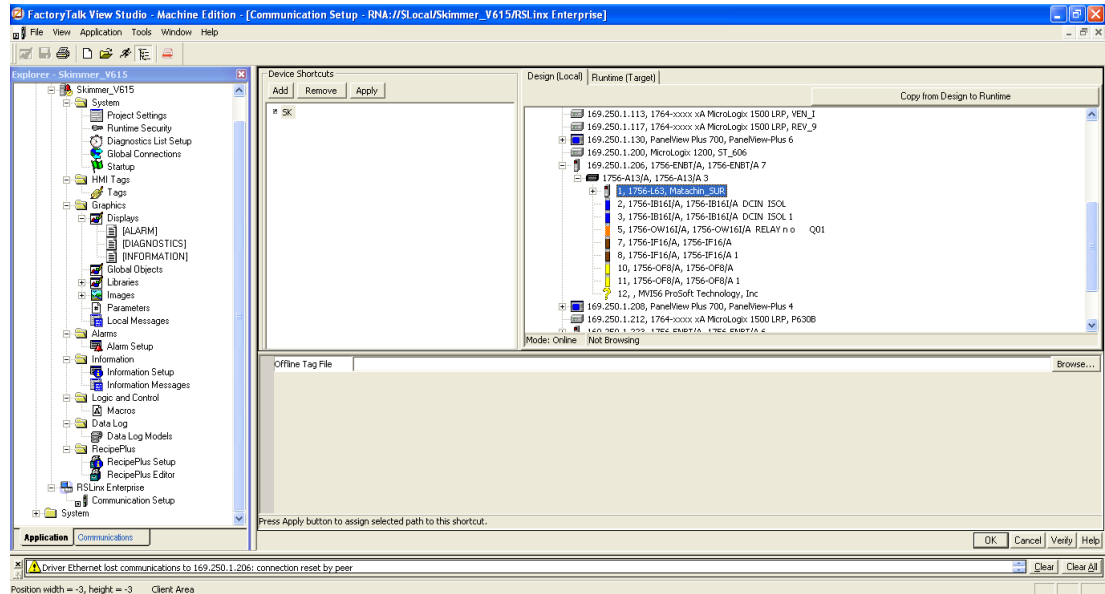
1. Se ejecuta la aplicación, se da nombre al nuevo proyecto en este caso Skimmer V615 y procedemos a crearlo.



2. Se realiza la configuración de la comunicación con el PLC por medio de RSLinx Enterprise, entonces se dirige a la ventana Explore - RSLinx Enterprise – Communication Setup, donde aparecerá una nueva ventana a la cual damos en la opción create a new configuration.



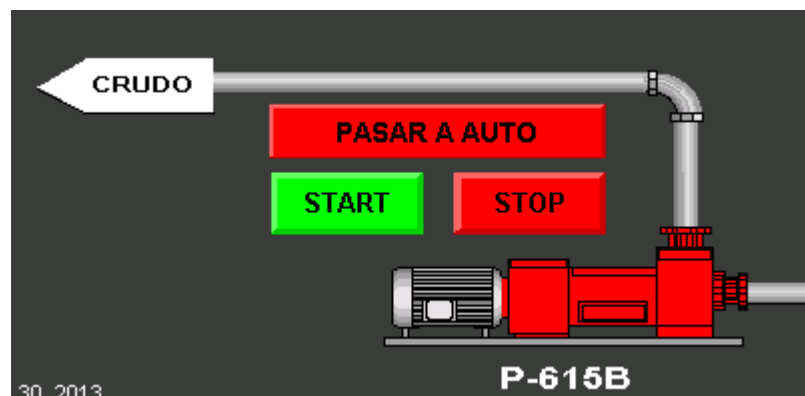
3. Para esta aplicación el ordenador de desarrollo se comunica con el controlador ControlLogix mediante Ethernet por medio de su dirección IP 169.259.1.206. Para establecer dicha comunicación se conecta el ordenador a la red local y por medio de dicha red buscamos la dirección IP del controlador que vamos a usar para establecer comunicación.



