

**SISTEMA DE MONITOREO Y EVENTOS, APLICACIÓN DIRECTA A UNA
ESTACIÓN DE BOMBEO GLP**

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi madre.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero mas que nada, por su amor.

SUMARIO

El Desarrollo de la presente TESIS, empieza con una descripción general de una estación de bombeo, así como las recomendaciones, que se deben tener para este tipo de instalaciones, tanto en la operación de bombeo, así como en los sistemas de seguridad que se implementan tanto para el alivio y quemado de los gases.

Luego presentamos la arquitectura y composición del sistema de control, controles principales variables del proceso, sistema ESD, sistema detección F&G, sistema de enclavamiento de alarmas de seguridad, programación y configuración del sistema de control Basado en PLC.

A continuación se realiza el estudio de la instrumentación involucrada en el sistema de control del presente proyecto, para presentar todo el estudio de un Diagrama PID, también se desarrolla las especificaciones técnicas para la ingeniería de Detalles las cuales están fundamentadas en base a las normas nacionales e internacionales.

Adicionalmente se presenta un estudio para el diseño de los sistemas auxiliares, tales como sala de control, casa de fuerza, líneas del aire, líneas de agua, líneas de gas combustible, etc.

Finalmente se presenta el costo que involucra el desarrollo de este proyecto, tanto el costo de ingeniería, montaje, puesta en marcha y asistencia técnica. También se presenta un cronograma de ejecución.

INDICE

CAPÍTULO I

GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Objetivos	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Descripción del proyecto estación de bombeo de GLP.	1
1.3.1 Edificaciones	1
1.3.2 Bases de equipos principales	2
1.3.3 Equipos	2
1.3.4 Instalaciones	2
1.4 Recomendaciones adicionales	3

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	5
2.1 Generalidades	5
2.1.1 Hidráulica del sistema	5
2.1.2 Cálculo hidráulico del sistema en estudio	13
2.2 Descripción del proceso de arranque de motobombas	20
2.2.1 Puesta en marcha normal del sistema para el bombeo de GLP	20
2.2.2 Arranque de emergencia	23
2.2.3 Paro del sistema	24
2.3 Descripción de las etapas secuenciales del proceso de bombeo de GLP	25
2.4 Descripción del proceso para el sistema de alivio (tanque separador)	26
2.4.1 Sobre presiones	26
2.4.2 En oleoducto de llegada	27
2.4.3 En oleoducto de salida	27
2.4.4 En colector de succión	28
2.4.5 En colector de descarga	28
2.4.6 Tanque Horizontal	28
2.5 Descripción del proceso para el sistema quemado de gases	28
2.6 Descripción del Sistema S.M.E.R.	29
2.6.1 Requerimientos para sistemas de gas y fuego	29
2.6.2 Requerimientos de nivel de integridad	29

2.6.3	Nivel de integridad del hardware	31
2.6.4	Requerimientos generales	31
2.6.5	Requerimientos de acuerdo a IEC 61508	32
2.6.6	Requerimientos adicionales para gas y fuego	32
2.6.7	Arquitecturas para sistemas de gas y fuego	33
2.6.8	Opciones de configuración de entradas	34
2.6.9	Opciones de configuración de salidas	35
2.7	Equipamiento	36
2.7.1	Características generales	37
2.7.2	Disminución de fallas	38
2.7.3	Hardware	38

CAPÍTULO III

3.0	SISTEMA DE CONTROL	47
3.1	Arquitectura y composición general del sistema	47
3.1.1	Perspectiva general de un ESD	47
3.1.2	Concepto	47
3.1.3	Panel shutdown ESD	47
3.2	Control aplicado al proceso de arranque de motobombas	48
3.2.1	Area del radiador (RADIATOR)	48
3.2.2	Area del motor (ENGINE)	48
3.2.3	Caja Incrementadora (GEAR BOX).	49
3.2.4	Bomba	49
3.3	Control de presión y caudal en succión de motobombas	49
3.3.1	Simulación en MATLAB del control de flujo utilizando un algoritmo de Control PID	50
3.4	Control y operación parada de emergencia ESD	65
3.5	Control aplicado al sistema de detección de gas y fuego	66
3.6	Control aplicado al sistema contra incendio	66
3.7	Diseño de la matriz causa y efecto para el proceso de bombeo y S.M.E.R.	66
3.7.1	Diagrama causa efecto PLC de unidades	68
3.7.2	Diagrama causa efecto PLC supervisor	68
3.7.3	Diagrama causa efecto PLC de seguridad	68
3.8	Sistemas de enclavamientos y alarmas de seguridad	68
3.8.1	Criterios generales de diseño	69

3.8.2	Puentes de mantenimiento	70
3.8.3	Puentes de operación	70
3.8.4	Redundancias	72
3.8.5	Niveles de entradas/salidas	72
3.8.6	Criterios para definir la criticidad	77
3.8.7	Controlador lógico programable (PLC)	77
3.8.8	Elementos del sistema de enclavamientos	77
3.8.9	Elementos iniciadores automáticos	77
3.8.10	Elementos luminosos	78
3.8.11	Pulsadores de operación	79
3.8.12	Elementos finales	79
3.9	Programación y configuración del sistema de control basado en PLC	79
3.9.1	Programación y software de control	79
3.9.2	Programa escalera del supervisor	85

CAPÍTULO IV

INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	86	
4.1	Introducción	86
4.2	Especificaciones técnicas generales de instrumentos	86
4.2.1	Requerimientos y calidad de medida de los instrumentos	86
4.2.2	Escalas de medida y regulación	86
4.2.3	Instrumentos de montaje local	86
4.2.4	Instrumentos de montaje en panel local	87
4.2.5	Instalación de instrumentos	88
4.2.6	Conexiones a proceso	89
4.2.7	Acompañamiento de vapor	89
4.3	Selección de la instrumentación	90
4.4	Sistema de medición de densidad	90
4.5	Sistema de medición de niveles	90
4.5.1	Transmisores de nivel	91
4.5.2	Indicadores de nivel	91
4.5.3	Interruptores de nivel	91
4.6	Sistema de medición de presión	92
4.6.1	Transmisor de presión	92
4.6.2	Indicador de presión	92
4.6.3	Interruptor de presión	92

4.7	Sistema de Medición de flujo	92
4.7.1	Transmisor de flujo	92
4.7.2	Interruptor de flujo	93
4.8	Sistema de medición de temperatura	93
4.8.1	Transmisor de temperatura	93
4.8.2	Indicador de temperatura	93
4.8.3	Sensor de temperatura	93
4.9	Sistema de medición de concentración de GLP	93
4.10	Sistema de detección de fuego	93
4.11	Válvulas de control y emergencia	94
4.12	Diagrama P&ID, líneas de conexión externa	95

CAPÍTULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE CONTROL	96	
5.1	Especificación técnica del sistema S.M.E.R.	96
5.1.1	Objeto	96
5.1.2	Campo de aplicación	96
5.1.3	Referencias	96
5.1.4	Generalidades	97
5.1.5	Requerimientos para el sistema	97
5.2	Especificación técnica del sistema de control basado en PLC	101
5.2.1	General	101
5.2.2	Especificaciones de hardware	103
5.3	Especificación técnica del sistema comunicación SCADA	104
5.3.1	Equipamiento del sistema de control	104
5.3.2	Alcance sistema de control de la estación	104
5.3.3	Computador HMI	105
5.3.4	Panel de control	105
5.3.5	Montaje conexionado	105
5.3.6	Condiciones ambientales	106
5.3.7	Impresoras	107
5.4	Criterios de selección y especificaciones generales de cableado	107
5.4.1	Conceptos generales	107
5.4.2	Comportamiento ante el fuego	108
5.4.3	Cables para señales 4-20mA (seguridad intrínseca)	108
5.4.4	Cables de extensión de termopares	109

5.4.5	Cables para alarmas o enclavamientos con circuitos intrínsecamente Seguros	110
5.4.6	Cables para alimentaciones	110
5.4.7	Cables para señales analógicas de alto nivel, no seguridad intrínseca	110
5.4.8	Cables para termo resistencia	110
5.4.9	Cables para señales de baja nivel analógicas y digitales	110
5.4.10	Cuadro constructivo de cables	110
5.5	Disponibilidad del sistema (Redundancia)	120
5.5.1	Requerimientos de redundancia y seguridad	120
5.6	Alimentación eléctrica, SAI, fallo eléctrico, tierra del sistema	120
5.6.1	Objeto	120
5.6.2	Referencia	120
5.6.3	Descripción del sistema	121
5.6.4	Requerimientos	121
5.7	Sala de control, subsistemas de comunicación	123
5.7.1	General	123
5.7.2	Distribución de espacios	123
5.7.3	Puertas	124
5.7.4	Falsos techos	125
5.7.5	Suelo y falsos suelos	125
5.7.6	Divisiones interiores	126
5.7.7	Acristalamiento	126
5.7.8	Carpintería exterior	126
5.7.9	Cables y tuberías de servicio	127
5.7.10	Acabados interiores	127
5.7.11	Acabados exteriores	128
5.7.12	Sistema de ventilación y aire acondicionado	128
5.7.13	Subsistemas de comunicación	129
5.8	Cuadro de controles y ensayos en fabrica sobre cables para instrumentos Según clasificación de áreas	130
5.8.1	Controles y Ensayos en Fábrica	130
5.8.2	Pruebas de cables en campo	131

CAPÍTULO VI

	SISTEMAS AUXILIARES DE CONTROL	132
6.1	Diseño de recorrido de cables de control y fuerza	132

6.1.1	Condiciones generales	132
6.1.2	Condiciones específicas	132
6.1.3	Acometida y alimentadores principales	132
6.1.4	Tablero eléctrico	132
6.1.5	Canalizaciones y ductos	133
6.1.6	Instalaciones de los equipos de fuerza	133
6.1.7	Iluminación exterior	133
6.1.8	Sistemas de puesta a tierra	133
6.1.9	Alimentación a servicios auxiliares	133
6.1.10	Dimensionamiento de conductores eléctricos	134
6.1.11	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas	134
6.2	Sistema de Protección contra descargas atmosféricas	138
6.3	Diseño sala de control HVAC	138
6.3.1	El criterio de diseño de una sala de control	139
6.3.2	Propósito de una planta de HVAC	139
6.3.3	Criterios de diseño de la planta HVAC	144
6.3.4	Conclusión	147
6.4	Diseño de casa de fuerza y CCM	147
6.4.1	Alcance	147
6.4.2	Códigos y normas	147
6.4.3	Condiciones de diseño y operación	147
6.4.4	Normas complementarias	148
6.5	Diagrama Unifilar y distribución de cargas	148
6.6	Sistema de Iluminación para áreas clasificadas.	148
6.6.1	Objeto	148
6.6.2	Campo de aplicación	149
6.6.3	Referencias	149
6.6.4	Condiciones generales	149
6.6.5	Selección del tipo de lámpara	150
6.6.6	Cálculo del número de unidades requerido	151
6.6.7	Elementos complementarios al sistema de iluminación	153
6.7	Distribución de líneas de aire para instrumentos	154
6.8	Diagrama de recorrido y distribución de líneas de gas combustible	154

CAPÍTULO VII

COSTOS DEL PROYECTO	155
7.1 Costos de la Ingeniería	155
7.2 Cuadro de costo de equipos	155
7.3 Cuadro Presupuesto de Obra	155
7.4 Costos Adicionales tales como puesta en marcha y Asistencia Técnica	155
7.5 Cronograma y tiempo de Ejecución	155
CONCLUSIONES	156
ANEXOS	157
BIBLIOGRAFIA	177

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1 Introducción

1.1.1 Objetivos

Es objeto del presente documento, resumir la información, criterios, y normas que serán los lineamientos para realizar la ingeniería detallada del proyecto “SISTEMA DE MONITOREO Y EVENTOS, APLICACIÓN DIRECTA A UNA ESTACION DE BOMBEO DE GLP.”

Estos lineamientos se basan también en la correcta aplicación de la Ley de Hidrocarburos del Perú y sus Reglamentos, así como de normas internacionales aplicables a éste tipo de instalaciones.

1.2 Antecedentes

Como en el Perú no contamos con estaciones de bombeo de GLP, y que para el futuro próximo se implementaran proyectos similares con Gas Natural, como es el caso de CAMISEA, esperamos que este estudio sirva de gran ayuda, ya que el alcance de la Ingeniería podría aplicarse fácilmente para esta última aplicación.

1.3 Descripción del proyecto estación de bombeo de GLP

En el Proyecto se contempla el desarrollo total de la estación el cual comprende de las siguientes áreas:

1.3.1 Edificaciones

Cerco Perimétrico y Accesos

Consiste en un cerco de malla olímpica romboidal de 2.2 m soportada por postes de cañería galvanizada de 2"Ø que rodea toda La Estación.

Construcciones sin considerar las edificaciones del área de viviendas, la estación contara con las siguientes edificaciones:

1. Un techado para los compresores de GLP.
2. Un edificio de control, que servirá de oficina y control de la estación de bombas.
3. Techado de bombas de contra incendio.
4. Techado para almacén de mangueras.
5. Techados menores para PLC's, Equipos etc.

Pistas.

Se consideran pistas que consisten en el suelo natural afirmado.

1.3.2 Bases de equipos principales

Cada una de las bombas se instalaran sobre una base de hormigón armado y fijada con pernos de anclaje. La losa circundante esta al mismo nivel que las bases. Se determinara la distancia entre los equipos.

1.3.3 Equipos

Tanques de Almacenamiento.

Se instalara en la estación un tanque vertical de 3000 barriles de capacidad, este será un tanque vertical de techo fijo, galvanizado empernado, con escalera vertical. El cual constara con las correspondientes entradas de pared y techo, conexiones de ingreso y salida, ventilación. Se prevé la instalación de instrumentos de medición. El tanque tendrá un anillo de cimentación de hormigón armado. El área estanca está definida para este tanque, además se construirá un muro contra incendio.

Tuberías y Válvulería.

Se diseñara la estación con todas sus tuberías y válvulas.

Equipos Menores.

