

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN
Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS
PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2**

ERICK FABIÁN HARO BRAVO

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por el señor ERICK FABIÁN HARO BRAVO, previo a la obtención de su Título de Ingeniero Electrónico en Automatización y Control, bajo nuestra dirección.

Ing. Hugo Ortiz
DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo
CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Haro Bravo Erick Fabián

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRAINCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie, de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan a la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolqui, _____ de 2012.

Haro Bravo Erick Fabián

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

INGENIERÍA ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Yo, Haro Bravo Erick Fabián

AUTORIZO A LA Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolqui, _____ de 2012.

Haro Bravo Erick Fabián

Certificado de tutoría

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICADO

Ing. Hugo Ortiz,
Ing. Rodolfo Gordillo

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2”**, realizado por Erick Fabián Haro Bravo, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que se trata de un trabajo de diseño e implementación recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a Erick Fabián Haro Bravo que lo entregue al Ingeniero Víctor Proaño, en su calidad de Coordinador de la Carrera.

Ing. Hugo Ortiz

DIRECTOR

Ing. Rodolfo Gordillo

CODIRECTOR

RESUMEN

El presente proyecto complementa el sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2 perteneciente a EP PETROECUADOR, todos los equipos instalados para el proceso tienen sus características seleccionadas mediante criterios para su implementación en la estación. Este proyecto puntualmente cubre la seguridad contra incendios que pudieran ser provocados accidentalmente, mediante la detección de humo, llama, y fuga de gas, procediendo a extinguir el incendio mediante la activación electrónica de regaderas e hidrantes controlados por un PLC. Todo el proceso se lo opera mediante una interfaz humano-maquina realizada con software de Wonderware.

Este documento cuenta con seis capítulos para su interpretación los cuales están ordenados de forma secuencial al avance del proyecto.

El primero de los capítulos es referente a la teoría usada para realizar el proyecto. En el segundo capítulo se muestra una etapa de diseño en la cual se puede observar los criterios usados para realizar el proyecto. El tercer capítulo muestra la configuración del software usado, básicamente Orchestra y RSlogix5000. En el cuarto capítulo se muestra la implementación del proyecto tanto en campo como en el panel de control. En el quinto capítulo se puede observar los métodos usados para realizar pruebas y obtener resultados del proyecto. Finalmente se tiene el capítulo de conclusiones y recomendaciones en el sexto capítulo.

DEDICATORIA

A:

Dios, por darme la oportunidad de vivir en el perfecto universo que nos ofrece y darme los componentes necesarios para lograr felicidades como la culminación de mis estudios universitarios.

Mi madre Juana Bravo, por darme la vida y consejos para vivirla.

Mi padre Edgar Haro, por su brillante forma de enseñarme a dar cada paso en mi vida.

Mi abuela materna Ninfa Cantos la cabeza de mi familia materna.

Mis hermanos, Vane, Antonio, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

Mis sobrinos, Matthew, Anthony y Elian, para que encuentren en mí un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTO

A:

Dios por todo.

Mis padres, gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a ellos.

Mis Hermanos por enseñarme el valor de la unión familiar.

Mi primo Pablo García por guiarme en esta carrera y ser un ejemplo a seguir en la vida.

Mis mejores amigos, Lenin, David, Eddy, Xavier, por compartir los buenos y malos momentos.

Aquellos familiares y amigos que no mencioné al momento de escribir esto. Ellos saben quiénes son.

Erick.

PRÓLOGO

La seguridad de una industria como la petrolera es un tema vital para la eficiencia y eficacia de los procesos. Tomando en cuenta que en particular para nuestro país el rubro petrolero es sumamente importante para la economía, el diseño e implementación de un sistema contraincendios que cubra las necesidades de complementar la seguridad en la estación de almacenamiento de gas conlleva gran importancia debido a que el sistema contraincendios abarca la protección de la vida humana y el proceso a realizarse en la estación.

Se justifica su montaje al asegurar la inversión económica ya que en la actualidad existen soluciones probadas para dichos sucesos las cuales por su comodidad llegan a tener altos costos, además al tener varias áreas en la estación, se requiere de un diseño para los sistemas de detección y extinción los cuales tendrán una lógica de funcionamiento en el sistema de control.

La extinción de cualquier amenaza de incendio en una estación de captación gas debe ser rápida, debido a que cualquier incidente puede producir un incendio y así parar el proceso, el gas que no es comprimido durante el paro del proceso, será enviado a una tea donde es quemado para evitar la contaminación ambiental. Al enviar este gas a quemar a tea, EP PETROECUADOR pierde producción en su Planta de Gas Ubicada en Shushufindi, la pérdida de producción en un intervalo de horas representa una gran pérdida económica para EP PETROECUADOR y por lo tanto para el país debido a que es una empresa pública.

Estos sistemas deben estar implementados de una manera estratégica la cual debe seguir recomendaciones de las distintas normas de seguridad y de automatización como las normas NFPA y la seguridad de sus operadores.

Al desarrollar el presente proyecto se aplica la teoría de instrumentación industrial, pues se trabajará con sensores de 4-20 mA, además se aplicará conocimientos correspondientes a la teoría de PLC's debido a que el sistema contraincendios tiene su lógica de funcionamiento según sus distintas áreas, detectores y actuadores. Se aplica otros conocimientos concernientes al área de automatización y control aprendidos a lo largo de la carrera universitaria como por ejemplo el diseño de interfaces HMI.

El HMI es realizado mediante la herramienta IDE ARCHESTRA la cual abarca el uso de otras herramientas como InTouch. Para esto se realizara una comunicación Cliente Servidor mediante el tópico OPC donde el PLC será el Cliente OPC. Al agregar una interfaz HMI se vuelve más fácil la operación del sistema contraincendios, donde prioritariamente se tratará de satisfacer las necesidades de seguridad contraincendios de las estaciones mencionadas, para garantizar su correcto funcionamiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	VI
DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
PRÓLOGO	IX
GLOSARIO	XX
CAPÍTULO 1	1
ESTUDIO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2.	1
1.1. Introducción.	2
1.1.1. Conceptos Básicos.	2
1.1.2. Clasificación de Incendios.	14
1.1.3. Normas de Seguridad.	15
1.1.4. Clasificación de Áreas Peligrosas.	17
1.2. Sistema Contra incendios.	22
1.2.1. Detección.	23
1.2.2. Extinción.	23
1.2.3. Sistema de Control.	24
CAPÍTULO 2	26
DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2.	26
2.1. Diagrama en bloques del sistema contra incendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2.	26
2.2. Zonificación de la estación de acuerdo a la clasificación de áreas peligrosas.	27
2.3. Definición del proceso de funcionamiento del sistema contra incendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2.	34
2.3.1. Detección.	34
2.3.2. Extinción.	34
2.3.3. Sistema de Control.	36
2.4. Estructura del cableado de acuerdo a normas de seguridad.	36
2.5. Ruta de cableado.	41

2.6.	Estructura del tablero de control.	41
2.7.	Definición de la instrumentación de campo.	43
2.7.1.	Instrumentación de campo para la detección.	43
2.7.2.	Instrumentación de campo para la extinción.	47
2.8.	Asignación de tags.	50
2.8.1.	Entradas digitales.	51
2.8.2.	Salidas digitales.	52
2.8.3.	Entradas analógicas.	53
2.9.	Definición del controlador lógico programable (PLC).	53
2.10.	Dimensionamiento de la fuente de alimentación.	54
CAPÍTULO 3		55
DESARROLLO DE LA LÓGICA DEL PLC Y LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA.		55
3.1.	Definición de la Matriz Causa-Efecto.	55
3.2.	Diseño y Desarrollo de la Programación del PLC según la Matriz Causa-Efecto.	57
3.3.	Diseño y Desarrollo de la Aplicación en Archestra IDE e InTouch HMI usando recomendaciones de la guía GEDIS.	62
3.3.1.	Introducción	63
3.3.2.	Diseño de Pantallas según recomendaciones de la guía GEDIS	73
CAPÍTULO 4		79
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2.		79
4.1.	Cableado.	79
4.2.	Tablero de Control.	82
4.3.	Selección de la Instrumentación de Campo.	84
4.3.1.	Instrumentación de campo para Detección.	84
4.3.2.	Instrumentación de campo para Extinción.	92
4.4.	Controlador	97
4.5.	Fuente de Alimentación	99
CAPÍTULO 5		100
PRUEBAS Y RESULTADOS		100
5.1.	Simulación de la Interfaz Humano Máquina.	100
5.1.1.	Adecuación de la programación del PLC.	100
5.1.2.	Configuración de las Pantallas de Simulación.	104
5.2.	Pruebas Campo Panel.	107
CAPÍTULO 6		113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		113
6.1.	Conclusiones.	113

6.2. Recomendaciones. _____ 114

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____ lxi

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Triángulo de Fuego. _____	3
Figura. 1.2. Tetraedro de Fuego. _____	4
Figura. 1.3. Espectro de Onda de la Energía del sol. _____	5
Figura. 1.4. Espectro de Onda de la típica Flama de Gasolina. _____	5
Figura. 1.5. Banda de Concentración de Gas/Aire. _____	6
Figura. 1.6. Espectro de Onda de Metano y Propano. _____	7
Figura. 1.7. Principio de Funcionamiento de un detector de gas con sensor de haz simple. _____	8
Figura. 1.8. Principio de Funcionamiento de un detector de gas con sensor de haz doble. _____	9
Figura. 1.9. Estados del Detector de Gas. _____	9
Figura. 1.10. Presión. _____	11
Figura. 1.11. Tipos de Presión. _____	11
Figura. 1.12. Transductor de Presión. _____	12
Figura. 1.13. Comunicación PLC – Workstation. _____	25
Figura. 2.1. Diagrama en bloques del sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2. _____	27
Figura. 2.2. Campo de Visión detector de flama. _____	30
Figura. 2.3. Campo de Visión detector de flama. _____	31
Figura. 2.4. Ubicación típica de detectores de flama. _____	31
Figura. 2.5. Ubicación de detectores en hangares. _____	32
Figura. 2.6. Zonificación de la estación de captación de gas Sacha Norte 2. _____	33
Figura. 2.7. Dimensiones del Tablero de Control. _____	43
Figura. 2.8. Diagrama de Flujo de la Válvula Solenoide. _____	48
Figura. 2.9. Vista seccional de la válvula de diafragma para los rociadores. _____	49
Figura. 2.10. Diagrama de Flujo de la válvula solenoide para rociadores. _____	50
Figura. 3.1. Ubicación de los elementos de la Matriz Causa-Efecto. _____	56
Figura. 3.2. Distribución de Módulos del PLC. _____	58
Figura. 3.3. Rutinas del Programa del PLC. _____	59
Figura. 3.4. Símbolo XIC. _____	60
Figura. 3.5. Símbolo XIO. _____	61

Figura. 3.6. Símbolo OTE. _____	61
Figura. 3.7. Símbolo MOV. _____	61
Figura. 3.8. Símbolo GRT. _____	61
Figura. 3.9. Símbolo JSR. _____	62
Figura. 3.10. Componentes tradicionales de Intouch HMI. _____	63
Figura. 3.11. Ventana principal de Application Manager. _____	64
Figura. 3.12. Ventana de InTouch-WindowMaker. _____	64
Figura. 3.13. Componentes de una Galaxia. _____	65
Figura. 3.14. Integración de componentes de InTouch con ArchestrA IDE. _____	66
Figura. 3.15. Interacción entre ArchestrA IDE y componentes de InTouch. _____	67
Figura. 3.16. Componentes de una Galaxia. _____	68
Figura. 3.17. Icono de Gráficos Embebidos. _____	69
Figura. 3.18. Plantillas del Sistema Contraincendios. _____	69
Figura. 3.19. Atributos de la platilla \$PIN_BOMBAS_SCI. _____	70
Figura. 3.20. Gráficos de la platilla \$PIN_BOMBAS_SCI. _____	71
Figura. 3.21. Scripts de la platilla \$PIN_BOMBAS_SCI. _____	71
Figura. 3.22. Atributos heredados pertenecientes a la instancia M_YP_101. _____	72
Figura. 3.23. Plantilla de cliente OPC "PIN OPCClient". _____	72
Figura. 3.24. Ventana de buscador de Items OPC. _____	73
Figura. 3.25. Pantalla del Menú del Sistema Contraincendios. _____	74
Figura. 3.26. Pantalla General del Sistema Contraincendios. _____	75
Figura. 3.27. Representación gráfica del detector de gas. _____	76
Figura. 3.28. Representación gráfica del detector de flama. _____	76
Figura. 3.29. Recuadro de control de electroválvulas de hidrantes. _____	77
Figura. 3.30. Pantalla de Bombas del Sistema Contraincendios. _____	77
Figura. 3.31. Recuadro de control de bombas. _____	78
Figura. 4.1. Cables del Sistema Contraincendios. _____	80
Figura. 4.2. Bandeja para transportación de cableado. _____	80
Figura. 4.3. Junction Box (Caja de Unión). _____	81
Figura. 4.4. Tubería conduit. _____	81
Figura. 4.5. Dimensiones del Tablero de Control. _____	82
Figura. 4.6. Conectores de cable armado. _____	82
Figura. 4.7. Tablero de protecciones. _____	83
Figura. 4.8. Detector de Flama. _____	85
Figura. 4.9. Ventana del Detector de Flama. _____	85
Figura. 4.10. Detector de Gas. _____	87
Figura. 4.11. Detector de Humo. _____	87

Figura. 4.12. Botonera de Emergencia. _____	88
Figura. 4.13. Transmisor de Presión. _____	88
Figura. 4.14. Transmisor de Nivel. _____	90
Figura. 4.15. Constitución del Transmisor de Nivel. _____	90
Figura. 4.16. Estructura Interna del Transmisor de Nivel. _____	91
Figura. 4.17. Indicador de Nivel. _____	92
Figura. 4.18. Hidrante. _____	92
Figura. 4.19. Circuito de Alimentación del Hidrante. _____	93
Figura. 4.20. Diagrama de Flujo de la Válvula Solenoide. _____	94
Figura. 4.21. Circuito de alimentación para Rociador. _____	94
Figura. 4.22. Vista seccional de la válvula de diafragma para los rociadores. _____	95
Figura. 4.23. Válvula Solenoide para rociadores. _____	96
Figura. 4.24. Rociadores en el Hangar de Skids. _____	96
Figura. 4.25. Rociador. _____	97
Figura. 4.26. Diagrama de Flujo de la válvula solenoide para rociadores. _____	97
Figura. 4.27. Distribución de Módulos del PLC. _____	98
Figura. 4.28. Diagrama de conexión de la Fuente Redundante. _____	99
Figura. 4.29. Fuente de Alimentación SOLA redundante. _____	99
Figura. 5.1. Configuración del tópicos del controlador. _____	101
Figura. 5.2. Configuración del Access Name del HMI de simulación. _____	101
Figura. 5.3. Menú especial de WindowMaker. _____	102
Figura. 5.4. Configuración del Objeto OPC en Orchestra IDE. _____	103
Figura. 5.5. Objeto OPC. _____	103
Figura. 5.6. Buscador de Items OPC. _____	104
Figura. 5.7. Error de conexión entre el PLC y el HMI. _____	104
Figura. 5.8. Pantalla inicial del HMI de simulación. _____	105
Figura. 5.9. Pantalla de entradas digitales. _____	105
Figura. 5.10. Pantalla de salidas digitales. _____	106
Figura. 5.11. Pantalla de entradas digitales con recuadro de control de duchas. _____	106
Figura. 5.12. Pantalla de entradas analógicas. _____	107
Figura. 5.13. Kit de calibración de detectores de gas. _____	108
Figura. 5.14. Simulación física de presencia de gas. _____	108
Figura. 5.15. Kit de Calibración de detectores de flama. _____	109
Figura. 5.16. Simulación de presencia de flama. _____	110
Figura. 5.17. Solenoide. _____	110
Figura. 5.18. Prueba de hidrante con agua. _____	111
Figura. A6.1. Creación de proyecto de RSLogix5000. _____	¡Error! Marcador no definido.

- Figura. A6.2. Parámetros del Controlador. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.3. Adición de Módulos de Entrada o Salida al programa. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.4.- Selección de Módulo para añadir al programa. ____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.5. Módulos de entrada o salida añadidos al programa. _ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.6. Configuración del Módulo de Entradas Digitales. ____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.7. Configuración del Módulo de Salidas Digitales. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.8. Configuración del Módulo de Entradas Analógicas. __ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.9. Configuración del tipo y formato de dato para los Módulos de Entradas Analógicas. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.10. Creación de una Rutina en el programa del PLC. __ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.11. Parámetros de la Nueva Rutina. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.12. Ubicación de Tags del Controlador. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.13. Paleta de Instrucciones RSLogix-5000. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.14. Tag no creado. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.15. Creación del Tag. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.16. Parámetros del Tag M_SS_101. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.17. Parámetros del Tag M_FD_101. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.18. Icono ArchestrA IDE. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.19. Ventana de conexión a una Galaxia. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.20. Ventana de Nueva Galaxia. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.21. Ventana de ArchestrA IDE. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.22. Ventana de InTouch-WindowMaker. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.23. Cuadro de Diálogo para abrir ventanas de WindowMaker. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.24. Ventana de Verificación de cierre de WindowMaker. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.25. Métodos para introducir símbolos ArchestrA en WindowMaker. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.26. Icono de símbolo embebido ArchestrA. _____ ¡Error! Marcador no definido.
- Figura. A6.27. Buscador de Galaxia. _____ ¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. 2.1. Zonificación de la estación de captación de gas Sacha Norte 2. _____	28
Tabla. 2.2. Distancia de detección de los detectores de Flama. _____	30
Tabla. 2.3. Instrumentos de Detección. _____	34
Tabla. 2.4. Instrumentos y Equipos de Extinción. _____	35
Tabla. 2.5. Seteo de Presiones de arranque y parada de Bombas. _____	36
Tabla. 2.6. Tabla de conversión AWG-Sección. _____	38
Tabla. 2.7. Elementos del Tablero de control. _____	42
Tabla. 2.8. Listado de Tags de Entradas Digitales. _____	51
Tabla. 2.9. Listado de Tags de Salidas Digitales. _____	52
Tabla. 2.10. Listado de Tags de Entradas Analógicas. _____	53
Tabla. 2.11. Descripción de Módulos Para el PLC del Sistema Contraincendios. _____	54
Tabla. 2.12. Consumo de Corriente y Potencia de los equipos. _____	54
Tabla. 3.1. Matriz Causa-Efecto. _____	56
Tabla. 3.2. Definición de Módulos del PLC. _____	57
Tabla. 4.1. Elementos del Tablero de control. _____	83
Tabla. 4.2. Estados del Detector de Flama. _____	86
Tabla. 4.3. Descripción de Módulos Para el PLC del Sistema Contraincendios. _____	98
Tabla. 5.1. Registro de señales de entradas analógicas. _____	112
Tabla. A7.1. Lista de Tags del Controlador _____	¡Error! Marcador no definido.
Tabla. A9.1. Lista de Tags OPC _____	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE HOJAS TÉCNICAS

HOJA TÉCNICA DETECTOR DE FLAMA _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA DETECTOR DE GAS _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA DETECTOR DE HUMO _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA BOTONERA MANUAL _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA TRANSMISOR DE NIVEL _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA TRANSMISOR DE PRESIÓN _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA INDICADOR DE NIVEL _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA SOLENOIDE PARA VÁLVULA DE CONTROL ___	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA SOLENOIDE PARA VÁLVULA DE CONTROL ___	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA SIRENA EXTERIOR _____	¡Error! Marcador no definido.
HOJA TÉCNICA LUZ LICUADORA _____	¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO

PLC.-	Controlador lógico programable.
HMI.-	Interfaz Humano Máquina.
Comburente.-	Sustancia que participa en la combustión oxidando al combustible.
UV.-	Ultra Violeta.
IR.-	Infrarrojo.
MSIR.-	Infrarrojo Multiespectro.
UEL.-	Límite de explosividad superior.
LEL.-	Límite de explosividad inferior.
PSI.-	Unidad de medida de presión “Libras por pulgada cuadrada”.
NFPA.-	National Fire Protection Association.
NEC.-	Código Eléctrico National.
Workstation.-	Computador con mayor rendimiento que un computador personal, especialmente en lo que se refiere a CPU y gráficos, capacidad de memoria y multitarea.
RS232.-	Estándar Recomendado 232, es un protocolo de comunicación serial.
Skid.-	Conjunto de equipos para realizar un determinado proceso.
P&ID.-	Diagrama de proceso de Instrumentación.
AWG.-	Calibre Americano para Conductores.
Junction Box.-	Caja de unión de cables.
THHN.-	Tipo de cable conductor resistente a la llama y a una temperatura máxima de 90°C.
Conduit.-	Canal para cable.
Monitor.-	Elemento de un hidrante el cual se puede direccionar la salida de agua.

Tag.-	Etiqueta relacionada a una variable del proceso.
RSLogix.-	Rockwell Software Logix.
Rutina.-	Parte de un programa que contiene lógica específica para una función.
Galaxia.-	Espacio para procesar y contener variables del proceso.
IDE.-	Entorno de Desarrollo Integral.
OLE.-	Incrustación y enlazado de objetos.
OPC.-	OLE para control de procesos, tipo de dato.
GEDIS.-	Guía Ergonómica de Diseño de Interfaces de Supervisión.
COT.-	Transmisor con salida de corriente.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DEL SISTEMA CONTRAINCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2.

En la industria Petrolera el riesgo de que sucedan eventos no deseados como los incendios es elevado ya que se trabaja con sustancias altamente inflamables, motivo por el que la industria petrolera invierte ingentes recursos de todo tipo con el fin de proteger por sobre todo la vida y el funcionamiento de las plantas industriales. Como es lógico el fin es minimizar cualquier incidente para que no escale y se convierta en accidente lesionando a personas e intereses de la industria.

Las estación de captación de gas Sacha Norte 2 se encarga de realizar la compresión de gas, el cual es recibido de las estaciones de extracción que pertenecen a Exploración y Producción antes llamada "PetroProducción", y es entregado a la Planta de Gas de Refinación antes llamada "PetroIndustrial" en donde es procesado.

El sistema contraincendios se lo ha dividido en tres partes fundamentales que son: Detección, Extinción y Sistema de Control.

El sistema de detección consta de detectores de gas, flama y humo; el de extinción consta de hidrantes y duchas de distribución de agua, y el sistema de control que está constituido por un Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controller - PLC).

Debido a que se trata de un sistema de seguridad, y ningún sistema es cien por ciento confiable, es necesario que el operador visualice e interactúe con el sistema contra incendios desde una interfaz gráfica "(Human Machine Interface – HMI)".

1.1. Introducción.

Para el diseño de un sistema contra incendios es necesario conocer los parámetros a manejar al igual que cualquier otro proceso. Para el diseño de un sistema contra incendios es vital tener en cuenta las posibles causas de un incendio y que acciones son las más adecuadas para contrarrestar el incendio.

Conociendo las causas y las formas de evitar un incendio se tiene un mejor criterio para poder evitar que un incidente se convierta en accidente.

1.1.1. Conceptos Básicos.

Para prevenir incendios es importante conocer algunos conceptos básicos:

- **Fuego:** "Es una rápida oxidación o transformación física en la cual las sustancias combustibles se combinan con el oxígeno para producir calor. Este fenómeno es frecuentemente acompañado por flamas.
- **Incendio:** es un fuego no controlado, de grandes proporciones, que se puede presentar en forma súbita, gradual o instantánea"¹.

El factor humano es un elemento causal de los incendios. Para que se produzca fuego es necesario la unión de tres elementos: el oxígeno, un material combustible y una fuente de calor.

En la literatura especializada se presentan comúnmente dos modelos para explicar la producción del fuego: El Triángulo del Fuego y el Tetraedro del Fuego.

¹ http://es.scribd.com/pmendez_2/d/76744455-FUEGO-Prevencion-Incendios-Vulcanos-Df

- **Triángulo de Fuego**



Figura. 1.1. Triángulo de Fuego.

“El **triángulo de fuego** o triángulo de combustión mostrado en la Figura No. 1.1, es un modelo que describe los tres elementos necesarios para generar la mayor parte de los fuegos: un combustible, un comburente (un agente oxidante como el oxígeno) y energía de activación.

Cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada, el fuego se desencadena. Por otra parte, es igualmente posible prevenir o atacar un fuego eliminando uno de ellos:

Sin el calor suficiente, el fuego no puede ni comenzar ni propagarse. Puede eliminarse introduciendo un compuesto que tome una parte del calor disponible para la reacción. Habitualmente se emplea agua, que toma la energía para pasar a estado gaseoso. También son efectivos polvos o gases con la misma función.

Sin el combustible el fuego se detiene. Puede eliminarse naturalmente, consumido por las llamas, o artificialmente, mediante procesos químicos y físicos que impiden al fuego acceder al combustible.

La insuficiencia de oxígeno impide al fuego comenzar y propagarse.”²

² http://es.scribd.com/pmendez_2/d/76744455-FUEGO-Prevencion-Incendios-Vulcanos-Df

- **Tetraedro de Fuego**

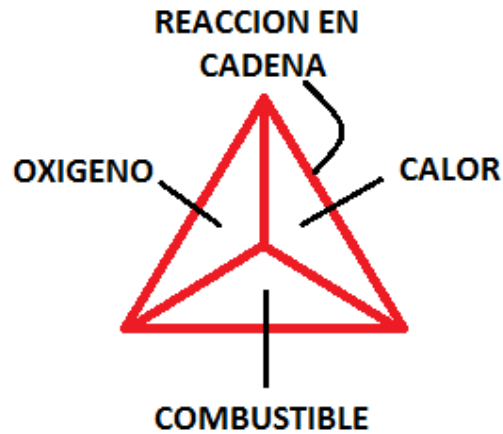


Figura. 1.2. Tetraedro de Fuego.

Los elementos del tetraedro de fuego mostrado en la Figura No. 1.2, son cuatro: los tres mencionados anteriormente en el triángulo de fuego y adicionalmente la Reacción en Cadena.

Una **reacción en cadena** es una secuencia de reacciones en las que un producto o subproducto reactivo produce reacciones adicionales.

- **Detector de Flama**

Los procesos y la ingeniería de planta en la industria de petróleo y gas y en una amplia gama de otras industrias de procesos y fabricación de sustancias peligrosas requieren de un monitoreo continuo de flama para evitar incendios catastróficos.

“La mayoría de detectores de flama identifican flama comúnmente por métodos ópticos como es la detección de luz ultravioleta (UV) y radiación infrarroja (IR).

En la actualidad hay principalmente cuatro tecnologías usadas para sensor flama: Ultravioleta (UV), Ultravioleta/Infrarrojo (UV/IR), Infrarrojo Multi-espectro (MSIR), e imagen visual de la Flama. Todas son basadas en la detección de la línea directa

de visión de la radiación de las diferentes bandas espectrales generadas por la flama. Estas bandas espectrales se muestran a continuación en la Figura. 1.3.

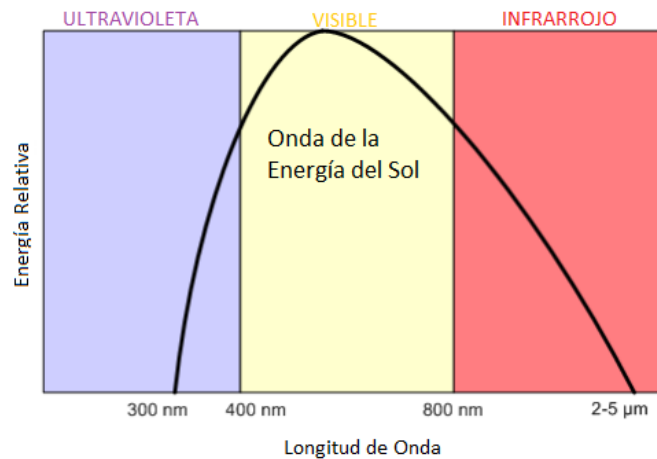


Figura. 1.3. Espectro de Onda de la Energía del sol.

Todos los incendios por hidrocarburos producen Energía de radiación UV e IR. Al ser integrado el sensor óptico UV con un sensor IR, se crea un detector de banda dual que es sensible a la radiación UV e IR emitida por la flama³. En la Figura. 1.4 se muestra la detección de fuego en el rango espectral.

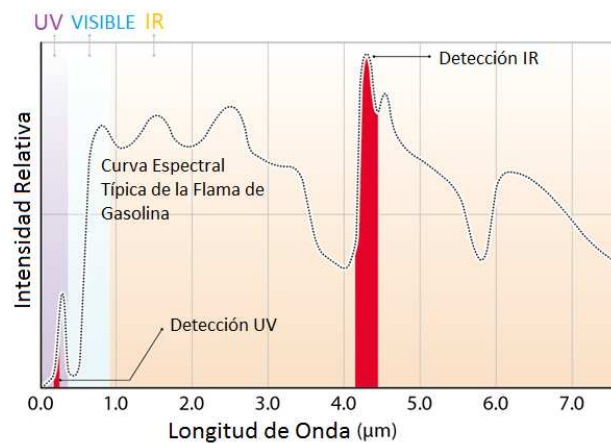


Figura. 1.4. Espectro de Onda de la típica Flama de Gasolina.*

³ http://www.net-safety.com/resources/nsm_flame_training.pdf pag. 6

* Figura tomada de http://www.net-safety.com/resources/nsm_flame_training.pdf

La ventaja de esta tecnología es que “tiene inmunidad a falsas alarmas como soldaduras de arco, lámparas halógenas, etc. Además su uso es adecuado tanto para interiores como para exteriores.

- **Detector de Gas**

“Sólo hay una banda limitada de concentración de gas / aire que produce una mezcla combustible. Esta banda, mostrada en la Figura. 1.5, es específica para cada gas y vapor y está limitada por un nivel superior, conocida como el límite superior de explosión (UEL) y un nivel inferior, denominado el límite explosivo inferior (LEL)”⁴.