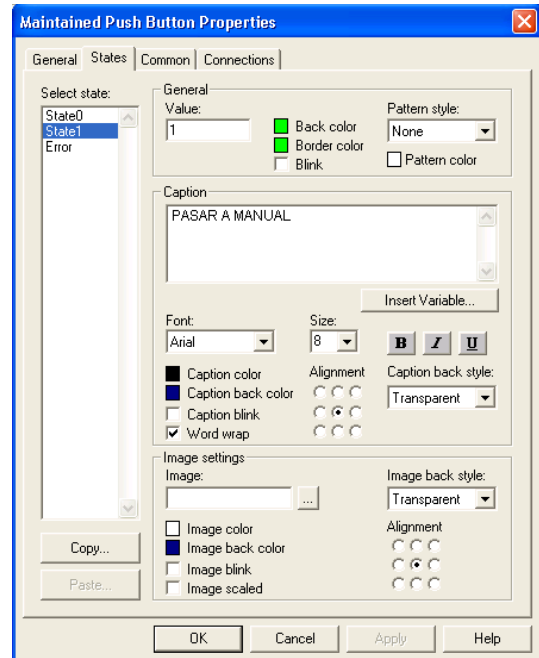
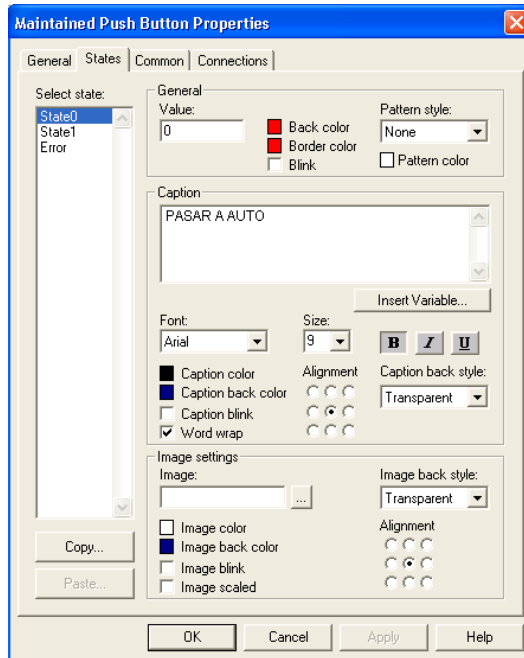
4. Una vez establecida la comunicación con el PLC podemos acceder a los diferentes tags creados en el RSLogix 5000 donde se hizo la programación y direccionarlos hacia cada botón que se quiere configurar para cada acción.

DISEÑO DE HMI

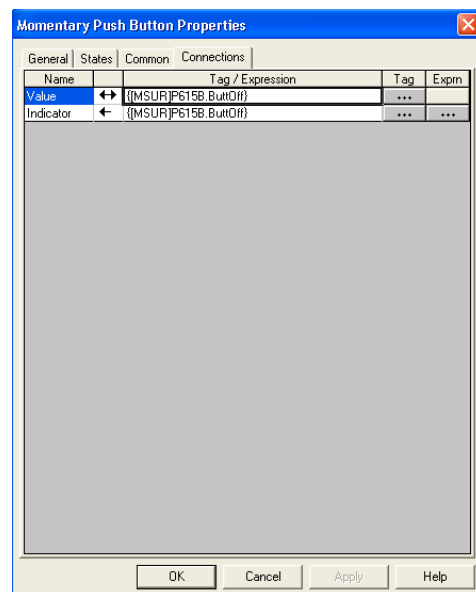
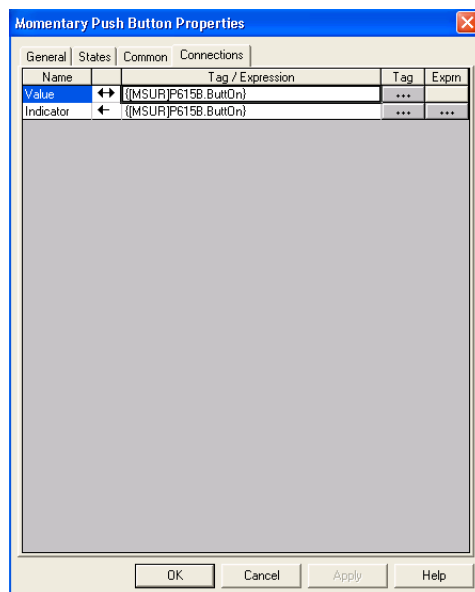
1. Se crean los botones “Start”, “Stop”, “Pasar a Manual/Auto”