Para la operación directa se contara con trampas de recepción y lanzamiento en los extremos de los ductos, con filtros, válvulas de regulación, etc. El sistema de alivio constara de un tanque separador horizontal al que se conecta la línea principal mediante válvulas de alivio y válvulas reguladoras. De este tanque salen tuberías para el quemador de gases (poza horizontal) o si es liquido al tanque SLOP (tanque enterrado).

Equipos de Bombeo

Se diseñara la estación con cuatro equipos de bombeo en serie, pero solo operan dos motobombas. Los equipos de bombeo son accionados con motores a gas, alimentados por líneas de gas natural, desde una estación de compresión adyacente.

Los equipos que se usaran son las bombas United de 4 etapas con motores CAT 3512 a gas natural de 1250 RPM y 790 HP de potencia suficientes para vencer una columna de 1000m.

1.3.4 Instalaciones

Sistemas de Drenaje

Considerando el drenaje o purgas de alta presión, la estación contara con líneas de drenaje que salen de los Manifolds ó equipos principales y descargan al tanque SLOP. También las líneas de descarga de las válvulas de alivio por temperatura (TERVs) son purgadas al tanque SLOP.

Los drenajes de las bombas principales, de las trampas de lanzamiento son llevados por una canaleta hasta el tanque SLOP. Se plantea un sistema de drenaje pluvial y aceitoso para la estación.

Energía

El suministro de energía para la estación, proviene de dos grupos electrógenos de 218 y 106 KVA (uno principal y otro de apoyo). Estos generadores están instalados en la Sala de Generadores, compartiendo ubicación con los compresores de aire y se ubican a la derecha del acceso principal a la estación.

El voltaje de generación es de 380 V y se reduce mediante transformador a 220 V, la energía se conduce por conductores enterrados hacia la actual Sala de Control donde se ubica el tablero general de distribución. Este tablero, distribuye el suministro eléctrico a todas las cargas de la estación.

Iluminación

La estación contara con un sistema de iluminación exterior que abarca el cerco perimetral y algunas zonas de trabajo exteriores. Este sistema está dado por reflectores de 250 W instalados en postes metálicos.

Todas las edificaciones y techados cuentan con iluminación interior, a prueba de explosión donde los casos lo ameritan.

Sistema de Automatización, Control e Instrumentación.

La estación contara con un sistema de monitoreo y eventos, control y adquisición de datos, el cual mediante una red de PLC'S, tiene el acceso a la información de campo, de parámetros de operación de las variables principales de presión y flujo, así como el estatus y parada por emergencia de las motobombas y aislamiento de la estación de bombeo, mediante la operación de las válvulas con actuador neumático.

Sistema contra Incendio, Espuma y Enfriamiento

Se cuenta con un tanque de almacenamiento de 1,500 barriles y una motobomba a Diesel Hale, se prevé una red enterrada de tuberías de acero y diversos hidrantes y monitores. Además se propone la facilidad de extinción del tanque con generación de espuma.

Sistema de Seguridad

El sistema de seguridad es el propósito principal de esta tesis, ya que se diseña un sistema de control en base a una Matriz de causa y riesgo, el sistema de control deberá tener características similares al sistema de control de la planta en lo que respecta a su arquitectura en hardware y software.

1.4 Recomendaciones adicionales

Para tener una referencia clara del proyecto se presenta un plano técnico llamado DIAGRAMA P&ID CONTROL (Plano N° 01P1000). El cual muestra todo el sistema de control a desarrollar en el presente estudio, se define la codificación de áreas tal como se muestra a continuación:

Area entrada a la estación	100
Area patio de motobombas	200
Area Tanque separador	300
Area bombas Gasso y SLOP	400
Area TQ de crudo.	500
Area descarga o salida de estación	600
Area Contra incendio de la estación	700

Todos los tag's de los instrumentos se codificaran en base a esta numeración, por ejemplo si queremos ver la presión de entrada a la estación antes de la válvula ESD leeremos el dato del PT-131.

Por otro lado consideramos el Area para el sistema contra incendio. El cual forma parte de nuestro sistema de seguridad (S.M.E.R.).

También se presenta un plano titulado DIAGRAMA P&ID CONTRA INCENDIO, SISTEMA ESD (Plano N° 01P1001), el cual muestra los instrumentos que conforma el sistema de seguridad.

CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1 Generalidades

Teniendo en cuenta que las condiciones físicas del GLP son las siguientes:

1. Densidad = 0.52 a 0.55 gr / cm³.
2. API =1270 a 1600.
3. TVR =105 a 175 PSI.

Se diseña el sistema de tal manera que la presión en la succión de la estación nunca sea menor a 105 PSI, ya que a esta presión, el GLP se convertirá en GAS y en estas condiciones es muy peligroso realizar alguna operaciones de bombeo, teniendo en cuenta las normas internacionales del API y para lograr estas condiciones de operación se instalaran cuatro unidades de bombeo, los cuales consisten en motobombas alimentadas por gas natural.

2.1.1 Hidráulica del sistema

En todo oleoducto, se tiene que conocer las condiciones de operación del producto a transportar, para diseñar la estación intermedia y todo el sistema de instrumentación y control. Se inicia esta parte presentando el perfil topográfico del posible recorrido del ducto (ver anexo Diagrama N° 8), para esto se deberá realizar un recorrido por toda la línea y tomar los nivel respecto al eje de la tubería, esto se realiza con ayuda de un GPS, y luego realizar un cálculo hidráulico, para obtener las condiciones de operación como son el diámetro de la tubería, perdidas por fricción, temperaturas del producto, caudal promedio a transportar, presiones en cada punto de la tubería y otras variables relacionadas.

Se inicia esta parte, con un resumen teórico y un ejemplo del cálculo de la misma.

Hidráulica

Introducción

Esta sección ofrece una explicación básica, para aquellas personas que tienen un conocimiento básico de la hidráulica y principios dinámicos del fluido. También para quienes desean conveniente una referencia rápida para la selección comercial de equipos. A continuación se presentan algunos términos básicos que son muy importantes a definir.

Líquidos

La hidráulica esta interesada con el comportamiento de los líquidos en reposo y movimiento. Un liquido tiene un volumen definido , en su contrario seria el gas que se expande y contrae dependiendo de los cambios de temperatura y presión.

Los líquidos son llamados “prácticamente” incompresibles. Esto es verdad por muchas consideraciones a bajas presiones, pero a altas presiones y temperaturas puede variar, ello puede hacer cambios en la densidad el cual se debe tomar en cuenta.

La presión existente en cualquier punto de un líquido en reposo es causada por la presión atmosférica ejercida sobre su superficie, mas el peso de líquido sobre el punto en cuestión, tal presión es igual en todas direcciones en todas direcciones y actúa perpendicular a cualquier superficie en contacto con el líquido.

El flujo de líquidos puede ser causado por gravedad o por principios mecánicos usando una de los muchos tipos de bombas que pueden ser disponibles dependiendo de las características del líquido y de la naturaleza del servicio.

Flujo de líquido

Durante el pase de líquido a través de la tubería el flujo puede ser llamado laminar o turbulento dependiendo de la velocidad del líquido, tamaño de la tubería y viscosidad del líquido, para cualquier líquido, tamaño de tubería esos factores pueden ser expresado en términos de un número adimensional llamado Número de Reynolds “R” tal como:

$$R = \frac{VD}{\nu} \quad (2.1)$$

V= Velocidad promedio en ft/sec.

D= Diámetro interno promedio en ft.

ν =Viscosidad Cinemática del fluido ft²/sec. (para agua fresca a 60°F ν =0.00001216 ft²/sec.)

Para valores de R menores ó próximos a 2000 el flujo es llamado laminar, partículas del líquido siguen separados no intersecando sus caminos con poco ó no remolino ó turbulencia.

Cuando R esta sobre 4000 el flujo es considerado turbulento, para valores de R entre 2000 y 4000 esta en zona critica donde el flujo es considerado generalmente turbulento para propósitos de cálculos de perdidas por fricción o caída de presión, esto da resultados seguros, sin embargo las perdidas por fricción son mayores en un flujo turbulento que en flujo laminar.

Viscosidad.

Cuando los líquidos están fluyendo existe una fricción interna o resistencia interna relativa al movimiento de las partículas del fluido, esta resistencia es llamada viscosidad. La viscosidad de muchos líquidos varía apreciablemente con los cambios en la temperatura donde la influencia del cambio de presión es usualmente descuidada. La viscosidad de ciertos líquidos puede variar dependiendo del grado al cual el líquido puede ser agitado.

Bombeo

Para mover un líquido frente a su gravedad ó para forzar a entrar a un recipiente con presión o para proveer una cabeza de presión, para vencer las fricciones en la tubería y otras

resistencias de trabajo que pueden ser consumidas. No importa el servicio requerido de una bomba, todas las formas de energía impartidas al líquido a ambos lados sobre la succión y descarga deben ser establecidas de acuerdo al ciclo de trabajo.

Cabeza del sistema.

La cabeza total (H), formalmente llamado “total dynamic head” para un sistema específico es igual a cabeza total descarga (h_d) menos la cabeza total de succión (h_s) y si la succión esta por debajo del eje de la bomba se sumas estos dos valores.

Cabeza de succión (h_s).

La cabeza de succión existe cuando el nivel de liquido esta encima del eje de la bomba. Y es igual a la altura estática sumergida que esta por encima del eje de la bomba menos todas las pérdidas en la succión.

Succión levantada (suction lift).

La succión levantada (h_s) existe cuando el nivel liquido en la succión esta por debajo del eje de la bomba.

Cabeza total de descarga (h_d).

La suma de la altura estática mas las perdidas por fricción en la tubería de descarga, accesorios, como válvulas, reducciones, codos, filtros, etc.

Velocidad de cabeza (h_v)

En un sistema de bombeo es un componente de energía que representa la energía cinética en un líquido en movimiento, en un punto a ser considerado en un sistema es el equivalente a la distancia vertical de masa de líquido que debería tener que caer (en perfecto vacío) para adquirir la velocidad V y expresada como:

$$h_v = \frac{V^2}{2g} = 0.155V^2 = \frac{0.00259(gpm)^2}{d^4} = \frac{0.00127(bph)^2}{d^4} \quad (2.2)$$

Donde:

H_v = Velocidad de cabeza en pies de líquido

V = Velocidad de líquido en $\frac{pies}{seg}$

d = Diámetro interno de la tubería en pulgadas

g = Constante de gravedad = $32.174 \frac{pies}{seg^2}$

gpm = Caudal en galones por minuto US

bph = Caudal en barriles por hora (42 galones US)

Cabeza de Bomba – Presión – Gravedad específica

En una bomba centrífuga, la cabeza desarrollada en pies es dependiente de la velocidad del líquido como este entra al Impeller y por lo tanto es independiente a la gravedad

específica del líquido. La cabeza de presión desarrollada en PSI será directamente proporcional a la gravedad específica.

Cabeza y presión son términos intercambiables que serán expresados en sus correctas unidades. En unidades inglesas para convertir de una a otro se usa generalmente:

$$\text{Líquido cabeza (pies)} = \frac{\text{PSI} \times 2.31}{\text{G.E.}} \quad (2.3)$$

$$\text{Líquido cabeza (pies)} = \frac{\text{PSI} \times 144}{W} \quad (2.4)$$

Donde:

W =Gravedad específica en $\frac{\text{Lb}}{\text{p}^3}$ de líquido sobre las condiciones de bombeo

Para agua $W = 62.32 \frac{\text{Lb}}{\text{p}^3}$ a 68°F (20°C)

Una columna de 2.31 pies de altura ejercerá una presión de 1PSI basado sobre a 65°F aproximadamente.

A continuación presentamos unos ejemplos de la relación que existe entre cabeza–presión y gravedad específica.

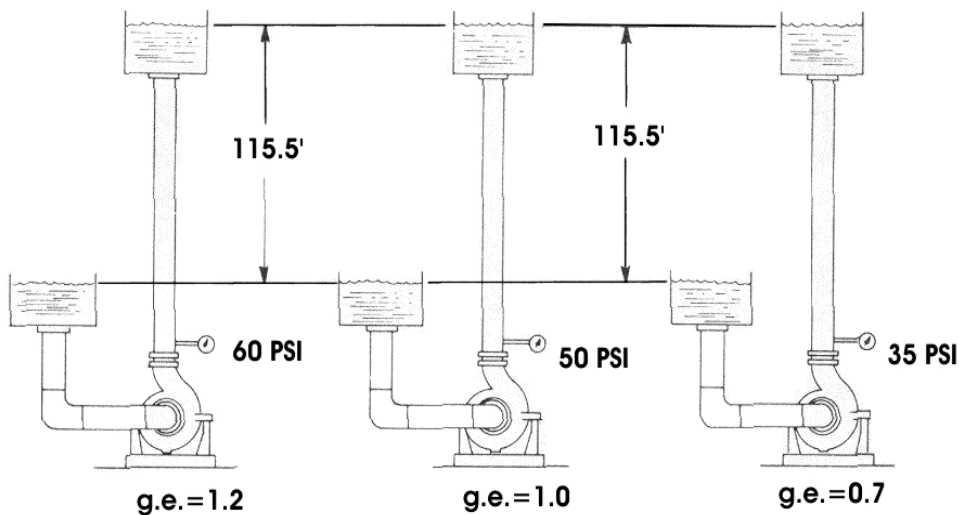


Figura. 2.1: Relación entre presión y cabeza de bombas idénticas manipulando líquidos de diferentes gravedades específicas.