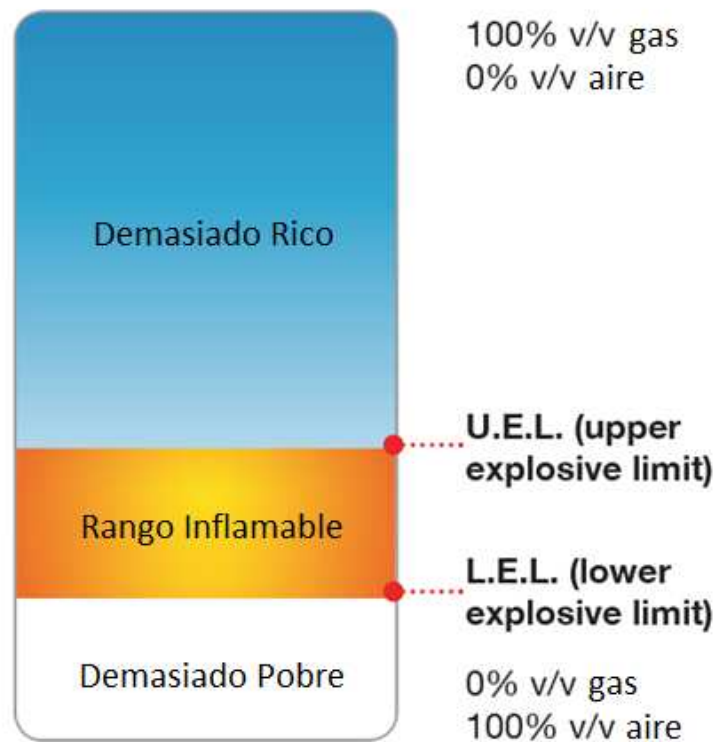


Figura. 1.5. Banda de Concentración de Gas/Aire.*

⁴ http://www.net-safety.com/resources/nsm_lalgas_training.pdf pag. 5

* Figura tomada de http://www.net-safety.com/resources/nsm_lalgas_training.pdf

Existen varias tecnologías para medir la concentración de gas, las más recomendables son: la medición por perlas catalizadoras, y por radiación Infrarroja IR.

La medición por perlas catalizadoras entrega una señal de voltaje en el orden de los milivoltios, mientras que el método Infrarrojo entrega una señal de 4 – 20 mA.

A varias longitudes de onda, la energía de Radiación Infrarroja es absorbida por gases combustibles. Esta pérdida de intensidad de Radiación Infrarroja es relacionada con la concentración de los gases. Diferentes gases absorben energía de Radiación Infrarroja a diferentes Longitudes de Onda como se muestra en la Figura. 1.6 a continuación.

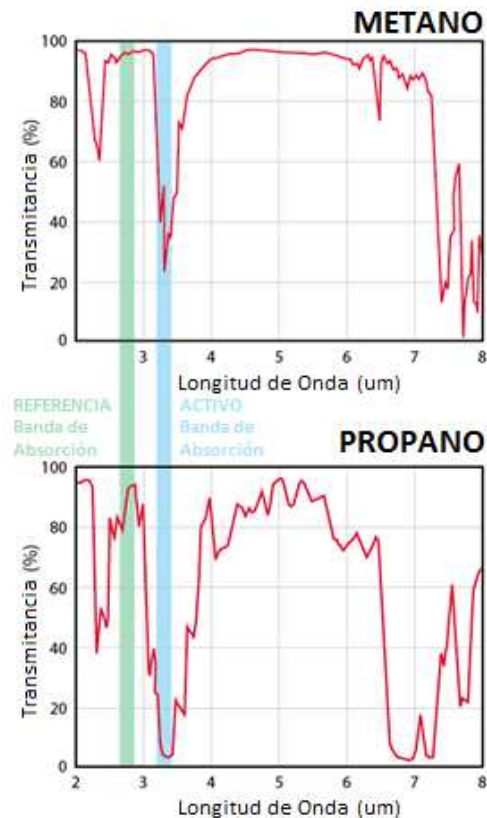


Figura. 1.6. Espectro de Onda de Metano y Propano.*

* Figura tomada de http://www.net-safety.com/resources/nsm_lalgas_training.pdf

El haz de referencia se filtra a una longitud de onda que no absorbe la energía infrarroja del gas dirigido, pero compensa las variables ambientales como la temperatura y la humedad.

En la Tecnología de radiación Infrarroja existen dos formas de medir la concentración de gas: con un sensor de haz simple un sensor de haz doble.

Cuando se usa un sensor de haz simple, no se necesita ninguna reflexión de IR, el camino del haz es desde el emisor hacia el sensor como se muestra en la Figura. 1.7.

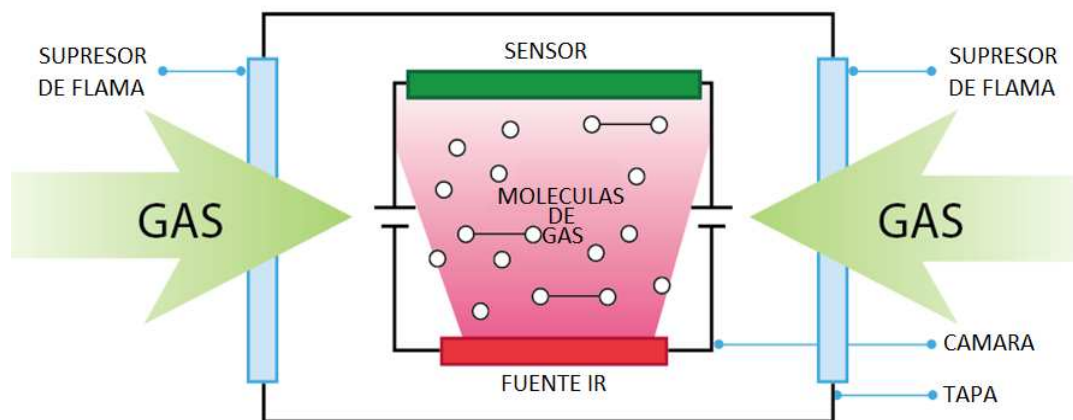


Figura. 1.7. Principio de Funcionamiento de un detector de gas con sensor de haz simple.*

“Al usar un sensor de haz doble, la Fuente IR dentro de la cámara emite un haz para un sensor activo y un haz para un sensor de referencia, estos haces son reflejados en la cámara por medio de un espejo especial pulido el cual conforma la recubierta interna de la cámara”⁵. Los sensores activo y de referencia reciben las longitudes de ondas emitidas por la Fuente IR. En la Figura. 1.8 se puede apreciar el camino de los haces de energía IR.

* Figura tomada de http://www.net-safety.com/resources/nsm_lclgas_training.pdf
⁵ http://www.net-safety.com/resources/nsm_lclgas_training.pdf pag. 9

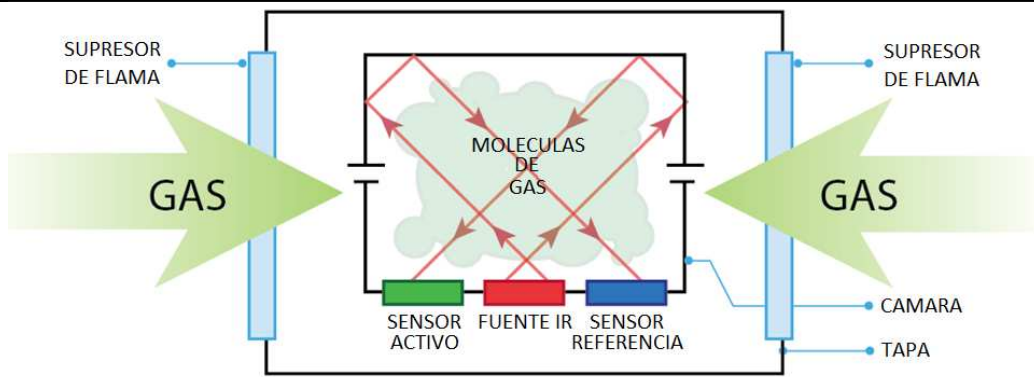


Figura. 1.8. Principio de Funcionamiento de un detector de gas con sensor de haz doble.*

La “comparación del sensor activo con el sensor de referencia”⁶ procesa e indica el estado del sensor como se muestra en la Figura. 1.9 mostrada a continuación.

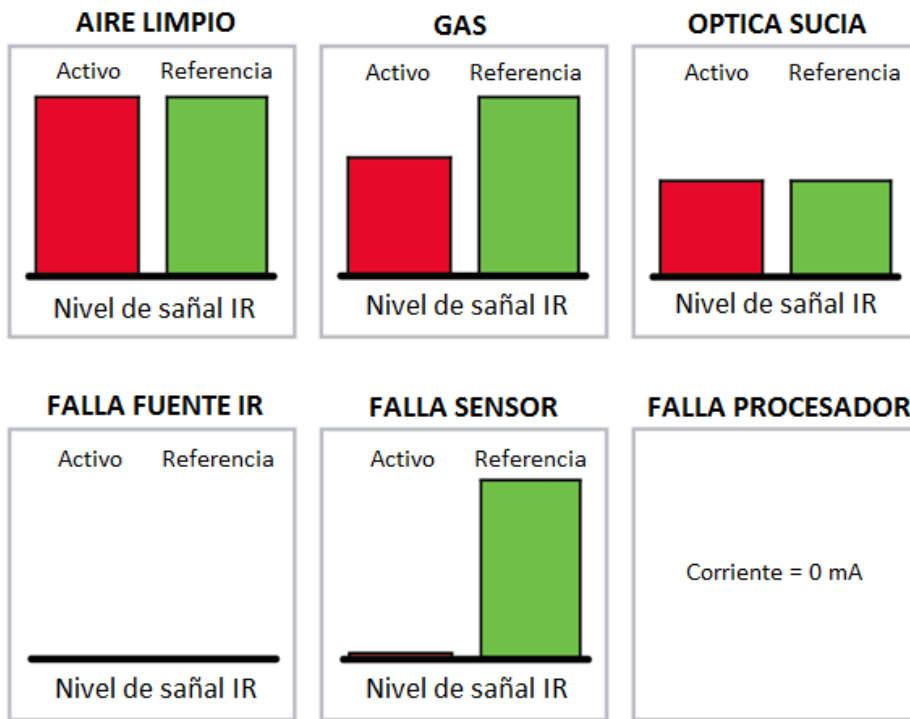


Figura. 1.9. Estados del Detector de Gas.*

En el presente proyecto se usarán detectores de gas con sensores de haz doble.

⁶ http://www.net-safety.com/resources/nsm_largas_training.pdf pag. 12

* Figura tomada de http://www.net-safety.com/resources/nsm_largas_training.pdf

- **Detector de Humo**

“Un detector de humo es un aparato de seguridad que detecta la presencia de humo en el aire y emite una señal acústica avisando el peligro de incendio”⁷. Atendiendo al método de detección que se usan pueden ser de varios tipos:

- **Detectores iónicos:** Utilizados para la detección de gases y humos de combustión que no son visibles a simple vista.
- **Detectores de humos:** Detectan los humos visibles mediante la absorción o difusión de la luz.

“El detector iónico contiene una cámara de ionización la cual contiene una ínfima cantidad (menos de 1 microgramo) de americio-241 (241Am) que emite radiación alfa. Este isótopo radioactivo emite partículas alfa (núcleos de helio de alta energía) durante siglos. Debido a la gran capacidad de ionizar el aire de las partículas alfa, solo una hoja de papel o unos 7 cm de aire son suficientes para absorberlas. La radiación pasa a través de una cámara abierta al aire en la que se encuentran dos electrodos, permitiendo una pequeña y constante corriente eléctrica. Si entra humo en esa cámara se reduce la ionización del aire y la corriente disminuye o incluso se interrumpe, con lo que se activa la alarma. Cuando el humo entra en la cámara de ionización, las partículas alfa quedan prácticamente inmovilizadas por los productos de la combustión, disminuyendo notablemente la corriente eléctrica”⁸.

- **Transmisor de Presión**

“La presión se define como la fuerza por unidad de superficie”⁹, en la Figura. 1.10 se puede tener una mejor comprensión:

⁷ <http://www.gcmexico.com/incendios.htm>

⁸ <http://electroalarmaseguridad.blogspot.com/>

⁹ <http://www.tecnoficio.com/docs/doc57.php>

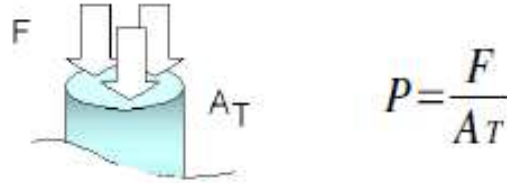


Figura. 1.10. Presión.*

Existen cuatro tipos de presión como se muestra en la Figura. 1.11.

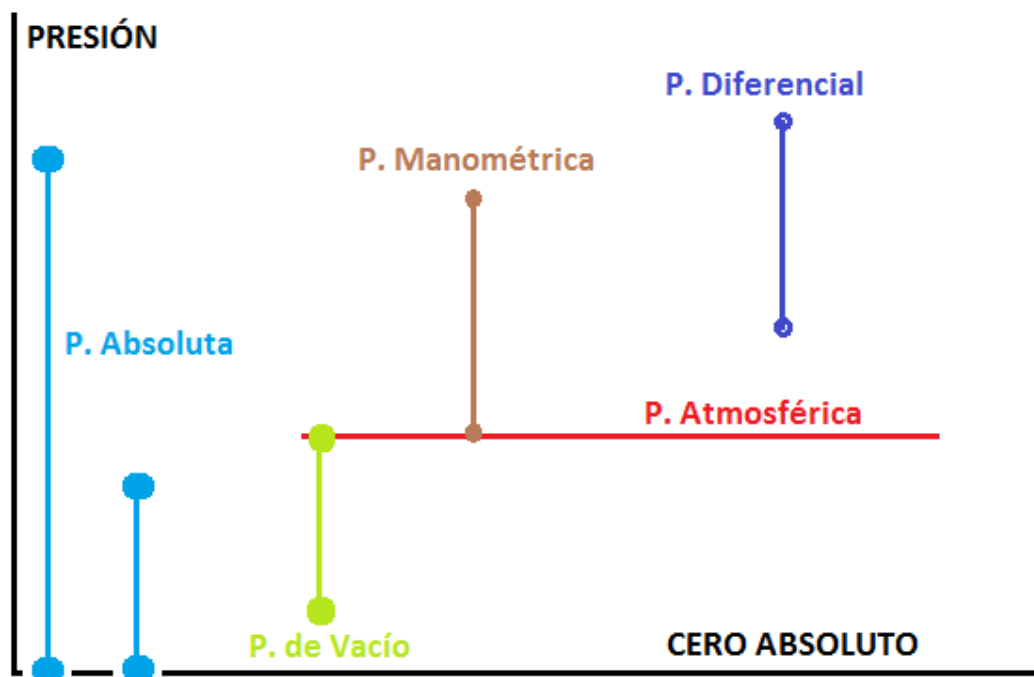


Figura. 1.11. Tipos de Presión.

- *Presión Absoluta.*- la que se mide con respecto al cero absoluto.
- *Presión Manométrica.*- Respecto a la presión atmosférica.
- *Presión de Vacío.*- Diferencia de presiones entra la presión atmosférica y el cero absoluto.
- *Presión Diferencial.*- Diferencia entre dos presiones."¹⁰

* Figura tomada de <http://www.tecnoficio.com/docs/doc57.php>

¹⁰ <http://www.sapiensman.com/ESDictionary/docs/d7.htm>

Existen varias formas de medir presión dependiendo de las necesidades como el valor de presión, temperatura, entre otras. En el caso del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2, estas variables no son críticas, debido a que se va a medir una presión de máximo 200 PSI's y la temperatura del agua no es alta, por lo cual se optó por usar el método más usado.

La manera más común en las industrias para medir presiones relativamente bajas es mediante transductores de presión de silicio difundido.

“Los transductores de presión de silicio difundido son una innovación de la galga extensiométrica. Estos consisten en un elemento de silicio situado dentro de una cámara conteniendo silicona que está en contacto con el proceso a través de un diafragma flexible. El sensor está fabricado a partir de un monocristal de silicio en cuyo seno se difunde boro para formar varios puentes de Wheatstone constituyendo así una galga extensiométrica autocontenida. El espesor del sensor determina el intervalo de medida del instrumento”¹¹. El sensor con su puente de Wheatstone incorporado forma parte del circuito mostrado en la Figura. 1.12:

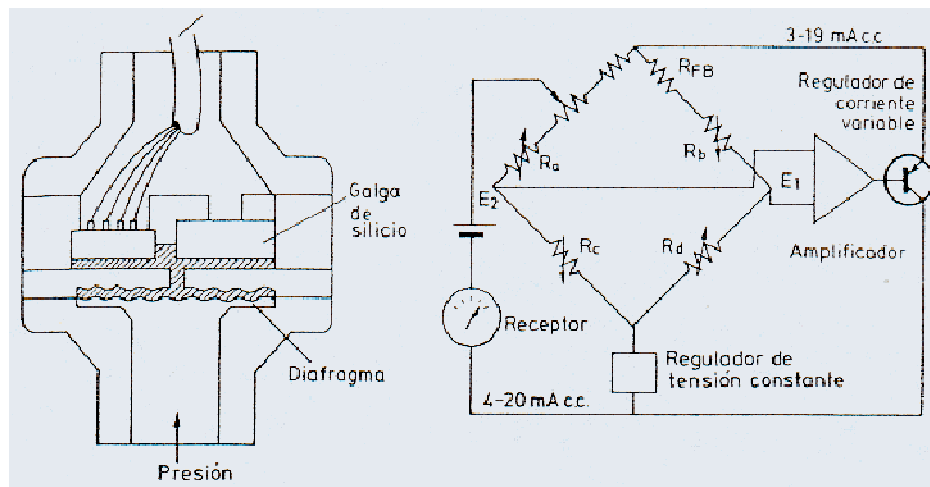


Figura. 1.12. Transductor de Presión.*

¹¹ <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica35.htm>

* Figura tomada de <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica35.htm>

El diafragma es un sensor que está típicamente construido por dos discos flexibles y cuando una presión es aplicada sobre una cara del diafragma, la posición de la cara del disco cambia por deformación. La posición está relacionada con la presión.

Una vez que la presión es procesada por el circuito mostrado en la Figura No. 1.12, este circuito entrega a su salida una señal de 4-20mA. La alimentación del transmisor es de 24 VDC.

- ***Transmisor de Nivel***

“Los medidores de nivel de agua están constituidos por dispositivos generalmente muy simples y, en algunos casos pueden ser construidos localmente en las mismas empresas de saneamiento o servicios de agua. Para medir nivel, la creatividad y el ingenio producen las soluciones más variadas. No obstante, existen entre otras, las siguientes formas clásicas de medir el nivel del agua:

- Regla limnimétrica.
- Tubo piezoeléctrico con visor de vidrio.
- Flotador.
- Medidor Neumático.
- Medidor con resistencia variable.
- Medidor con electrodos.”¹²

Para lo cual el medidor que más se ajusta a las necesidades del presente proyecto es el medidor de nivel por medio del Flotador debido a que el tanque tiene una altura de 5m. Los visores de vidrio, electrodos o algún otro método de los mencionados anteriormente se usan para tanques más pequeños. Este medidor deberá entregar una señal de 24VDC, 4mA a 20mA la cual represente de 0 a 100%, así se tiene un tipo de señal analógica la cual se usa comúnmente.

¹² <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/017575/017575-14.pdf>

- **Válvula Solenoide**

“La válvula solenoide es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada”¹³. La válvula solenoide es una válvula que cierra por gravedad, por presión o por la acción de un resorte; y es abierta por el movimiento de un émbolo operado por la acción magnética de una bobina energizada eléctricamente, o viceversa.

- **Válvula de diafragma**

Una válvula de diafragma contiene un diafragma y su actuador. El actuador se encarga de permitir la circulación de fluido en este caso agua. El actuador es accionado mediante el diafragma cuando este es presionado ya sea mediante agua o aire dependiendo el caso.

1.1.2. Clasificación de Incendios.

Según la sección 500.6 de la National Fire Protection Association NFPA, los incendios se pueden clasificar en cuatro grandes grupos según el material involucrado en este:

- **CLASE A**

En materiales sólidos comunes como madera, textiles, papel, hule, basura y similares.

- **CLASE B**

En líquidos combustibles e inflamables y gases como: aceites, gasolina, pinturas, lacas, grasas.

- **CLASE C**

En equipos eléctricos de baja tensión con riesgo de electrocución. Fuego en alambres, cajas de fusibles, equipaje eléctrico y otros orígenes de electricidad.

¹³ <http://www.ferroneumatica.com.co/2009/04/29/valvula-solenoide/>

- CLASE D

En metales combustibles y en compuestos químicos reactivos que requieren agentes extintores especiales.”¹⁴

Para el caso de una industria petrolera como la Estación de Captación de gas Sacha Norte 2, están involucradas las clases B y C. En el sector del campo se puede producir un incendio Clase B y en el panel de control un incendio Clase C.

“Para prevenir o atacar el fuego Clase B se usa agua o espumógeno (emulsificador que actúa sobre el fuego como una barrera que impide la llegada de oxígeno a la reacción química de la combustión) de ser necesario, mientras que para prevenir el fuego Clase C se lo hace por medio de gas carbónico (compuesto químico, CO₂).”¹⁵

1.1.3. Normas de Seguridad.

En un sistema contraincendios es necesario tomar en cuenta varios aspectos para el diseño del sistema en sí, pues existen normas definidas que nos proporcionan información para tener un criterio acorde al diseño y la implementación del sistema.

“La NFPA (National Fire Protection Association), una entidad internacional voluntaria creada para promover la protección y prevención contra el fuego, es ampliamente conocida por sus estándares (National Fire Codes), a través de los cuales recomienda prácticas seguras desarrolladas por personal experto en el control de incendios.”¹⁶

Se han considerado las normas NFPA para conocer la clase de fuego se va a prevenir y/o contrarrestar como se vio en la sección de CLASIFICACION DE

¹⁴ <http://www.pilos.com.co/prevencion-de-riesgos/que-hacer-en-caso-de-incendio/>

¹⁵ REHABILITACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA DE GAS DEL COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI DE PETROINDUSTRIAL, SANTAMARÍA JIMÉNEZ Andrés Vinicio, pág. 3

¹⁶ <http://www.arsura.com/cistema/articulos/142/>

INCENDIOS, además se usa la norma para el diseño y la implementación del sistema contraincendios como se verá en el capítulo 2 del presente documento. A continuación se explica las normas que se usaron para el presente proyecto:

NFPA 1, CÓDIGO DE FUEGO. EDICION 2009

“Aprobado internacionalmente, contiene extractos de las referencias a más de 130 códigos NFPA y las normas que abarcan la gama completa de protección contra incendios y en temas de seguridad de vida.”¹⁷

NFPA 54, CÓDIGO NACIONAL DE GAS COMBUSTIBLE. EDICION 2009

Permite tener instalaciones más seguras y una mejor protección contra los incendios y explosiones. Además proporciona un medio más eficaz para garantizar la seguridad en las instalaciones que poseen gases combustibles.

Basado en los resultados de las propuestas de los usuarios del Código, se presenta los criterios de última generación para la instalación y operación de sistemas de tuberías de gas, electrodomésticos, equipos y accesorios relacionados.

NFPA 70, CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL. EDICION 2008

“Este código tiene como objetivo la protección práctica de personas y bienes de los peligros provenientes del uso de la electricidad. Este código se aplica a la instalación de conductores eléctricos, equipos, señalización, comunicaciones, cables de fibra óptica y canalizaciones.”¹⁸

¹⁷ DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE FUEGO Y GAS PARA LA NUEVA ÁREA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA (GAS-CRUDO) DE PETROAMAZONAS, LARCO POZO Alexander Roberto, Pág. 6.

¹⁸ DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE FUEGO Y GAS PARA LA NUEVA ÁREA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA (GAS-CRUDO) DE PETROAMAZONAS, LARCO POZO Alexander Roberto, Pág. 7.

**NFPA 72, CÓDIGO NACIONAL DE ALARMA DE FUEGO Y SEÑALIZACIÓN.
EDICIÓN 2010.**

Este código comprende el Diseño, aplicación, instalación, ubicación, desempeño, inspección, pruebas y mantenimiento de los sistemas de alarmas de incendios.

“Para la seguridad de sistemas contraincendios la NFPA tiene normas referentes al almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles (NFPA 30), así como también al manejo de gases inflamables (NFPA 54)”¹⁹.

A pesar de existir varias normas para la protección de una industria, no existe ninguna norma para proteger una industria petrolera, por lo cual muchos de los criterios aplicados al diseño del sistema contraincendios han sido elegidos mediante acuerdos con el personal de ingeniería de EP-PETROECUADOR.

1.1.4. Clasificación de Áreas Peligrosas.

“El Código Nacional Eléctrico (NEC) en sus Artículos 500 al 504, publican una clasificación de áreas peligrosas de acuerdo con el material combustible presente; así como la frecuencia y tipo de permanencia con que se encuentra en el lugar. De esta forma, el área peligrosa queda definida especificando la Clase y la División a la que pertenece.

- **CLASE 1** : (Gas) Gases o vapores flamables presentes en el aire en cantidades suficientes para producir una ignición o explosión.
- **CLASE 2** : (Polvos) Polvos combustibles presentes en el aire en cantidades suficientes para producir una ignición o explosión.

¹⁹ REHABILITACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA DE GAS DEL COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI DE PETROINDUSTRIAL, SANTAMARÍA JIMÉNEZ Andrés Vinicio, pág. 3

- **CLASE 3 :** (Fibras) Fibras o partículas volátiles presentes en lugares pero poco probable que permanezcan en suspensión para producir mezclas inflamables.
- **DIVISIÓN 1 :** Concentraciones inflamables de gases, vapores ó líquidos pueden estar presentes en condiciones normales de operación.
- **DIVISIÓN 2 :** Concentraciones inflamables de gases, vapores ó líquidos que no están presentes en condiciones normales de operación.
- **GRUPOS :** Clasifican la exacta naturaleza de flamabilidad del material definidos por letras. Grupo A, B, C, D están dentro de la Clase I (Gases y Vapores). Grupos E, F y G están dentro de la clase II. (Polvos). En la clase III no hay grupos.

✓ **CLASE 1, DIVISIÓN 1**

Es donde existe alguna de las siguientes condiciones:

- Cuando bajo condiciones normales de operación, existen concentraciones de gases o vapores inflamables.
- Cuando frecuentemente debido a labores de reparación, mantenimiento o fugas, existen concentraciones en cantidades peligrosas de gases o vapores.
- Cuando debido a roturas o mal funcionamiento de equipos o procesos pueden liberarse concentraciones inflamables de gases o vapores, y pueden causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico y convertirse en una fuente de ignición.

✓ **CLASE I, DIVISIÓN 2**

Es donde existe alguna de las siguientes condiciones:

- Donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en donde normalmente los líquidos, vapores y gases están confinados dentro de recipientes o sistemas cerrados, donde éstos pueden escapar solamente en caso de ruptura accidental, avería de recipientes o sistemas, o en el caso de una operación anormal del equipo.
- Lugares en donde concentraciones inflamables de gases o vapores son normalmente prevenidas por medio de una ventilación mecánica positiva, y la cual puede convertirse en peligrosa por la falla o la operación anormal del equipo de ventilación.
- El lugar se encuentra adyacente a un lugar de Clase I, División 1, hacia donde pueden llegar ocasionalmente concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que la comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio, y se disponga de dispositivos adecuados para evitar las fallas del sistema de ventilación.

✓ **CLASE II, DIVISIÓN 1**

Es donde existe alguna de estas condiciones:

- Cuando bajo condiciones normales de operación hay polvo combustible en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o incendiarias.
- Cuando una falla mecánica o un funcionamiento anormal de una maquinaria o equipo, puede causar explosión o producir mezclas explosivas y puede también proporcionar la fuente de ignición por medio de una falla simultánea del equipo eléctrico, la operación de los equipos de protección, o de otras causas.
- Cuando polvos combustibles que por naturaleza son eléctricamente conductivos, pueden estar presentes en cantidades peligrosas.

✓ **CLASE II, DIVISIÓN 2**

Es donde existe alguna de las condiciones siguientes:

Cuando el polvo combustible no esta generalmente en el aire en suficiente cantidad para producir mezclas explosivas o inflamables, y las acumulaciones de polvo son generalmente insuficientes para interferir con la operación de los equipos eléctricos o de otros aparatos, pero el polvo combustible puede estar en suspensión en el aire como resultado de un ocasional mal funcionamiento de los equipos de manejo o procesos, y las acumulaciones de polvo combustible sobre, o dentro del equipo eléctrico, pueden ser suficientes para interferir con la disipación segura de calor del equipo eléctrico o incendiarse por medio de operaciones anormales o falla del equipo eléctrico.

✓ **CLASE III, DIVISIÓN 1**

Es donde se manejan, manufacturan o se usan fibras inflamables o materiales que producen partículas volátiles inflamables.

✓ **CLASE III, DIVISIÓN 2**

Es donde se almacenan o manejan fibras fácilmente inflamables, a excepción del proceso de la manufactura que no ofrecen el peligro de inflamarse.

El artículo 100 NOM-001-SEDE y de NEC (Definiciones) define los aparatos a prueba de explosión como un aparato encerrado o confinado en una caja que:

- Es capaz de resistir una explosión de un gas o vapor que puede ocurrir dentro de la caja.

- Es capaz de prevenir el encendido de un gas o vapor circundante a la caja por chispas, destellos o la explosión del gas o vapor dentro de la caja.

- Ser capaz de funcionar a una temperatura exterior tal que la atmósfera inflamable que le rodea no podrá ser encendida por su causa.

Con el propósito de evaluación, aprobación y clasificación de las áreas peligrosas de las Clases I y II, varias mezclas de aire se han dividido en grupos.

Estos grupos se han formado con base en la temperatura de ignición y otros factores que determinan el grado de peligrosidad de estas atmósferas.