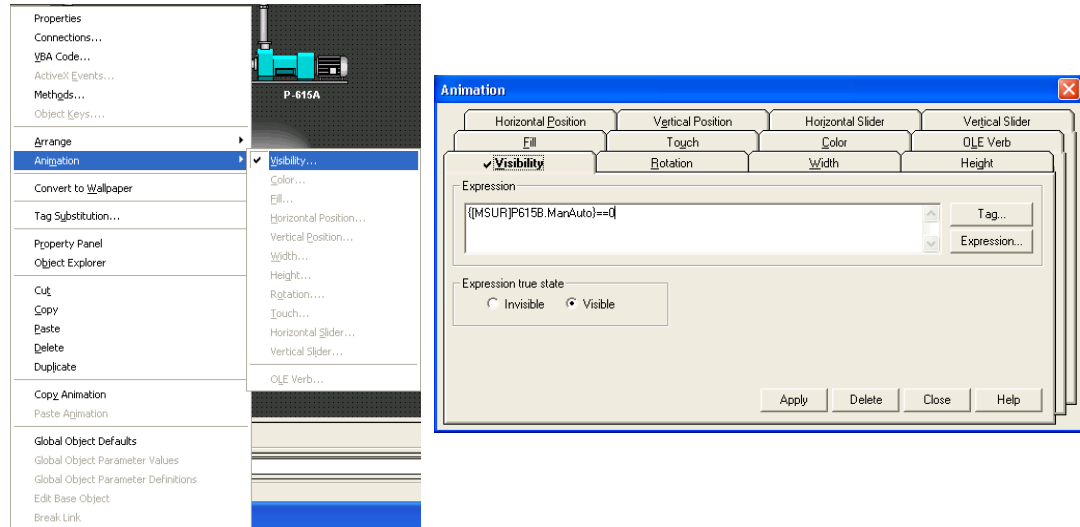
- Se configura el botón “Pasar a Manual” cuando el tag “**P615B.ManAuto=0**”
Se activa el botón rojo “PASAR A AUTO” o sea pasa a Modo Manual y cuando “**P615B.ManAuto=1**” pasa al botón verde “PASAR A MANUAL” o sea se activa el Modo Automático.



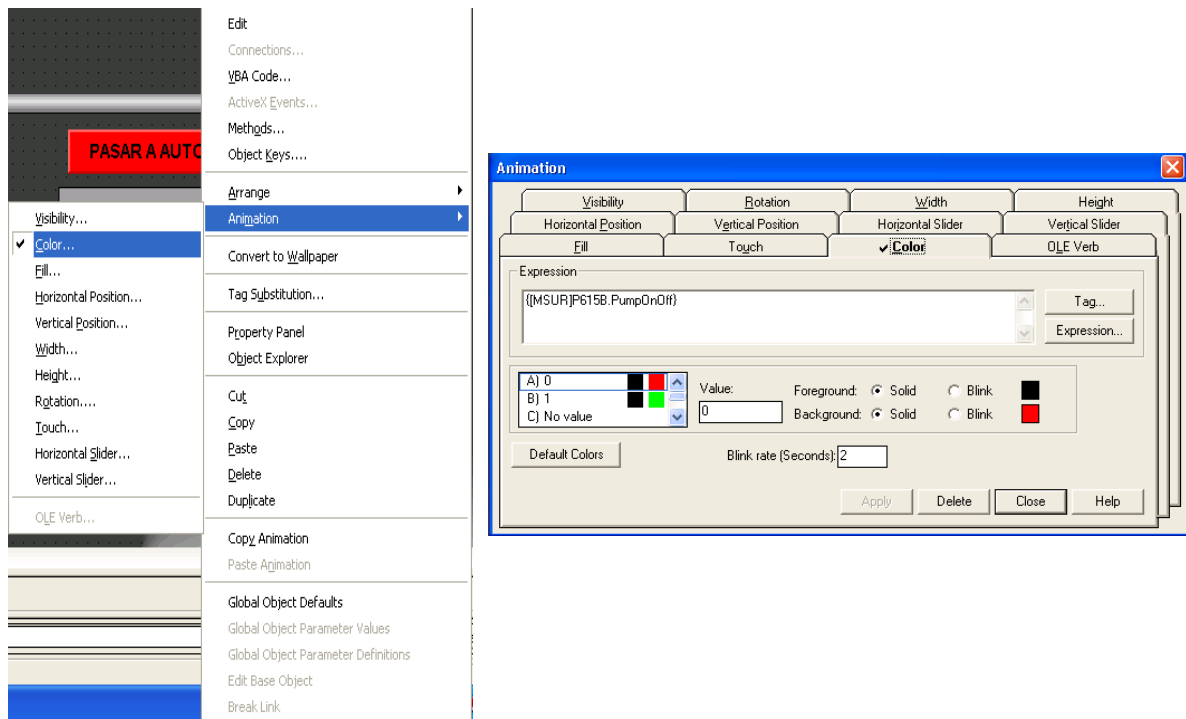
- Se configura los botones verde para “Start” y rojo para “Stop” con los tags “**P615B.ButtOn**” y “**P615B.ButtOff**” respectivamente, haciendo doble click sobre el botón y accediendo a connections, allí se busca por el directorio el tag correspondiente.