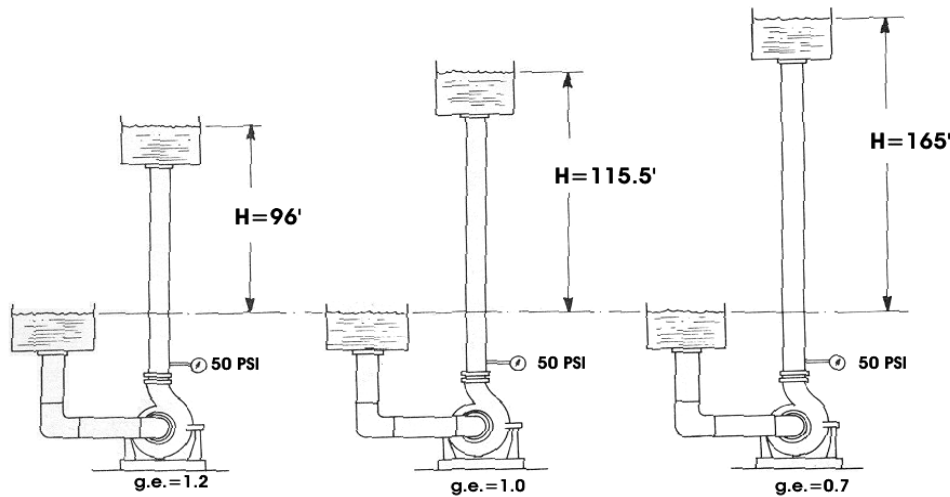


Figura 2.2: Relación entre presión y cabeza de bombas entregando la misma presión de descarga manipulando líquidos de diferentes gravedades específicas.

NPSH (Net Positive Suction Head)

El NPSH es la cabeza total en la succión en (pies) de líquido (absoluto al eje de la bomba) menos la presión de vapor (pies) del líquido bombeado.

Este debe tener siempre un valor positivo y puede ser calculado por la siguiente ecuación:

Para levantar líquidos debajo del eje de la bomba (Suction Lift) la ecuación es:

$$\text{NPSH} = h_a - h_{vpa} - h_{st} - h_{fs} \quad (2.5)$$

Para niveles sobre el eje de la bomba (Flooded)

$$\text{NPSH} = h_a - h_{vpa} + h_{st} - h_{fs} \quad (2.6)$$

Donde:

h_a = Presión absoluta en pies de líquido sobre la superficie del líquido

h_{vpa} = Cabeza en pies, correspondiente a la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo

h_{st} = Altura estática en pies de líquido que esta encima o por debajo del eje de la bomba.

h_{fs} = Toda las perdidas en las líneas de succión (pies) incluyendo pérdidas en la entrada y perdidas por fricción a través de las tuberías, válvulas y accesorios, etc.

Se considera dos valores de NPSH, el NPSHR (Net Positive Suction Head Required) y el NPSHA (Net Positive Suction Head Available) que depende del trazado del sistema y debe ser igual o mayor que el NPSHR.

La presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo debe siempre ser conocido para el cálculo del NPSHA, sobre una instalación existente el NPSHA debe ser leído de un instrumento colocado en la brida de succión y convertida en pies del líquido absoluto mas la

velocidad de cabeza en pies del líquido al punto conectado en el medidor.

Ejemplo:

En un sistema cerrado se encuentra agua a 350°F y a una presión de 134.6PSIA, ver esquema Figura N° 2.3, calcular el NPSHA del sistema (asumir que las pérdidas por fricción a través de las tuberías y accesorios es igual a 2.51', pérdidas en la entrada 0.41').

Para el agua a 350°F su gravedad varia a 0.8904 y por lo tanto su presión de vapor saturado es 134.6PSIA (349.2').

$$\text{NPSHA} = h_a - h_{vpa} + h_{st} - h_{fs} \quad (2.7)$$

$$\text{NPSHA} = 349.2' - 349.2' + 10' - 2.92' = 7.08' \quad (2.8)$$

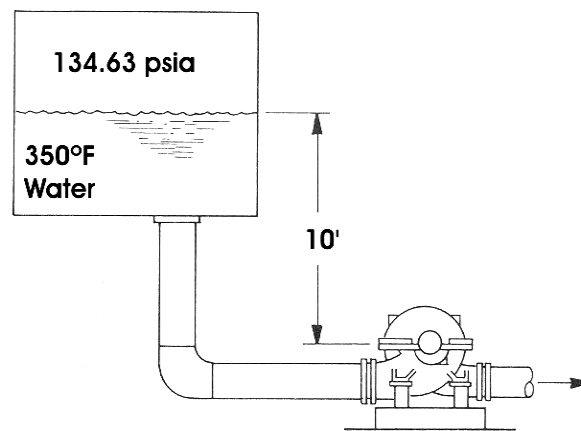


Figura 2.3 Esquema del ejemplo.

Fricción.

La resistencia al flujo de un líquido que esta en movimiento en una tubería resulta en perdidas de cabeza o presión es llamada fricción (medida en pies de líquido). Esta resistencia al flujo es debido a la tensión de corte viscoso con el líquido y turbulencia que ocurre debido a la rugosidad en las paredes de la tubería.

El total de pérdidas para un sistema dado, depende de las características del líquido, viscosidad, tamaño de la tubería, condiciones de la superficie interior de la tubería (rugosidad), longitud, recorrido y pérdidas a través de varias válvulas, accesorios, etc.

La expresión más comúnmente usada en la práctica y las tablas están basadas en la ecuación de Darcy – Weisbach. Esta formula reconoce que la fricción en la tubería es dependiente sobre la condición interna de la tubería (rugosidad), la velocidad del liquido y su viscosidad esta es expresada como.

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.9)$$

Donde:

h_f = Perdidas por fricción en pies de liquido.

L = Longitud de tubería en pies.

D = Diámetro interno de tubería – en pies.

V = Velocidad promedio en pies/seg.

g = constante gravitacional. (32.174 pies/seg²)

f = factor de fricción. (numero adimensional, el cual ha sido determinado experimentalmente y para flujo turbulento depende de la rugosidad de la tubería y del numero de Reynolds)

Para flujo laminar (numero de Reynolds debajo de 2000) la rugosidad ó condición de tubería interior no afecta y por lo tanto el factor de fricción será:

$$f = \frac{64}{R} \quad (2.10)$$

Para flujo turbulento (el numero de Reynolds sobre los 4000) el factor de fricción es afectado por la rugosidad en la superficie interior de la tubería, y el numero de Reynolds y puede ser determinada por la ecuación de C.F. Colebrook 1939.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{R\sqrt{f}} \right) \quad (2.11)$$

Donde:

$$R = \text{Numero de Reynolds} = \frac{VD}{\nu}$$

f = factor de fricción.

ε = Rugosidad absoluta en pies.

D= Diámetro interno de la tubería en pies.

V= Velocidad promedio de tubería.

ν = Viscosidad Cinemática en ft²/seg.

La ecuación de Colebrook no es factorizable en f, este puede obtenerse mediante iteración o mediante la grafica desarrollada por L.F. Moody (ASME 1944), esta grafica muestra la relación entre el factor de fricción, el numero de Reynolds y la rugosidad relativa ε/D , donde ε es la rugosidad absoluta en pies y D es el diámetro de la tubería en pies.

Ejemplo. Cálculo de pérdidas por fricción.

Para ilustrar la aplicación de la fricción y pérdidas para un sistema específico presentamos el siguiente ejemplo:

Una bomba toma agua (68°F) desde un sumidero y entrega a través de una tubería de 4"Ø SCH 40 de 1200' de longitud en la succión se tiene una válvula de pie y un codo de 90° de radio largo, todos de 4'Ø, en la línea de descarga incluye 2 codos de 90° estándar, una válvula Swing Check y una válvula compuerta con esto encontrar (h_s Suction Lift) y la cabeza de descarga (h_d) cuando la taza de flujo es de 200gpm.

a) Succión levantada (Suction Lift)

Dato de la tabla 6

$$h_v = \frac{V^2}{2g} = 0.395' \quad (2.11)$$

Pérdidas por fricción en la tubería $h_f = 2.25'$ por cada 100' de tubería de 4"Ø.

El coeficiente de resistencia para la válvula de pie (Fig. 8) es $K = 1.3$ y para un codo de 90° radio largo (Fig. 7) $K = 0.27$.

La pérdida de cabeza debida a la fricción en la tubería será:

$$h_f = \frac{2.25 \times 5}{100} = 0.11' \quad (2.12)$$

La pérdida de cabeza en la válvula de pie y codo de radio largo será:

$$h_f = K \frac{V^2}{2g} = (1.3 + 0.27) \times 0.395 = 0.62' \quad (2.13)$$

$$h_s = (28.62 - 24.00) + 0.62 + 0.11 = 5.35' \quad (2.14)$$

b) Cabeza en la descarga: La pérdida de cabeza debido a la fricción en la tubería en la línea de descarga de 4"Ø será:

$$h_f = \frac{2.25 \times 1250}{100} = 28.13' \quad (2.15)$$

El coeficiente de resistencia para varios accesorio es obtenida de las tablas:

Codo 90° estándar (Fig. 8) $K = 0.51$

Válvula Check (Fig. 9) $K = 1.7$

Válvula compuerta (Fig. 7) $K = 0.14$

Presipitador alargado (Fig. 10) $K = 1.00$

El coeficiente de resistencia total para los accesorios sobre el lado de la descarga y el Presipitador alargado será:

$$K = 2 \times 0.51 + 1.7 + 0.14 + 1.0 = 3.86 \quad (2.16)$$

Por lo tanto la pérdida de cabeza debido a los accesorios será:

$$h_f = K \frac{V^2}{2g} = 3.86 \times 0.395 = 1.52' \quad (2.17)$$

La cabeza total en la descarga será:

$$H_d = (289.00 - 28.62) + 1.52 + 28.13 = 290.03' \quad (2.18)$$

La cabeza total del sistema (H) será:

$$H = h_d + h_s = 290.03 + 5.35 = 295.38' \quad (2.19)$$

Nota: añadir un factor de seguridad para cualquier condición a normal en el interior de la tubería.

2.1.2 Cálculo hidráulico del sistema en estudio

Se comienza con la estación de almacenamiento, para lo cual se necesita tomar datos de diámetros de tubería, cotas de nivel, accesorios que se encuentran en la succión, longitud de tubería, etc.

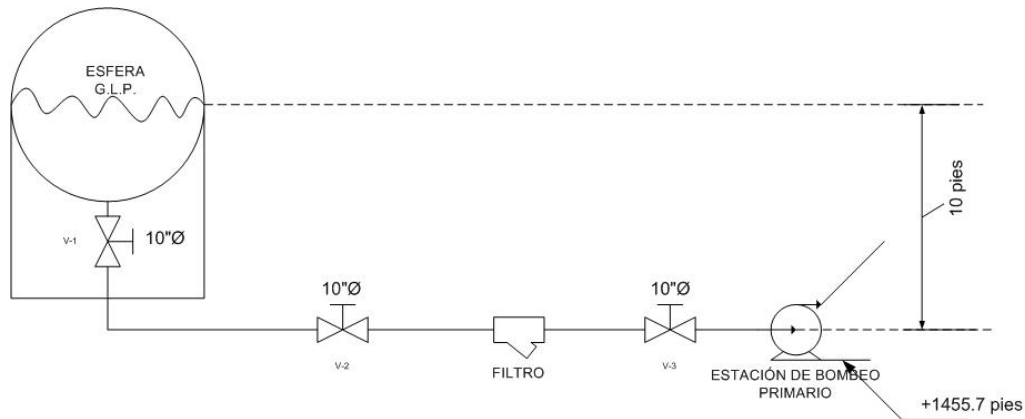


Figura 2.3 Esquema de la estación primaria.

La longitud de tubería, desde la toma de la esfera, hasta la succión de la bomba es de 180m. (590.54 pies). Ahora según las tablas calculadas por el Cameron Hydraulic data, basadas en las formulas de Darcy-Weisbach. Se obtiene para $Q=525$ GPM.

$$hf = 0.1535 \times \frac{590.54}{100} = 0.91 \text{ pies} \quad (2.20)$$

Para 3 válvulas de compuerta de 10"Ø $k=0.040$

Para 1 codo de 90° estándar de 10"Ø $k=0.42$

Para un filtro de 10"Ø dif.= 1psi. (4.2 pies)

Además la cabeza de velocidad es de : $\frac{v^2}{2g} = 2.135$.

Por lo tanto las pérdidas en los accesorios es de:

$$= 0.91 + 0.040 \times 2.135 + 0.42 \times 2.135 + 4.2 = 5.285 \text{ pies.}$$

Como la succión de la bomba esta con producto en todo momento entonces el NPSH se calcula:

$$\text{NPSH} = h_a - h_{vpa} + h_{st} - h_{fs} \quad (2.21)$$

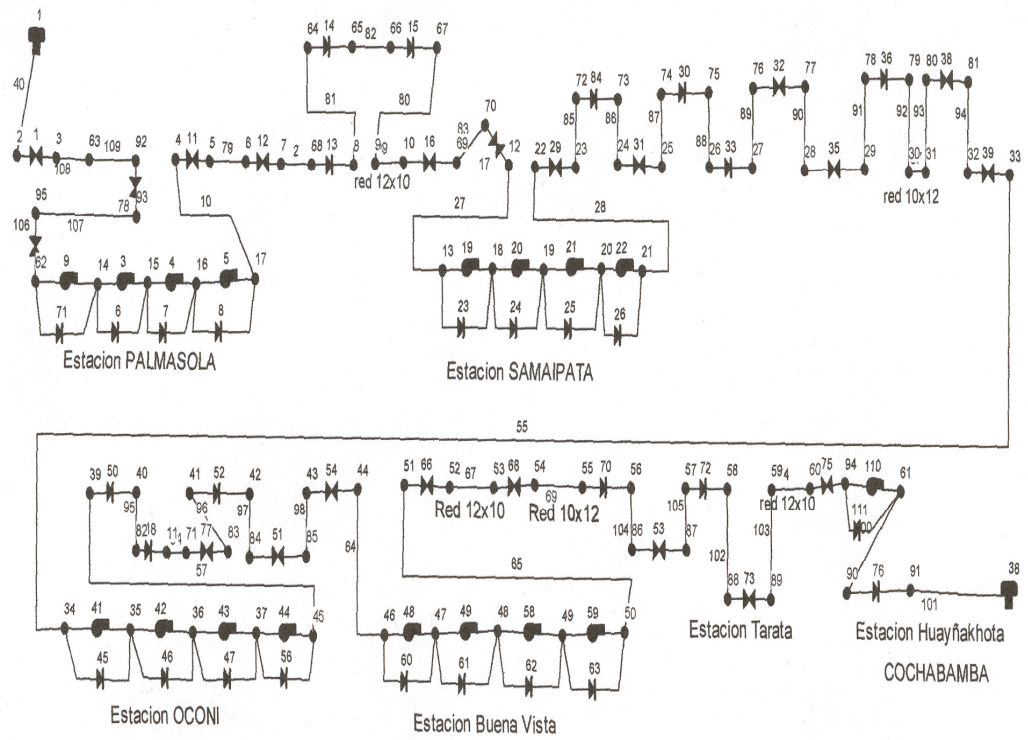
$$\text{NPSH} = P - P + 10 - 5.285 = 4.715 \text{ pies.} \quad (2.22)$$

Ahora calculemos en cada estación de bombeo. Como el cálculo es muy tedioso y para observar cada variable se tiene que calcular con las condiciones iniciales de cada estación utilizaremos el software EPANET 2.0 el cual nos ayudara a entender mejor el sistema.