A continuación se indican dichos grupos de acuerdo a la clase y el tipo de sustancias que contienen:

Grupo A: Atmósferas que contengan: Acetileno.

Grupo B: Atmósferas que contengan Hidrógeno, combustibles y procesos de gases; combustibles que contengan más del 30 % de hidrógeno en volumen, o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupo C: Atmósferas tales como Éter etílico, Etileno, o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupo D: Atmósferas tales como: Gasolina, propano ó gases ó vapores de peligrosidad equivalente:

- Acetona – Amoniaco – Benceno – Butano – Ciclopropano – Etanol – Hexano – Metanol - Gas natural - Nafta.

Grupo E: Atmósferas que contengan polvos metálicos combustibles, incluyendo Aluminio, Magnesio y sus aleaciones comerciales y otros polvos

combustibles, donde el tamaño de partículas, abrasión y conductividad presenten peligro similar en la utilización del equipo eléctrico.

Grupo F: Atmósferas que contienen polvos de carbón combustibles, incluyendo Negro de carbón, Carbón mineral, Carbón vegetal o Coque con más del 8 % del total de los minerales volátiles, o polvos sensibilizados por otros materiales, de forma que aquellos presenten un peligro de explosión. No representan peligro para equipos de 600 volts ó menores.

Grupo G: Atmósferas que contengan polvos combustibles no incluidos en los grupos E y F, incluyendo Harina, Granos, Madera Plásticos y Químicos. ²⁰

1.2. Sistema Contra incendios.

Un sistema Contra incendios básicamente se encarga de evitar que se produzca fuego, para ello, es necesario que no estén unidos los 3 elementos principales del triangulo de fuego como se mostró en la Figura No. 1.1.

Para ello es necesario conocer la clase de fuego que se tiene y la forma de contrarrestarlo. Con el fin de conocer estos parámetros, se ha dividido el sistema contra incendios en 3 grupos los cuales ayudan a tener claro las etapas de un incendio. Estos grupos son:

- Detección,
- Extinción, y,
- Sistema de Control.

A continuación se brinda una explicación de las funciones que cumple cada grupo:

²⁰ <http://www.tecnologia.cl/Catalogos/informacion%20de%20utilidad/Clasificacion%20areas%20peligrosas.pdf>

1.2.1. Detección.

Este grupo tiene por objetivo sensor la existencia de una posible causa de incendio o en su defecto, la presencia de un incendio.

Para ello se necesitan instrumentos detectores de las variables que pueden llegar a formar el incendio, por lo cual se van a usar detectores de Flama, detectores de Gas y un detector de Humo.

Al ubicar estratégicamente estos detectores se logrará conocer donde se encuentra el incidente que puede convertirse en incidente.

Por otra parte si el accidente es inevitable, se conocerá el lugar del accidente y así se podrá contrarrestar el incendio de forma automática y en el peor de los casos de forma manual.

En el sistema de detección también intervienen otros sensores como son los indicadores de nivel de agua y de presión de la línea de agua para el sistema de extinción.

1.2.2. Extinción.

En el caso del grupo de extinción, su función es contrarrestar cualquier conato de incendio que pueda suscitarse en la estación de captación de gas Sacha Norte 2. Para esto es necesario quitar uno de los tres elementos del triángulo de fuego, esto se lo puede hacer con agua o espumógeno, en este caso se lo hará con agua.

Al existir un indicio de gas detectado por el grupo de detección, el grupo de extinción aleja este elemento del área, así no se combina con cualquier tipo de calor que se pueda existir alrededor.

Si el elemento combustible en este caso gas, de alguna forma logra combinarse con el elemento calor por ejemplo una chispa, y se produce fuego, el grupo de extinción contrarresta ambos elementos eliminando así la existencia de fuego.

Es necesario ubicar estratégicamente las salidas de agua del grupo de extinción, estos son los rociadores y los hidrantes, pues estos darán la dirección de la salida del agua.

La alarma sonora y la luz licuadora se activaran una vez que se active automáticamente alguna salida de agua o se detecte humo en el cuarto de control.

1.2.3. Sistema de Control.

El sistema de control se encarga de obtener las señales del grupo de detección con el fin de procesar mediante una lógica para poder tomar decisiones y enviar señales al grupo de extinción.

El sistema de control básicamente se encarga de automatizar el sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2, pues aquí llegan todas las señales de campo. El sistema de control constituye un PLC Allen Bradley Compact Logix L31 y un computador industrial también llamado Workstation en el cual se tiene una Interfaz Humano Maquina HMI.

El control del sistema contraincendios se lo hace mediante lógica escalera "ladder" en el PLC, sin embargo se puede controlar pequeños detalles de visualización en la configuración de la interfaz HMI. La interfaz HMI es una parte fundamental del sistema de control del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2, pues este cierra el lazo principal de control, todo lazo de control necesita la supervisión de un humano.

El PLC se comunica mediante una conexión RS-232 (Recommended Standard) con su respectivo Workstation con el fin de interactuar con la interfaz HMI. Para su conexión se usa un cable Serial como se muestra en la Figura No. 1.13.

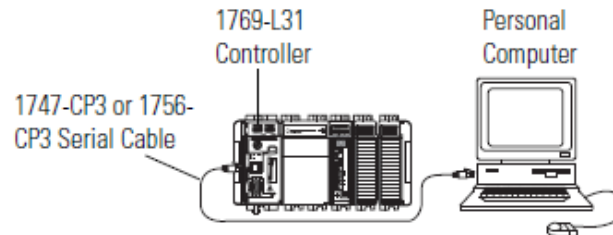


Figura. 1.13. Comunicación PLC – Workstation.*

El PLC se encuentra en el Tablero de control con su respectiva fuente de poder y sus protecciones, en el tablero de control llegan todas las señales de campo y del cuarto de control. Para el PLC se necesita saber el número de entradas y salidas que tiene el sistema en general, también se necesita saber el tipo de entradas y salidas que tiene el sistema. Conociendo lo mencionado, se establece los módulos que se necesitan.

* Figura Tomada de Allen Bradley 1790 CompactLogix Controllers User Manual

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA CONTRAINCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2.

En el presente capítulo se realiza un análisis general del sistema contraincendios con el fin de tener un diseño a seguir, este diseño servirá para el desarrollo y la comprensión de los posteriores capítulos.

El objetivo de este diseño es conocer el origen y el destino de las variables involucradas en el sistema, pues es importante la función de cada variable tanto en campo como en el cuarto de control.

2.1. Diagrama en bloques del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

En la Figura. 2.1 mostrada a continuación se puede observar un diagrama de bloques en general del sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2, este diagrama tiene la finalidad de ilustrar de una forma amplia la ubicación y función de los tres grupos del sistema contraincendios definidos anteriormente en el capítulo 1 del presente documento.

Como se observa en la Figura. 2.1, el sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2 tiene tres niveles para la automatización: Operación, Control, e Instrumentación.

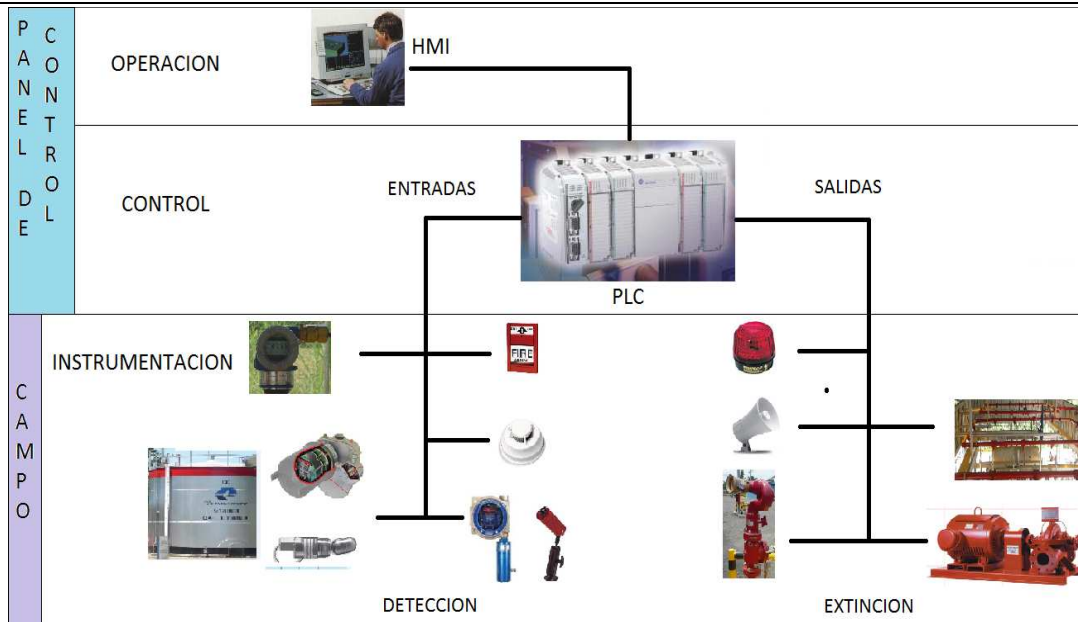


Figura. 2.1. Diagrama en bloques del sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

En el nivel de Operación se encuentra la Interfaz HMI la cual permite al operador interactuar con el sistema.

El nivel de Control se encarga de procesar las variables involucradas, mostrarlas en el nivel de operación, y activar los actuadores en el nivel de instrumentación.

El nivel de instrumentación generalmente ubicado en el campo, constituye todos los instrumentos y equipos necesarios para cumplir las funciones de los grupos de detección y extinción pertenecientes al sistema contraincendios.

2.2. Zonificación de la estación de acuerdo a la clasificación de áreas peligrosas.

Con el fin de tener una mejor visualización del sistema, se ha distribuido por zonas a la estación de captación de gas Sacha Norte 2. Esta distribución se la puede apreciar en la Tabla. 2.1 mostrada a continuación:

Tabla. 2.1. Zonificación de la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

ZONA	UBICACION
1	Cuarto de Control
2	Tanque de Reserva de Agua
3	Hangar de Bombas
4	Cabezal
5	Manifold de Distribución de Agua
6	Hangar de Skid de Líquidos de Alta
7	Hangar de Skid de Líquidos de Baja
8	Hangar Ajax
9	Hangar Fuller

1. **Cuarto de Control.-** A esta zona llegan las señales del campo, estas son procesadas y mostradas al operador.
2. **Tanque de Reserva de Agua.-** Esta zona comprende un transmisor de nivel, dos indicadores de nivel y como es lógico el tanque de reserva de Agua. Ésta zona almacena el agua necesaria para el grupo de extinción.
3. **Hangar de Bombas.-** En esta zona se encuentran las tres bombas con sus respectivos tableros de arranque. Las bombas permiten que el grupo de extinción tenga una presión de agua suficiente.
4. **Cabezal.-** Las diferentes líneas de salida de agua se derivan del cabezal, pues en este se va a mantener la presión necesaria para que las salidas de agua permitan tener fuerza al distribuir el agua.
5. **Manifold de Distribución de Agua.-** En esta zona se encuentran las electroválvulas que permiten la descarga de agua de los rociadores. Cada electroválvula tiene un solenoide la cual recibe una señal eléctrica del cuarto de control.

6. Hangar de Skid de Líquidos de Alta.- En esta zona se encuentra un detector de flama, un detector de gas, un rociador y un hidrante. El hidrante es compartido con la zona 7.

7. Hangar de Skid de Líquidos de Baja.- En esta zona se encuentra un detector de flama, un detector de gas, un rociador y un hidrante. El hidrante es compartido con la zona 6.

8. Hangar Ajax.- En esta zona se encuentra un detector de flama, un detector de gas, un rociador y un hidrante.

9. Hangar Fuller.- En esta zona se encuentra un detector de flama, un detector de gas, un rociador y un hidrante.

Según la clasificación de áreas peligrosas mencionada en el capítulo 1, las zonas 3, 4, 6, 7, 8, y 9 pertenecen a la Clase 1 División 1.

Las zonas 6, 7, 8 y 9 están propensas a incendios pues en estas zonas se manejan gases inflamables, por lo cual son las zonas principales a proteger mediante detectores de gas y fuego así como rociadores e hidrantes.

Es necesario conocer el número de detectores que protegen cada área por ello se debe conocer el rango de detección de los detectores.

A continuación se muestra la Tabla. 2.2 la cual contiene las distancias que alcanza el detector según el combustible que produzca la flama.

Tabla. 2.2. Distancia de detección de los detectores de Flama.

Response Testing			
Fuel	Size	Distance (ft)	Average Response Time (Seconds)
n-Heptane	1' x 1'	140	10.79
Methanol	1' x 1'	40	9.75
Methane	30" Plume	100	5.93
Propane	16" Plume	35	4.04
Jet Fuel	1' x 1'	90	4.69
Diesel	1' x 1'	80	5.06
Lube Oil	1' x 1'	50	6.68
Ethanol	1' x 1'	60	5.66
Gasoline	1' x 1'	120	5.89

Como se observa en la Tabla. 2.2 la distancia máxima de detección está entre 10,6m. (35ft) y 42,7m. (140ft) el detector debe estar apuntando a la parte central de la zona a la cual se desea proteger, además el campo de visión es de 90° como se observa en la Figura. 2.2 mostrada a continuación.

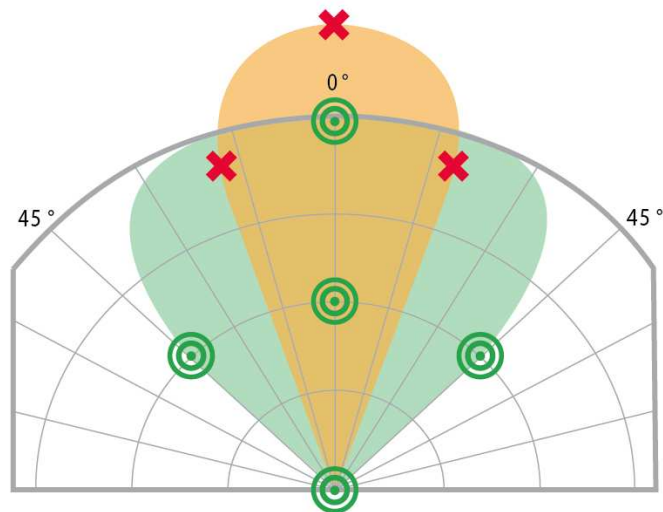


Figura. 2.2. Campo de Visión detector de flama.*

* Tabla/Figura tomada de Net Safety Ultraviolet/Infrared Flame Detector User manual.

* Figura Tomada de Net Safety Ultraviolet/Infrared Flame Detector User manual.

A continuación en la Figura. 2.3 se puede apreciar de una mejor manera el campo de visión del detector de flama.

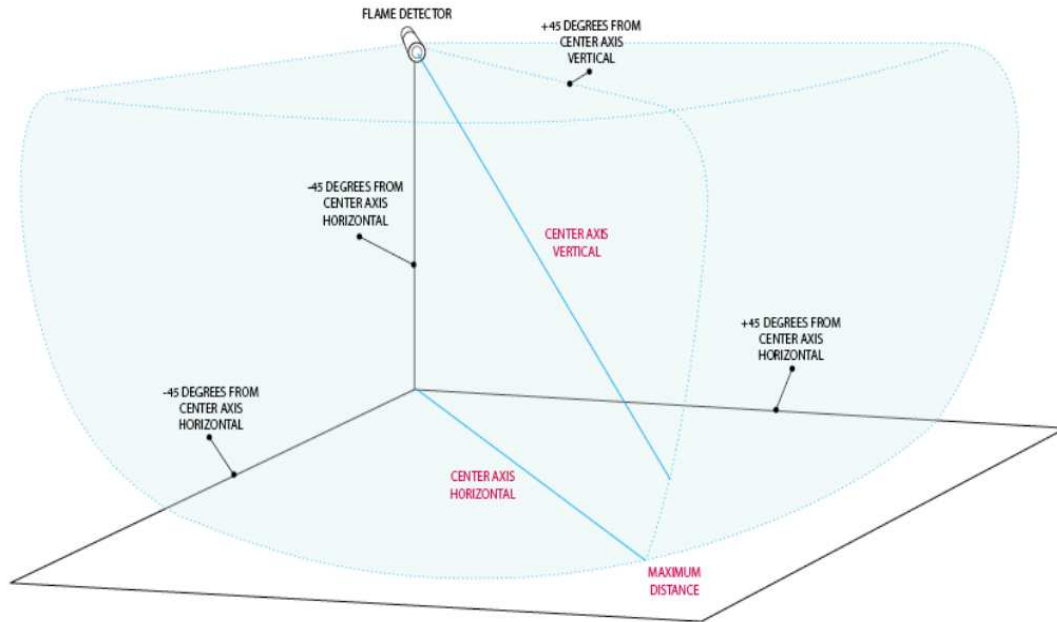


Figura. 2.3. Campo de Visión detector de flama.*

Por lo general se instala un detector de flama en cada esquina un área cuadrada para abarcar toda la superficie como se muestra en la Figura. 2.4 a continuación.

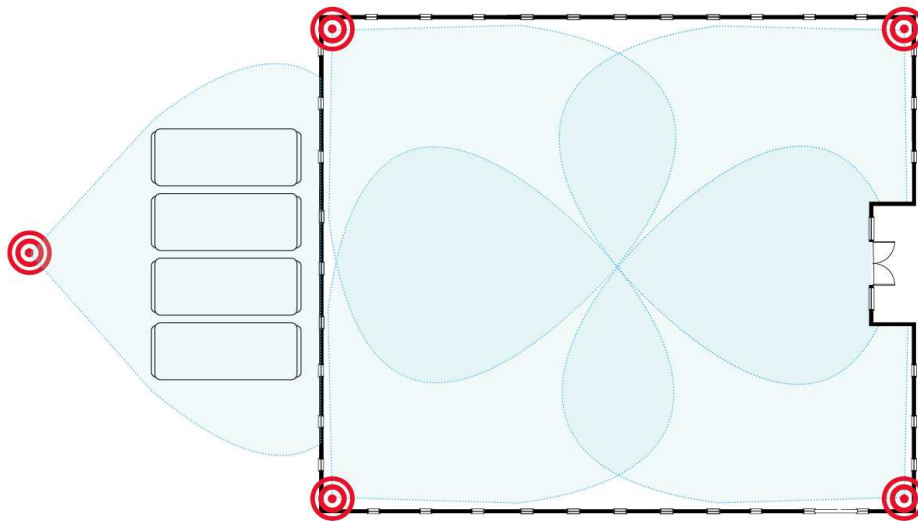


Figura. 2.4. Ubicación típica de detectores de flama.*

En el caso del presente proyecto son dos áreas rectangulares y cada una con dos zonas para proteger. A cada zona se asocia un detector de flama.

El mínimo valor de la distancia máxima es 10,6m. por lo cual cada detector debe ser ubicado en la parte superior del hangar. Cada hangar contiene dos zonas y dos detectores de flama como se muestra a continuación en la Figura. 2.5.

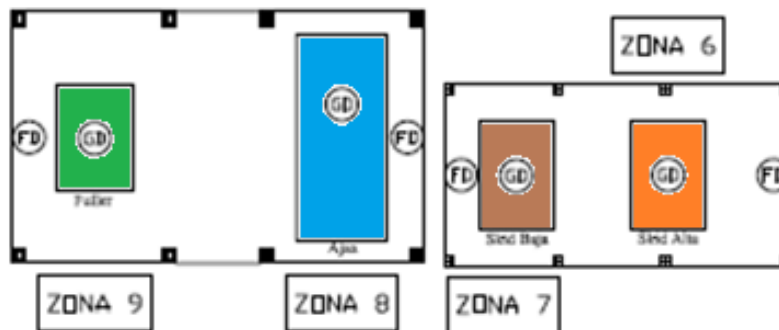


Figura. 2.5. Ubicación de detectores en hangares.

También se observa en la Figura. 2.5 que cada zona tiene un detector de gas. Este detector se ubica en cada zona debido a que cada zona contiene equipos como son los skids de líquidos y los compresores Fuller y Ajax.

El detector de gas debe ser ubicado en lugares donde puede existir más concentración de gas para ejecutar una acción de forma rápida para eliminar la presencia de gas y así prevenir que este incidente se convierta en accidente.

En la Figura. 2.6 mostrada a continuación se puede apreciar la ubicación de las zonas mencionadas anteriormente. Dicha figura contiene los instrumentos de campo más importantes en cada zona.

Posteriormente se realizará una mayor descripción de los instrumentos de campo.

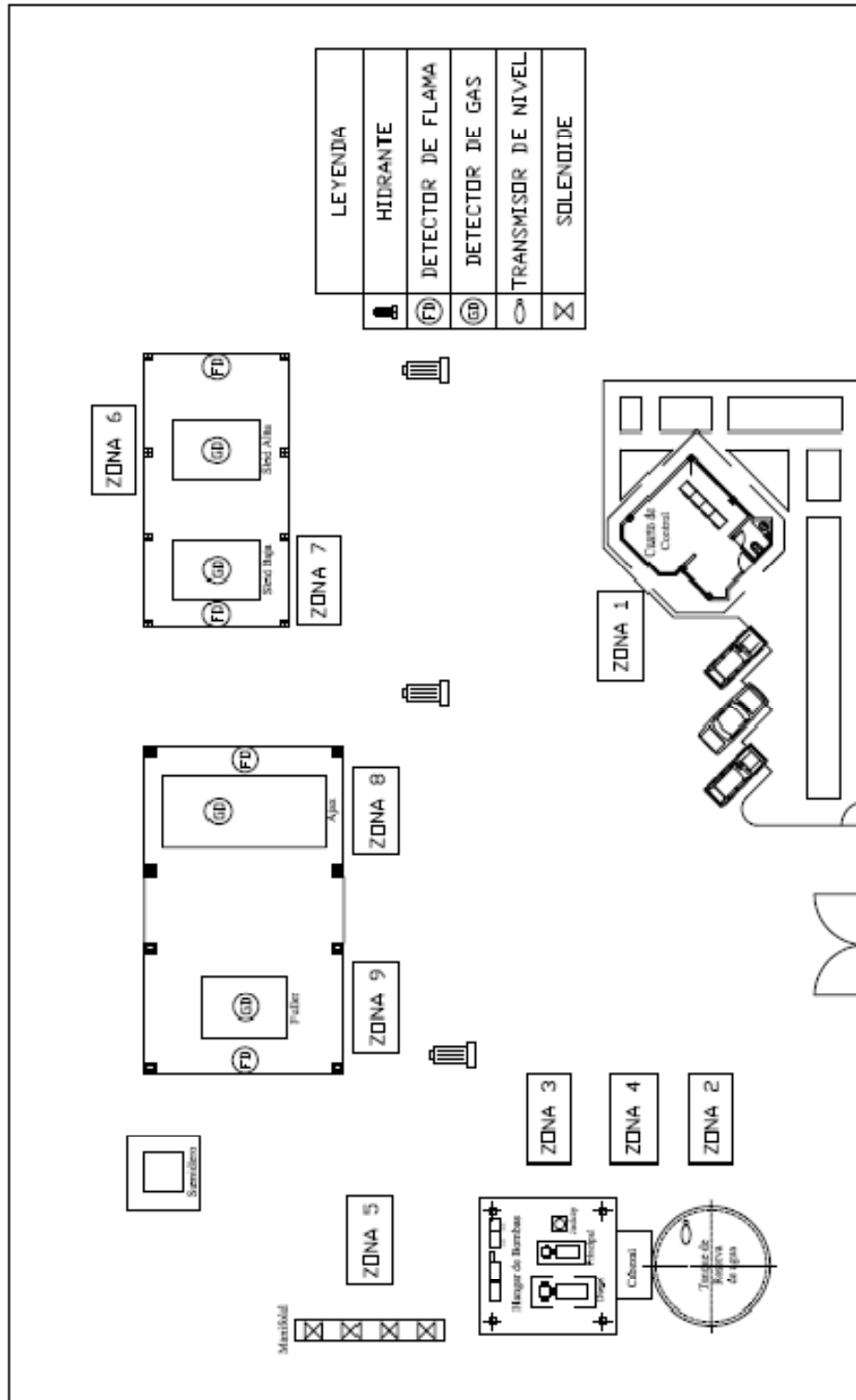


Figura. 2.6. Zonificación de la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

2.3. Definición del proceso de funcionamiento del sistema contra incendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

El sistema constituirá tres etapas de diseño las cuales son desarrolladas conjuntamente, estas etapas son detección extinción y sistema de control:

2.3.1. Detección.

En la detección se encuentran todos los instrumentos que verifican la presencia de uno de los elementos del triángulo de fuego, enviando una señal al sistema de control para que actúe el grupo de extinción. En síntesis los instrumentos que intervienen en el grupo de detección se muestran a continuación en la Tabla. 2.3.

Tabla. 2.3. Instrumentos de Detección.

INSTRUMENTO	CANTIDAD
Detector de Flama	4
Detector de Gas	4
Detector de Humo	1
Botonera de Emergencia	1
Transmisor de Presión de Agua	1
Transmisor de Nivel de Agua	1
Indicadores de Nivel de Agua	2

2.3.2. Extinción.

En la extinción se encuentran los actuadores encargados de activarse o desactivarse según las órdenes del sistema de control con el fin de separar los elementos del triángulo de fuego.

El grupo de extinción está constituido por los instrumentos y equipos mostrados a continuación en la Tabla. 2.4.

Tabla. 2.4. Instrumentos y Equipos de Extinción.

INSTRUMENTO O EQUIPO	CANTIDAD
Hidrante	3
Rociador	4
Bomba Jockey	1
Bomba Eléctrica	1
Bomba Diesel	1
Alarma Sonora	1
Luz Licuadora	1

El agua que sale por los rociadores e hidrantes necesita tener una presión alta de salida, esta presión es aproximadamente 120 PSI's (Pounds per Square Inchs) dependiendo de cuantas salidas de agua estén abiertas. La línea de agua se mantiene siempre presionada con la Bomba Jockey con el fin de que cuando se abra un hidrante o rociador el agua salga con la presión necesaria.

Si una salida de agua es abierta, la presión de la línea de agua bajará y la bomba Jockey no logrará proporcionar la presión necesaria, pues será el momento en que entre a trabajar la bomba Eléctrica. La bomba eléctrica proporciona mayor presión a la línea de agua.

En el caso extremo en que se active la botonera de emergencia, se activarán las todas las salidas de agua, y se encenderán tanto la bomba eléctrica como la bomba diesel.

La bomba Eléctrica y la bomba Diesel, tienen su propio tablero de arranque. Este tablero tiene la opción de recibir una señal de encendido remoto, por lo tanto estas bombas podrán ser arrancadas en modo manual y en modo remoto es decir desde el panel de control.

Además los tableros de las tres bombas tienen interruptores de presión los cuales permiten arrancar y parar automáticamente a la bomba según la presión de la línea. A continuación en la Tabla. 2.5, se muestran las presiones de arranque y parada de las tres bombas.

Tabla. 2.5. Seteo de Presiones de arranque y parada de Bombas.

BOMBA	ARRANQUE	PARADA
JOCKEY	<60 PSI's	>150 PSI's
ELECTRICA	<50 PSI's	>150 PSI's
DIESEL	<20 PSI'S	>150 PSI's

Como se muestra en la Tabla. 2.5, la última bomba en responder es la bomba Diesel y la que siempre va a mantener presurizada la línea de agua es la bomba Jockey. Si llegaran a arrancar las tres bombas, las tres se apagarán cuando la presión supere los 150 PSI's, esto indicará que se han cerrado salidas y la presión en la línea de agua debe disminuir.

2.3.3. Sistema de Control.

El sistema de control toma las señales de detección para procesarlas y tomar decisiones en las acciones que son entregadas al grupo de extinción. Ese procesamiento lo hace mediante una lógica, la cual está sujeta al diseño de una matriz causa-efecto. La matriz causa-efecto se muestra en el desarrollo de la lógica en el siguiente capítulo.

Para un mejor entendimiento del funcionamiento del sistema, en el anexo 1 se ilustra un diagrama P&ID (diagrama de proceso e instrumentación).

2.4. Estructura del cableado de acuerdo a normas de seguridad.

Para evitar problemas en el cableado, "es necesario conocer la sección del cable que se usa, para esto es necesario tener en cuenta algunos parámetros como:

- Caída de tensión admisible (V).
- Corriente de consumo (I).
- Resistencia (R).

- Largo del conductor (L).
- Resistencia específica del material (f).

Estos parámetros nos ayudan a calcular la sección (S) del conductor con la siguiente fórmula:

$$S = f \frac{L}{R}$$

Donde R podemos calcular mediante la ley de ohm.

$$R = \frac{V}{I}$$

La resistencia específica del material (f) es una constante que tiene cada material, en este caso el material es cobre y el valor de su resistencia específica es 0,0173”²¹.

La corriente de consumo es la corriente que consume el equipo que se va a conectar por ejemplo los detectores.

El consumo de cada equipo se detalla en el anexo 2. El anexo 2 contiene las hojas técnicas de los equipos e instrumentos usados en el presente proyecto.

Una vez calculada la sección o área del conductor, se acude a revisar la correspondencia del estándar de cables AWG (American Wire Gauge), la cual se puede observar a continuación en la Tabla. 2.6.

En el caso del presente proyecto, se usará cable No. 14 AWG y cable No. 16 AWG.

²¹ <http://iw.lvhsa.com.ar/Documentos/LVHirrigation%20-%20Calculo%20caida%20tension%20y%20seccion%20conductor.pdf>

Tabla. 2.6. Tabla de conversión AWG-Sección.