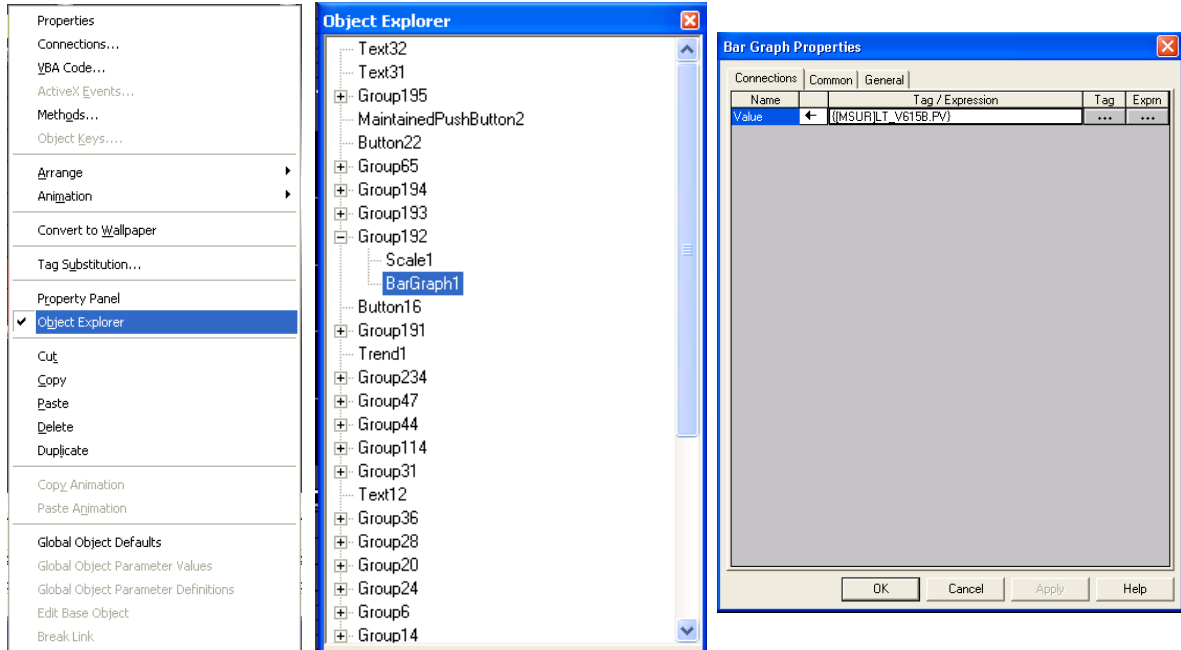
- Luego se configura la visibilidad de los botones, para que solo estos sean visibles cuando **"P615B.ManAuto=0"**, o sea que estos botones aparecerán únicamente cuando se active el modo manual.