Se comienza con la entrada de datos de las cotas de nivel y se dibuja en el entorno las bombas, válvulas, y sus respectivas dimensiones y características.

Aquí se presenta como quedaría el sistema ya ingresado.

Simulacion estacion de bombeo de GLP



EPANET 2 Esp

Figura 2.4: Diagrama esquemático final de simulación de estación de bombeo sobre el programa de cálculo hidráulico Epanet.

Friction Factors for Commercial Pipe (for Darcy-Weisbach formula, page 3-3)

$$\text{Relative Roughness} = \frac{\epsilon}{D}$$

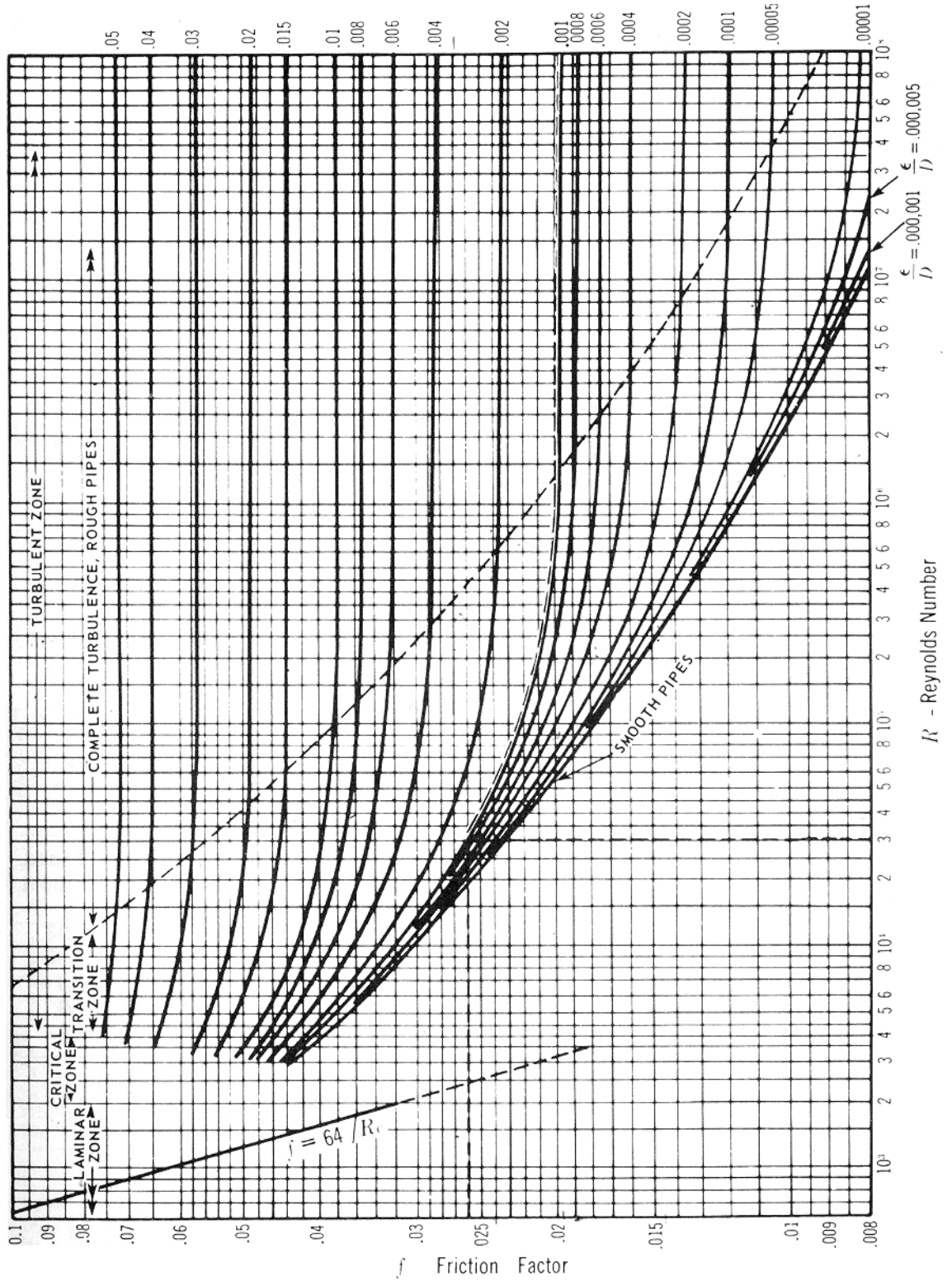
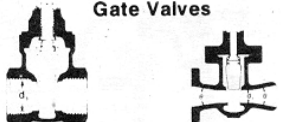
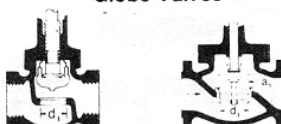
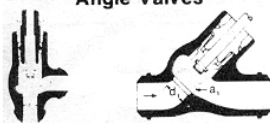
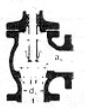



Figura 2.5 Curvas de factor de fricción.

Friction of Water Asphalt-dipped Cast Iron and New Steel Pipe (Based on Darcy's Formula) 4 Inch

Flow U S gal per min	Asphalt-dipped cast iron			Std wt steel sch 40			Extra strong steel sch 80			Schedule 160—steel		
	4.0" inside dia			4.026" inside dia			3.826" inside dia			3.438" inside dia		
	Ve- locity ft per sec	Ve- locity head ft	Head loss ft per 100 ft	Ve- locity ft per sec	Ve- locity head ft	Head loss ft per 100 ft	Ve- locity ft per sec	Ve- locity head ft	Head loss ft per 100 ft	Ve- locity ft per sec	Ve- locity head ft	Head loss ft per 100 ft
20	.511	.004	.038	.504	.004	.035	.56	.00	.045	.691	.007	.074
30	.766	.009	.076	.756	.009	.072	.84	.01	.092	1.04	.017	.154
40	1.02	.016	.128	1.01	.016	.120	1.12	.02	.153	1.38	.030	.258
50	1.28	.025	.194	1.26	.025	.179	1.40	.03	.230	1.73	.046	.387
60	1.53	.037	.273	1.51	.036	.250	1.67	.04	.320	2.07	.067	.540
70	1.79	.050	.365	1.76	.048	.330	1.95	.06	.424	2.42	.091	.691
80	2.04	.065	.470	2.02	.063	.422	2.23	.08	.541	2.77	.119	.885
90	2.30	.082	.588	2.27	.080	.523	2.51	.10	.649	3.11	.150	1.10
100	2.55	.101	.719	2.52	.099	.613	2.79	.12	.789	3.46	.185	1.34
110	2.81	.123	.862	2.77	.119	.732	3.07	.15	.943	3.80	.224	1.61
120	3.06	.146	1.02	3.02	.142	.861	3.35	.17	1.11	4.15	.267	1.89
130	3.32	.171	1.19	3.28	.167	1.00	3.63	.20	1.29	4.49	.313	2.20
140	3.57	.199	1.37	3.53	.193	1.15	3.91	.24	1.48	4.84	.363	2.53
150	3.83	.228	1.57	3.78	.222	1.31	4.19	.27	1.69	5.18	.417	2.89
160	4.08	.259	1.77	4.03	.253	1.48	4.47	.31	1.91	5.53	.475	3.26
170	4.34	.293	1.99	4.28	.285	1.66	4.75	.35	2.14	5.88	.536	3.66
180	4.60	.328	2.23	4.54	.320	1.85	5.02	.39	2.38	6.22	.601	4.09
190	4.85	.368	2.47	4.79	.356	2.05	5.30	.44	2.64	6.57	.669	4.53
200	5.11	.406	2.73	5.04	.395	2.25	5.58	.48	2.91	6.91	.742	5.00
220	5.62	.490	3.29	5.54	.478	2.70	6.14	.59	3.49	7.60	.897	6.00
240	6.13	.583	3.90	6.05	.569	3.19	6.70	.70	4.13	8.30	1.07	7.09
260	6.64	.685	4.55	6.55	.667	3.72	7.26	.82	4.81	8.99	1.25	8.27
280	7.15	.794	5.26	7.06	.774	4.28	7.82	.95	5.54	9.68	1.45	9.55
300	7.66	.912	6.02	7.56	.888	4.89	8.38	1.09	6.33	10.37	1.67	10.9
320	8.17	1.04	6.84	8.06	1.01	5.53	8.94	1.24	7.17	11.06	1.90	12.4
340	8.68	1.17	7.70	8.57	1.14	6.22	9.50	1.40	8.06	11.75	2.14	13.9
360	9.19	1.31	8.61	9.07	1.28	6.94	10.0	1.6	9.00	12.44	2.40	15.5
380	9.70	1.46	9.58	9.58	1.43	7.71	10.6	1.7	9.99	13.13	2.68	17.3
400	10.2	1.62	10.6	10.1	1.58	8.51	11.2	1.9	11.0	13.82	2.97	19.1
420	10.7	1.79	11.6	10.6	1.74	9.35	11.7	2.1	12.1	14.52	3.27	21.0
440	11.2	1.96	12.8	11.1	1.91	10.2	12.3	2.3	13.3	15.21	3.59	22.9
460	11.7	2.14	13.9	11.6	2.09	11.2	12.8	2.5	14.5	15.90	3.92	25.0
480	12.3	2.33	15.2	12.1	2.27	12.1	13.4	2.8	15.7	16.59	4.27	27.2
500	12.8	2.53	16.4	12.6	2.47	13.1	14.0	3.0	17.0	17.28	4.64	29.5
550	14.0	3.06	19.8	13.9	2.99	15.8	15.3	3.6	20.5	19.00	5.61	35.5
600	15.3	3.65	23.6	15.1	3.55	18.7	16.7	4.3	24.3	20.74	6.67	42.1
650	16.6	4.28	27.6	16.4	4.17	21.7	18.1	5.1	28.4	22.46	7.83	49.2
700	17.9	4.96	32.0	17.6	4.84	25.3	19.5	5.9	32.8	24.19	9.08	57.0
750	19.1	5.70	36.6	18.9	5.55	28.9	20.9	6.8	37.6	25.92	10.4	65.2
800	20.4	6.48	41.6	20.2	6.32	32.8	22.3	7.7	42.7	27.65	11.7	74.1
850	21.7	7.32	46.9	21.4	7.13	37.0	23.7	8.7	48.1	29.38	13.4	83.4
900	23.0	8.20	52.6	22.7	8.00	41.4	25.1	9.8	53.8	31.10	15.0	93.4
950	24.3	9.14	58.5	23.9	8.91	46.0	26.5	10.9	59.8	32.83	16.7	104
1000	25.5	10.1	64.8	25.2	9.87	50.9	27.9	12.1	66.2	34.56	18.5	115
1100	28.1	12.3	78.3	27.7	11.9	61.4	30.7	14.6	79.8	38.02	22.4	139

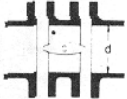
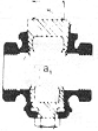
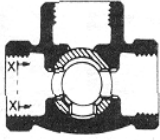
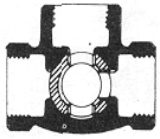

Figura 2.6 tabla de perdidas por longitud de tuberías en tubería de 4"Ø.

Fitting	L/D	Nominal pipe size											
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24
		K value											
 <p>Gate Valves</p>	8	0.22	0.20	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10
 <p>Globe Valves</p>	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1
 <p>Angle Valves</p>	55	1.48	1.38	1.27	1.21	1.16	1.05	0.99	0.94	0.83	0.77	0.72	0.66
 <p>Angle Valves</p>	150	4.05	3.75	3.45	3.30	3.15	2.85	2.70	2.55	2.25	2.10	1.95	1.80
 <p>Ball Valves</p>	3	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04

Friction of Water
Friction Loss in Pipe Fittings
 Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Figura 2.7 Tabla de coeficientes de resistencias para accesorios.

Note: Fittings are standard with full openings.

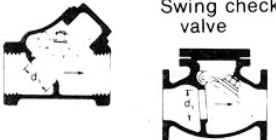
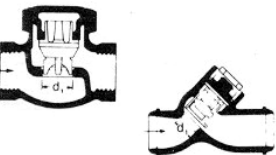
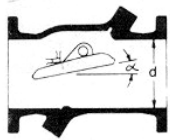


Fitting	L/D	Nominal pipe size												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		K value												
Butterfly Valve 								0.86	0.81	0.77	0.68	0.63	0.35	0.30
Plug Valve straightway 	18	0.49	0.45	0.41	0.40	0.38	0.34	0.32	0.31	0.27	0.25	0.23	0.22	
Plug Valve 3-way thru-flo 	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36	
Plug Valve branch-flo 	90	2.43	2.25	2.07	1.98	1.89	1.71	1.62	1.53	1.35	1.26	1.17	1.08	
Standard elbow 	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	long radius 90°	16	0.43	0.40	0.37	0.35	0.34	0.30	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19

Friction of Water
Friction Losses in Pipe Fittings
 Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Figura 2.8 Tabla de coeficientes de resistencias para accesorios.

F

Figura 2.9
Tabla de coeficientes de resistencia para accesorios.