AWG	Diam. mm	Area mm ²	AWG	Diam. mm	Area mm ²
1	7.35	42.40	16	1.29	1.31
2	6.54	33.60	17	1.15	1.04
3	5.86	27.00	18	1.024	0.823
4	5.19	21.20	19	0.912	0.653
5	4.62	16.80	20	0.812	0.519
6	4.11	13.30	21	0.723	0.412
7	3.67	10.60	22	0.644	0.325
8	3.26	8.35	23	0.573	0.259
9	2.91	6.62	24	0.511	0.205
10	2.59	5.27	25	0.455	0.163
11	2.30	4.15	26	0.405	0.128
12	2.05	3.31	27	0.361	0.102
13	1.83	2.63	28	0.321	0.0804
14	1.63	2.08	29	0.286	0.0646
15	1.45	1.65	30	0.255	0.0503

El cable No. 14 AWG es usado para el grupo de instrumentos de extinción y el cable No. 16 para el grupo de instrumentos de detección.

Con el objeto de no poner un tipo de cable para cada instrumento, se observa que instrumento necesita la sección más grande de cable, y ese cable sirve para los demás instrumentos, así tenemos un solo tipo de cable para el grupo de extinción y otro tipo de cable para el grupo de detección. Esto representa un ahorro de cable debido a que el cable se obtiene por rollos.

Para el grupo de extinción, el consumo máximo de un instrumento es 500mA y la distancia máxima desde el cuarto de control hacia el instrumento es de 93m permitiéndose una caída de tensión de 0,4V se puede calcular la sección del cable para ver su correspondiente numeración AWG. Las rutas y distancias de los cables se encuentran detalladas en el anexo 3.

* Tabla tomada de <http://www.clubdelaudio.com.ar/foro/viewtopic.php?f=30&t=493>

A continuación se muestra el cálculo de la numeración AWG para el cable usado en el grupo de extinción:

Los datos que se tienen son:

- $L=93\text{m}$.
- $I=500\text{mA}$
- $V=0,4\text{V}$

Para encontrar la resistencia se tiene que:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{0,4}{0,5}$$

$$R = 0,8\Omega$$

Con la resistencia podemos calcular la sección o área:

$$S = f \frac{L}{R}$$

$$S = \frac{1}{58} \cdot \frac{93}{0,8}$$

$$S = 2,004 \text{ mm}^2$$

Según la Tabla. 2.6, el valor del área o sección corresponde al cable No. 14 AWG. Ya que la sección del cable No. 15 AWG es de $1,65\text{mm}^2$, y la del cable No. 14 AWG es de $2,08\text{mm}^2$, el correspondiente No. AWG para una sección de $2,004\text{mm}^2$ es 14 AWG.

Al igual que el cálculo de la numeración AWG del cable para el grupo de extinción, a continuación se muestra el cálculo para el grupo de detección:

En este caso, el consumo máximo de un instrumento es 140mA y la distancia máxima desde el cuarto de control hacia el instrumento es de 123m como se muestra en el anexo 3 (88m. hacia la Junction Box desde el tablero de control y 35m. desde la Junction Box hacia el instrumento). Permitiéndose una caída de tensión de 0,25V, los datos que se tienen son:

- L=123m.
- I=140mA
- V=0,25V

Para encontrar la resistencia se tiene que:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{0,25}{0,14}$$

$$R = 1,786\Omega$$

Con la resistencia podemos calcular la sección o área:

$$S = f \frac{L}{R}$$

$$S = \frac{1}{58} \cdot \frac{123}{1,786}$$

$$S = 1,187 \text{ mm}^2$$

Según la Tabla. 2.6, el valor del área o sección corresponde al cable No. 16 AWG. Ya que la sección del cable No. 17 AWG es de $1,04\text{mm}^2$, y la del cable No. 16 AWG es de $1,31\text{mm}^2$, el correspondiente No. AWG para una sección de $1,187\text{mm}^2$ es 16 AWG.

Este cable debe cumplir con la característica de que sea apto para lugares Clase 1 División 1, esta característica exige la zonificación de la estación.

2.5. Ruta de cableado.

La instrumentación de campo debe ser cableada hacia el cuarto de control por medio de cable apantallado. Las demás señales llegan por medio de cable de calibre 14 AWG THHN. “Los cables THHN son conductores resistentes a la llama y su temperatura máxima de servicio es 90° en lugares secos y expuestos a combustibles o aceite”²², en este caso se podría tener una exposición a combustibles.

Los cables serán llevados hacia el campo por medio de una bandeja metálica de dimensiones 24” de ancho por 8” de alto. Esta bandeja llega a una caja de unión “Junction Box”. La función de la Junction Box es tener un punto de prueba en el campo, así se puede seguir el camino de la señal con más certeza.

Una vez que el cable pasa por la Junction Box, se dirige hacia el instrumento mediante una bandeja más pequeña de dimensiones 9” de ancho por 8” de alto, y finalmente se transporta mediante tubería de ¾” conduit en el último tramo hasta el instrumento de campo.

Las conexiones y rutas de las señales se muestran a detalle en los diagramas de conexionado mostrados en el anexo 4. En el anexo 4 se muestran todas las señales que llegan al PLC ubicado en el tablero de control.

2.6. Estructura del tablero de control.

El tablero de control de la estación de captación de gas Sacha Norte 2, ubicado en el cuarto de control, tiene como objeto reunir todos los cables provenientes de campo.

²² <http://www.dielco.net/doc/infocables.pdf>

De acuerdo a los instrumentos y equipos necesarios para el sistema contraincendios, El tablero de control contendrá los siguientes elementos mostrados en la Tabla. 2.7.

Tabla. 2.7. Elementos del Tablero de control.

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION
1	1	UND	Gabinete de Control
2	2	UND	Interruptor Termomagnético
3	1	UND	Fuente de Poder
4	1	UND	Módulo Redundante de Alimentación
5	1	UND	PLC Allen Bradley Compact Logix, 6 Slots
6	7	UND	Portafusibles para 2.5 A
7	70	UND	Portafusibles para 50 mA
8	56	UND	Borneras de paso
9	20	UND	Topes de Borneras
10	4	METRO	RIEL DIN (35x7.5)mm.
11	3	METRO	Canaleta de cuadro perforada 60x60 mm.
12	6	METRO	Canaleta de cuadro perforada 60x40 mm.
13	1	UND	Barra para Tierra pequeña
14	16	UND	Relés 24 VDC para 6 A 240 VAC
15	16	UND	Sócalo para relés

Con estos elementos, El tablero se diseñó con las siguientes dimensiones: 90x145x40 cm, el tablero debe tener doble puerta debido al espacio del cuarto de control donde es ubicado el tablero. En la Figura. 2.7 se muestra el tablero con sus respectivas dimensiones:

El detalle del tablero se lo puede observar de una mejor manera en el plano, este plano corresponde al anexo 5.

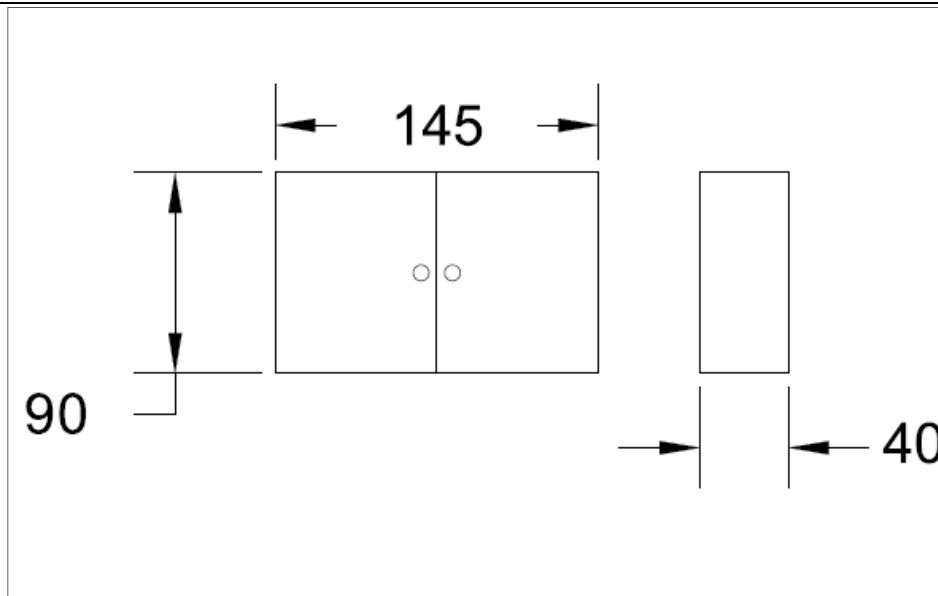


Figura. 2.7. Dimensiones del Tablero de Control.

2.7. Definición de la instrumentación de campo.

La instrumentación de campo se dividirá en dos grupos: Instrumentación de campo para la detección e instrumentación de campo para la extinción.

2.7.1. Instrumentación de campo para la detección.

A continuación se lista instrumentación de campo que se necesita para el grupo de la detección:

- Detector de Flama.
- Detector de Gas.
- Detector de Humo.
- Botonera de Emergencia.
- Transmisor de Presión.
- Transmisor de Nivel.
- Indicador de Nivel.

- **Detector de Flama**

En el caso de la estación de captación de gas Sacha Norte 2, la flama es alimentada por hidrocarburos, los cuales al mezclarse con oxígeno y calor, forman el triángulo de fuego mostrado en la Figura. 1.1. La reacción intensa es caracterizada por la emisión de luz UV y radiación IR.

Para el presente proyecto, se ha seleccionado la tecnología Ultravioleta/Infrarrojo (UV/IR), en la cual la detección UV responde a la radiación en el rango espectral de aproximadamente 180 a 260 nm y la radiación IR en el rango de 4.4 micrómetros también mostrado en la Figura. 1.4.

La ventaja de esta tecnología es que “tiene inmunidad a falsas alarmas como soldaduras de arco, lámparas halógenas, etc. Además su uso es adecuado tanto para interiores como para exteriores.

Sin embargo, el rango de detección de estos instrumentos puede ser reducido por humo espeso²³. Esta desventaja no representa un inconveniente debido a que el área que se va a proteger no estará expuesta a humo espeso.

Además se necesita que el detector transmita una señal analógica de corriente de 4-20 mA, así esta señal es comparada con cierto límite de corriente para poder accionar elementos de extinción según la lógica de control.

- **Detector de Gas**

La medición por perlas catalizadoras entrega una señal de voltaje en el orden de los milivoltios, mientras que el método Infrarrojo entrega una señal de 4 – 20 mA. Esta es una de las razones por la cual se seleccionó la tecnología IR la cual está más detallada en el capítulo 1.

²³ http://www.net-safety.com/resources/nsm_flame_training.pdf pag. 9

En el presente proyecto se usarán detectores de gas con sensores de haz doble. El uso de sensores de haz doble no es necesario, sin embargo en el mercado no hay mucha diferencia en costos entre detectores de gas con sensores de haz doble y detectores con sensores de haz simple, además se obtiene una mayor precisión en la detección evitando una gran cantidad de falsas alarmas.

- ***Detector de Humo***

En el presente proyecto se selecciono un Detector de tipo iónico, pues es el detector más usado debido a que tiene una buena velocidad de respuesta comparado con otros detectores como por ejemplo los detectores fotoeléctricos. Este detector será ubicado en el cuarto de control.

- ***Botonera de Emergencia***

En el caso de existir algún accidente y los detectores de campo no funcionen, el operador podrá activar la Botonera de Emergencia.

Esta botonera es una botonera para áreas peligrosas debido a la presencia de gases inflamables. En el área donde está instalada, se requiere control de emergencia de alarma de fuego.

La Botonera de emergencia es activada al levantar la cobertura frontal y halar para abajo un anillo de metal. Este proceso fácil y rápido previene la operación sin intención. El operador puede resetearla presionando el botón y retornando el metal hacia su posición original.

La Botonera de Emergencia tiene un contacto normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado asociado al botón.

Según la necesidad del proceso se seleccionará el contacto. En este caso se ha seleccionado el contacto normalmente cerrado.

- ***Transmisor de Presión***

En este caso se va a medir presión manométrica, con esto el transmisor necesita una sola toma de presión, no así los transmisores de presión diferencial ya que necesita dos tomas para tener una diferencia entre presiones.

En el caso del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2, las presiones no son críticas, debido a que se va a medir una presión de máximo 200 PSI's y la temperatura del agua no es alta, por lo cual se optó por usar el método más usado.

La manera más común en las industrias para medir presiones relativamente bajas es mediante transductores de presión de silicio difundido.

El transductor de presión entrega a su salida una señal de 4-20mA la cual se interpreta linealmente de la siguiente forma: 4mA = 0 PSI's y 20mA = 200 PSI's. Esta señal es transmitida hacia el cuarto de control mediante los dos mismos cables usados para la alimentación del transmisor. La alimentación del transmisor es de 24 VDC.

- ***Transmisor de Nivel***

La función del Transmisor de Nivel es dar a conocer el nivel del agua del tanque en porcentaje, para ello existen varias formas de medir el nivel de líquido en un tanque.

El medidor que más se ajusta a las necesidades del presente proyecto es el medidor de nivel por medio del Flotador debido a que el tanque tiene una altura de 5m. Los visores de vidrio, electrodos o algún otro método de los mencionados en el capítulo 1 se usan para tanques más pequeños. Este medidor deberá

entregar una señal de 24VDC, 4mA a 20mA la cual represente de 0 a 100%, así se tiene un tipo de señal analógica la cual se usa comúnmente.

- ***Indicador de Nivel***

La función de los indicadores de nivel es ayudar al operador a conocer si el tanque de agua ha sobrepasado los niveles de agua. En el caso del indicador LSH-101 este nivel es alto, es decir si el agua en el tanque de agua ha llegado a un nivel alto en el cual el tanque está lleno, el indicador de alto nivel cambiará su estado y el operador sabrá que el indicador se ha activado.

Por el contrario, si el agua en el tanque ha llegado a un nivel bajo en el cual el tanque está casi vacío, el indicador de bajo nivel cambiará su estado y el operador sabrá que el indicador se ha activado. Cuando el nivel de agua del tanque este normal, los dos indicadores están desactivados.

2.7.2. Instrumentación de campo para la extinción.

Para la instrumentación de campo se necesita conocer el principio de funcionamiento de las válvulas solenoides y de las válvulas de diafragma, ya que tanto los hidrantes como los rociadores están asociados a dichas válvulas para su funcionamiento. Esta información se detalla en el capítulo 1.

A continuación se detalla cómo se conforma la instrumentación de campo para la extinción.

- ***Hidrantes***

El hidrante está compuesto por una válvula solenoide, una válvula de diafragma y el monitor. La válvula solenoide cumple la función de activar remotamente la válvula de diafragma. La válvula de diafragma se encarga de dejar pasar el agua hacia el monitor.

Esta válvula puede ser abierta de forma manual o remota. Al abrir de forma manual se quita la presión del diafragma de la válvula de diafragma. En el caso de que se requiere abrir la válvula de forma remota se envía desde el cuarto de control la señal eléctrica de 24 VDC a la válvula solenoide la cual al activar la solenoide, elimina la presión del diafragma de la válvula de diafragma en dirección A-E como se muestra en la Figura. 2.4.

A continuación en la Figura. 2.8 se muestra los diagramas de flujo de la válvula solenoide.

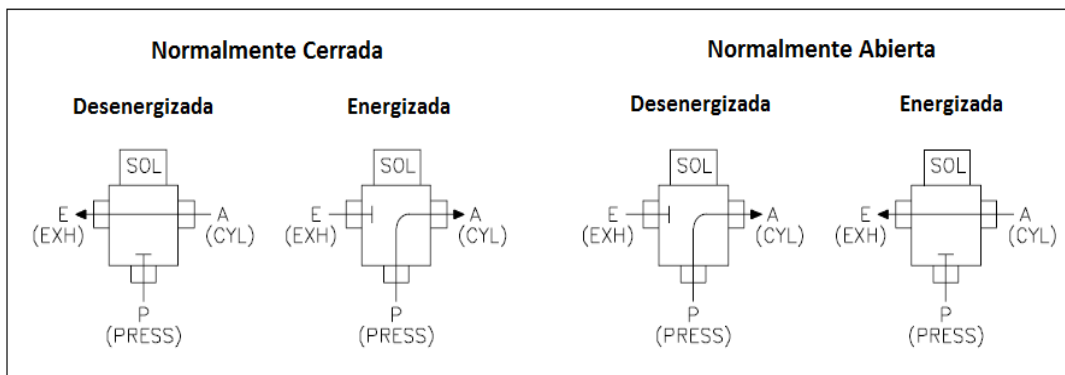


Figura. 2.8. Diagrama de Flujo de la Válvula Solenoide.

La configuración usada para el presente proyecto es la configuración en la cual la válvula esta Normalmente Abierta. Pues al energizar la válvula no habrá presión en el diafragma removiendo el embolo y permitiendo el paso de agua hacia el monitor.

- **Rociadores**

El circuito mecánico de cada rociador, está compuesto por una válvula solenoide de dos vías, una válvula de diafragma y el finalmente el rociador.

La válvula de diafragma en este caso es alimentada con aire el cual es controlado por la válvula solenoide, cuando el diafragma es presionado con aire, el embolo

realiza un desplazamiento vertical hacia abajo rotando el actuador, así se permite el paso de fluido. En la Figura. 2.9 se puede apreciar una vista seccional de la válvula de diafragma.

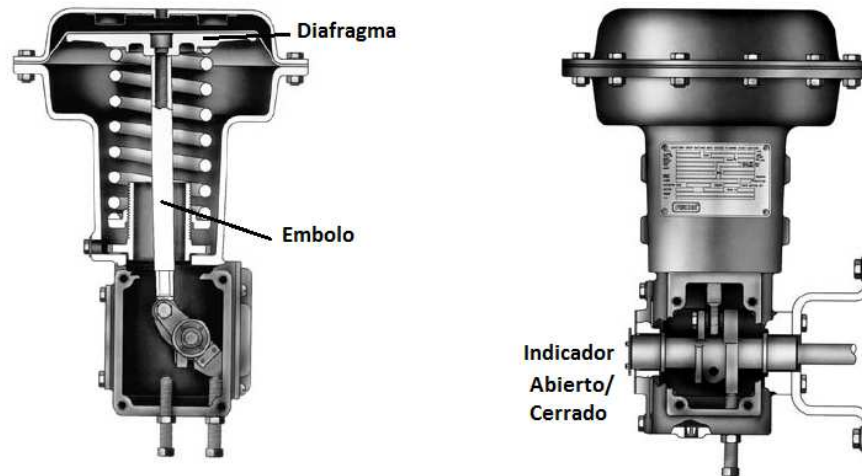


Figura. 2.9. Vista seccional de la válvula de diafragma para los rociadores.*

La válvula solenoide, tiene un accionamiento manual un accionamiento remoto. Para su accionamiento remoto es necesario que la solenoide se energice mediante la señal de control recibida desde el cuarto de control.

Al accionarse la válvula el aire pasa en dirección A-E, como se muestra en la Figura. 2.10, permitiendo así accionar a la válvula de diafragma para dar paso al fluido de la tubería.

Una vez que pasa el fluido (agua) por la tubería, este se dirige hacia un conjunto de rociadores en específico dependiendo que área se requiera rociar.

A continuación en la Figura. 2.10 se muestra los diagramas de flujo de la válvula solenoide para los rociadores:

* Figura tomada de especificaciones técnicas de actuadores rotatorios de diafragma tipo 1051 y 1052 de EMERSON.

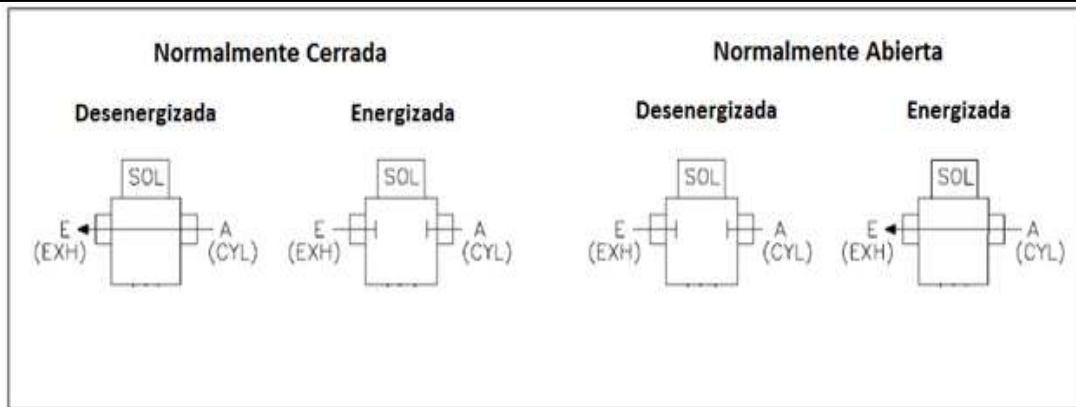


Figura. 2.10. Diagrama de Flujo de la válvula solenoide para rociadores.

La configuración usada para el presente proyecto es la configuración en la cual la válvula esta Normalmente Abierta.

2.8. Asignación de tags.

Para tener un seguimiento continuo de las señales, desde el campo hasta interfaz HMI, es necesario tener un orden al momento de referenciarse a una señal. Cada señal debe tener un Tag, es una etiqueta que se le asigna a una señal, así es posible identificarla sin problemas tanto en el diseño, la implementación, y su futuro mantenimiento.

De acuerdo a los equipos e instrumentos definidos anteriormente y al tipo de señal de estos, se ha dividido los tags en 3 grupos: Entradas Digitales, Salidas Digitales, y Entradas Analógicas.

La letra "M" ubicada al inicio de cada tag indica que la señal pertenece a la estación de captación de gas Sacha Norte 2, pues existen otras estaciones de captación de gas en el Campo Sacha.

En las Tablas. 2.8, 2.9, y 2.10 se puede observar las propiedades de cada señal involucrada en el sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

2.8.1. Entradas digitales.

Tabla. 2.8. Listado de Tags de Entradas Digitales.

SISTEMA CONTRAINCENDIOS SACHA NORTE 2				
SLOT	I/O No.	TAG	TIPO	ZONA/DESCRIPCION
1	0	M-SS-101	DI	Cuarto de Control/Detector de Humo
1	1	M-HS-101	DI	Cuarto de Control/ Botón de Emergencia
1	2	M-LSH-101	DI	Tanque de Reserva de Agua/Switch de Nivel Alto
1	3	M-LSL-101	DI	Tanque de Reserva de Agua/Switch de Nivel Bajo
1	4	M-YP-101	DI	Hangar de Bombas/Status Bomba Principal
1	5	M-YP-102	DI	Hangar de Bombas/Status Bomba Diesel
1	6	M-YP-103	DI	Hangar de Bombas/Status Bomba jockey
1	7	M-YF-101	DI	Hangar de Bombas/Fallo Bomba Principal
1	8	M-YF-102	DI	Hangar de Bombas/Fallo Bomba Diesel
1	9	M-YF-103	DI	Hangar de Bombas/Fallo Bomba jockey
1	10-15	-----	DI	Reserva

En la Tabla 2.8 se encuentran los tags asociados a las entradas digitales del PLC.

Cabe recalcar que existe un espacio de reserva con entradas digitales disponibles para futuras adecuaciones.

2.8.2. Salidas digitales.

Tabla. 2.9. Listado de Tags de Salidas Digitales.

SISTEMA CONTRAINCENDIOS SACHA NORTE 2				
SLOT	I/O No.	TAG	TIPO	ZONA/DESCRIPCION
2	0	M-EV-101	DO	Manifold Distribución de Agua/Solenoide Ducha 1
2	1	M-EV-102	DO	Manifold Distribución de Agua/Solenoide Ducha 2
2	2	M-EV-103	DO	Manifold Distribución de Agua/Solenoide Ducha 3
2	3	M-EV-104	DO	Manifold Distribución de Agua/Solenoide Ducha 4
2	4	M-EV-105	DO	Hangar Skids de Líquidos/Solenoide Hidrante 1
2	5	M-EV-106	DO	Hangar Ajax/Solenoide Hidrante 2
2	6	M-EV-107	DO	Hangar Fuller/Solenoide Hidrante 3
2	7	M-PON-101	DO	Hangar de Bombas/Arranque Bomba Principal
2	8	M-PON-102	DO	Hangar de Bombas/Arranque Bomba Diesel
2	9	M-XA-101	DO	Hangar de Bombas/Sirena Exterior
2	10	M-XL-101	DO	Hangar de Bombas/Luz Licuadora
2	11-15	-----	DO	Reserva

En la Tabla 2.9, se encuentran los Tags asociados a las salidas digitales del PLC. De igual manera se encuentran salidas digitales disponibles, aquí se puede conectar actuadores en una futura adecuación, es necesario recordar que estos espacios vacíos necesitarán ser tomados en cuenta en la lógica del programa al momento de ser usados físicamente.

2.8.3. Entradas analógicas.

Tabla. 2.10. Listado de Tags de Entradas Analógicas.

SISTEMA CONTRAINCENDIOS SACHA NORTE 2				
SLOT	I/O No.	TAG	TIPO	ZONA/DESCRIPCION
3	0	M-FD-101	AI	Hangar Ajax 1/Detector de Flama
3	1	M-FD-102	AI	Hangar Fuller/Detector de Flama
3	2	M-FD-103	AI	Hangar Skid de líquidos Baja/Detector de Flama
3	3	M-FD-104	AI	Hangar Skid de líquidos Alta/Detector de Flama
4	0	M-GD-101	AI	Hangar Ajax 1/Detector de Gas
4	1	M-GD-102	AI	Hangar Fuller/Detector de Gas
4	2	M-GD-103	AI	Hangar Skid de líquidos Baja/Detector de Gas
4	3	M-GD-104	AI	Hangar Skid de líquidos Alta/Detector de Gas
5	0	M-LT-101	AI	Tanque de reserva de Agua/Transmisor de Nivel
5	1	M-PT-101	AI	Cabezal/Transmisor de Presión
5	2-3	-----	AI	Reserva
6	0-3	-----	AI	Reserva

Finalmente en la Tabla 2.10 se tiene los tags asociados a las entradas analógicas del PLC. De igual manera existe una reserva para añadir futuros sensores o transmisores según sea la necesidad de la adecuación.

2.9. Definición del controlador lógico programable (PLC).

De acuerdo al Listado de Tags mostrado en las Tablas. 2.8, 2.9 y 2.10 , se ha definido el Controlador Logico Programable (PLC) con los modulos de entradas y salidas que se muestran en la Tabla. 2.11.

Tabla. 2.11. Descripción de Módulos Para el PLC del Sistema Contra incendios.

ITEM	MODULO	CANT	MODELO
1	CompactLogix Dual Serial Processor, 512K Memory	1	1769-L31
2	4 Channel Analog Current/Voltage Input Module	4	1769-IF4
3	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	1	1769-IQ16
4	16 Point VAC/VDC Relay Output Module	1	1769-OW16

Estos módulos poseen una reserva aproximadamente de 30%.

2.10. Dimensionamiento de la fuente de alimentación.

Para diseñar la nueva fuente de poder se consideran los siguientes consumos en la estación mostrados en la Tabla. 2.12:

Tabla. 2.12.- Consumo de Corriente y Potencia de los equipos.

EQUIPO	CANT	V (DC)	I (mA)	P(W)
Detector de Flama	4	24	35	4,20
Detector de Gas	5	24	140	13,44
Detector de Humo	1	24	40	0,96
Transmisor de Nivel	1	24	400	9,60
Válvula solenoide (Hidrante)	3	24	500	36,00
Válvula solenoide(Duchas)	5	24	500	60,00
Sirena Exterior	1	24	1000	24,00
Luz Licuadora	1	24	50	1,20
			SUBTOTAL	149,40
			Reserva	44,82
			TOTAL	194,22

Tomando en cuenta los datos de la Tabla. 2.12 se ha definido una fuente de 2,5A con 24 VDC, la cual será montada en riel din en el tablero de control.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE LA LÓGICA DEL PLC Y LA INTERFAZ HUMANO-MÁQUINA.

Este capítulo tiene por objeto mostrar los criterios usados para el diseño de la lógica que se encarga de la automatización del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

3.1. Definición de la Matriz Causa-Efecto.

La lógica de la automatización del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2 está centrada en la matriz causa efecto.

Esta matriz causa efecto mostrada en la Tabla. 3.1, establece las relaciones de causalidad entre las acciones y efectos sobre el medio.

En este caso las columnas representan las acciones que se pueden suscitar, estas acciones están asociadas básicamente al grupo de detección donde están los detectores de gas y de flama.

Las filas en cambio representan los efectos de la lógica, los cuales están asociados con el grupo de extinción donde están las electroválvulas tanto de los hidrantes como de los rociadores.

Tabla. 3.1. Matriz Causa-Efecto.

		MATRIZ CAUSA EFECTO SACHA NORTE 2							
		Detectores de Gas				Detectores de Flama			
		GD-101	GD-102	GD-103	GD-104	FD-101	FD-102	FD-103	FD-104
Duchas	EV-101		X				X		
	EV-102	X				X			
	EV-103			X				X	
	EV-104				X				X
Hidrantes	EV-105			X	X			X	X
	EV-106	X				X			
	EV-107		X				X		

Así se tiene que si un determinado detector se activa, se provoca un efecto en el correspondiente hidrante y rociador. Por ejemplo si hay presencia de gas en el área del Skid de Alta mostrado en la Figura. 3.1, se va activará el detector de gas GD-104 y de acuerdo a la matriz causa efecto de la Tabla. 3.1, el efecto será la evacuación de agua por parte del Hidrante asociado a la electroválvula EV-105 y del rociador asociado a la electroválvula EV-104.

Una vez definida la matriz causa-efecto, el siguiente paso es programar el controlador (PLC) con la lógica propuesta en la matriz como base de la programación.