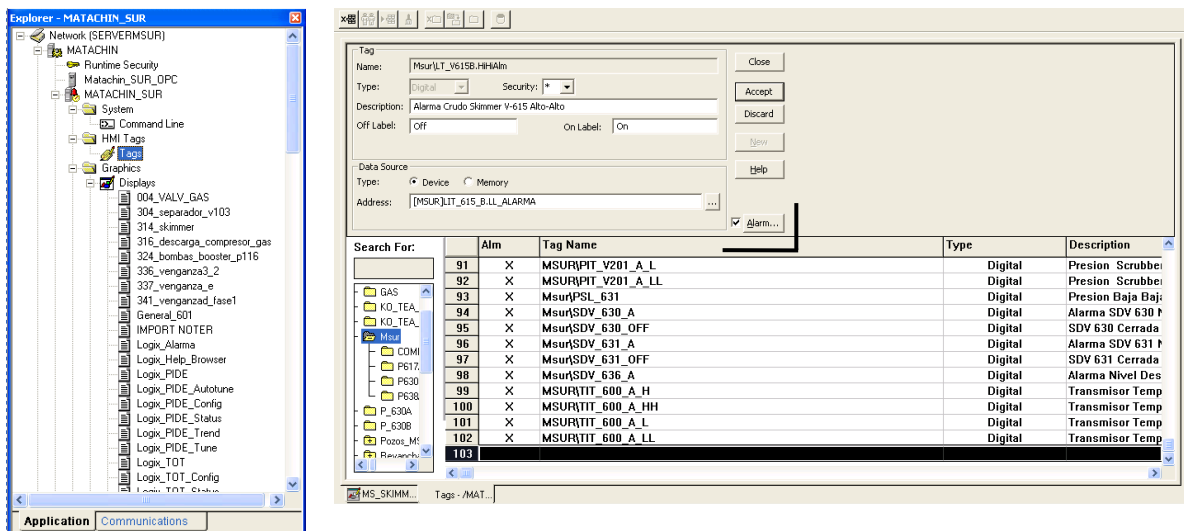
- Se hace la configuración del color de la bomba dependiendo del tag **"P615B.PumpOnOff"** de encendido o apagado de la misma, color rojo cuando está apagada **"P615B.PumpOnOff=0"** y color verde cuando este encendida **"P615B.PumpOnOff=1"**.



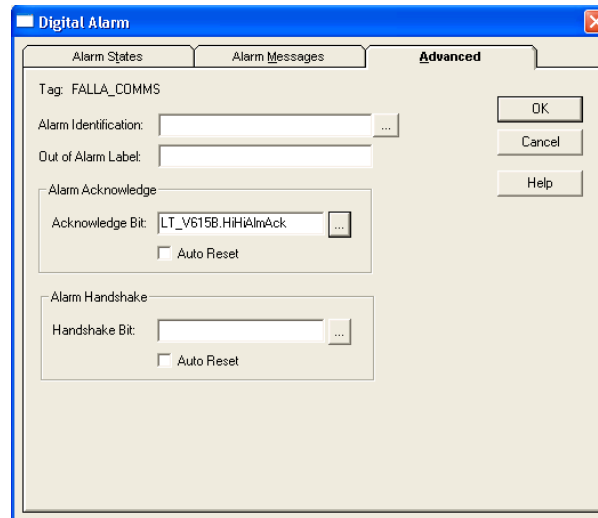
- Se configura un indicador visual de nivel en porcentaje de líquido en el tanque, dejando color rojo para crudo con el tag “LT_V615B.PV” que es la variable de proceso y azul para el del agua.