Fitting	L/D	Minimum velocity for full disc lift		Nominal pipe size												
		general ft/sec†	water ft/sec	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
				K value*												
 Swing check valve	100	$35 \sqrt{V}$	4.43	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
	50	$48 \sqrt{V}$	6.08	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	.75	.70	.65	.6	
 Lift check valve	600	$40 \sqrt{V}$	5.06	16.2	15	13.8	13.2	12.6	11.4	10.8	10.2	9.0	8.4	7.8	7.2	
	55	$140 \sqrt{V}$	17.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	.94	.83	.77	.72	.66	
 Tilting disc check valve	5°	$80 \sqrt{V}$	10.13						.76	.72	.68	.60	.56	.39	.24	
	15°	$30 \sqrt{V}$	3.80						2.3	2.2	2.0	1.8	1.7	1.2	.72	
 Foot valve with strainer poppet disc	420	$15 \sqrt{V}$	1.90	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
 Foot valve with strainer hinged disc	75	$35 \sqrt{V}$	4.43	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	.90	

Resistance coefficient K (use in formula $h_f = K \frac{V^2}{2g}$)

Friction Loss in Pipe Fittings

Friction of Water

Friction of Water Friction Loss in Pipe Fittings

Resistance coefficient $\left(\text{use in formula } h_f = K \frac{V^2}{2g} \right)$



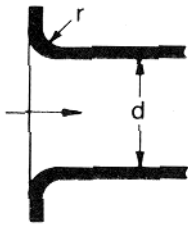
Fitting	Description	All pipe sizes
		K value
Pipe exit 	projecting sharp edged rounded	1.0
Pipe entrance 	inward projecting	0.78
Pipe entrance flush 	sharp edged	0.5
	$r/d = 0.02$	0.28
	$r/d = 0.04$	0.24
	$r/d = 0.06$	0.15
	$r/d = 0.10$	0.09
	$r/d = 0.15 \text{ \& up}$	0.04

Figura 2.10 Tabla de coeficientes de resistencias para accesorios.

2.2 Descripción del proceso de arranque de motobombas

Se establece una metodología normalizada y convalidada, para la puesta en marcha y paro del sistema en situaciones operativas normales y de emergencia.

Para el conocimiento y correcta aplicación del presente es dispensable seguir con rigurosidad una secuencia de pasos que garanticen la puesta en marcha y paro dentro una rutina operativa segura, dichos pasos se desarrollan a continuación.

2.2.1 Puesta en marcha normal del sistema para el bombeo de GLP

Considerando que el sistema se encuentra detenido debido a un paro programado y el producto a transportar es GLP se deberá tener una confirmación de control del sistema y la estación Terminal, sobre si ya se soluciono el problema o causa que provoco el paro y si existen las condiciones necesarias para el reinicio del bombeo, estas deberán confirmar dicha operación, para preparar nuestro sistema en la estación.

El primer paso, antes de la puesta en marcha de las unidades, es verificar, si el sistema de bombeo se encuentra en condiciones operativas, para iniciar un arranque normal.

Revisión del estado de las unidades.

Los siguientes pasos se deberán realizar en cada una de las cuatro unidades:

1. El primer paso es revisar el estado de las unidades, verificar si en la sala de maquinas alguna unidad se encuentra con etiqueta que indique que la unidad se encuentre INOPERABLE.
2. Verificar el nivel de agua del radiador, destapando la tapa del radiador, en caso de que falte nivel de agua en el radiador entonces se deberá abrir la válvula de agua al radiador, hasta alcanzar un nivel optimo.
3. Verificar que el nivel de aceite del Carter del motor se encuentre dentro de los rangos normales existiendo dos opciones de verificar dicha situación:
 - a) Por medio del visor que se encuentra al lado derecho de la unidad, donde el aceite debe estar por encima del nivel medio de dicho visor.
 - b) Por medio de la varilla de medición de aceite, la cual tiene dos calibraciones y que son: Engine start (cuando el motor esta funcionando) y Engine stop (cuando el motor se encuentre detenido), la marca del aceite deberá encontrarse dentro del rango indicado como FULL según corresponda al estado del motor caso contrario si este se encuentra dentro del rango de ADD OIL, entonces se deberá adicionar aceite MISELLA LA-40 hasta alcanzar dichos niveles.

De acuerdo al historial de los equipos las unidades que trabajan a toda su capacidad consumen menor cantidad de aceite, que aquellos cuya actuación no es continua, debido a que cuando estas se encuentren frías, pierden mas aceite por sus anillos y cilindro ya que a cierta temperatura se logra un sello mas hermético.

El aceite y filtro se cambian por completo cada 1500 horas de trabajo de la unidad se llenan aproximadamente unos 460 lts de aceite.

4. Verificar el nivel de aceite en el visor de lubricación del motor de arranque este sobre su marca de nivel correcto caso contrario se deberá incrementar aceite SHELL TURBO 68.
5. Verificar que el nivel de aceite de la caja lufking o caja incrementadora se encuentra dentro del rango (como mínimo a la mitad del nivel del visor) en caso de no llegar a dicho nivel se deberá incrementar aceite SHELL TURBO 68. en un cambio de aceite programado se llega a utilizar hasta 74 lts. Y se lo realiza cada 4500 horas de trabajo. Para el caso contrario si el nivel es muy alto ocurrirá que la caja se sobrecaliente pues el aceite en lugar de disipar calor se convertirá en un cuerpo que acumule energía.
6. Verificar el nivel de los cojinetes interior y exterior de la bomba. En caso de que el nivel de aceite estuviera bajo, se deberá aumentar aceite TURBO 68, durante el cambio de aceite se presenta la siguiente situación:
 - a) Se introduce el aceite por la parte superior del cojinete, a través de uno de los tres tapones que este posee, hasta que se ve fluir aceite en la base donde va a acoplarse el alimentador

de aceite, eso indicara que se tiene el nivel correcto.

- b) Para lograr un mejor control del nivel de aceite, se llena el alimentador (que tiene la forma de una bombilla de luz) al acoplarla en la base donde va sujeta al cojinete, se crea una presión manométrica que impide que el nivel del aceite del alimentador baje hasta el fondo, como resultado al crearse un ambiente cerrado entre el alimentador y el cojinete, el aceite del alimentador baja su nivel poco a poco hasta igualar presiones y compensar de ese modo la pérdida que sufre el cojinete en caso de que el nivel de aceite este bajando esto se refleja en el nivel dentro el alimentador por lo cual si su nivel es muy bajo se deberá recargarlo.

En un cambio de aceite se utilizan en el cojinete interno aproximadamente 4 lts, y para el cojinete externo 5 lts. Ambas cada 1500 horas de trabajo.

7. Comprobar que la válvula reguladora de gas combustible se encuentra habilitada. Debemos recordar que en la unidad se tiene dos válvulas reguladoras una automática que se resetea desde la computadora al reconocer su alarma y la otra se resetea en forma manual, esto significa hacerla girar en el sentido del reloj, hasta que el teflón del solenoide salga. Ambas se las debe habilitar para el arranque.
8. Verificar que la presión del gas combustible en el puente de regulación se encuentre entre 120 a 130 PSI. Y que la presión de alimentación a la unidad sea entre 25 a 30 PSI.

Revisión del área de manifolds

Se debe verificar que las válvulas de succión y descarga de cada unidad estén abiertas, se deberá realizar la lista de verificación correspondiente para el arranque con GLP.

Se deberá verificar en campo que las presiones de succión de las unidades antes del arranque este entre 300 PSI (para bombeo de GLP). De esta manera se evita llegar a los valores de setpoint por muy baja presión de succión debido a que en el momento del arranque la presión baja unos 100 PSI, continuara bajando según se regulariza el régimen de bombeo evitando provocar un paro la activación de un paro.

Habilitación del sistema de control computarizado.

1. Existirán 04 paneles de PLC, correspondientes a cada unidad ubicados fuera de la sala de control y todos ellos relacionados con la PC supervisora, este a su vez con el programa principal Wonderware.
2. El programa principal lleva el registro y control de todas las variables operativas, para lo cual requieren que estén activos tres programas que son: drive de la tarjeta KTX, Intouch WindowsViewer y el Wonder Loggic.
3. Se verifica nuevamente el estado de las válvulas ESD-100 y ESD-660 en la PC supervisora.
4. Verificar en la pantalla correspondiente a la estación, el estado de las válvulas de alivio de GLP (PCV- 103, AOV-101), (PCV-311- salida estación) y Crudo (PCV-104, AOV-102).

(Ver plano N° 01P1000) Deben estar cerradas. El densímetro seleccionara cual de las válvulas estarán aptas para el funcionamiento.

5. Hacer clic en el icono RECONOCER, hasta que el circulo correspondiente a “ OK to START” este en color verde.
6. Verificar que en los paneles de PLC este los focos en color Verde. En caso contrario presionar el botón RESET.

Arranque de unidades.

1. Se debe comunicar a estación terminal Central, que la estación se encuentra lista para arrancar.
2. Regular el acelerador a baja RPM (rodar la tuerca hasta la mitad de su tornillo) lo cual representa uno 650 RPM.) dejar aquí para su arranque.
3. Proceder al arranque presionando el Botom “Arranque de unidad”, observar en la pantalla del HMI. Que las unidades en operación cambian a color verde.
4. Normalizar la operación del motor, antes de acelerar suavemente teniendo cuidado de no bajar la presión de succión a valores inferiores a: 30 PSI (crudo) ó 150 PSI (GLP).
5. Es muy importante tomar en cuenta que se debe cuidar la presión de succión cuando se tiene crudo en la estación y se esta presurizando la línea para llegada de GLP. En este caso se debe tener la presión de succión entre 250 a 300 PSI (al momento de arrancar las unidades) y 180 a 250 PSI (durante el bombeo).
6. Estabilizar el régimen de bombeo de acuerdo a la necesidad de la estación Terminal Central, Terminal anterior y Terminal posterior.
7. Por ultimo se debe realizar una inspección final en campo verificando la presión de aceite del motor (50 a 60 PSI), presión de gas combustible, niveles de aceite del carter, nivel de aceite en la caja incrementadora y cojinetes, se deberá escuchar ruidos anormales que indiquen presencia de calentamiento en cada uno de los elementos.
8. Realizar una inspección visual y sensitiva de los sellos de los cojinetes para detectar posibles fugas de producto.
9. Comunicar a estación terminal Central, la hora de arranque y condiciones actuales de operación.
10. Reportar a estación terminal central, en caso de existir alguna anomalía o problema con alguna de las unidades.

2.2.2 Arranque de emergencia

Esta condición se presenta cuando se produce un paro imprevisto de una de las unidades ó cuando todo el sistema cae, debido a un paro provocado por el PLC Supervisor y cuyas causas tienen origen al alcanzarse los valores de Setpoints de los paros automáticos.

Es importante recordar, que todas las unidades se paran, solo cuando se activan los paros por muy baja presión de succión, muy alta presión de descarga o bajo flujo.

Para el caso en que todas las unidades llegaran a parar las acciones a tomar son las siguientes:

1. Verificar la causa que genero el paro en el banner de alarmas.
2. Una vez identificada la causa realizar el respectivo reset de la misma, presionando el botón RECONOCER.
3. Verificar que las válvulas ESD-100 y ESD-660, estén abiertas verificar físicamente y desde el HMI.
4. Verificar que la presión de la succión se encuentre dentro de los parámetros operativos ya indicados anteriormente.
5. Comunicar a estación Terminal Central, la hora y causa del paro y el momento en que se procederá a iniciar el arranque para normalizar el bombeo.
6. Comunicar a las estaciones anteriores y posteriores, del inicio del bombeo.
7. Si el paro se produjo por fuga de producto en los sellos de la bomba, se deberá arrancar necesariamente la unidad en Stand By, y aislar la unidad que paro, si el paro fue por otra causa se debe intentar primero arrancar la unidad que paro en fusión de la gravedad de la situación, si esta no responde se arranca la unidad en Stand by.
8. Cuando hay un paro de emergencia no existe la necesidad de bajar las RPM. Proceder arrancar la unidad presionando "Start Push Engine" hasta que el motor gire libremente.
9. Normalizar la operación del motor, antes de acelerar suavemente teniendo cuidado de no bajar la presión de succión a valores inferiores a: 30 PSI (crudo) ó 150 PSI (GLP). Estos son los valores a los cuales se activan los paros por baja succión.
10. Comunicar a control de bombeo del sistema o estación terminal Central. La hora e inicio del bombeo y los valores de presión y caudal correspondientes.

2.2.3 Paro del sistema

Las causas mas comunes para que el sistema entre en paro programado son: el mantenimiento de línea, limpieza de la cañería (chanqueo), trabajos en la estación ó en otra estación del sistema. Obviamente no existe un paro programado cuando la estación se encuentra bombeando G.L.P. debido a los riesgos que esto implica.

Paro programado del sistema.

1. Confirmar la hora y motivo del paro con estación Terminal Central y con las estaciones vecinas.
2. Calcular el perfil de la línea para tener idea de donde se encuentra los diferentes lotes de productos, principalmente para saber donde se encuentra el GLP, si este hubiera en la línea.
3. Comunicarse con estación Terminal Central, Terminal anterior y Terminal posterior, para tener conocimiento, de la hora, condiciones de presiones y flujo en el momento en que pare estas estaciones.

4. Observar continuamente las presiones en la succión de la estación, manteniendo el régimen de caudal de bombeo.
5. Es muy importante tener conocimiento del perfil de la línea ya que si se tiene GLP por llegar a la estación y este estaba presurizando la línea entonces se debe proceder al paro cuidando que la presión de succión se mantenga entre 180 a 260 PSI.
6. La primera opción de paro es esperar a que el bombeo de la estación pare por la activación de alguno de sus paros automáticos, que normalmente son por bajo caudal, muy baja presión de succión o muy alta presión de descarga, esto en el caso que la estación vecina pare su bombeo.
7. Una segunda opción es bajando las RPM de la unidad hasta que este llegue a para la unidad.
8. La tercera opción es cerrar la válvula de alimentación de gas combustible que se encuentra antes del filtro de gas. Esta se cierra presionando el botón de tipo hongo en campo.
9. Verificar que el valor de presión de succión en el manómetro ubicado sobre la línea de llegada de la estación marque la presión igual o aproximada a la que se tenía antes del paro.
10. Habilitar el sistema del PLC Supervisor haciendo clic en el botón RECONOCER, de tal manera que el sistema reconozca todas las alarmas causadas en el paro.

Paro de emergencia.