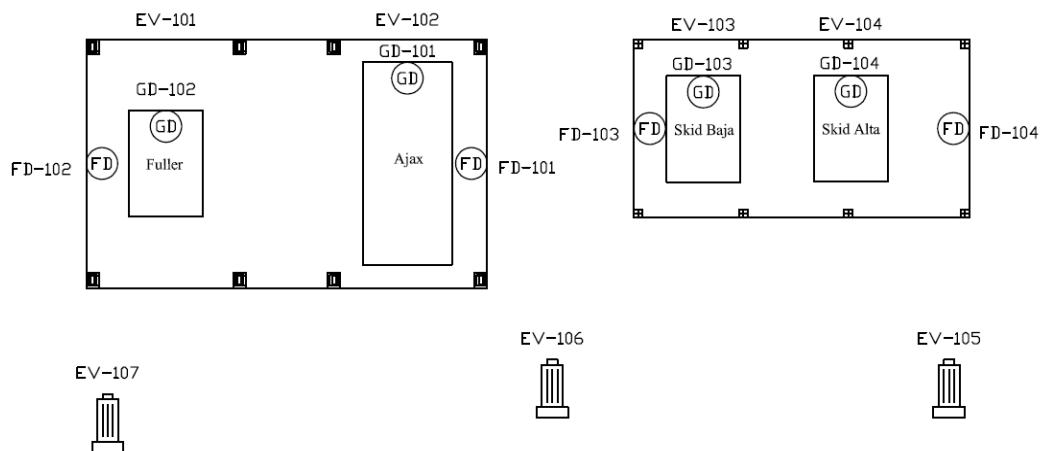


Figura. 3.1. Ubicación de los elementos de la Matriz Causa-Efecto.

3.2. Diseño y Desarrollo de la Programación del PLC según la Matriz Causa-Efecto.

Para el diseño y desarrollo de la programación del PLC se ha tomado en cuenta la matriz causa efecto.

Esta matriz es traducida a lógica escalera (Ladder). El programa usado para programar el PLC Allen Bradley Compact Logix L31, es el RSLogix 5000 versión 17.0.

El PLC en el presente proyecto tiene siete módulos los cuales se detallan en la Tabla. 3.2 mostrada a continuación:

Tabla. 3.2. Definición de Módulos del PLC.

ITEM	MÓDULO	CANTIDAD	MODELO
1	CompactLogix Dual Serial Processor, 512K Memory	1	1769-L31
2	4 Channel Analog Current/Voltage Input Module	4	1769-IF4
3	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	1	1769-IQ16
4	16 Point VAC/VDC Relay Output Module	1	1769-OW16

El ítem No. 1 corresponde al procesador, el ítem No. 2 a entradas analógicas, el ítem No. 3 a entradas digitales y el ítem No. 4 a las salidas digitales.

En este caso los modelos de los módulos se detallan en la Tabla. 3.2 y el orden de los módulos se muestra en la Figura. 3.2 a continuación:

Cada módulo tiene su configuración para su ubicación y en el caso de las entradas analógicas, también se configura el tipo de unidades que se van a usar.



Figura. 3.2. Distribución de Módulos del PLC.

En el caso del presente proyecto se trabaja con señales de 4 a 20 mA y con unidades de ingeniería.

Esto quiere decir que cuando el PLC reciba 4mA en una entrada física, la variable asociada tendrá un valor de 4000 cuentas y cuando reciba 20 mA la variable tendrá el valor de 20000 cuentas.

Una vez añadidos los módulos de entradas y salidas, el siguiente paso es crear las rutinas.

La lógica está dividida en rutinas con el fin de organizar la lógica y tener un fácil acceso a la programación en caso de que se requiera añadir nuevas señales o rutinas.

En la Figura. 3.3 se puede observar las rutinas que tiene el programa.

A continuación se detalla la función de cada rutina del PLC:

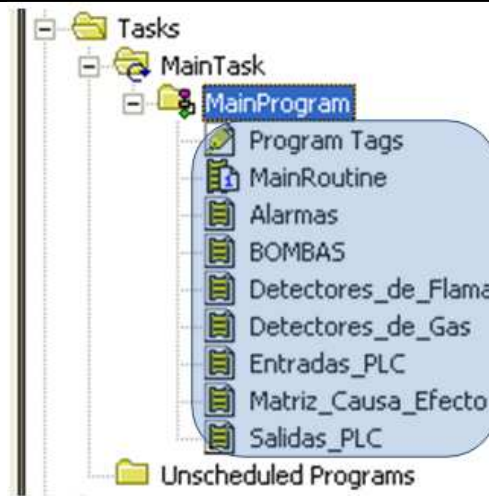


Figura. 3.3. Rutinas del Programa del PLC.

- **MainRoutine.-** Esta es la rutina principal, la cual llama a las demás rutinas.

- **Alarmas.-** En esta rutina se activan marcas para encender la Luz y Licuadora y la Sirena exterior, estas serán activadas si un detector ya sea de Flama, Gas, Humo o la botonera de emergencia son activados.

- **BOMBAS.-** Activa las señales de arranque remoto de las bombas con su control respectivo.

- **Detectores_de_Flama.-** Las señales que se reciben de campo de los detectores de Flama son analógicas de 4-20 mA por lo cual esta señal se compara con el valor de 16 mA para su activación, pues si es mayor a 16mA se activa la marca correspondiente al detector, así las otras rutinas entienden que el detector alerta la presencia de Fuego en el área cercana.

- **Detectores_de_Gas.-** Al igual que la rutina Detectores_de_Flama, las señales que se reciben de campo de los detectores de Gas son analógicas de 4-20 mA por lo cual esta señal se compara con el valor de 19 mA para su activación, pues si es mayor a 19mA se activa la marca correspondiente al

detector, así las otras rutinas entienden que el detector alerta la presencia de Gas en el área cercana.

- **Entradas_PLC.-** Las entradas del PLC físicamente tienen una reserva, por lo cual se vió la necesidad de realizar una rutina solo para leer las entradas del PLC, así se mantiene el orden de las entradas físicas y se asigna una marca a cada entrada para que pueda ser leída en cualquier rutina.

- **Matriz_Causa_Efecto.-** En esta rutina se programó la lógica de activación de las duchas como de los hidrantes de acuerdo a la matriz causa efecto vista anteriormente en la Tabla. 3.1.

- **Salidas_PLC.-** De igual manera que la rutina Entradas_PLC se vió la necesidad de tener una sola para las salidas. En este caso las marcas activan a las salidas físicas, así se mantiene el orden de las salidas y se tiene mayor facilidad para usar las señales de reserva.

A continuación se detallan las instrucciones usadas en la programación del sistema contraincendios para la estación de captación de gas Sacha Norte 2.

- **Contacto Normalmente Abierto (XIC).-** Esta instrucción prueba el bit de la variable. Si este bit es 1 se cierra el contacto y si el bit es cero se mantiene abierto. Su símbolo se muestra en la Figura. 3.4.

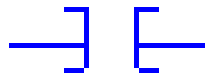


Figura. 3.4. Símbolo XIC.

- **Contacto Normalmente Cerrado (XIO).-** Esta instrucción prueba el bit de la variable. Si este bit es 1 se abre el contacto y si el bit es cero se mantiene cerrado. Su símbolo se muestra en la Figura. 3.5.

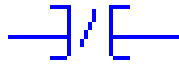


Figura. 3.5. Símbolo XIO.

- **Activación de Salida (OTE).**- Esta instrucción permite activar una variable o bien de memoria o bien de salida física. Su símbolo se muestra en la Figura. 3.6.



Figura. 3.6. Símbolo OTE.

- **Mover (MOV).**- Esta instrucción sirve para mover el dato de un registro a otro. Los registros son espacios de memoria donde se guarda el valor de una variable la instrucción tiene el registro Source (Fuente) y Destination (Destino). El dato se mueve en dirección Fuente-Destino. Su símbolo se muestra en la Figura. 3.7.

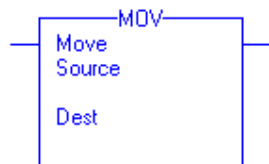


Figura. 3.7. Símbolo MOV.

- **Mayor Que (GRT).**- La Instrucción GRT compara los valores de dos registros. Compara si el registro Source A es mayor que el registro Source B, si $A > B$ entonces se permite el paso de energía. Su símbolo se muestra en la Figura. 3.8.

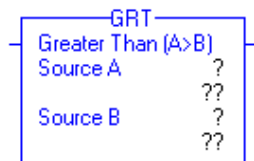


Figura. 3.8. Símbolo GRT.

- **Saltar a Subrutina (JSR).**- Esta instrucción permite ir a la subrutina indicada en "Routine Name", en el caso del presente proyecto se la ha usado en la rutina principal para llamar a todas las subrutinas en las que ha sido dividida la lógica. Su símbolo se muestra en la Figura. 3.9.

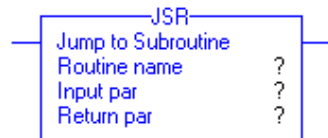


Figura. 3.9. Símbolo JSR.

Para entender mas a detalle el desarrollo de la lógica, se muestra en el anexo 6 una guía rápida para el uso del software.

Los tags del controlador y la Lógica de programación se muestran con más detalle en el anexo 7 y 8 respectivamente.

3.3. Diseño y Desarrollo de la Aplicación en ArchestrA IDE e InTouch HMI usando recomendaciones de la guía GEDIS.

El monitoreo de todas las señales se realiza mediante el software ArchestrA IDE Versión 3.0, el cual tiene como herramienta a InTouch HMI Versión 10.0 para supervisar y controlar todos los parámetros del proceso.

“ArchestrA es una arquitectura de software de información y automatización diseñada para integrar y extender la vida de los sistemas heredados, aprovechando las tecnologías de software y los estándares abiertos más avanzados de la industria.”

24

El software InTouch ofrece funciones de visualización gráfica que llevan sus capacidades de gestión de operaciones, control y optimización a un nivel completamente nuevo.

²⁴ <http://global.wonderware.com/LA/Pages/WonderwareArchestrATechnology.aspx>

3.3.1. Introducción

En la Figura. 3.10, se muestra los componentes tradicionales de InTouch HMI. Estos son Application Manager, WindowMaker, y WindowViewer.

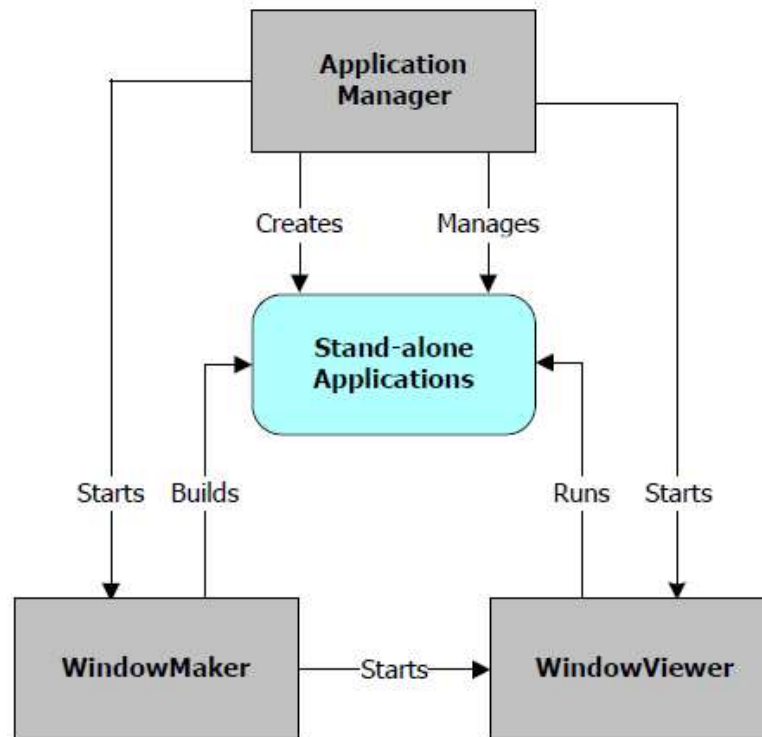


Figura. 3.10. Componentes tradicionales de Intouch HMI.

“En Intouch HMI se crean aplicaciones independientes (Stand-alone Applications) con el componente Application Manager, estas aplicaciones se desarrollan con WindowMaker y se las corre en WindowViewer.”²⁵

- La ventana de Application Manager está actualizada en la versión 10, esta ventana contiene un botón que puede iniciar ArchestrA IDE desde Application Manager como se muestra en la Figura. 3.11.

²⁵ InTouch HMI Getting Started Guide Rev A pag. 6

CAPITULO 3 - DESARROLLO DE LA LÓGICA DEL PLC Y LA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA.

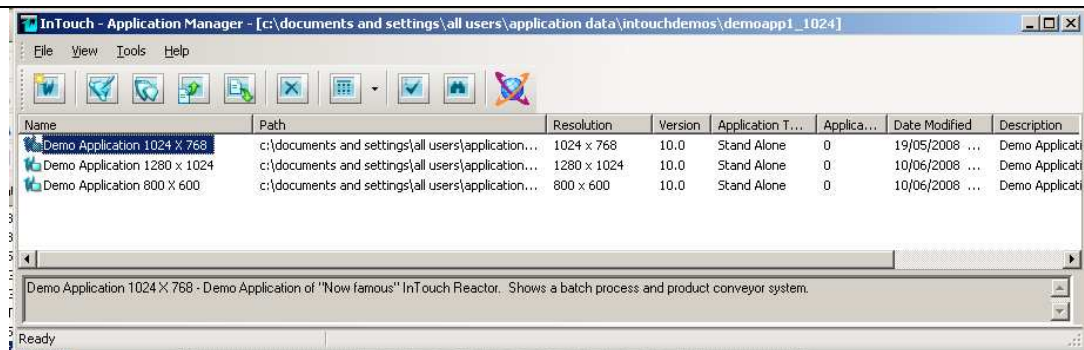


Figura. 3.11. Ventana principal de Application Manager.

- En el componente WindowMaker se incluye una vista jerárquica del proyecto, aquí se listan las ventanas y scripts que son parte de la aplicación Intouch.

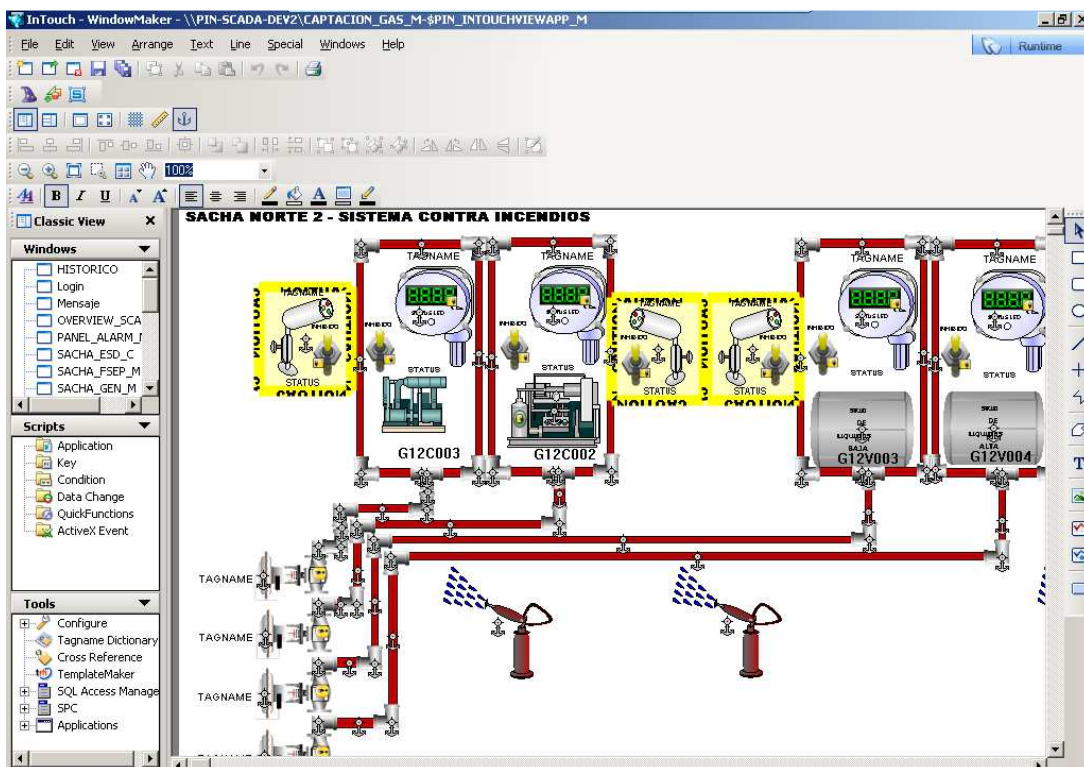


Figura. 3.12. Ventana de InTouch-WindowMaker.

Para la versión 10 se tiene una flexibilidad para desarrollar aplicaciones desde Archestra IDE, conservando las funcionalidades tradicionales de InTouch.

“La tecnología ArchestrA utiliza un espacio llamado galaxia para contener y procesar los datos relacionados con el proceso. Esta tecnología permite una visualización y administración de datos desde varios nodos que corren en aplicaciones InTouch en un proceso de producción.”²⁶

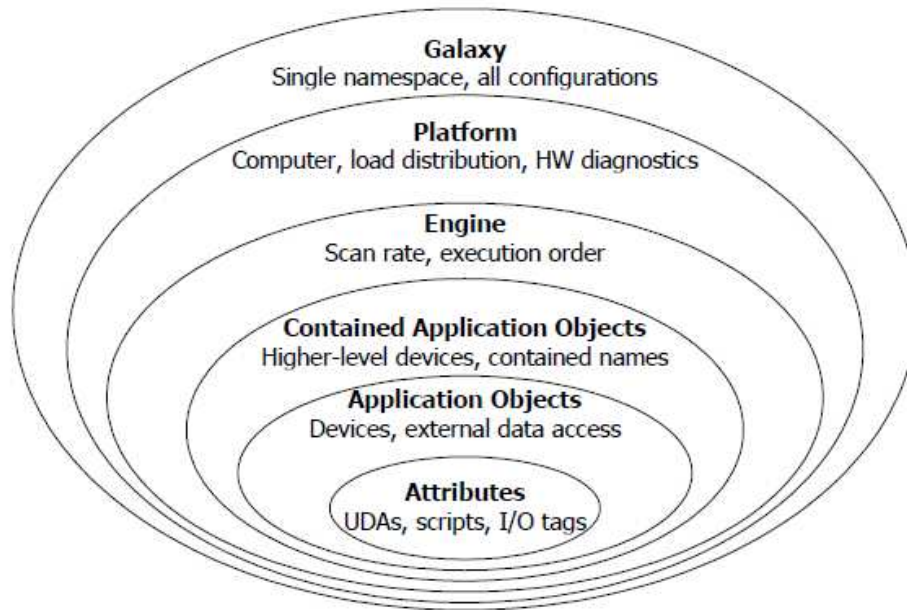


Figura. 3.13. Componentes de una Galaxia.

En la Figura. 3.13 se observa que la galaxia contiene todos los componentes necesarios con sus correspondientes configuraciones para procesar los datos del proceso. Esto es una colección de plataformas, núcleos de ejecución de acciones, objetos de la aplicación, plantillas, instancias, y atributos que se definen de acuerdo al proceso para la aplicación específica. Esta colección es guardada en una base de datos. Esta base de datos propia de la galaxia y debe estar ubicada en un computador que tenga instalado un servidor SQL. En este caso está instalado en el mismo computador ya que la galaxia es para un solo computador.

ArchestrA maneja las aplicaciones InTouch con un tipo específico de objeto de ArchestrA llamado InTouchViewApp el cual es derivado de una plantilla base llamada \$InTouchViewApp.

²⁶ InTouch HMI Getting Started Guide Rev A pag. 8

Una vez derivada la nueva plantilla, esta plantilla se asocia con una aplicación InTouch mediante dos formas, creando la aplicación desde ArchestrA o importando aplicaciones ya creadas en Application Manager.

A la base de datos se implementa (Deploy) una instancia de la plantilla derivada. La Figura. 3.14 muestra la integración de los componentes de InTouch con ArchestrA IDE. “La figura muestra los pasos para crear y manejar una aplicación InTouch con ArchestrA IDE.”²⁷

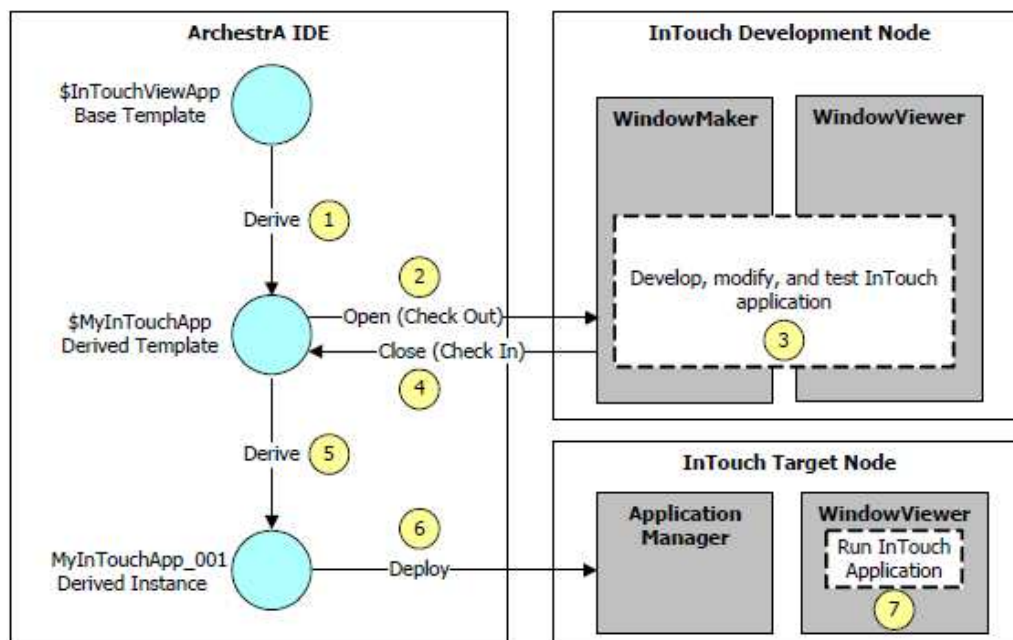


Figura. 3.14. Integración de componentes de InTouch con ArchestrA IDE.

1. Crear una aplicación InTouch en ArchestrA IDE derivando una plantilla desde la plantilla base \$InTouchViewApp.
2. Abrir la aplicación en WindowMaker.
3. Desarrollar la aplicación en WindowMaker, para probar la aplicación se lo hace en WindowViewer.

²⁷ InTouch HMI Getting Started Guide Rev A pag. 10

4. Guardar los cambios en la aplicación.
5. Derivar una Instancia de la aplicación.
6. Implementar la aplicación en la base de datos.
7. Correr la aplicación en WindowViewer.

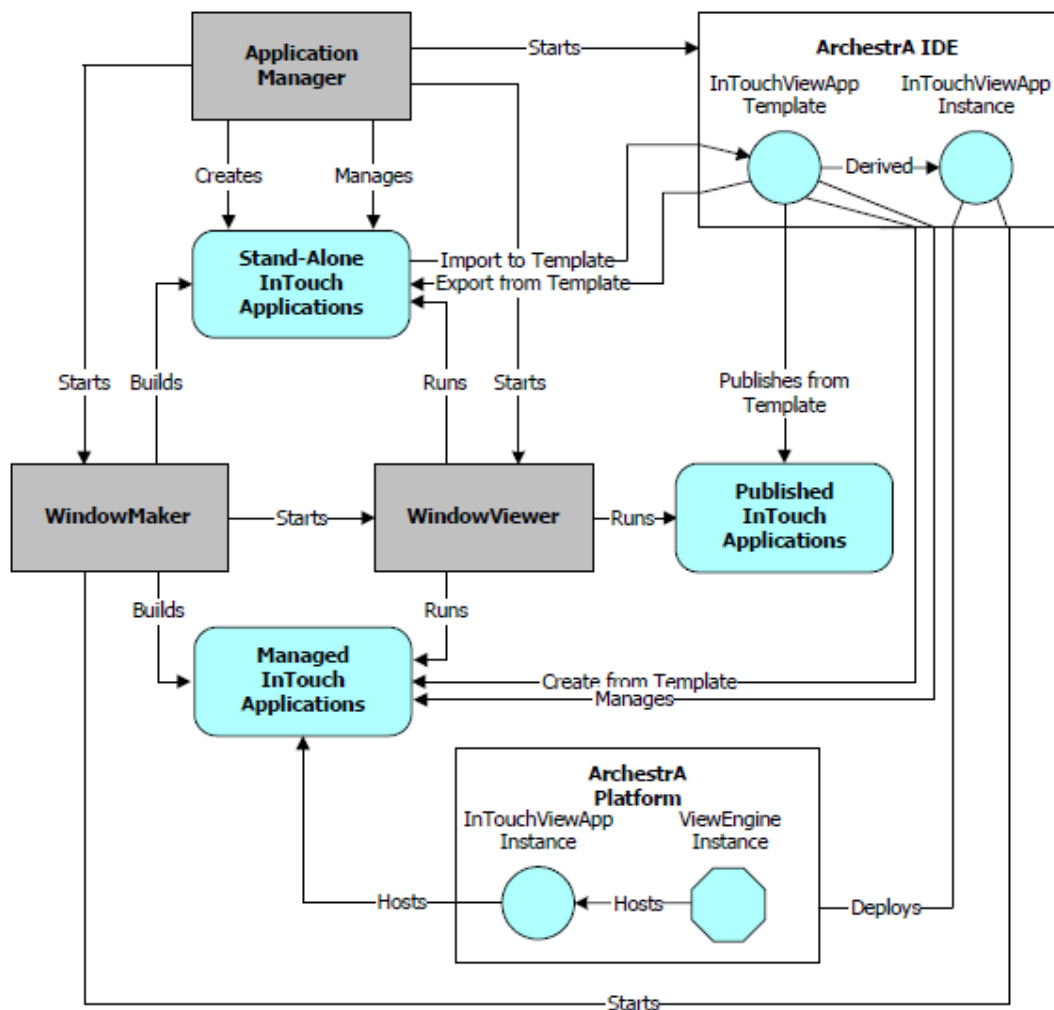


Figura. 3.15. Interacción entre ArchestrA IDE y componentes de InTouch.

La Figura. 3.15 muestra la interacción entre ArchestrA IDE y los componentes InTouch, además se muestra los diferentes tipos de aplicaciones que se pueden crear.

“Para crear una aplicación InTouch se tiene dos opciones. Se la puede crear con Application Manager y desarrollarla con WindowMaker. A su vez se puede crear la aplicación desde ArchestrA”²⁸.

Para representar gráficos, se usa los símbolos de ArchestrA. Estos gráficos llamados símbolos son ubicados en las ventanas de InTouch para visualizar los datos del proceso. ArchestrA IDE también incluye otras herramientas de gráficos para crear otros elementos más complicados como recuadros de control, curvas cerradas, entre otros. Los símbolos se crean en el editor de símbolos. La Figura. 3.16 muestra la variedad de herramientas y paletas del editor de símbolos que se usa para crear y modificar los símbolos.

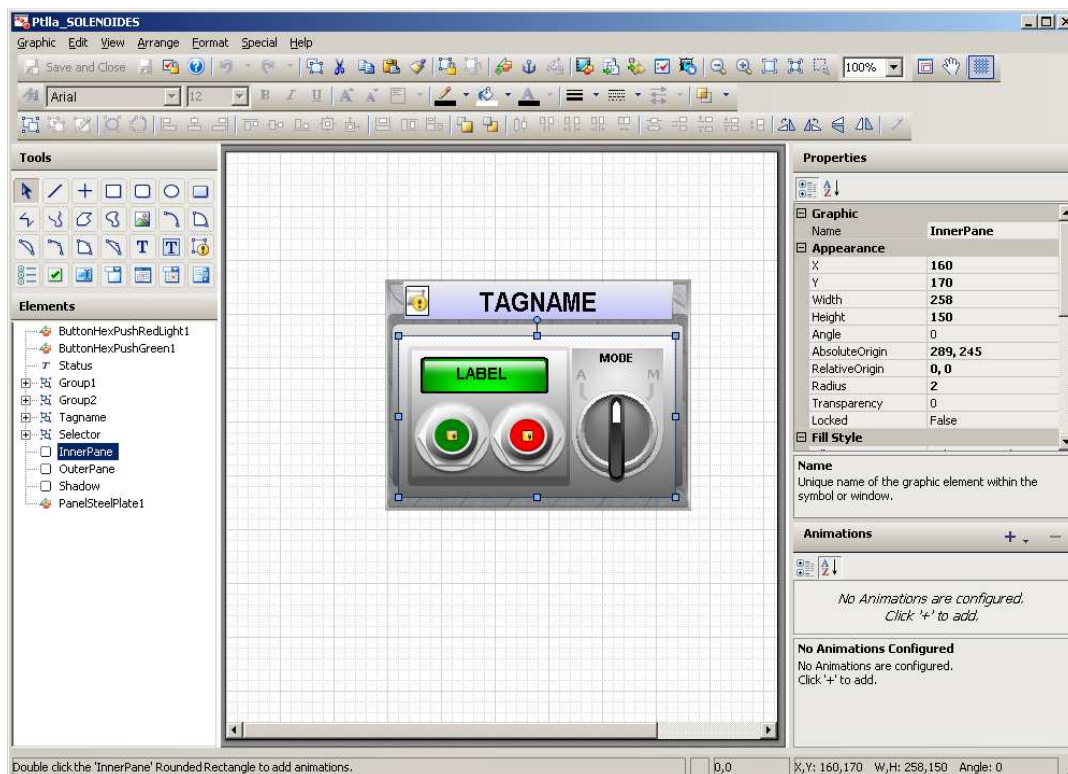


Figura. 3.16. Componentes de una Galaxia.

Una vez creado el símbolo se lo puede llamar desde WindowMaker mediante el icono de gráficos embebidos mostrado en la Figura. 3.17.

²⁸ InTouch HMI Getting Started Guide Rev A pag. 11



Figura. 3.17. Icono de Gráficos Embebidos.

Los tags del proceso están agrupados según la señal que representen. Existen seis grupos, los cuales se muestran a continuación en la Figura. 3.18.