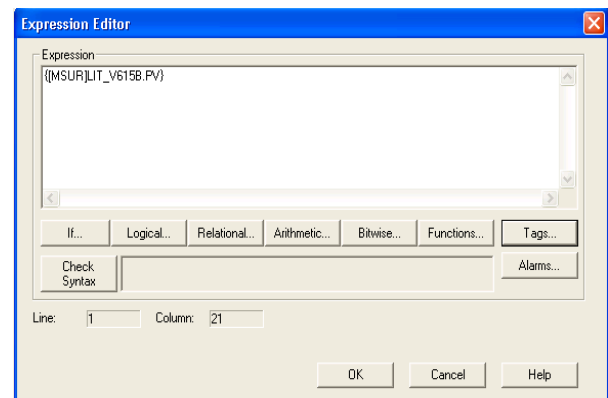
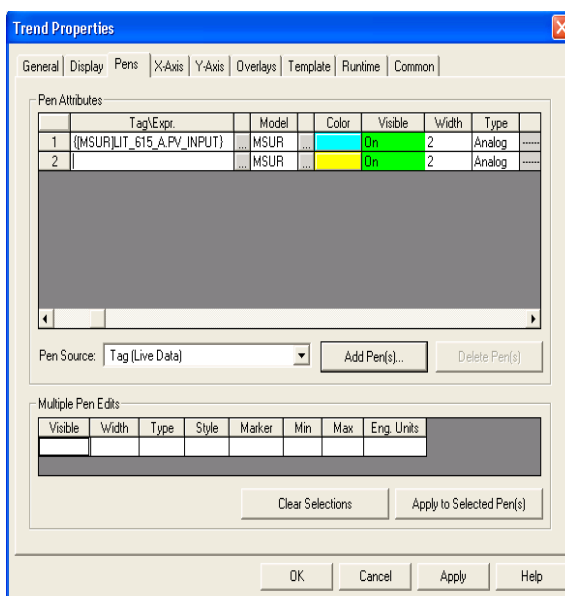
- Se configuran las alarmas ingresando a la lista de tags, allí se buscan los tags de alarmas Alto-Alto con tag “LT_V615B.HiHiAlm”, alarma Alto con tag “LT_V615B.HiAlm”, alarma Bajo con tag “LT_V615B.LoAlm” y la alarma Bajo-Bajo con tag “LT_V615B.LoLoAlm”, asignando cada tag como alarmas, de esta manera cuando se activen aparecerán en la central de gestión de alarmas propio del FactoryTalk View Studio.



8. Se asigna además a cada alarma su tag de reconocimiento de alarma LT_V615B.HiHiAlmAck, LT_V615B.HiAlmAck, LT_V615B.LoAlmAck, LT_V615B.LoLoAlmAck respectivamente, esto es para cuando el operador se dé cuenta de que alarma se trata da click sobre esta para hacer reconocimiento de que se recibió y se observó dicha alarma. Esto se realiza seleccionando “alarm” y nos muestra un cuadro de dialogo, en el cual elegimos Advanced y luego vamos a la casilla Acknowledge Bit y seleccionamos el tag Ack correspondiente para cada alarma.



9. Por último se añade la tendencia del proceso para observar su comportamiento en tiempo real, se da doble click en la tendencia y vamos a la pestaña Pens – Add Pen(s)... - Tangs y buscamos el tang del proceso “LT_V615B.PV”.