El Paro de Emergencia ESD se realiza por 2 motivos : la primera por causas críticas de destrucción de la estación (Fuego, gas, rotura de tubería, etc) y la segunda por causas extremas de los valores de paro del proceso.

11. En el primer caso, se para la unidad por detección de fuego, fuga de Gas, presiones críticas en la tubería, rotura de tubería, ó desde un paro manual desde campo.
12. En el segundo caso el paro es por sobrepasar los valor críticos de presión y flujo que puedan dañar las unidades.
13. En todos los casos se cierran las válvulas ESD-100 y ESD-660 automáticamente y se aísla el producto del manifold.
14. Confirmar el motivo, hora y presiones de la estación. Y comunicar a estación Terminal Central.
15. Además en cada tablero, PLC de Seguridad y PLC Supervisor. Existen Botones de paro ESD. Los cuales al presionar apagarán las cuatro unidades y cerrarán automáticamente las válvulas ESD.

2.3 Descripción de las etapas secuenciales del proceso de bombeo de GLP

El tratamiento para el bombeo de GLP se procede desde el seguimiento riguroso de la cabeza de GLP, a partir de la Estación anterior, sabiendo que el lote tiene que mantenerse

presurizado (empaquetado), en cada momento para evitar su gasificación.

Una vez que la cabeza se encuentra aproximadamente en la progresiva 155 Km. se procede a presurizar la succión a valores de 190 PSI a 250 PSI.

Una vez que empieza a detectar el densitómetro la caída de la densidad de 0.75 gr/cm^3 a 0.65 gr/cm^3 , de crudo 1 a gasolina por 15 minutos aproximadamente, el régimen baja considerablemente y la presión de succión sube, para controlar estos parámetros, se procede a subir la velocidad de las unidades en intervalos de 20 RPM dos o tres veces en el lapso que dura el contaminado, teniendo un aumento total de 60 RPM.

En el momento de llegada de contaminado a la estación se procede a posicionar en modo OFF las bombas GASSO, con la finalidad de evitar que las GASSO arranque automáticamente y el propósito es eliminar cualquier fuente de contaminación al lote de GLP que pasa por dicha estación.

El lote de gasolina dura de 20 a 45 minutos, posteriormente empieza el descenso de la densidad de 0.65 gr/cm^3 a 0.55 gr/cm^3 , paralelamente empieza otro descenso de flujo y aumento de la presión de succión, por tanto nuevamente se procede al aumento de RPM de la misma forma que en primer contaminado. En este periodo se experimenta el cambio de posición automático de la válvula del sistema de alivio abriéndose la que corresponde al sistema de bombeo de GLP, y cerrándose al que corresponde al crudo y gasolina.

En el paso de gasolina a GLP se tiene una particular atención, por que se pueden presentar perdidas por los sellos de las bombas, y tener la alternativa de realizar cambio de unidades.

Una vez que el GLP es 100%, las presiones de succión fluctúan, de 200 PSI a 280 PSI, y la presión de descarga de 1200 PSI a 1350 PSI, con 1040 RPM a 1100 RPM de acuerdo a régimen de Terminal Central.

El paso de GLP por la estación dura aproximadamente de 18 hrs a 24 hrs, con lotes de 15000 Bbls a 17000 Bbls respectivamente, presentándose cuatro contaminados, el primero el paso de Crudo a Gasolina el segundo de Gasolina a GLP, el tercero de GLP a Gasolina y el cuarto de Gasolina a Crudo.

2.4 Descripción del proceso para el sistema de alivio (tanque separador)

2.4.1 Sobre presiones

El sistema de alivio operara para mantener a los equipos, accesorios y estación en general, dentro de los valores de operación y de diseño. La sobre-presión en el sistema podrá ocurrir por diversas razones, a continuación se presentan y se describe el procedimiento operativo.

1. Sobre-presión en la línea de llegada (oleoducto, antes de la válvula ESD 001), debido a expansión térmica del producto.
2. Exceso de presión en las líneas internas debido a expansión térmica.

3. Purgas del sistema presurizado.
4. Exceso de presión en la descarga por restricción o cierre de la estación posterior.

2.4.2 En oleoducto de llegada

Cuando se cierra la válvula 001, el producto retenido, puede aumentar sustancialmente su presión, por ligeros cambios de temperatura, por ello se dispondrá de una válvula de alivio seteado a un 110% (1700 PSI) de la capacidad de los accesorios de llegada, antes de esta válvula de alivio se cuenta con una válvula de mantenimiento V-126 (1/4 vuelta manual), la descarga (indistintamente si es CRUDO o GLP), se realizara al tanque de alivio horizontal.

Por otro lado se cuenta con lectura de presión antes de la ESD-100 mediante PT-131, el cual nos indicara cuando se puede aliviar con crudo o GLP.

Si que queremos aliviar con crudo, se utilizaran las válvulas V-017 (1/4 vuelta manual), V-133 (1/4 vuelta con actuador), V-134 (globo automática), esta línea llevara el producto directamente al TQ de crudo (3MB) en este proceso se deberá observar la presión de entrada al TQ mediante PT-613 y el nivel LT-503.

Por el contrario si deseamos aliviar GLP, se utilizaran las válvulas V-131 (1/4 vuelta con actuador), V-132 (globo automática), esta línea llevara el producto directamente al TQ separador en este proceso se deberá observar la presión en el TQ mediante PT-340 y el nivel mediante LT-330.

2.4.3 En oleoducto de salida

En caso se este bombeando Crudo ó GLP, y ocurra una situación que produzca el incremento de las presiones en la descarga, y las medidas tomadas (reducción de RPM de motores u otra acción), no produzcan efecto y siga aumentando la presión, se puede optar por:

1. Abrir directamente la válvula de control de presión 077 y descargar los líquidos al tanque alivio horizontal.
2. En caso que los cambios de presión sean súbitos, el sistema operara automáticamente de acuerdo a lo siguiente:
 - a) Cuando la presión alcance el nivel de set de la válvula reguladora de presión 077 (1700 PSI), esta empezara a abrir, descargando hacia el tanque alivio horizontal y reduciendo la presión. La capacidad máxima de esta válvula se ha estimado en el 20% de la capacidad máxima del ducto.
 - b) En caso que la válvula reguladora de presión no se de abasto y la presión siga aumentando, la presión llegara al set de la válvula de alivio, la cual abrirá totalmente, esta válvula tiene una capacidad igual al 100% de la capacidad máxima del ducto y se seteara a 1700 PSI.

En caso se este GLP y ocurra una situación que produzca el incremento de las presiones en la descarga, y las medidas tomadas (reducción de RPM de motores u otra acción), no produzcan efecto y siga aumentando la presión, se puede optar por:

- a) Abrir directamente la válvula de control de presión 074 (PCV-311) y descargar al tanque alivio horizontal.
- b) En caso que los cambios de presión sean súbitos, el sistema operara automáticamente de acuerdo a lo siguiente:
 - ✓ Cuando la presión alcance el nivel de set de la válvula reguladora de presión 074, esta empezara a abrir, descargando hacia el tanque alivio horizontal y reduciendo la presión. La capacidad máxima de esta válvula se ha estimado en el 20% de la capacidad máxima de GLP en el ducto.
 - ✓ En caso que la válvula reguladora de presión no se de abasto y la presión siga aumentando, la presión llegara al set de la válvula de alivio, la cual abrirá totalmente, esta válvula tiene una capacidad igual al 100% de la capacidad máxima del ducto y se seteara a 1550 Psig.

2.4.4 En colector de succión

Cuando exista sobre presión en las líneas internas de la estación, Se ha instalado TERVs (Termal Expansión Relief valves) en la succión, esta pequeña válvula de alivio de 1" es suficiente para reducir las presiones. Su descarga es recolectada por una línea de presión que va directamente al tanque Separador, esta válvulas estará seteada a 900 PSI.

2.4.5 En colector de descarga

De forma similar tenemos en la descarga las válvulas TERVs también de 1"Ø que esta seteada a 1700 PSI, Su descarga es recolectada por una línea de presión que va directamente al tanque Separador.

2.4.6 Tanque Horizontal.

Tanto los manifolds, como los tramos de succión y descarga, se pueden drenar mediante dos sistemas de purgado, en caso se tenga líquidos en las tuberías, el drenaje descargara al tanque SLOP. En caso se tenga GLP, el drenaje descargara directamente al TQ separador y luego se ira al quemador.

De igual manera el TQ separador tiene provisto sistemas de seguridad por presión, es decir posee una válvula de alivio RV-322 seteada a 180 PSI, en caso se logre alcanzar presiones mayores se tiene un paro por muy alta presión mediante PT-340 seteado a 250 PSI. Además si por llenado de producto se sobrepasa el nivel máximo este ocasionara una parada de planta lo que ocurra primero.

2.5 Descripción del proceso para el sistema quemado de gases

Cuando ocurra alguna inesperada condición de peligro en el bombeo, se aliviara el GLP al Tanque separador luego en este recipiente se podrá tener el producto en estado liquido y gaseoso, la parte liquida se deberá desalojar mediante una bomba centrífuga y reinyectarla a la succión del sistema de bombeo, ya que por razones de seguridad debemos mantener el Tanque separador vacío, para lo cual si se encuentra residuos de GLP en el Tanque separador

se deberá enviar al Flare.

Para realizar el proceso de quemado en el Flare se realizara los siguientes pasos:

1. Para realizar el Quemado de GLP en el Flare, primero verificar en el tablero de control si el piloto de gas esta encendido, y si además no se verifica ninguna falla en el Ignitor.
2. Se verifica que la válvula compuerta V-080 y V-082 están abiertas en su totalidad.
3. La válvula de control PCV-312 se puede regular manual y remotamente desde la sala de control para realizar el quemado proceder a abrir 5% y observar la flama del quemado si es pobre abrir un 10% no mas de tal manera que la flama se proyecte uniformemente este proceso es lento y se refleja en un enfriamiento en la PCV-312 esto es normal, realizar esta operación hasta que en el PT-340 marque cero.

2.6 Descripción del Sistema S.M.E.R.

El Sistema de monitoreo de eventos y riesgos esta concebido aplicando las normas de seguridad SIL.

2.6.1 Requerimientos para sistemas de gas y fuego

Los sistemas diseñados para aplicaciones de Detección y Control de Gas y fuego deben de estar basados en estándares internacionales, estos requerimientos como es la NFPA para los Estados Unidos de Norte América y EN para la Comunidad Europea, los cuales incluyen:

- ✓ NFPA 72 Fire Suppression Systems.
- ✓ NFPA 8501 Standard for single burner operation.
- ✓ NFPA 8502 Standard for prevention of furnace explosion/implosions in multiple burner boilers.
- ✓ EN 54-2 Fire Detection and Fire Alarm Systems.

Cabe mencionar que este tipo de sistemas tiene diferencias significativas contra los sistemas de paro de emergencia (ESD), que deben de ser consideradas al diseñar e implementar un sistema, en esta sección expondremos las diferencias entre estos sistemas y como diseñar sistemas que cumplan con las normas internacionales.

El sistema GMR en su última revisión cumple totalmente con la especificación IEC 61508, tanto para sistemas de paro de emergencia como para sistemas de gas y fuego, por lo cual también se revisaran los requerimientos de esta norma.

2.6.2 Requerimientos de nivel de integridad

Los sistemas de protección generalmente cumplen con el nivel de integridad SIL 3 para sistemas de Paro de Emergencia (ESD), Sistemas de Gas y Fuego (F&G) y Sistemas de Control de Quemado (BMS).

El trabajar en este nivel asegura "El Nivel de Seguridad" que el sistema (Controlador) tendrá para aplicaciones criticas, es importante entender que la Seguridad ó en términos técnicos "La Confiabilidad" que los sistemas tienen, no dependen del grado de Redundancia,

aun cuando algunos sistemas tienen que incorporar redundancia para obtener una mejor confiabilidad, mas bien la dependencia esta relacionada al nivel de diagnósticos y protección en el diseño de los circuitos electrónicos de tarjetas de entradas, salidas y procesadores, por esto tenemos sistemas SIL 3 en arquitecturas sencillas y sistemas SIL 2 con arquitecturas TMR.

Otro factor de vital importancia al calcular el Nivel de Integridad de Seguridad (Safety Integrity Level SIL) es el entender que hay dos referencias ó tablas de cálculo, estas están referenciadas al nivel de demanda o uso que la aplicación (proceso) requiere para el sistema de seguridad, esta son La Operación en Modo de Demanda Bajo y La operación en Modo de Demanda Alto o Continuo.

Nivel de Integridad de Seguridad	Operación en Modo de Demanda Alto o Continuo (Probabilidad Promedio de Fallas de Acuerdo a las Funciones de Diseño bajo Demanda)
SIL 3	10^{-8} a 10^{-7}
SIL 2	10^{-7} a 10^{-6}
SIL 1	10^{-6} a 10^{-5}

Nivel de Integridad de Seguridad	Operación en Modo de Demanda Bajo (Probabilidad Promedio de Fallas de Acuerdo a las Funciones de Diseño bajo Demanda)
SIL 3	10^{-4} a 10^{-3}
SIL 2	10^{-3} a 10^{-2}
SIL 1	10^{-2} a 10^{-1}

Tabla 2.1 : Selección de la demanda impactara directamente en el sistema seleccionado.

2.6.3 Nivel de integridad del hardware

Los sistemas de seguridad para aplicaciones de Gas y Fuego pueden ser utilizados en diferentes arquitecturas de redundancia, el sistema cumple con los requerimientos de IEC 61508 parte 2 de acuerdo a la tabla siguiente.