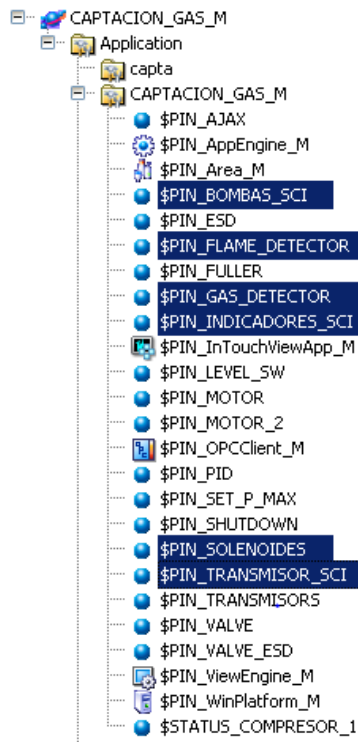


Figura. 3.18. Plantillas del Sistema Contraincendios.

Estos grupos son plantillas derivadas de una plantilla base. Esta plantilla base se llama \$UserDefined, y a partir de esta plantilla se derivan las plantillas que representan a los grupos de tags.

Cada Plantilla contiene instancias y cada instancia tiene varios tags asociados a ella dependiendo de las señales que tenga cada instancia. Por ejemplo en la Figura. 3.19 se muestra que de la plantilla base \$UserDefined se derivan otras plantillas, dentro de ellas esta \$PIN_BOMBAS_SCI. Esta plantilla derivada

contiene tres instancias las cuales heredan los atributos de la plantilla derivada.

En la figura se muestra el atributo FALLA el cual es una entrada digital.

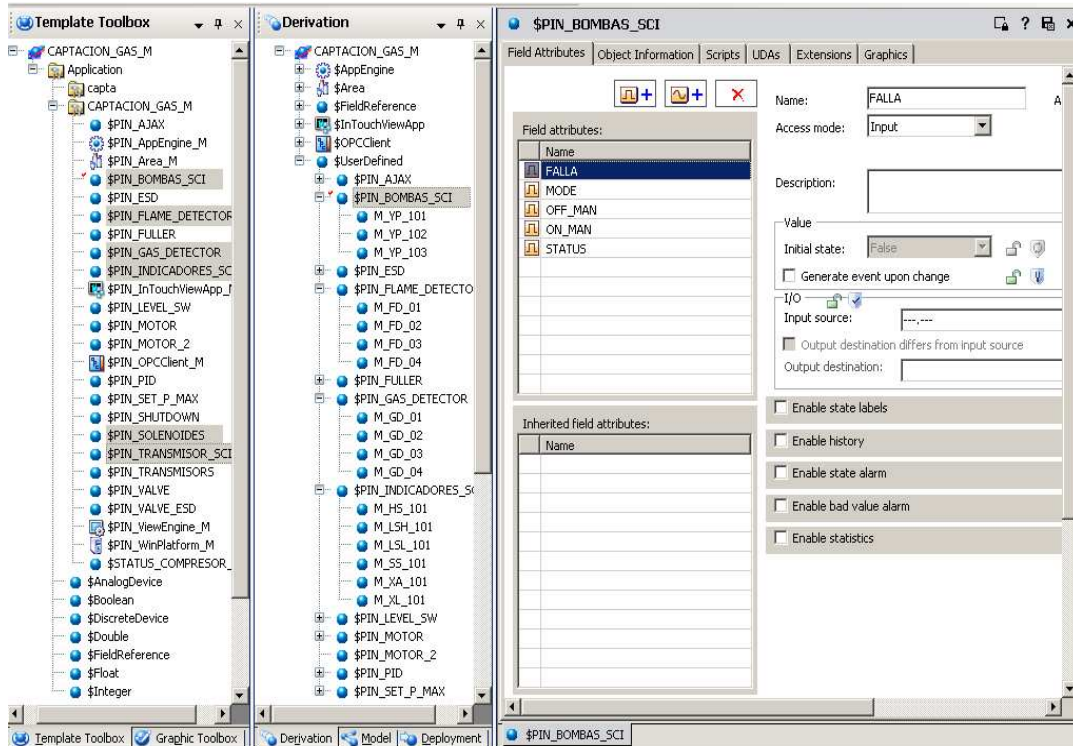


Figura. 3.19. Atributos de la plantilla \$PIN_BOMBAS_SCI.

De igual manera los gráficos también son heredados, en la Figura. 3.20 se muestra los gráficos que contiene la plantilla \$PIN_BOMBAS_SCI, estos gráficos los van a tener todas las instancias.

Cabe recalcar que la diferencia entre instancias de la misma plantilla es que los atributos están asociados a diferentes tags por lo que obviamente los valores de las señales no son los mismos.

En la Figura. 3.21 se muestran los Scripts de la plantilla estos también son heredados por las instancias.

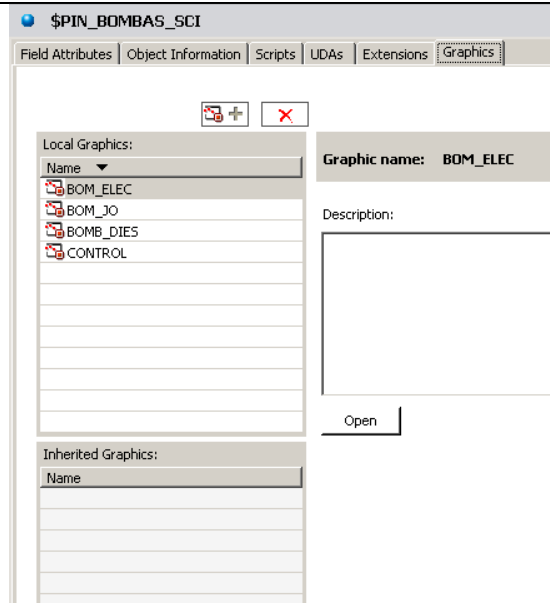


Figura. 3.20. Gráficos de la platilla \$PIN_BOMBAS_SCI.

Estos scripts representan a la programación necesaria para que cada instancia se refiera al tag asociado. El lenguaje de programación de los scripts se basa en lenguaje C. Los scripts son necesarios para la distinguir si la señal es una entrada o una salida para Archestra.

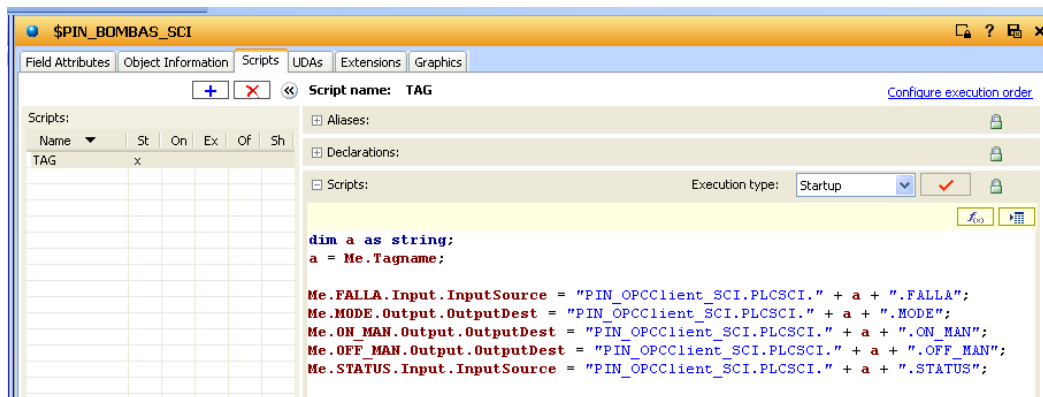


Figura. 3.21. Scripts de la platilla \$PIN_BOMBAS_SCI.

En la Figura. 3.22 se muestra los atributos heredados de la instancia M_YP_101. En la figura se observa que en el atributo FALLA se asocia a una señal proveniente de un cliente OPC perteneciente a Archestra.

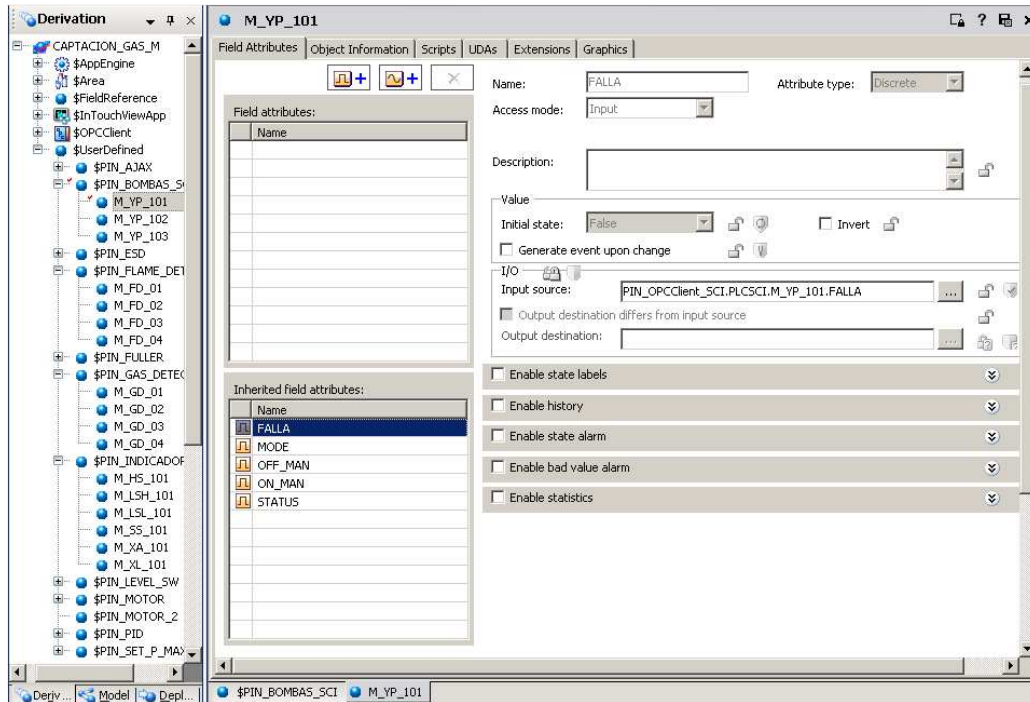


Figura. 3.22. Atributos heredados pertenecientes a la instancia M_YP_101.

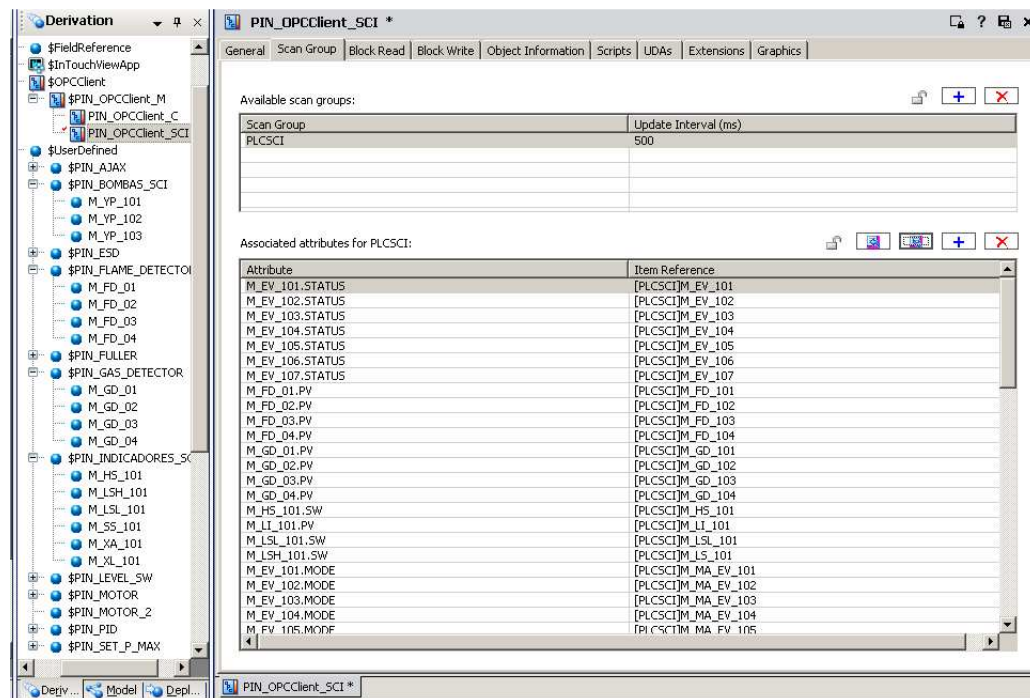


Figura. 3.23. Plantilla de cliente OPC "PIN_OPCCient".

El cliente OPC es una instancia que pertenece a una plantilla “\$PIN_OPCCliant_M” la cual se deriva de una plantilla Base “\$OPCCliant” como se muestra a continuación en la Figura. 3.23.

Ahí se muestra dos columnas: La primera columna se refiere al atributo el cual se asocia a cada señal de la instancia; y la segunda se refiere al tag que se toma del PLC.

Al dar un clic en el icono de los atributos que contiene una cruz de color azul “agregar”, se tiene acceso a la ventana de buscador de ítems OPC mostrada en la Figura. 3.24. En esta ventana se agrega los tags del PLC para poder usarlos en el cliente OPC de ArchestraA.

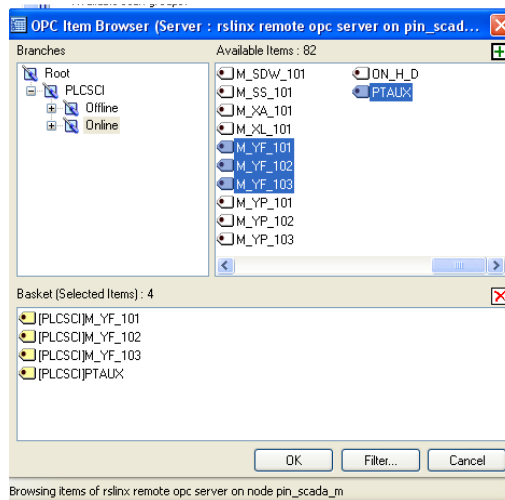


Figura. 3.24. Ventana de buscador de Items OPC.

La lista de tags pertenecientes al cliente OPC se puede observar en el anexo 9. En el anexo 6 también se puede observar mas a detalle la forma de desarrollar la aplicación.

3.3.2. Diseño de Pantallas según recomendaciones de la guía GEDIS

El diseño de las pantallas de la interfaz HMI esta desarrollada tomando en cuenta recomendaciones de la guía GEDIS (Guía Ergonómica de Diseño de Interfaces de

Supervisión). Los gráficos están distribuidos de una manera que el operador no tenga complicación en distinguir el instrumento o variable que necesite observar.

El objetivo de la interfaz es que esta sea intuitiva y fácil de usar, con este fin, la interfaz gráfica del Sistema Contraincendios se la ha diseñado lo más simple en cuanto a la navegación de pantallas, por lo cual la interfaz consta de las siguientes pantallas:

- Pantalla General.
- Pantalla de Bombas.

Al tener únicamente dos pantallas resulta necesario que la una se comunique con la otra, por lo que se diseñó un menú en el cual se pueda acceder a las dos pantallas mediante botones como se recomienda en la guía GEDIS, además este menú general del sistema contra incendios contiene las principales alarmas (Indicadores) como se muestra a continuación en la Figura. 3.25.

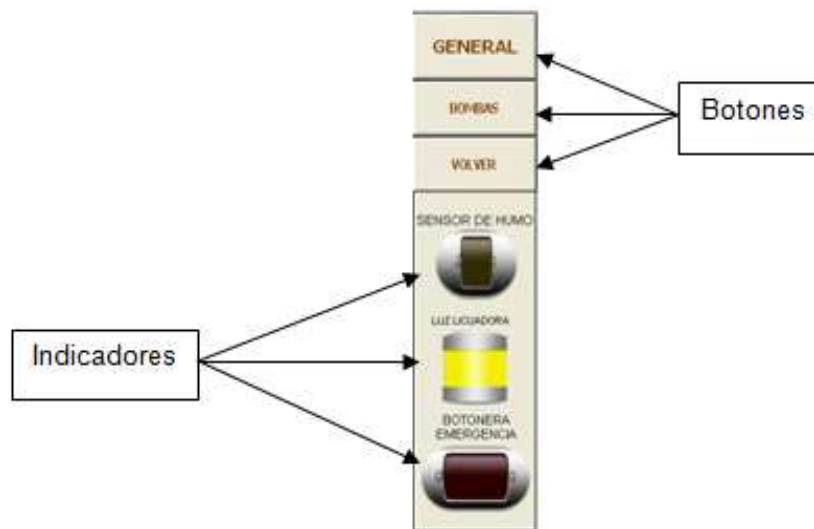


Figura. 3.25. Pantalla del Menú del Sistema Contraincendios.

En cada pantalla se representa la ubicación de los instrumentos mediante un bosquejo de las áreas que se necesita observar.

Pantalla General del Sistema Contraincendios

Esta pantalla muestra una vista de la estación, donde se encuentran los diferentes detectores de gas y flama, los hidrantes y las electroválvulas correspondientes a las duchas.

A continuación en la Figura. 3.26 se puede observar la distribución y la identificación de los instrumentos existentes en la planta.

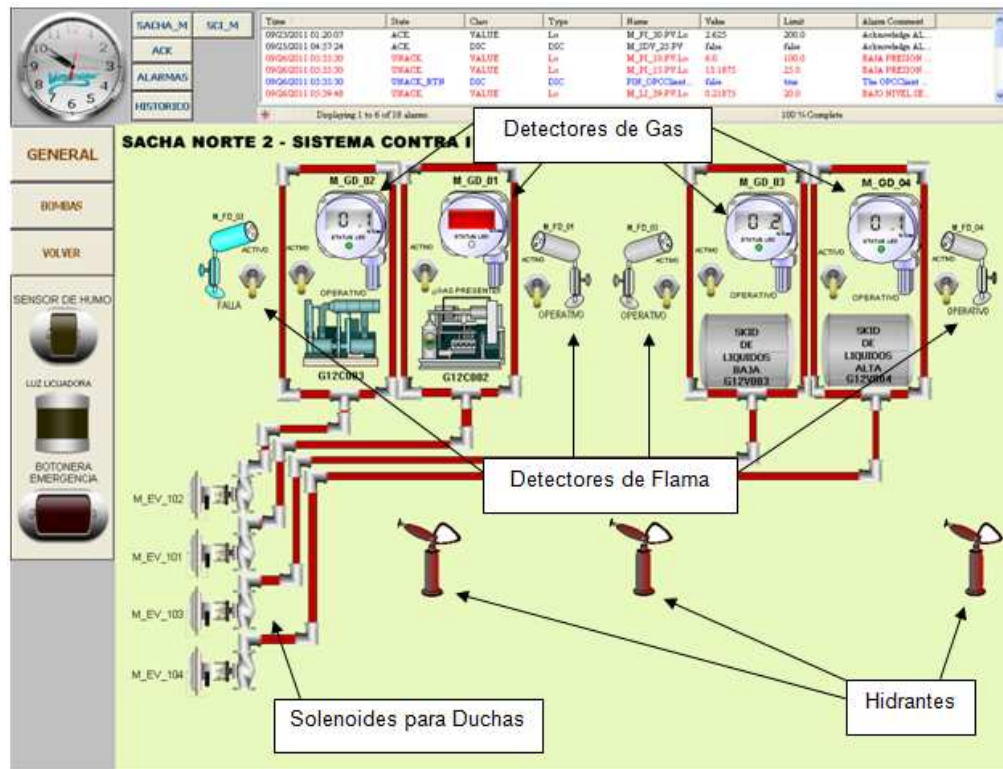


Figura. 3.26. Pantalla General del Sistema Contraincendios.

Como recomienda la guía GEDIS, el título de la pantalla ha sido colocado en la parte superior para que se tenga presente que es lo que representa la pantalla, además el color de fondo de la pantalla es un color que hace contraste con los gráficos de los detectores y actuadores, así la interfaz no resulta molesta para el operador.

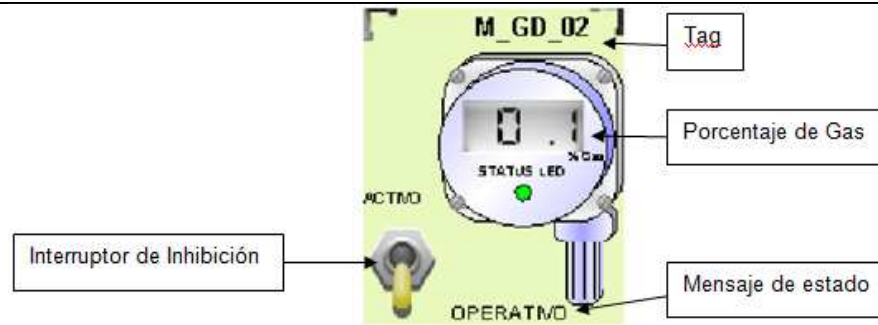


Figura. 3.27. Representación gráfica del detector de gas.

Cada detector de Flama o gas tiene su interruptor de inhibición como se muestra en las Figuras. 3.27 y 3.28.

El objetivo de estos interruptores de inhibición es que el operador pueda hacer caso omiso al detector, pues este puede detectar falsas alarmas o en algún momento puede resultar descompuesto.

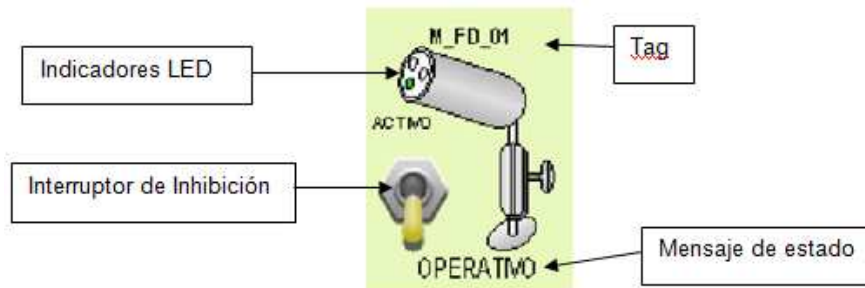


Figura. 3.28. Representación gráfica del detector de flama.

Para el control de las electroválvulas correspondientes a las duchas e hidrantes, existe una pequeña pantalla la cual contiene recuadros con botones de control como se muestra en la Figura. 3.29, en la cual se muestra el control de los hidrantes, las duchas se controlan de la misma forma.

Estos recuadros aparecen mediante links con gráficos del proceso como lo recomienda la guía GEDIS, pues los recuadros aparecen al dar un clic en un hidrante o solenoide correspondiente a una ducha.

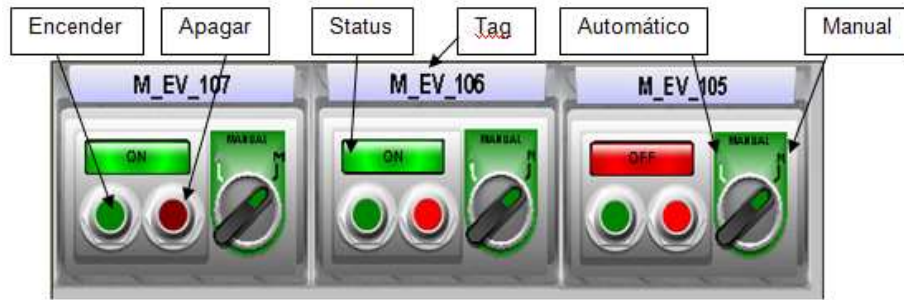


Figura. 3.29. Recuadro de control de electroválvulas de hidrantes.

Pantalla de Bombas

Para la Pantalla de Bombas del Sistema Contra Incendios (Figura. 3.30) al igual que la anterior, se siguió recomendaciones de la guía GEDIS. En la pantalla se muestra un bosquejo del sistema de bombeo.

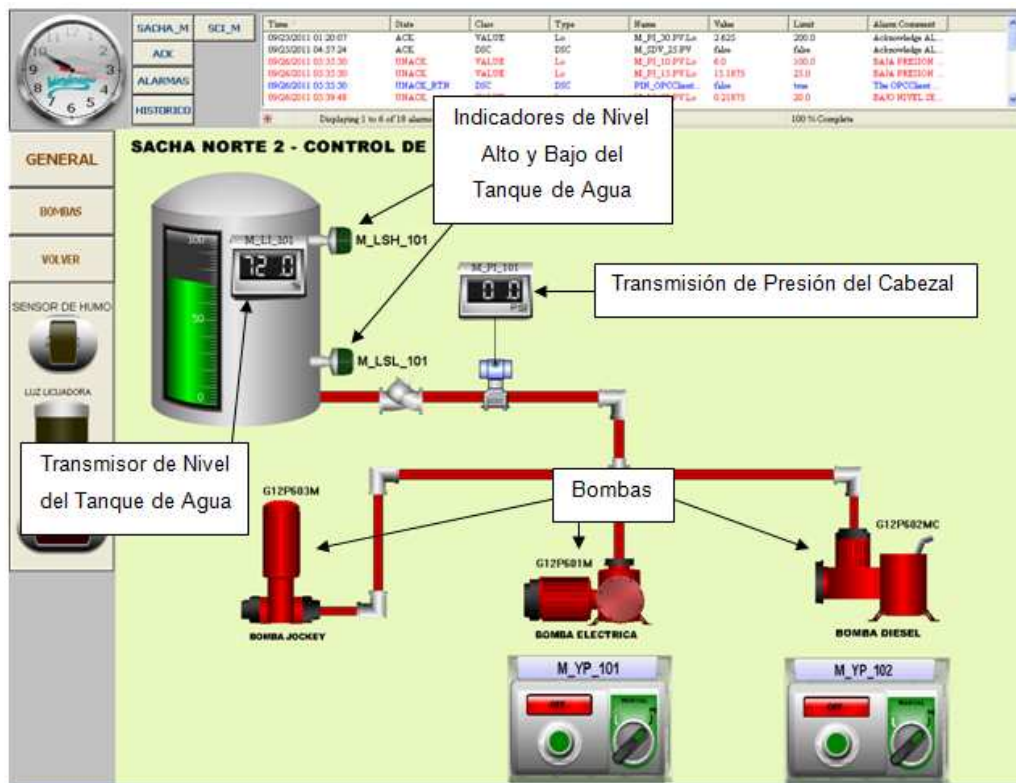


Figura. 3.30. Pantalla de Bombas del Sistema Contra Incendios.

La pantalla indica el tanque de reserva de agua con sus respectivos interruptores de nivel “LSH-101, LSL-101” y su transmisor de nivel “LT-101”; el transmisor de presión “PT-101”; y tres bombas: Bomba Principal, Bomba Diesel y Bomba Jockey, las cuales tienen su respectivo indicador de fallo y estado.

Las Bombas Principal y Diesel también tienen un control, el cual permite la opción de arrancar la bomba de forma remota.

A continuación se detalla el recuadro de control de las bombas Principal y Diesel en la Figura. 3.31.

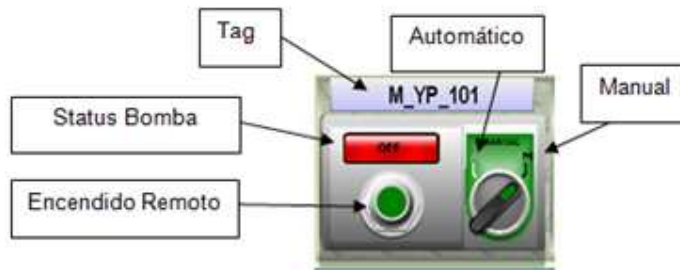


Figura. 3.31. Recuadro de control de bombas.

El selector debe estar en modo Manual si se desea enviar la señal de encendido remoto.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS PARA LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN DE GAS SACHA NORTE 2.

En el presente capítulo se observa la selección y la implementación de los componentes necesarios para el sistema contra incendios.

Estos componentes comprenden el cableado, la instrumentación, el controlador y la fuente de poder. A continuación se detalla cada uno de estos componentes.

4.1. Cableado.

La instrumentación de campo es cableada hacia el cuarto de control por medio de cable apantallado AR-5200-HNa en el caso de los detectores de gas y flama. Las demás señales llegan por medio de cable de calibre 14 AWG THHN.

Los cables usados son para lugares de Clase 1 División 1. En la Figura. 4.1 se pueden observar los cables que van al campo.

Los cables son llevados hacia el campo por medio de una bandeja metálica de dimensiones 24" de ancho por 8" de alto. Esta bandeja llega a una caja de unión "Junction Box".

A continuación en las Figuras. 4.2 y 4.3, se muestran la bandeja y una de las Junction Box respectivamente.



Figura. 4.1. Cables del Sistema Contra incendios.



Figura. 4.2. Bandeja para transportación de cableado.

Una vez que el cable pasa por la Junction Box, se dirige hacia el instrumento mediante una bandeja más pequeña de dimensiones 9" de ancho por 8" de alto, y finalmente se transporta mediante tubería de $\frac{3}{4}$ " conduit en el último tramo como se observa en la Figura. 4.4:



Figura. 4.3. Junction Box (Caja de Unión).



Figura. 4.4. Tubería conduit.

Las conexiones y rutas de las señales se muestran a detalle en los diagramas de conexionado incluidos en el Anexo 4. En el Anexo 4 se muestran todas las señales que llegan al PLC ubicado en el tablero de control.

4.2. Tablero de Control.

El tablero tiene un acabado con pintura al horno color crema de dimensiones: 90x145x40 cm. con doble puerta. En la Figura. 4.5 se muestra el tablero con sus respectivas dimensiones:

Los cables de instrumentación ingresan al tablero por la parte inferior de este a través de conectores de cable armado como se muestra en la Figura. 4.6.