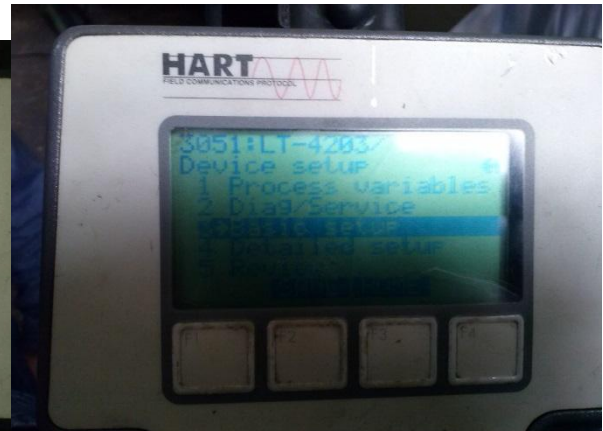
ANEXO H. CONFIGURACION TRANSMISOR ROSEMOUNT 3051CD CON HANDHELD HART 275

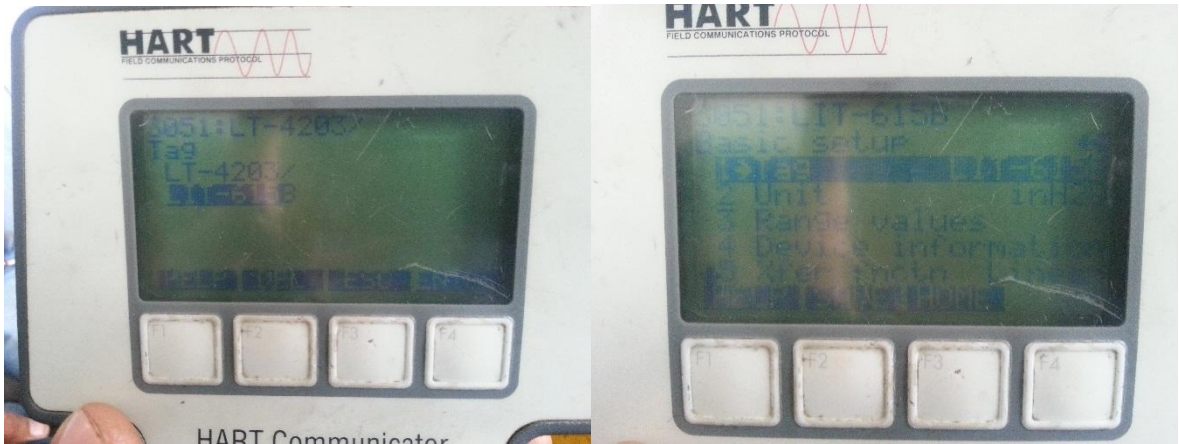
DESCRIPCION. Es una interfaz de mano que proporciona una comunicación común vincular a todos los compatibles con HART, instrumentos basados en microprocesadores.

Sus interfaces de Comunicador HART con cualquier dispositivo compatible con HART desde cualquier punto de terminación de cableado con un lazo de 4-20mA, siempre una carga mínima resistencia de 250 ohmios está presente entre el comunicador y el poder a suministrar.

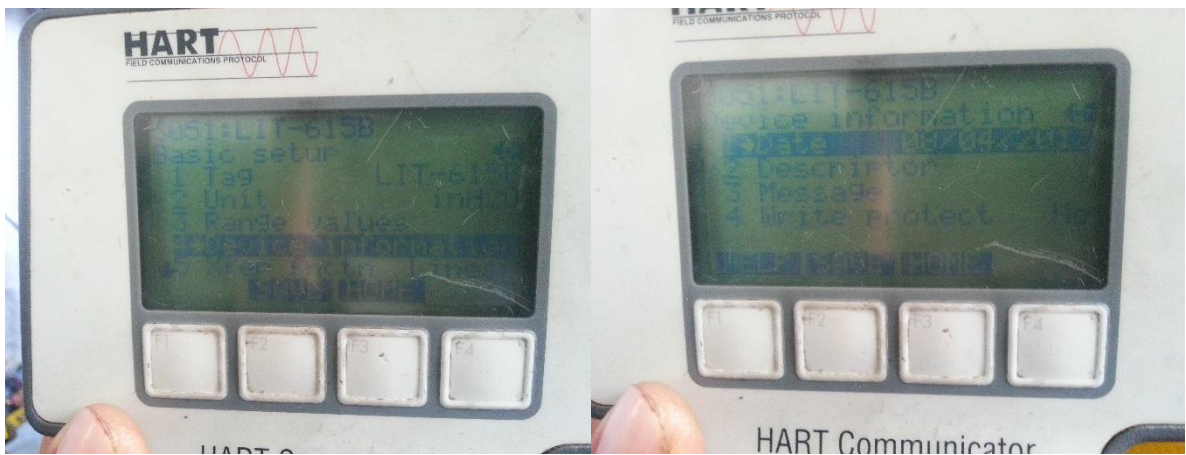


1. Lo primero que se tiene que hacer es ingresar a Device Setup – Basic Setup – Tag, con F4 se selecciona y con F2 se aceptan los cambios hechos; aquí vamos a colocar el nombre del transmisor que en este caso se llama LIT-615B.