Fracción de Falla Segura	Tolerancia a Fallas del Hardware		
	0	1	2
$f < 60\%$	No hay	SIL1	SIL2
$60\% < f < 90\%$	SIL1	SIL2	SIL3
$90\% < f < 99\%$	SIL2	SIL3	SIL4
$f > 99\%$	SIL3	SIL4	SIL4

Tabla 2.2: Nivel e Integridad del hardware

2.6.4 Requerimientos generales

Los sistemas de seguridad para sistemas F&G deberán cumplir con los requerimientos de IEC 61508 hasta la clase 6 y de acuerdo a la norma DIN VDE 0801 cubriendo los siguientes requerimientos:

Tipo de Medición	Efectividad
Mediciones para controlar una falla sencilla en H/W	Alta
Mediciones para controlar múltiples fallas en H/W	Media
Mediciones para evitar fallas sistemáticas en H/W y S/W	Media
Mediciones para controlar fallas sistemáticas en H/W	Simple
Mediciones para controlar y evitar fallas sistemáticas en S/W	Media
Mediciones para controlar y evitar fallas en la operación y manipulación interna,	Simple
Mediciones para evitar fallas en factores de operación y del medio ambiente	Media
Mediciones para controlar fallas en factores de operación y del medio ambiente	Simple

Tabla 2.3: Requerimiento generales

2.6.5 Requerimientos de acuerdo a IEC 61508

De acuerdo a los requerimientos de la IEC61508 y basándonos en el modelo de ciclo de vida de esta, los sistemas de seguridad se pueden clasificar de dos formas.

I.- Requerimientos que deben de ser considerados para el diseño de sistemas relacionados con la seguridad, estos son independientes de la aplicación, (Cláusulas 7.4.2 y 7.4.8)

II.- Requerimientos para asegurar la suficiente asistencia durante las fases de desarrollo de la aplicación en los aspectos de:

- Especificación y planeación.
- Operación y Mantenimiento.
- Verificación, Validación y Modificación.

Los requerimientos de acuerdo a la categoría 1 que tienen influencia en el diseño de sistemas tienen que ser inspeccionados y probados con un alto énfasis.

Requerimientos en la categoría 2 son inspeccionados, revisando los documentos entregados por el fabricante.

2.6.6 Requerimientos adicionales para gas y fuego

Los sistemas de seguridad para aplicaciones de Gas y Fuego deberán cumplir con los estándares NFPA 72 y/o EN 54, la tabla que a continuación se muestra cuenta con los requerimientos que deben de tomarse en cuenta por el diseñador del sistema cuando se quiera cumplir con estos estándares, los requerimientos específicos de implementación a la norma NFPA 72 se especifican en los documento de los fabricantes "Cumplimiento de NFPA 72 del Sistema de Seguridad".

Condiciones de falla y requerimientos de la NFPA 72												
	Cable Abierto	Cable Abierto	Cable a Tierra	Cable a Tierra	Corto Circuito	Corto Circuito	Corto Circuito	Cable Abierto	Cable Abierto	Cablea Tierra	Cable a Tierra	Cable a Tierra
Señalización A Entradas												
Señalización A Entradas												
Notificación De Salidas												
Salidas a Actuador	X*		*									

Tabla 2.4: Requerimientos adicionales

- I = Las Fallas deben de ser indicadas.
- II = Las Fallas deben de ser indicadas y una alarma debe de indicar la condición de falla.
- * = La indicación de falla debe de ocurrir en menos de 200 seg.

Condiciones de falla y requerimientos de la EN 54												
	Cable Abierto	Cable Abierto	Cable a Tierra	Cable a Tierra	Corto Circuito	Corto Circuito	Corto Circuito	Corto Circuito	Corto Circuito	Corto Circuito	Cable Abierto	Cable Abierto
							Cable Abierto	Cable Abierto	Cable A Tierra	Cable A Tierra	Cable A Tierra	Cable A Tierra
Señalización A Entradas	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Señalización A Entradas	X*				X*							
Notificación de Salidas	X*				X*							
Salidas a Actuador	X*				X*							

Tabla 2.5: Requerimientos adicionales

- I = Las Fallas deben de ser indicadas.
- II = Las Fallas deben de ser indicadas y una alarma debe de indicar la condición de falla.
- * = La indicación de falla debe de ocurrir en menos de 200 seg.

2.6.7 Arquitecturas para sistemas de gas y fuego

Los sistemas de seguridad para aplicaciones de Gas y Fuego pueden ser utilizados en diferentes configuraciones de redundancia, dependiendo de los requerimientos de seguridad deseados, la siguiente tabla marca las arquitecturas posibles de acuerdo al nivel SIL:

Redundancia del Procesador.	SIL Requerido
Simplex	1
Simplex D / Duplex (1oo2d [□]) (2oo4)	2
Simplex (1oo1D)Duplex(1oo2d) (2oo4) / Triplex	3

Tabla 2.6: Arquitecturas para sistemas

2.6.8 Opciones de configuración de entradas

Las siguientes configuraciones cumplen con los requerimientos de SIL de acuerdo a la Probabilidad de Falla Sobre Demanda, basándonos en las especificaciones de la IEC 61508 podemos notar que para un nivel de SIL 3, detectores sencillos no son permitidos para componentes tipo B donde la función de falla segura es debajo de 99%.

En la siguiente tabla, las señales digitales de entrada asumen dos estados y los módulos de entrada y trabajan en la modalidad de supervisión con diagnósticos, y las entradas analógicas asumen la modalidad de supervisión.

La tabla muestra también la votación requerida para las diferentes configuraciones de sensores. Las señales son votadas por los CPU's del controlador de acuerdo a la redundancia seleccionada, las cuales pueden ser 1oo2, 1oo2^d y 2oo3 para entradas digitales, y Valor-Medio, Selección-Valor, Valor-Alto, Valor-Bajo para las señales analógicas de entrada.

Para aplicaciones de Gas y Fuego, se asume que la votación de la aplicación es realizada por las señales de alarma, producidas por las señales de proceso.

Redundancia en el detector	Función de votación de seguridad	Tipo de entradas	Numero mínimo de canales de entrada por detector	Numero mínimo de entradas	Nivel SIL esperado.
Simples	1oo1	Digital	1	1	1
Simples	1oo1	Analógica	1	1	1
Simples	1oo1	Digital	1	1	2
Simples	1oo1	Analógica	2	2	2
Simples ‡	1oo1	Digital	2 §	2	3
Simples ‡	1oo1	Analógica	3	3	3
Duplex	1oo2	Digital	1	2	2
Duplex	1oo2	Analógica	1	2	2
Duplex	1oo2	Digital	1	2	3
Duplex	1oo2	Analógica	2	2	3
Triples ó mayor	2ooN	Digital	1	3	3
Triples ó mayor	2ooN	Analógica	1	3	3

Tabla 2.7: Configuración de entrada

§ Su votación debe ser 1oo2.

‡ Esta votación es permitida por la IEC 61508 si cumple con los requerimientos de la parte 2 Tabla 2 de arquitecturas de subsistemas relacionados a la seguridad tipo A y la tabla 3 arquitecturas de subsistemas relacionados a la seguridad tipo B.

† La opción de votación esta diseñada para que la arquitectura 1oo2d se degrade 2oo2 => 1oo1 => Default Action.

2.6.9 Opciones de configuración de salidas

Las siguientes configuraciones cumplen con los requerimientos de SIL de acuerdo a la Probabilidad de Falla Sobre Demanda, basándonos en las especificaciones de la IEC 61508.

TÜV certifico arreglos de salidas 1oo1D y 1oo2D.

Redundancia en Actuador	Función de votación de seguridad	Configuración de salidas por Actuador	Nivel SIL esperado
Simplex	1oo1	Simplex	1
Simplex	1oo1	1oo1d, /1oo2d†	2
Simplex ‡	1oo1	1oo1d, 1oo2d†	3
Duplex o mayor	1oo2	Simplex ¥, 1oo1d, /1oo2d†	3

Tabla 2.8: Configuración de salidas

† La opción de votación esta diseñada para que la arquitectura 1oo2d se degrade 2oo2 => 1oo1 => Default Action.

‡ Esta votación es permitida por la IEC 61508 si cumple con los requerimientos de la parte 2 Tabla 2 de arquitecturas de subsistemas relacionados a la seguridad tipo A y la tabla 3 arquitecturas de sub sistemas relacionados a la seguridad tipo B.

¥ Las señales de salida deben de preceder de diferentes bloques.

El correspondiente estado de salidas se muestra:

Estado Seguro	Output Configuration
Energizado	Simplex, / 1oo2d†
Des Energizado	Simplex, 1oo1d, / 1oo2d†

Tabla 2.9: Estado de salidas

2.7 Equipamiento

Del análisis de los requerimientos para el presente estudio en sistemas de seguridad, se ha propuesto el siguiente equipamiento fabricado por la empresa Siemens MOORE.

El equipamiento propuesto ha sido concebido de manera de responder a los sistemas de control críticos, como el que se requiere en el presente proyecto.

Este sistema será el encargado de recolectar las señales de los detectores de mezclas inflamables, detectores de humo y de llama ubicados en zonas de proceso, realizar el comando de válvulas de diluvio, recibir la señal de parada de emergencia y enviar las señales de alarmas luminosas y sonoras apropiadamente distribuidas.

El sistema a adquirir se detalla a continuación:

- ✓ 7 entradas analógicas provenientes de los detectores de mezclas explosivas.
- ✓ 6 entradas digitales provenientes de detectores de llama.
- ✓ 2 entradas digitales provenientes de los detectores de humo.
- ✓ 2 salidas digitales para el comando de elementos indicadores de alarmas (una alarma sonora y una visual).
- ✓ 6 salidas digitales para el comando de las válvulas diluvio.
- ✓ 4 señales digitales de entradas provenientes de pulsadores o botoneras.

Para implementar esta alternativa para el sistema de seguridad se ha seleccionado equipamiento Moore Quadlog certificado TUV AK4 / SIL2. Este es un equipo de control programable especialmente diseñado para aplicaciones críticas tales como sistemas de Shut Down, controles de llama y sistemas de detección de fuego y gas.

El sistema ofrece seguridad aumentada y salidas protegidas, redundancia, autotesteo, comunicación, etc.

La configuración prevista incluye un puerto de comunicación Modbus para el intercambio de información y envío de datos con el PLC de control.

Es importante destacar que se puede disponer dentro de la arquitectura 1oo1D de redundancia en CPU en el controlador MOORE.

Los requerimientos básicos que definieron la selección de este equipamiento son:

Aplicación en detección de gas, fuego y humo: el sistema MOORE esta diseñado para sistemas de control Crítico (monitoreo y ESD).

Sistemas redundantes, el sistema seleccionado posee red de comunicación redundante (RS-485) con protocolo MODULBUS entre el controlador y la estación de monitoreo. Además dentro de la arquitectura 1001D dispone de redundancia de CPU y a medida que se sube de nivel SIL (llegando hasta un nivel SIL 6) puede configurarse con redundancia de entradas y salidas.

En seguridad se ofrece SIL 2/ AKA4 certificado por TUV. Todos los módulos de I/O

poseen circuito de Diagnostico.

Comunicación con el controlador Allen Bradley, el sistema MOORE se comunicara con dicho controlador por el protocolo Modbus.

Comunicación con SCADA sobre Wonderware, la estación de monitoreo propuesta, ya sea configurada sobre WONDERWARE o APACAS ProcessSuit de Moore, se realiza vía OPC Server.

En estos últimos dos puntos es necesario confirmar si el controlador AB viene con la tarjeta Prosoft MCM correspondiente para protocolo Modbus y si la licencia Wonderware incluye el driver OPC.

2.7.1 Características generales

Sistema de seguridad QUADLOG, configuración estándar 1oo1D. QUADLOG incorpora dos patrones de circuito. La arquitectura "dual" estándar proporciona protección a las salidas.

La corriente de salida fluye a través de contactos dobles de tecnología diferente, un interruptor de estado sólido proporciona la salida normal del controlador. Un relevador controlado por sus autodiagnósticos interconstruidos, proporciona el segundo interruptor a través de un juego de contactos normalmente cerrados, Si se detecta una falla peligrosa en el canal de salida, el relevador de contacto se abre, desenergiza la salida para garantizar una falla segura.

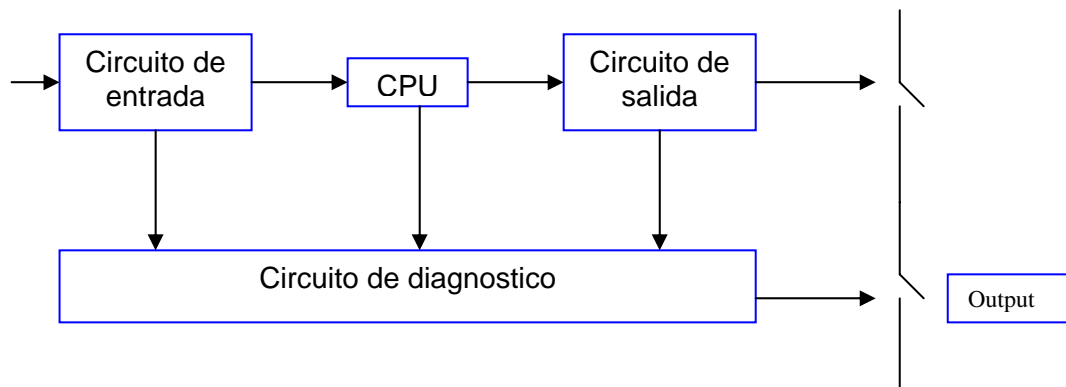


Figura 2.11 Arquitectura Estándar 1oo1D aprobada por TUV para AK4 / SIL 2.

Esta arquitectura "Dual" estándar del sistema QUADLOG, se caracteriza por un solo controlador, una sola salida/entrada con las Salidas Protegidas y diagnósticos de falla a la salida fuentes de alimentación redundantes medios de comunicación redundantes temporizadores Watchdog redundantes de tecnología diversa, instrucciones de prueba al CPU y pruebas extensivas a la memoria RAM y pruebas a la secuencia del flujo de programa.

La arquitectura estándar puede también ser expandida de manera que incluya módulos

de control redundantes (no considerados en este alcance), proporcionando una opción de bajo costo en redundancia para funciones críticas.

2.7.2 Disminución de fallas

El fundamento para disminuir las fallas es una fortaleza contra las condiciones severas de operación industrial. La protección a fallas en el QUADLOG fueron consideradas desde el principio y han sido verificadas con pruebas intensivas.

Como una de las ventajas destacamos una serie de diagnósticos muy sofisticados dentro del sistema QUADLOG, el cual proporciona las herramientas necesarias para resolver el problema antes de que ocurra la falla. El sistema QUADLOG puede diagnosticar alrededor de 1000 diferentes errores, desde fallas en los circuitos internos hasta errores en el alambrado en el campo. El sistema reporta esta información utilizando métodos muy sencillos de entender que incluyen sugerencias para acciones correctivas.