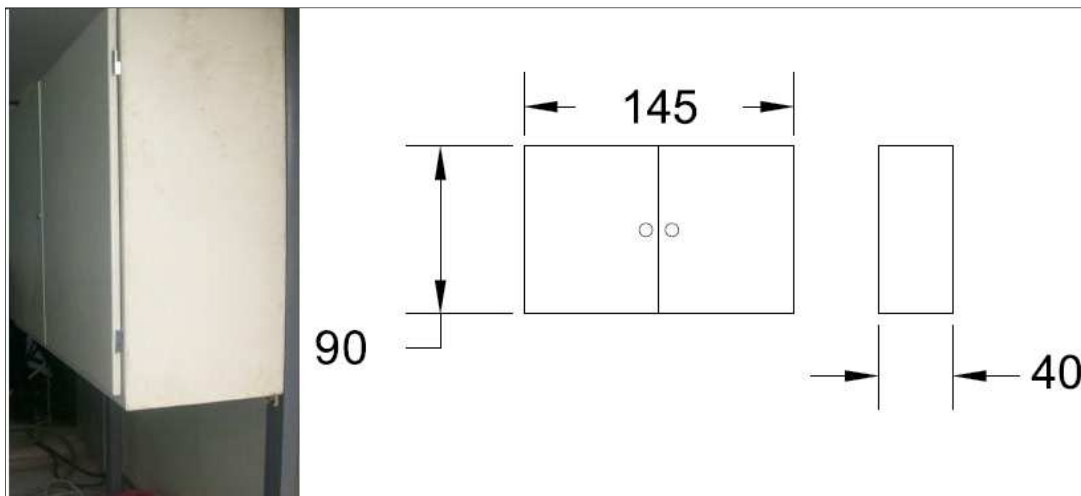


Figura. 4.5. Dimensiones del Tablero de Control.



Figura. 4.6. Conectores de cable armado.

En el interior del tablero se encuentran los siguientes elementos mostrados en la Tabla. 4.1.

Tabla. 4.1. Elementos del Tablero de control.

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION
1	1	UND	Gabinete de Control
2	2	UND	Interruptor Termomagnético SIEMENS 5SX1-B 6-32 A
3	1	UND	Fuente SOLA DUTY
4	1	UND	Modulo Redundate de Alimentación SOLA
5	1	UND	PLC Allen Bradley Compact Logix, 6 Slots
6	7	UND	Portafusibles EURO S\$ LH/35 para 2.5 A
7	70	UND	Portafusibles EURO S\$ LH/35 para 50 mA
8	56	UND	Borneras de paso EURO 4/35
9	20	UND	Topes de Borneras
10	4	METRO	RIEL DIN (35x7.5)mm.
11	3	METRO	Canaleta de cuadro perforada 60x60 mm.
12	6	METRO	Canaleta de cuadro perforada 60x40 mm.
13	1	UND	Barra para Tierra pequeña
14	16	UND	Relés C10-A10X polo, 24 VDC para 6 A 240 VAC
15	16	UND	Sócalo S10 para relés C10 SERIES

El tablero se alimenta desde el braker "PLC SCI" ubicado en el tablero de protecciones mostrado en la Figura. 4.7.



Figura. 4.7. Tablero de protecciones.

El detalle del tablero se lo puede observar de una mejor manera en el plano, este plano corresponde al Anexo No. 5.

4.3. Selección de la Instrumentación de Campo.

La instrumentación de campo se divide en dos grupos al igual al igual que en la parte de diseño.

Estos grupos son: Instrumentación de campo para la detección e instrumentación de campo para la extinción.

4.3.1. Instrumentación de campo para Detección.

La instrumentación de campo para la detección consta de:

- Detector de Flama.
- Detector de Gas.
- Detector de Humo.
- Botonera de Emergencia.
- Transmisor de Presión.
- Transmisor de Nivel.
- Indicador de Nivel.

Detector de Flama

El instrumento que se seleccionó es el detector de Flama Ultravioleta/Infrarrojo de Net Safety modelo UV/IRS-A, mostrado en la Figura. 4.8.

En la Figura. 4.9 se muestra la vista de la ventana del Detector con sus respectivas partes, pues es la parte más importante del detector.

El Instrumento detecta la radiación UV e IR mediante los sensores UV e IR respectivamente.



Figura. 4.8. Detector de Flama.

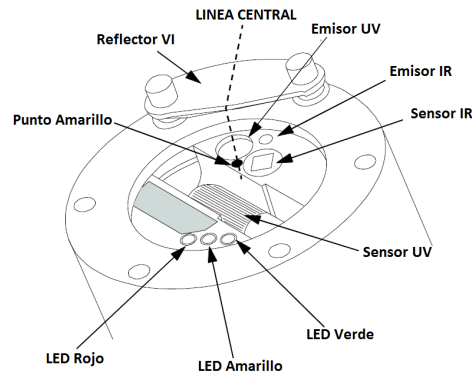


Figura. 4.9. Ventana del Detector de Flama.

Tiene un Reflector VI (Integridad Visual) el cual se encarga de reflejar las señales del Emisor IR y Emisor UV, el objeto de esto es que los sensores detecten dicha señal cada cierto tiempo y así comprobar que el lente está limpio. Si el lente no está limpio, el instrumento se pone a indicar una falla. Para esto la LINEA CENTRAL del Reflector VI debe estar alineado con el Punto Amarillo como se muestra en la Figura. 4.9.

El instrumento entrega una señal de 4 – 20 mA dependiendo del estado del detector. Los LED's son indicadores de estado del sensor.

A continuación en la Tabla No. 4.2 se detalla el estado del detector con sus respectivos indicadores:

Tabla. 4.2. Estados del Detector de Flama.

ESTADO	CORRIENTE	LED VERDE	LED ROJO	LED AMARILLO
Falla de Alimentación	1mA	Apagado	Apagado	Encendido
Falla VI	2mA	Apagado	Apagado	Intermitente
Inicio - retardo de 90 seg.	3mA	Encendido	Apagado	Apagado
Operación Normal	4mA	Encendido	Apagado	Apagado
Fuente UV Externa	6mA	Encendido	Apagado	Apagado
Fuente IR Externa	8mA	Encendido	Apagado	Apagado
Prueba VI Adecuada	10mA	Encendido	Apagado	Apagado
Prueba VI Buena	11mA	Encendido	Apagado	Apagado
Prueba VI Excelente	12mA	Encendido	Apagado	Apagado
Advertencia UV/IR	16mA	Encendido	Apagado	Apagado
Fuego Confirmado	20mA	Apagado	Intermitente	Apagado

Detector de Gas

El instrumento que se seleccionó es el detector de Gas de Net Safety modelo MLP-A-SIR100-SS, mostrado en la Figura. 4.10.

El Instrumento detecta la radiación IR mediante los sensores IR. Tiene un sensor activo y un sensor de referencia, estos sensores comparan la radiación IR emitida por una fuente IR interna.



Figura. 4.10. Detector de Gas.

El instrumento entrega una señal de 4 – 20 mA dependiendo del estado del detector. Esta señal corresponde a un nivel de 0% a 100% de LEL.

Detector de Humo



Figura. 4.11. Detector de Humo.

En el presente proyecto se selecciono un Detector de tipo iónico mostrado en la Figura. 4.11, pues es el detector más usado debido a que tiene una buena velocidad de respuesta comparado con otros detectores como por ejemplo los detectores fotoeléctricos.

Botonera de Emergencia

En la Figura. 4.12 se muestra la botonera usada en el cuarto de control de la estación de captación de gas Sacha Norte2.

La Botonera de Emergencia tiene un contacto normalmente abierto y un contacto normalmente cerrado asociado al botón.



Figura. 4.12. Botonera de Emergencia.

Según la necesidad del proceso se seleccionará el contacto. En este caso se ha seleccionado el contacto normalmente cerrado.

La caja está hecha de una aleación de cobre libre de aluminio, el conducto de apertura es de $\frac{3}{4}$ " NPT. La cubierta provee una alta visibilidad en el cuarto de control debido a que es de color rojo.

Transmisor de Presión



Figura. 4.13. Transmisor de Presión.

El transmisor de presión, mostrado en la Figura. 4.13, tiene la función de dar a conocer la presión que tiene el cabezal, es decir la presión que tiene la línea de agua. Se va a medir una presión de máximo 200 PSI's y la temperatura del agua no es alta, por lo cual se optó por usar el método más usado.

El transmisor entrega a su salida una señal de 4-20mA la cual se interpreta de la siguiente forma: 4mA = 0 PSI's y 20mA = 200 PSI's linealmente. Esta señal es transmitida hacia el cuarto de control mediante los dos mismos cables usados para la alimentación del transmisor. La alimentación del transmisor es de 24 VDC.

Transmisor de Nivel

La función del Transmisor de Nivel LT-101 es dar a conocer el nivel del agua del tanque en porcentaje, para ello existen varias formas de medir el nivel de líquido en un tanque.

Los medidores de nivel de agua están constituidos por dispositivos generalmente muy simples y, en algunos casos pueden ser contruidos localmente en las mismas empresas de saneamiento o servicios de agua.

El medidor que más se ajusta a las necesidades del presente proyecto es el medidor de nivel por medio del Flotador debido a que el tanque tiene una altura de 5m.

Los visores de vidrio, electrodos o algún otro método de los mencionados anteriormente se usan para tanques más pequeños.

En la Figura. 4.14 se muestra el transmisor que se ha seleccionado para conocer el nivel de agua del sistema contraincendios de la estación de captación de gas Sacha Norte 2. Este transmisor es el Varec COT 8200 (Current Output Transmitter).



Figura. 4.14. Transmisor de Nivel.

El transmisor Varec COT 8200 es un transmisor analógico de precisión diseñada para la información del nivel a través de comunicaciones de campo a la sala de control. El COT 8200 proporciona un aumento en la corriente de salida con un nivel creciente usando una señal de 4-20mA o 10-50mA según sea la necesidad, en este caso 4-20mA.

El COT 8200 está constituido por un Flotador, una Cinta metálica y el transmisor como se muestra en la Figura. 4.15, además cuenta con su lazo de alimentación y comunicación por el cual se obtendrá la corriente.



Figura. 4.15. Constitución del Transmisor de Nivel.

El Flotador esta unido a la cinta la cual va a envolverse en una rueda piñón la cual tiene asociado un disco con ranuras de acoplamiento el cual indicara al transmisor, mediante un encoder, la medida y será transmitido por el lazo de comunicaciones.

El transmisor es alimentado con 24VDC. Por este mismo lazo de alimentación el transmisor envía la señal de comunicación hacia el cuarto de control.

A continuación en la Figura. 4.16 se muestra las partes internas del COT 8200:

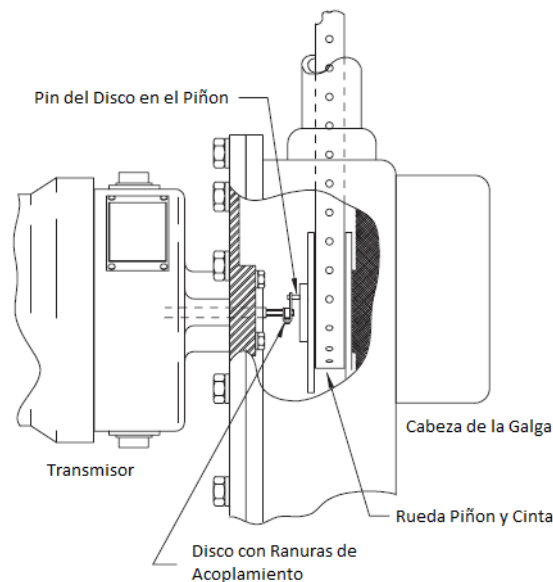


Figura. 4.16. Estructura Interna del Transmisor de Nivel.

Cuando el transmisor envía una señal de corriente de 4 a 20 mA hacia el cuarto de control, esta señal es procesada por el PLC y muestra un porcentaje de nivel del tanque con la correspondencia $4\text{mA}=0\%$ y $20\text{mA}=100\%$.

Indicador de Nivel

El transmisor de nivel Tipo 1510 mostrado en la Figura. 4.17 tiene montaje horizontal, tiene un flotador que funciona con interruptor de nivel adecuado para

aplicaciones en que las plantas y los contactos abiertos o cerrados son necesarios para la señal de la presencia o ausencia de líquido en un nivel discreto.



Figura. 4.17. Indicador de Nivel.

El brazo de extensión flotante mueve un imán que acciona un interruptor de láminas herméticamente selladas. Su actuación se puede revertir mediante la rotación de la unidad 180 grados, pues variaran sus contactos.

4.3.2. Instrumentación de campo para Extinción.

Hidrantes



Figura. 4.18. Hidrante.

El hidrante está compuesto por una válvula solenoide, una válvula de diafragma y el monitor como se muestra en la Figura. 4.18. La válvula solenoide cumple la función de activar remotamente la válvula de diafragma.

La válvula de diafragma se encarga de dejar pasar el agua hacia el monitor. Esta válvula puede ser abierta de forma manual o remota. Para abrir de forma manual se tiene una válvula manual como se muestra en la Figura. 4.19. Esta válvula manual quita la presión del diafragma de la válvula de diafragma.

En el caso de que se requiere abrir la válvula de forma remota se envía desde el cuarto de control la señal eléctrica de 24 VDC a la válvula solenoide la cual se al activar la solenoide se elimina la presión del diafragma de la válvula de diafragma en dirección A-E como se muestra en las Figuras 4.19 y 4.20.

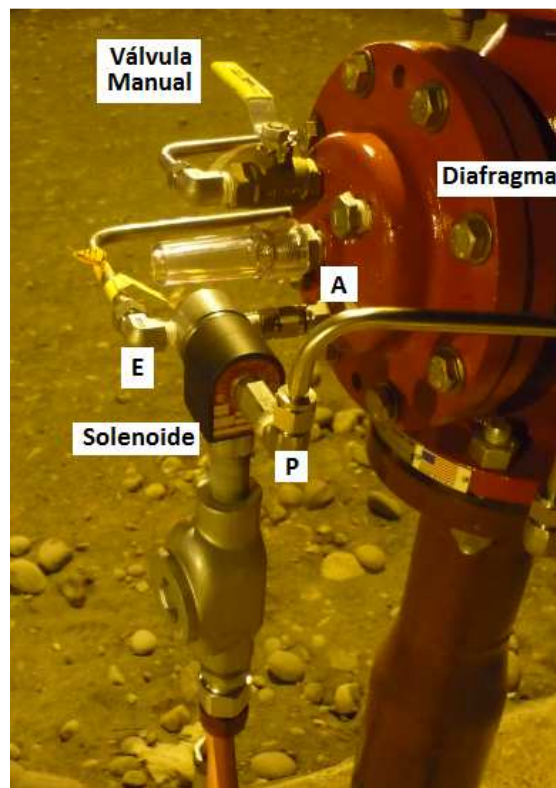


Figura. 4.19. Circuito de Alimentación del Hidrante.

A continuación en la Figura. 4.20 se muestra los diagramas de flujo de la válvula solenoide:

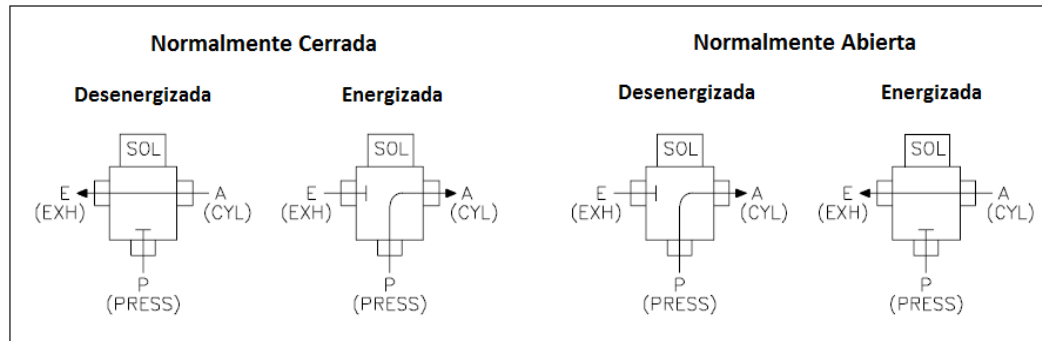


Figura. 4.20. Diagrama de Flujo de la Válvula Solenoide.

La configuración usada en el presente proyecto es la configuración en la cual la válvula esta Normalmente Abierta. Pues al energizar la válvula no habrá presión en el diafragma removiendo el embolo y permitiendo el paso de agua hacia el monitor.

Rociadores

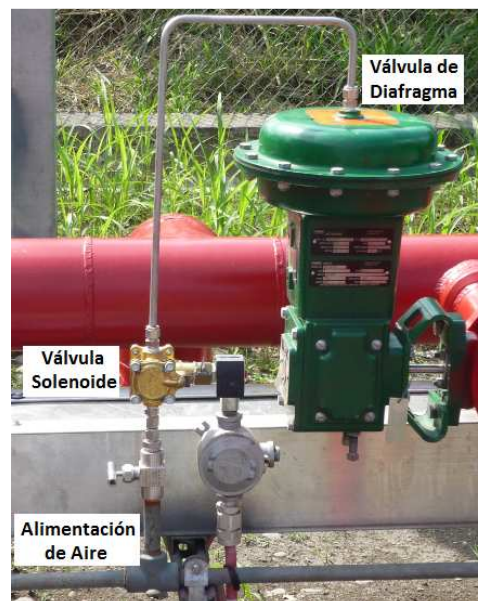


Figura. 4.21. Circuito de alimentación para Rociador.

El circuito de cada rociador, mostrado en la Figura. 4.21, está compuesto por una válvula solenoide de dos vías, una válvula de diafragma y el finalmente el rociador en si ilustrado en las Figuras 4.24 y 4.25.

La válvula de diafragma en este caso es alimentada con aire el cual es controlado por la válvula solenoide, cuando el diafragma es presionado con aire, el embolo realiza un desplazamiento vertical hacia abajo rotando el actuador, así se permite el paso de fluido. En la Figura. 4.22 se puede apreciar una vista seccional de la válvula de diafragma.

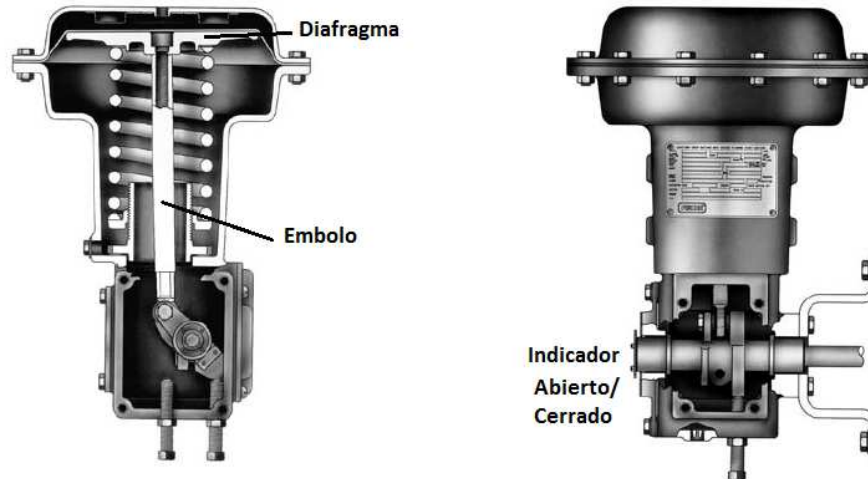


Figura. 4.22. Vista seccional de la válvula de diafragma para los rociadores.

La válvula solenoide como se indica en la Figura. 4.23, tiene un accionamiento manual un accionamiento remoto.

Para su accionamiento remoto es necesario que la solenoide se energice mediante la señal de control recibida desde el cuarto de control.

Al accionarse la válvula el aire pasa en dirección A-E, como se muestra en la Figura. 4.23, permitiendo así accionar a la válvula de diafragma para dar paso al fluido de la tubería.

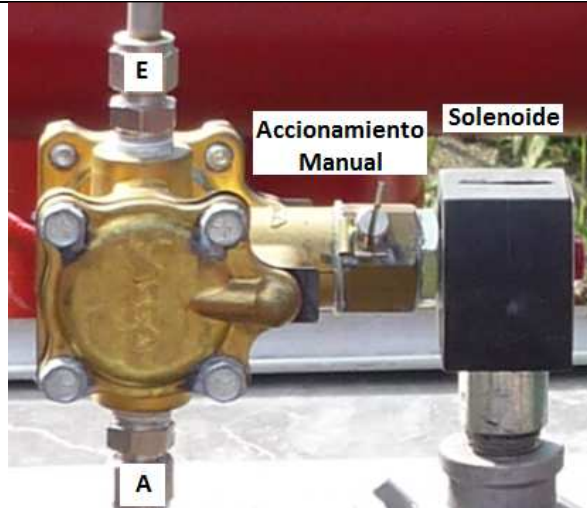


Figura. 4.23. Válvula Solenoide para rociadores.

Una vez que pasa el fluido (agua) por la tubería, este se dirige hacia un conjunto de rociadores en específico dependiendo que área se requiera rociar como se muestra en la Figura. 4.24.

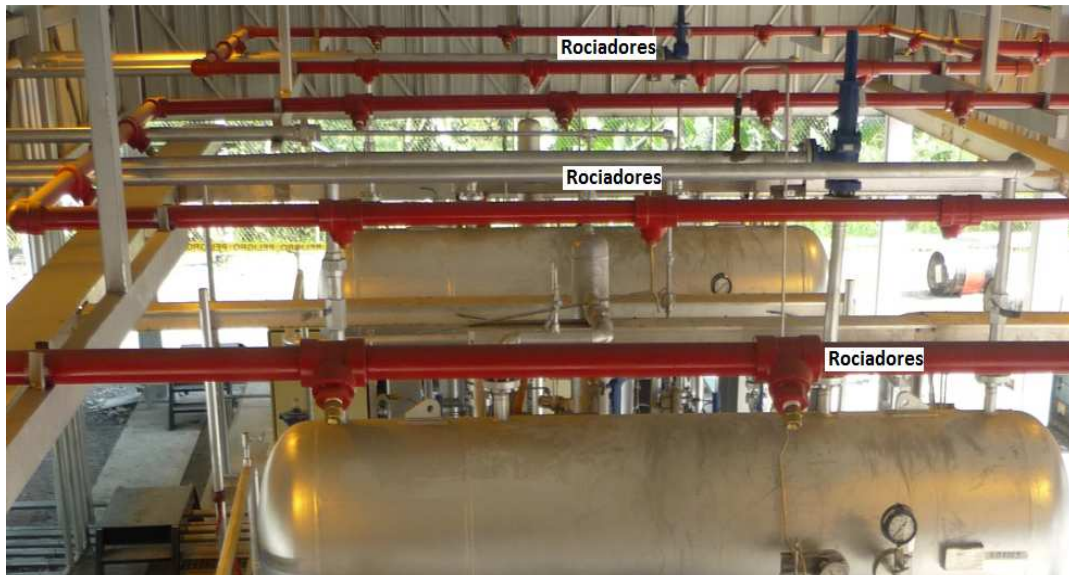


Figura. 4.24. Rociadores en el Hangar de Skids.

En la Figura. 4.25, se muestra la foto de un rociador:



Figura. 4.25. Rociador.

A continuación en la Figura No. 4.26 se muestra los diagramas de flujo de la válvula solenoide para los rociadores:

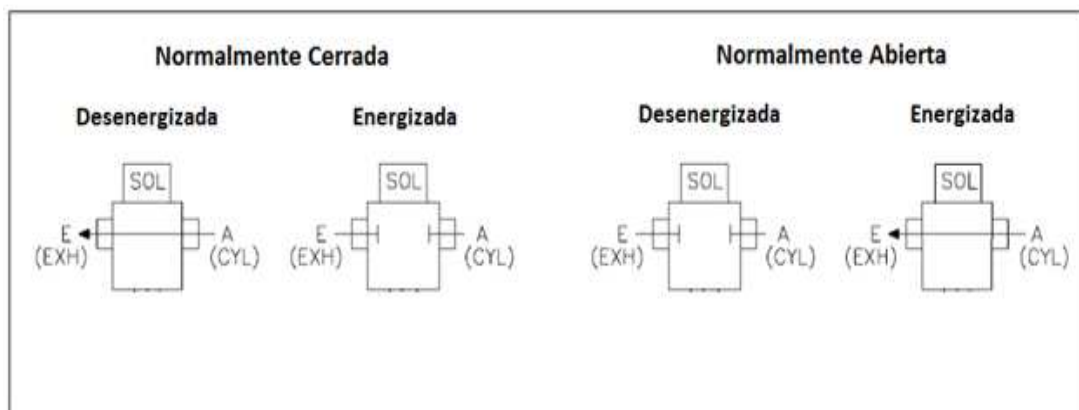


Figura. 4.26. Diagrama de Flujo de la válvula solenoide para rociadores.

La configuración usada en el presente proyecto es la configuración en la cual la válvula esta Normalmente Abierta.

4.4. Controlador

El PLC, sus tarjetas I/O y de comunicación se definen en base a la asignación de tags, estos parámetros están mostrados en las Tablas 2.7, 2.8, y 2.9.

En base a esos parámetros, se ha definido el Controlador Lógico Programable (PLC) Allen Bradley CompactLogix con las siguientes características que se muestran en la Tabla. 4.3.

Tabla. 4.3. Descripción de Módulos Para el PLC del Sistema Contraincendios.

ITEM	MÓDULO	CANTIDAD	MODELO	MARCA
1	CompactLogix Dual Serial Processor, 512K Memory	1	1769-L31	ALLEN BRADLEY
2	4 Channel Analog Current/Voltage Input Module	4	1769-IF4	ALLEN BRADLEY
3	16 Point 24 VDC Sinking/Sourcing Input Module	1	1769-IQ16	ALLEN BRADLEY
4	16 Point VAC/VDC Relay Output Module	1	1769-OW16	ALLEN BRADLEY
5	Cable de Comunicación Serial	1	1756-CP3	ALLEN BRADLEY
6	Power Supply 24VDC Input 2 Amp, 5VDC Output.	1	1769-PB2	ALLEN BRADLEY



Figura. 4.27. Distribución de Módulos del PLC.

En la Figura. 4.27 se puede observar la distribución de los módulos del PLC definidos en la Tabla. 2.10.

4.5. Fuente de Alimentación

Tomando en cuenta los datos de la Tabla. 2.11 se ha definido la fuente SOLA SDN 10-24-100P, la cual esta conectada a otra fuente redundante SOLA 2.5-20 RED, su conexión se muestra en la Figura. 4.28.

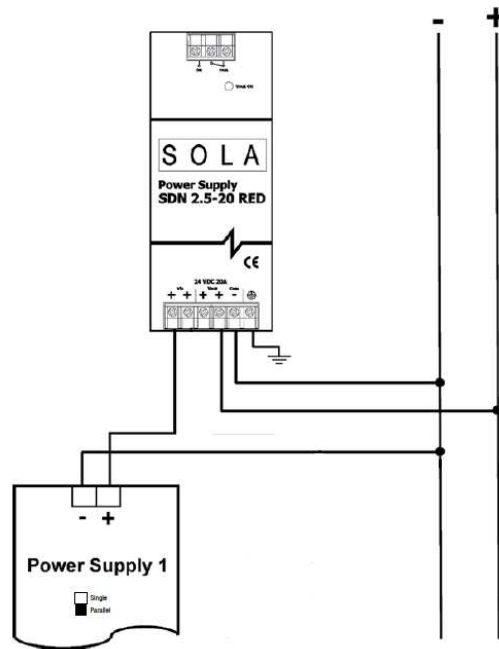


Figura. 4.28. Diagrama de conexión de la Fuente Redundante.

En la Figura. 4.29 se muestra la fuente implementada en el tablero de control.



Figura. 4.29. Fuente de Alimentación SOLA redundante.

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

El presente capítulo tiene como objeto dar a conocer la manera en la cual fueron realizadas las pruebas del sistema contraincendios verificando así su correcto funcionamiento.

Principalmente las pruebas y resultados se pueden clasificar en dos grupos los cuales son el software y hardware. Las pruebas para el grupo de software se lo realiza mediante una simulación de la interfaz humano máquina HMI, y para el grupo de Hardware mediante las pruebas campo-panel.

5.1. Simulación de la Interfaz Humano Máquina.

El Objetivo de realizar una simulación de la Interfaz Humano Máquina es comprobar el funcionamiento de la comunicación entre el programa del PLC con la Interfaz Humano Máquina, además sirve para comprobar la lógica del PLC antes de la implementación en el campo.

5.1.1. Adecuación de la programación del PLC.

Para adecuar el programa del PLC a la interfaz de simulación o a la interfaz definitiva, es necesaria la configuración del tópico, lo cual únicamente requiere crear un nuevo tópico en el programa RSLinx. Este tópico tiene la característica de que debe tener el nombre del controlador en este caso es PLCSCI. Este tópico se asigna al PLC.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

En la Figura No. 5.1 se muestra la ventana de la configuración del t3pico, donde se da click en el t3pico PLCSCI y luego en el PLC, de esta forma se asigna el t3pico al controlador.

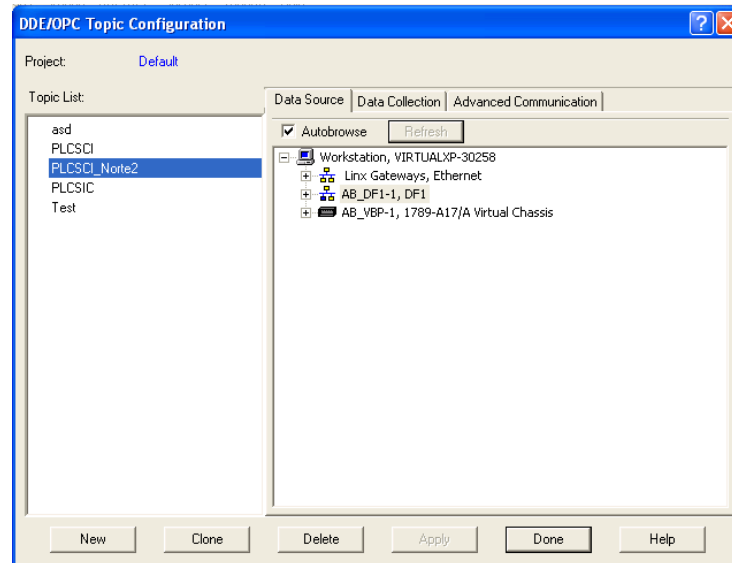


Figura. 5.1. Configuraci3n del t3pico del controlador.