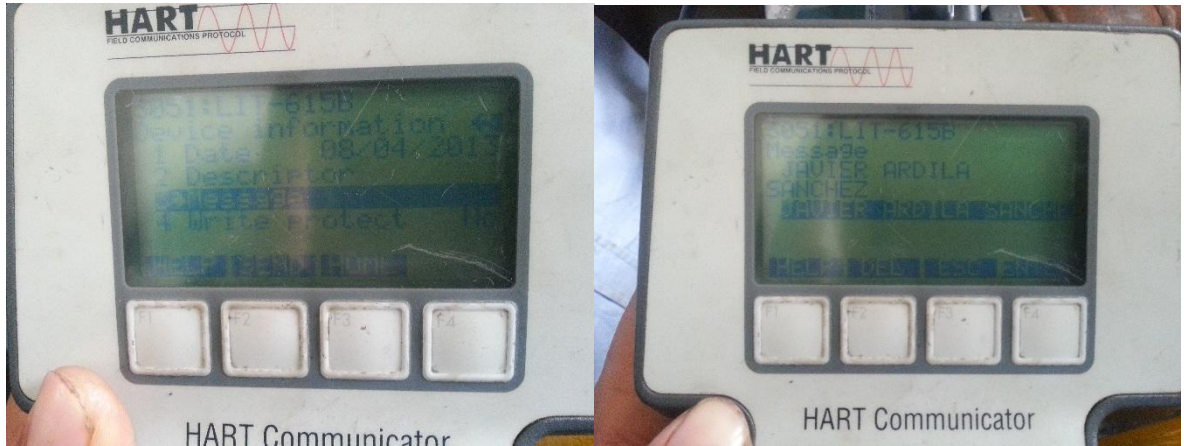
2. Luego en el mismo menú Basic Setup, se selecciona Device Information – Date, allí colocamos la fecha de la configuración y/o calibración.



3. En el mismo menú Device Information, se selecciona Descriptor, allí se coloca el propósito del transmisor, es este caso medir el nivel de crudo en el Skimmer V-615.



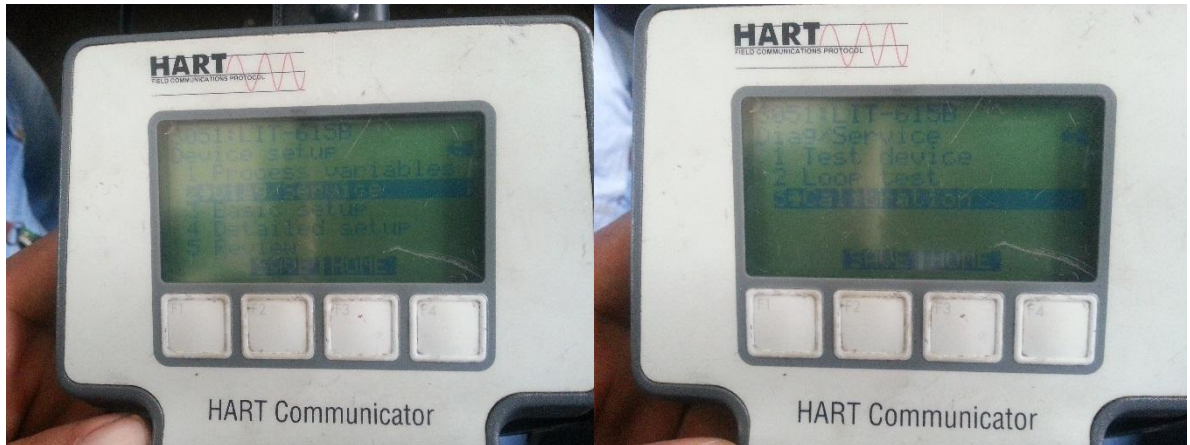
4. En el menú Device Information, se selecciona Message, allí se coloca el nombre de quien realizo la configuración y/o calibración del instrumento.



5. En la pantalla principal, se procede a ajustar el span de medida, en este caso sería de $75\text{inH}_2\text{O}$, donde por defecto el instrumento esta con un URV de $250\text{inH}_2\text{O}$, entonces se selecciona URV y se cambia por $75\text{inH}_2\text{O}$.



6. Se ingresa al menú Device Setup – Diag Services – Calibration – Sensor Trim – Zero Trim, en este paso se calibra el cero del transmisor para que tome como referencia la presión atmosférica del lugar, debido a que el equipo es nuevo ya viene calibrado, pero siempre se calibra el cero respecto al sitio donde se vaya a instalar.



7. Al seleccionar Zero Trim, procedemos a calibrar el cero, por lo tanto aparecerán tres cuadros de dialogo de advertencia diciendo que se harán cambios que afectaran al lazo de control y al sensor del dispositivo, se hace caso omiso a los mensajes seleccionando OK a todos hasta salir nuevamente al menú principal; dando de esta manera por terminada la configuración del transmisor.