Una vez asignado el t3pico al controlador, se debe asociar este t3pico al HMI, en este caso se tiene un HMI de simulaci3n y un HMI definitivo.

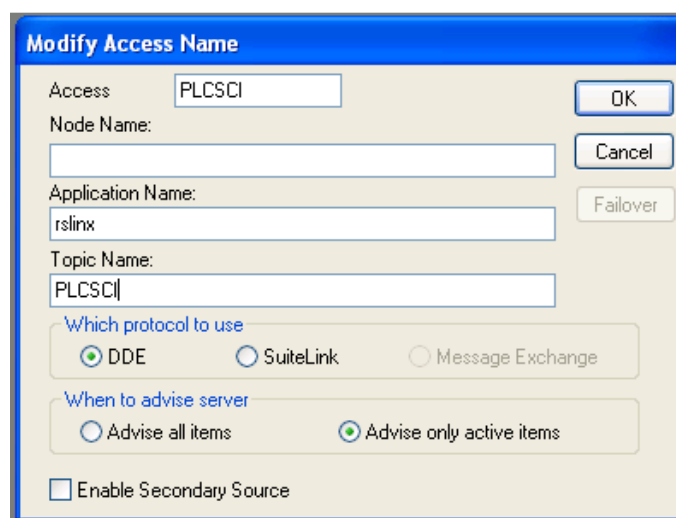


Figura. 5.2. Configuraci3n del Access Name del HMI de simulaci3n.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

Para el caso de la simulación se lo hace en el WindowMaker que es donde está la interfaz. En el menú Special, Access Name se crea un Access Name con el nombre del Tópico PLCSCI, en el cual el Application Name debe ser rslinx y el Topic Name PLCSCI como se muestra en la Figura No. 5.2. El protocolo usado para la simulación es DDE.

Para el caso del HMI definitiva, se tiene otra configuración debido a que la aplicación es una aplicación manejada y no Stand Alone como la de la simulación. Al ser una aplicación manejada, WindowMaker no permite la configuración del Access name como se observa en la Figura No. 5.3.

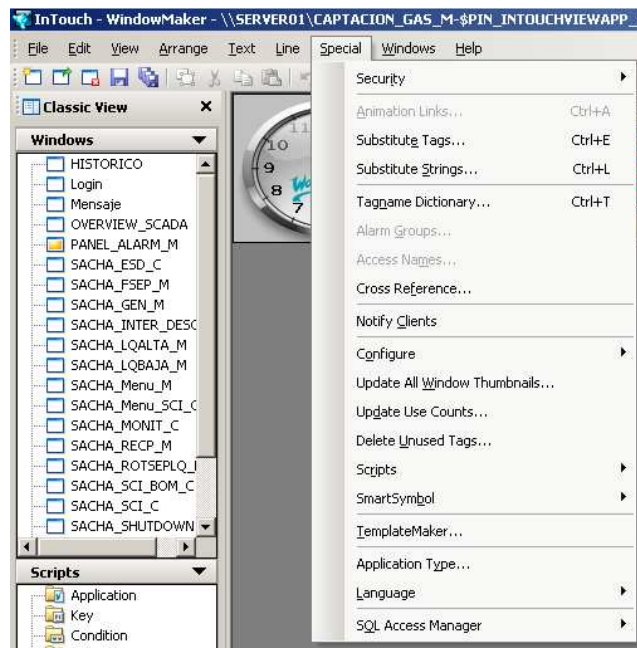


Figura. 5.3. Menú especial de WindowMaker.

El tópicos se asocia en al objeto OPC que se ha creado anteriormente. Este Objeto OPC debe estar asociado al RSLinx como se muestra en la Figura No.5.4 a continuación.

En la Figura No. 5.5, se puede observar el grupo de escaneo en el cual debe ir el nombre del tópicos del PLC. Este grupo PLCSCI contiene los tags provenientes del PLC.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

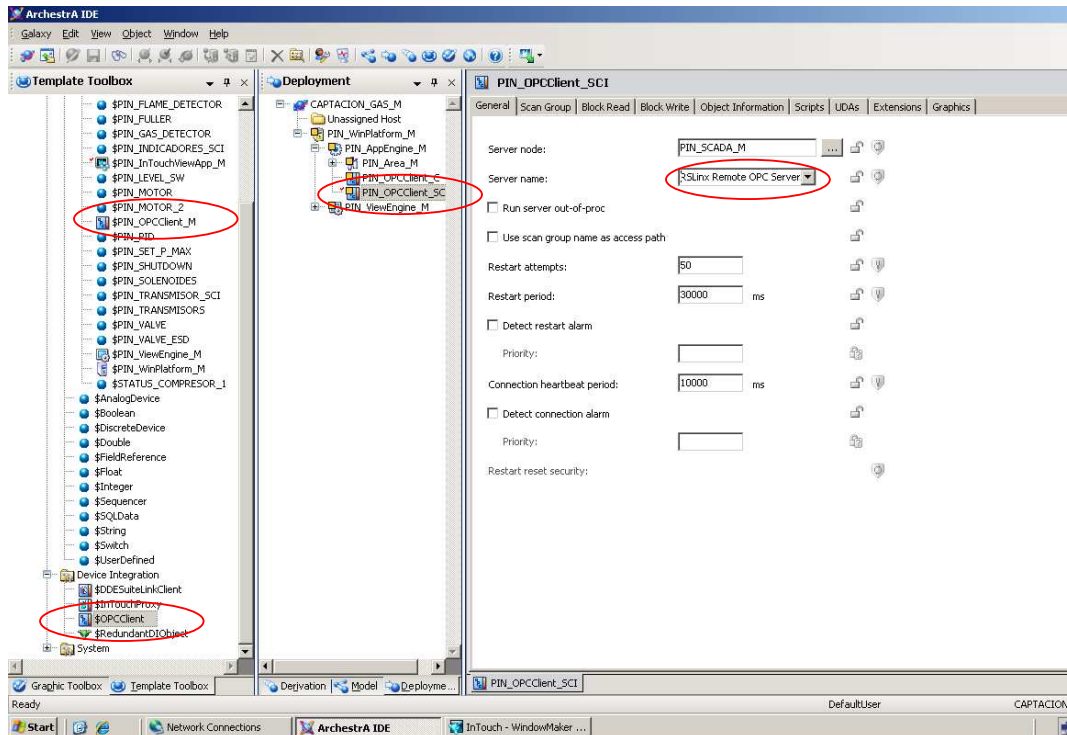


Figura. 5.4. Configuración del Objeto OPC en ArchestrA IDE.

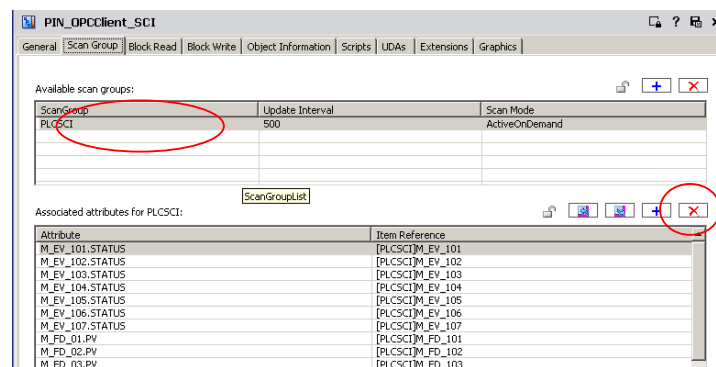


Figura. 5.5. Objeto OPC.

Para añadir los tags, se da click en el símbolo + como se muestra en la figura No. 5.5 y se escoge los tags que se quiere obtener. Al dar click en el + se crea un espacio en la lista de tags, el cual llama a la ventana mostrada en la Figura No. 5.6.

Si esta ventana se muestra, es una prueba de que existe comunicación.

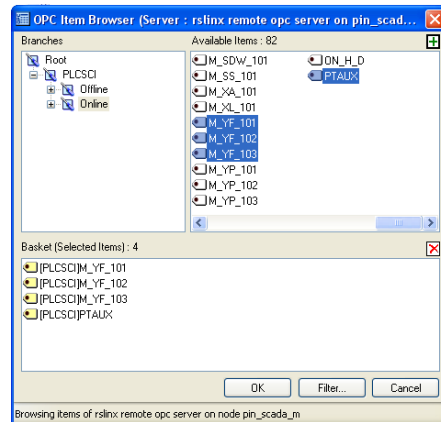


Figura. 5.6. Buscador de Items OPC.

En el caso que no se muestre la ventana de la Figura No.5.6, aparecerá la ventana mostrada a continuación en la Figura No. 5.7 la cual indica que no existe conexión entre el PLC y el HMI.

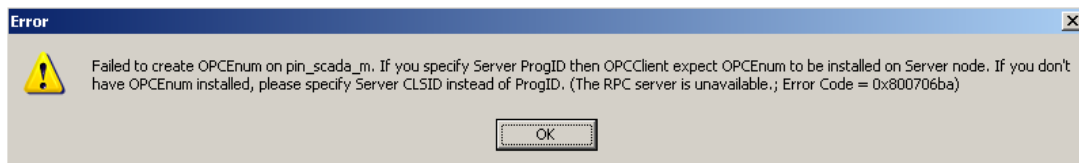


Figura. 5.7. Error de conexión entre el PLC y el HMI.

Al Realizar esta prueba se tuvo como resultado que si existe comunicación.

5.1.2. Configuración de las Pantallas de Simulación.

Para comprobar la lógica del PLC se ha realizado un HMI de simulación la cual ayuda a visualizar el comportamiento de las salidas y las entradas del programa del PLC.

En la Figura No. 5.8 se puede observar la pantalla inicial de la simulación la cual nos permite escoger entre entradas/salidas físicas o simuladas.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

Las entradas digitales se las puede maniobrar desde la pantalla mostrada en la Figura No. 5.9 a continuación. En la pantalla se encuentran los tags que se pueden maniobrar.

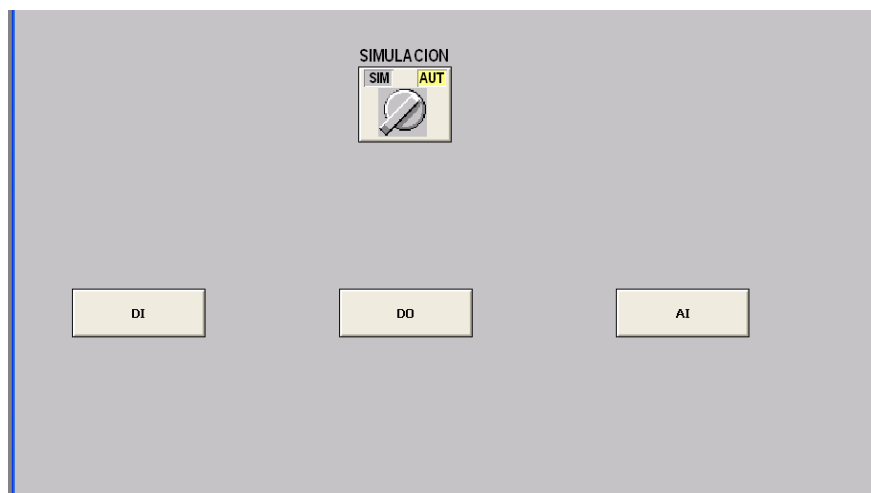


Figura. 5.8. Pantalla inicial del HMI de simulación.

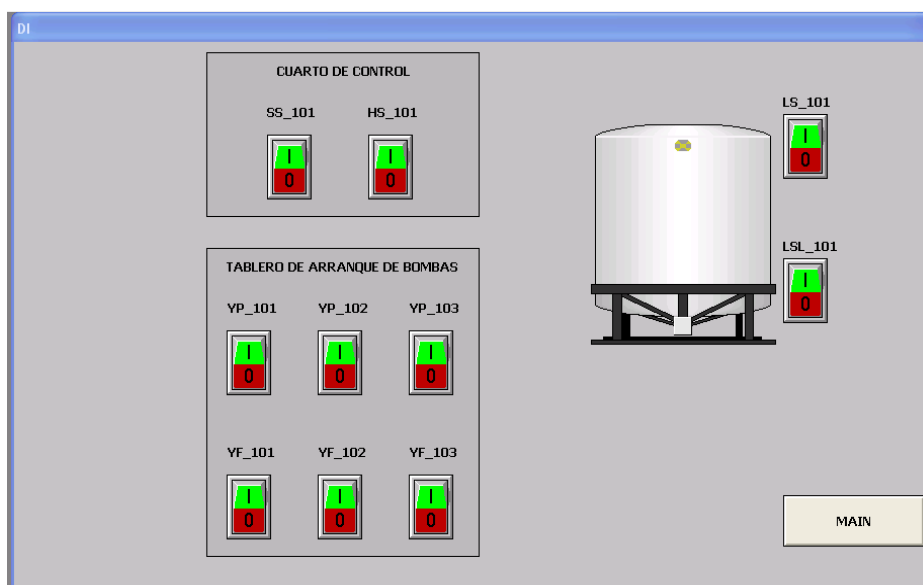


Figura. 5.9. Pantalla de entradas digitales.

A continuación en la Figura No.5.10 se muestra la pantalla que contiene las salidas digitales. En esta pantalla se verifica el funcionamiento según la matriz causa-efecto.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

En la Figura No.5.11 se muestra el recuadro de control de las duchas, estas duchas se las puede encender manual y automáticamente.

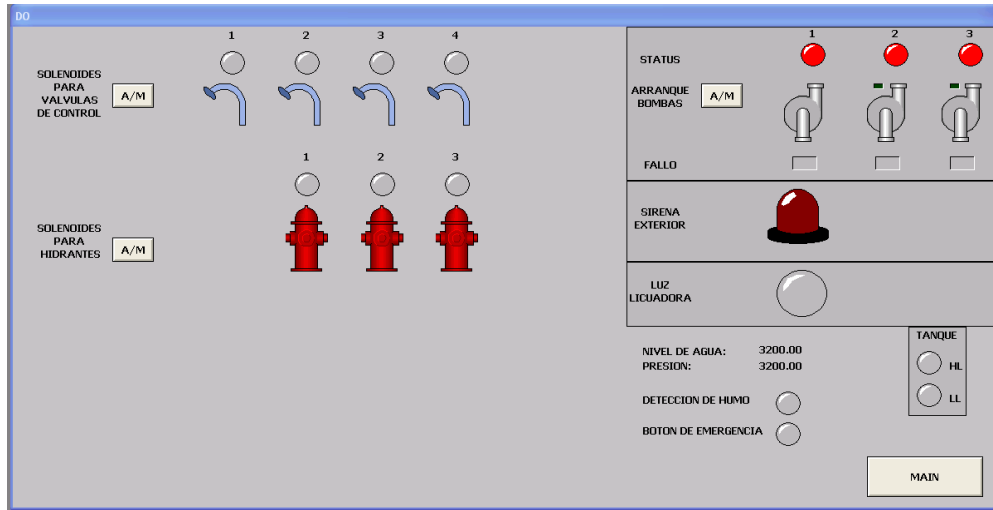


Figura. 5.10. Pantalla de salidas digitales.

Se debe tener en cuenta que para que el programa funcione según la matriz causa efecto, estas duchas, al igual que los hidrantes y bombas deben estar en modo automático.

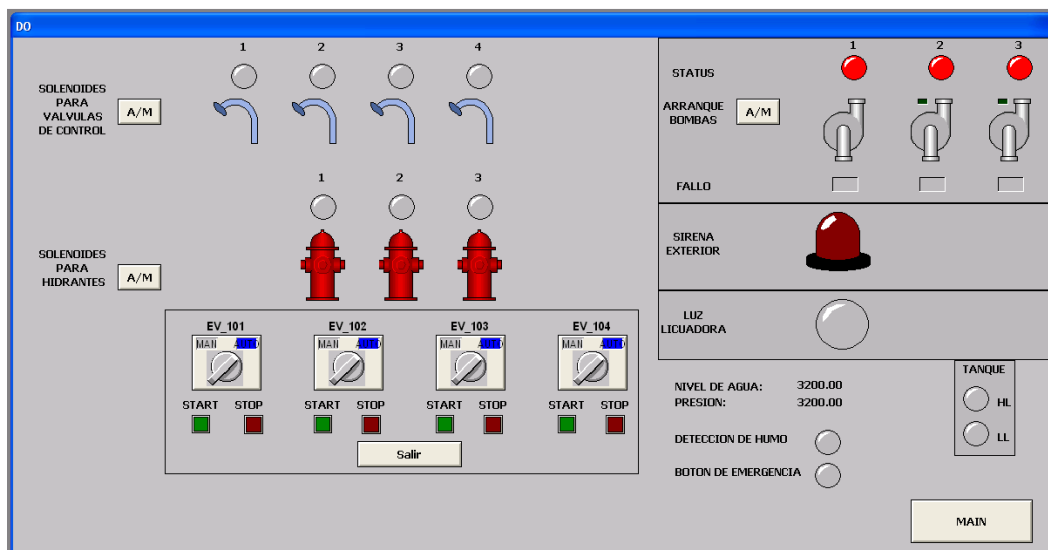


Figura. 5.11. Pantalla de entradas digitales con recuadro de control de duchas.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

A continuacion en la Figura No. 5.12 se puede observar la pantalla que contiene las entradas analógicas. En esta pantalla se simulan los detectores de flama y gas además los transmisores de presion y nivel.

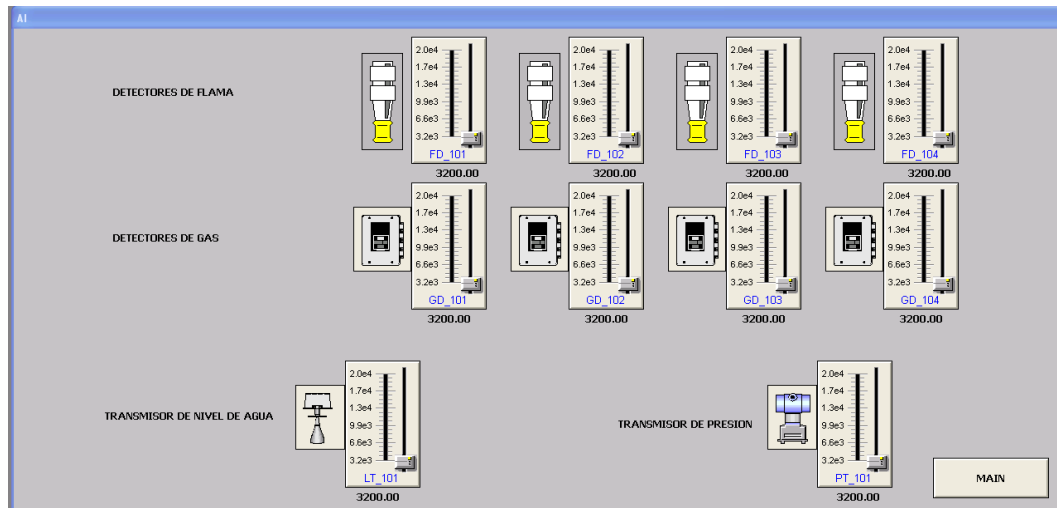


Figura. 5.12. Pantalla de entradas analógicas.

Estas pruebas fueron realizadas mediante la simulación de la activación de los detectores de flama y gas, verificando los resultados con la matriz causa-efecto del sistema.

Una vez realizadas las pruebas con la ayuda de la simulación del HMI se adecuó la lógica del PLC al HMI definitivo.

5.2. Pruebas Campo Panel.

Para las pruebas Campo-Panel sirvió de gran ayuda la comunicación por radio, de esta forma se tiene certeza los valores y/o estados de las señales tanto en campo como en el panel. Para ello las pruebas se las hizo en tres grupos: detectores, actuadores y las señales restantes.

En el grupo de los detectores se verificó el funcionamiento de detectores de flama y detectores de gas.

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

Para realizar las pruebas de los detectores de gas se usó un kit especial de calibración. Este kit se muestra en la Figura No.5.13 a continuación.



Figura. 5.13. Kit de calibración de detectores de gas.

El Kit de pruebas de los detectores de gas consiste en dos cilindros con 50%LEL con lo cual se puede simular una fuga de gas. Estos valores se ven reflejados en la medida de corriente en el panel de control.

A continuación se muestra la Figura No. 5.14 en la cual se observa la forma en la cual se simula la presencia de gas en el detector.



Figura. 5.14. Simulación física de presencia de gas.

Para las pruebas de los detectores de flama igualmente se uso un kit especial de calibración. Este kit permite generar un rayo infrarrojo al lente del detector de flama lo cual genera 8 mA, por lo cual además de este kit, se simuló fuego acercando un fósforo encendido.

Esto se lo pudo hacer debido a que la planta se encontraba sin funcionar por lo tanto no había presencia de gas en el ambiente. Además se lo realizó con una persona encargada de seguridad industrial.

A continuación en la Figura No.5.15 se muestra el kit de calibración de los detectores de gas.



Figura. 5.15. Kit de Calibración de detectores de flama.

En la Figura No.5.16 mostrada a continuación se muestra la manera en la cual fueron probados los detectores de flama desde el campo.

En el grupo de los actuadores se verificó el funcionamiento de los hidrantes y duchas. La forma de comprobar las señales de los hidrantes y duchas, es activar el actuador desde el panel, así mediante radio una persona en campo informa el cambio de estado de la solenoide en prueba. Este cambio de estado de la

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

solenoide se puede verificar con el sonido que produce la solenoide o con el magnetismo de la misma.



Figura. 5.16. Simulación de presencia de flama.

A continuación se muestra la Figura No. 5.17 en la cual se observa la solenoide. La parte roja de la solenoide produce un magnetismo cuando la solenoide esta energizada.



Figura. 5.17. Solenoide.

Las válvulas que permiten el paso del agua se mantuvieron cerradas para realizar las pruebas que se realizaron para comprobar las señales del panel. Una vez que

CAPITULO 5.- PRUEBAS Y RESULTADOS

se probó las señales, se realizó nuevamente la prueba pero con las válvulas abiertas.

En la Figura No. 5.18 se muestra la prueba de un hidrante con paso de agua en la tubería.

Las señales restantes como la sirena, detector de humo, etc. Se lo realizó visual y auditivamente desde el panel de control ya que su verificación no hace falta una comunicación hacia el campo.



Figura. 5.18. Prueba de hidrante con agua.

Todos los resultados de las pruebas campo panel se los registraron en listas según los tags. Como se muestra en la Tabla No. 5.1 a continuación.

Esta tabla corresponde a las entradas analógicas en la cual se prueban los detectores de gas y flama además los transmisores de nivel y presión.

También se realizaron pruebas de continuidad de las señales del tablero de control. Estas pruebas se las realizó con la ayuda de un multímetro.

Tabla. 5.1. Registro de señales de entradas analógicas.

Identif. Entradas Analógicas								Fecha:		
Equipos: Multímetro, Radios, Computador, Generador 4-20mA										
ITEM	TAG	DIRECCION	SLOT	MARQUILLA		PANEL DE CONTROL		SEÑAL		OBSERVACIONES
				Bien	Mal	Bien	Mal	Bien	Mal	
1	FD-101	AI-1	3	Ok		Ok		Ok		
2	FD-102	AI-2	3	Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
3	FD-103	AI-3	3	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
4	FD-104	AI-4	3	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
5	GD-101	AI-5	4	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
6	GD-102	AI-6	4	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
7	GD-103	AI-7	4	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
8	GD-104	AI-8	4	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
9	GD-105	AI-9	5	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
10	LT-101	AI-10	5	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		
11	PT-101	AI-11	5	<input type="checkbox"/> Ok		<input type="checkbox"/> Ok		Ok		

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones.

- Al conocer que tipo de lugares peligrosos se va a proteger, se facilita la determinación de equipos y materiales necesarios, de manera que todos los equipos y materiales cumplen con normas de seguridad.
- Para realizar un sistema contraincendios es fundamental zonificar el lugar que requiere la implementación, pues al zonificar se tiene una mejor visión del proceso a seguir. Para ello es necesario conocer la clasificación de lugares peligrosos. En el caso del presente proyecto, la zonificación de la estación de captación de gas Sacha Norte 2 ayudó a conocer las necesidades de cada zona.
- Es necesario tener una parte de diseño de todo el sistema. En esta parte se debe prever la mayor cantidad de posibles problemas de implementación por ello en cada criterio de diseño se debe sobredimensionar es decir dejar un porcentaje de reserva a futuras correcciones y/o ampliaciones del sistema.
- Se concluye también que un sistema contraincendios debe estar aislado del proceso al cual el sistema contraincendios protege. Esto se debe a que un imprevisto en el proceso es más común que un imprevisto en el sistema contraincendios y si los dos sistemas están mezclados, un imprevisto puede causar una mala operación de los dos sistemas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- En el presente proyecto, hubo actuadores alimentados por aire y otros alimentados con agua de la misma tubería. Los actuadores alimentados por aire tienen una respuesta más rápida, y los actuadores alimentados por agua son más independientes. En el caso del presente proyecto, los hidrantes están alimentados por agua debido a que son los actuadores más cercanos. Y los actuadores de las duchas están alimentados por aire debido a que son los que más rápido deben combatir el fuego.
- Se concluye que los tags que se crean en el PLC pueden pertenecer al controlador o al programa, los que pertenecen al controlador son los tags que se enlazan al HMI y los tags del programa son tags que se quedan en la memoria del PLC. En este caso se tiene todos los tags en el controlador, así se puede obtener todos los tags en caso de necesitarlos en un futuro.
- Al momento de desarrollar el HMI, se necesita poner en la base de datos cambios respecto a los tags. Cuando se realiza un cambio resulta mejor sacar la configuración actual de la base de datos mediante un undeploy y luego poner, mediante un deploy, toda la configuración de los cambios debido a que de esta forma la configuración sincroniza todos sus cambios y entra a la base de datos.
- La interfaz Humano Máquina debe ser lo más simple posible para los operadores ya que ellos serán las personas que estén relacionados a diario con el sistema.

6.2. Recomendaciones.

- Es recomendable realizar un respaldo del sistema antes de realizar un cambio o adicionar una señal, de forma que si se afecta alguna parte de la programación tanto en el PLC como en el HMI, no se tenga problema en volver al funcionamiento normal del sistema. Este respaldo se lo puede realizar con RSLogix para el PLC y con Orchestra para el HMI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Se recomienda hacer un mantenimiento periódico de los detectores de flama debido a que estos detectores deben mantener limpio su lente para poder realizar una detección con una llama mínima. Se recomienda un periodo de 2 veces a la semana por cada detector de flama.
- Es recomendable tener una Workstation dedicada especialmente para mostrar la interfaz, de modo que el desarrollo de cualquier modificación o adición de señales se lo realice en una computadora a parte dedicada al desarrollo, para ello es necesario tener una licencia de desarrollo separada de otra licencia de runtime, en el presente proyecto se encuentran unidas las licencias en la misma Workstation debido al costo que involucra tener dos computadoras.
- Además se recomienda que el sistema contraincendios tenga su propia HMI separada de la HMI del proceso esto involucra otra Workstation Así se obtiene un punto de falla menos en el sistema contraincendios como en el proceso.
- Es recomendable realizar procedimientos de pruebas de la forma realizada para el capítulo de pruebas y resultados por lo menos dos veces al año, de esta forma se previenen fallas y se tiene seguridad en el correcto funcionamiento.
- Se recomienda hacer circular el agua para evitar suciedades en la tubería y especialmente en las salidas de los hidrantes y duchas, así se mantiene en actividad el sistema contraincendios ya que eventualmente se presenta un incendio y para ese entonces es cuando se debe tener todas las seguridades activas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

http://es.scribd.com/pmendez_2/d/76744455-FUEGO-Prevencion-Incendios-Vulcanos-Df

http://www.net-safety.com/resources/nsm_flame_training.pdf

http://www.net-safety.com/resources/nsm_lalgas_training.pdf

<http://www.gcsmexico.com/incendios.htm>

<http://electroalarmaseguridad.blogspot.com/>

<http://www.tecnoficio.com/docs/doc57.php>

<http://www.sapiensman.com/ESDictionary/docs/d7.htm>

<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica35.htm>

<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/017575/017575-14.pdf>

<http://www.ferroneumatica.com.co/2009/04/29/valvula-solenoid/>

<http://www.pilos.com.co/prevencion-de-riesgos/que-hacer-en-caso-de-incendio/>

REHABILITACIÓN DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS DE LA PLANTA DE GAS DEL COMPLEJO INDUSTRIAL SHUSHUFINDI DE PETROINDUSTRIAL, SANTAMARÍA JIMÉNEZ Andrés Vinicio.

<http://www.arpsura.com/cistema/articulos/142/>

DISEÑO DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN DE FUEGO Y GAS PARA LA NUEVA ÁREA DE GENERACIÓN ELECTRICA (GAS-CRUDO) DE PETROAMAZONAS, LARCO POZO Alexander Roberto.

<http://www.tecn-ind.cl/Catalogos/infromacion%20de%20utilidad/Clasificacion%20areas%20peligrosas.pdf>

Allen Bradley 1790 CompactLogix Controllers User Manual

Net Safety Ultraviolet/Infrared Flame Detector User manual.

<http://iw.lvhsa.com.ar/Documentos/LVHirrigation%20-%20Calculo%20caida%20tension%20y%20seccion%20conductor.pdf>

<http://www.clubdelaudio.com.ar/foro/viewtopic.php?f=30&t=493>

<http://www.dielco.net/doc/infocables.pdf>

Especificaciones técnicas de actuadores rotatorios de diafragma tipo 1051 y 1052 de EMERSON.

<http://global.wonderware.com/LA/Pages/WonderwareArchestrATechnology.aspx>

InTouch HMI Getting Started Guide Rev A.