Su arquitectura flexible y su alta seguridad y disponibilidad se combinan para dar como resultado el mejor sistema que se adapta a las necesidades de costo-beneficio. Los sistemas de seguridad están medidos contra el Nivel de Integridad de Seguridad (SIL) para determinar si son apropiados para un proceso en particular. El sistema QUADLOG le ofrece una solución muy competitiva para niveles del 1 al 3.

Los niveles 2 y 3 son de los más requeridos, para aplicaciones como sistemas de paro de emergencia (ESD) / Sistemas Instrumentados de Seguridad, sistemas de Detección de Gas y Fuego, sistemas de Protección al Medio Ambiente, y Protección a Turbinas y otros equipos sumamente costosos. Ambos sistemas QUADLOG, redundante o no redundante cubren los requerimientos para SIL 1 ó SIL 2. El sistema QUADLOG redundante con su arquitectura "quad" es ideal para aplicaciones en donde es mandatorio una alta disponibilidad y una alta seguridad debido a los altos costos por la pérdida de producción.

2.7.3 Hardware

Módulo de Control.

El módulo de Control Crítico (CCM) es un miembro de la familia de módulos de control del sistema de seguridad / control crítico QUADLOG. El CCM lleva a cabo ejecución de lógica y funciones de control avanzado, a la vez que hace interfaz con otros módulos, tanto QUADLOG como del sistema de control de procesos APACS+.

El CCM, tiene un "rango de seguridad crítica" certificado por la agencia TÜV para aplicaciones que van de AK1 a AK6 (equivalentes a SIL 1,2 y 3).

Continuamente ejecuta diagnósticos extensivos para rápidamente detectar fallas peligrosas potenciales, provee diagnósticos analizados por el método de análisis de modos y efectos de fallas (FMEA) y verificado a través de pruebas completas de inyección de faltas para una fácil solución a problemas.

Utiliza el empaque de módulos QUADLOG de alta robustez para un servicio

ininterrumpido. Facilita el control de documentación para la administración de la seguridad en el proceso al mantener la configuración gráfica maestra en el módulo de control. Facilita el diseño eficiente e intuitivo de la estrategia de protección al permitir la mezcla en un mismo módulo de cuatro lenguajes estándares de configuración. Soporta la arquitectura redundante 1oo2D (uno de dos con diagnóstico) para seguridad SIL3 y la más alta disponibilidad.

Reduce el tiempo de servicio al permitir que el módulo sea insertado y removido mientras esté energizado y sin afectar el cableado del sistema. Reduce el tiempo de servicio al soportar reemplazo en línea del módulo redundante con reconfiguración automática. Cumple con la Directiva de Compatibilidad Electromagnética (EMC) de la Unión Europea, la cual requiere que los equipos de control de proceso sean inmunes a la interferencia electromagnética (EMI) y limiten la cantidad de emisiones electromagnéticas.

El CCM está clasificado para seguridad crítica, por lo tal no se permite desconocer fallas peligrosas no detectadas. Las metas de los diagnósticos son:

- ✓ Notificar al personal apropiado alguna función anormal en el módulo.
- ✓ Llevar a cabo una conmutación automática entre las unidades de cálculo y verificación en un sistema QUADLOG totalmente redundante (1oo2D).
- ✓ Llevar a cabo el paro automático de un canal, módulo o sistema si se detecta alguna falla peligrosa (para una operación de falla segura).

Diagnósticos en el microprocesador

El microprocesador principal en el CCM es probado en línea para asegurar que fallas peligrosas potenciales sean detectadas. Dos timers 'watchdog', externos al microprocesador, monitorean los tiempos de ejecución.

Diagnósticos de la memoria

ROM.- La memoria ROM en el CCM es probada en línea al calcular patrones de prueba CRC32 en información crítica y áreas de programa, a su vez comparándolos con valores almacenados.

RAM.- La memoria RAM en el CCM está duplicada internamente, la redundancia se logra con comparación por hardware en cada ciclo de lectura.

Diagnóstico de comunicaciones

Las fallas de comunicación en el MODULBUS y en el IOBUS son detectadas por varias técnicas de diagnóstico, las cuales incluyen:

- ✓ Chequeo de integridad de mensaje CRC32.
- ✓ Chequeo del tipo de mensaje.
- ✓ Verificación del formato del mensaje.
- ✓ Verificación de la dirección del mensaje.
- ✓ Cheque del mensaje fuera de tiempo.
- ✓ Verificación de la secuencia del mensaje.

En arquitecturas con CCM redundante los parámetros del mensaje son comparados para asegurar que todas las comunicaciones sean recibidas acertadamente.

El IOBUS es un bus de comunicaciones clasificado como de seguridad crítica. El IOBUS es:

- ✓ Aislado
- ✓ Tolerante a fallas sencillas
- ✓ Constantemente conmutado entre pistas A y B
- ✓ Capaz de tolerar la falla de un módulo de E/S

Diagnóstico del circuito común

El CCM recibe alimentación eléctrica de los buses de alimentación en el rack de módulos (MODULRAC). Los niveles de voltaje en cada bus de alimentación se monitorean. El voltaje de la batería es muestreado periódicamente bajo carga para verificar su estado.

Las señales de redundancia y de control de seguridad son probadas en línea en busca de patrones de bits inválidos.

Diagnósticos del software

Las fallas en sistemas de software son conocidas como fallas 'sistemáticas'. El software en línea del CCM emplea el control de flujo de programa, una técnica donde la ejecución de cada pieza de software crítico es medida. El tiempo y secuencia de ejecución deben concordar con patrones predefinidos.

El software del CCM utiliza también la verificación de la integridad de la información en puntos clave de la ejecución,

El CCM mantiene una bitácora de errores actuales e históricos, los cuales pueden ser revisados usando la Utilería de Bitácora de Diagnósticos o el software de configuración 4-mation. Los led's del CCM permiten corregir un problema localmente, sin la necesidad de una interfaz con el operador, ya que indican varios modos de operación y falla.

El CCM es configurado usando el software 4-mation. El 4-mation permite definir la estrategia de control usando cualquier mezcla de cuatro lenguajes, los cuales están basados en la especificación de la IEC para controladores programables (IEC 1131-1). El 4-mation también es usado para configurar las E/S del CCM, así como módulos pertenecientes al sistema de control APACS+. La configuración del CCM puede ser creada fuera de línea y transferida al módulo, o bien, creada con el CCM en línea durante la etapa inicial de diseño.

La seguridad del CCM puede ser programada para que cambios no autorizados o inadvertidos sean hechos a la configuración.

Módulos de entrada / salida

La familia de módulos E/S perteneciente al sistema de seguridad / control crítico QUADLOG, proveen la interfaz entre diversos dispositivos de campo (sensores y actuadores) y el IOBUS redundante de los controladores QUADLOG, Módulo de Control Avanzado (ACM)

y/o Módulo de Control Critico (CCM).

Cada módulo E/S:

- ✓ Incluye diagnósticos interconstruidos, para aplicaciones de seguridad, los cuales proveen la seguridad y confiabilidad al sistema.
- ✓ Reduce los costos de puesta en operación y paros a través de diagnósticos sofisticados y sistema para reportar errores en cada módulo.
- ✓ Ahorra espacio al utilizar un diseño modular de alta densidad.
- ✓ Tiene canales configurables individualmente, permitiendo la optimización de la mezcla de E/S en cada módulo, resultando en menos canales E/S sin usar y menos módulos requeridos.
- ✓ LED's individuales para desplegar el estado del módulo y sus canales.
- ✓ Se comunica de manera segura con el módulo de control a través del bus serial y redundante IOBUS.
- ✓ Simplifica el mantenimiento al permitir que el módulo sea insertado o removido sin afectar las conexiones de campo.
- ✓ Reduce el tiempo de servicio al soportar el reemplazo en línea del módulo, con reconfiguración automática.

Todos los módulos E/S QUADLOG tienen al menos un microprocesador en su tarjeta. Los módulos E/S QUADLOG hacen interfaz con una gran variedad de sensores y actuadores. La aplicación específica de cada módulo E/S se consigue a través de configuración desde alguna pantalla del sistema, no hay puentes o interruptores que se tengan que manipular para configurar algún módulo E/S, La información de la configuración se almacena en las memorias de tanto el controlador, como del mismo módulo E/S. Las señales disponibles en los módulos E/S QUADLOG son las siguientes:

Entradas Analógicas:

- ✓ 4-20mA (alimentación a transmisor desde el módulo)
- ✓ 0 - 5 ó 1 - 5VDC.
- ✓ ± 5 ó ± 10 VDC.
- ✓ Bajo nivel (mV)
- ✓ Frecuencia (0 - 46kHz)
- ✓ Termopar (J, K, E, T, R, B y N)
- ✓ Resistencia (15 a 1015 Ohms)
- ✓ RTD

Salidas Analógicas:

- ✓ 4-20 ó 0 - 20mA.

Entrada Discretas:

- ✓ Cuentas de alta velocidad (totalizador).
- ✓ Contacto seco.
- ✓ 3 - 32 VDC.
- ✓ 230 VAC.

Salidas Discretas:

- ✓ 24 VDC.
- ✓ 18 a 150VDC.
- ✓ 120 VAC.
- ✓ Relevador

Todos los módulos E/S QUADLOG poseen diagnósticos extensivos, los cuales utilizan técnicas de medición de voltaje y corriente, secuencia y retardo de señales, etc. Las técnicas de diagnóstico varían dependiendo del tipo de módulo, pero los métodos usados incluyen:

- ✓ Circuito de Entrada: Pruebas de pulso, inyección de señales dinámicas, medición de voltaje, medición de corriente, comparación de señales dentro del mismo módulo.
- ✓ Procesamiento E/S: Comparación del almacenamiento duplicado inversamente, pruebas de secuencia temporal y lateral, comparaciones CRC, comparaciones del muestro de E/S (1oo2D).
- ✓ Circuitos de Salida: Pruebas de pulso, lectura de la salida.
- ✓ Circuitos Comunes: Medición de voltaje, medición de corriente, medición de tiempos,

Cuando una falta es descubierta por las rutinas de diagnósticos, el error es reportado automáticamente al módulo de control. Un desplegado en línea de los errores actuales y pasados puede ser visto desde el software de configuración 4-matión ó desde la Utilería de Bitácora de Diagnósticos, Las faltas son también desplegadas localmente a través de los LED's en la cubierta frontal de cada módulo y su historia almacenada internamente.

A diferencia de los PLC's convencionales, todas las comunicaciones con los módulos E/S QUADLOG son hechas vía un IOBUS redundante, El IOBUS es inmune a fallas en el módulo E/S, en el sentido de que ninguna falla sencilla en cualquier módulo puede causar que ambos segmentos del IOBUS redundante queden inoperables.

Los módulos E/S análogos se calibran y verifican en fábrica, sus coeficientes de calibración son calculados y almacenados redundantemente en una memoria no volátil (EEPROM), No se usan potenciómetros en la calibración y los coeficientes de calibración no sufren cambios con el tiempo y temperatura, los puntos críticos de disparo no se verán comprometidos. No se requiere calibración periódica en campo y la verificación de la calibración no es recomendada entre periodos menores a 10 años.

Todos lo módulos E/S QUADLOG aíslan las señales de campo de los buses de comunicación/alimentación.

Todos los módulos E/S QUADLOG están empacados para prevenir daños físicos por el manejo y para prevenir la acumulación de polvo y suciedad,

El sistema QUADLOG consigue una alta confiabilidad en parte por que provee una gran robustez contra el ambiente industrial,

Los módulos E/S QUADLOG ofrecen una mínima posibilidad de falla energizada al usar la combinación de diagnósticos extensivos internos y del interruptor de corte montado en los circuitos de salida (salidas protegidas). Esto permite que el sistema QUADLOG esté certificado para aplicaciones AK4/SIL 2 en su arquitectura no redundante (1oo1D).

La arquitectura redundante rack-a-rack (1oo2D) provee redundancia completa para alta disponibilidad.

Características de Montaje

El sistema de seguridad/control crítico QUADLOG simplifica la instalación del mismo, así como su mantenimiento.

El QUADLOG se basa en un concepto modular que permite a cada aplicación en particular ser instalada de la manera más efectiva y menos costosa, esto al simplemente seleccionar y combinar módulos individuales, lo cuales se dedican a llevar a cabo una función específica control, E/S, comunicaciones, etc. Los módulos QUADLOG colaboran para que el sistema consiga un nivel de confiabilidad y seguridad sin paralelo, al poseer una gran fortaleza contra los ambientes industriales.

Montaje de chasis

Los módulos QUADLOG se insertan dentro de tres ensambles estándares de chasis de montaje:

- ✓ MODULRAC, posee diez ranuras de montaje, las cuales pueden alojar módulos de control, E/S y comunicaciones, Este chasis de montaje integra en la parte posterior los siguientes buses: tres de alimentación eléctrica, un MODULBUS redundante y un IOBUS redundante.
- ✓ SIXRAC, posee seis ranuras de montaje, las cuales pueden alojar módulos de control, E/S y comunicaciones, Este chasis de montaje integra en la parte posterior los siguientes buses: tres de alimentación eléctrica, un MODULBUS redundante y un IOBUS redundante.
- ✓ UNIRAC, posee una ranura de montaje, la cual puede alojar módulos E/S. Integra en su parte posterior dos conexiones separadas a fuentes de alimentación y una conexión IOBUS redundante.

Para simplificar la instalación inicial y para fácilmente acomodar expansiones a futuro, cualquier módulo puede ser insertado en cualquier ranura del chasis de montaje. Más aún, los módulos pueden ser insertados y removidos con el chasis de montaje totalmente energizado, permitiendo de esta manera una operación en línea sin interrupciones.

Ensamblaje de cableado externo

El QUADLOG, está diseñado para permitir que cualquier módulo individualmente sea

removido y reemplazado sin interferir con algún cableado externo, como lo son los de señales E/S de campo, alimentación y redes. Todos los ensambles de cableado tienen el ancho de una ranura de montaje y se conectan al panel (montado en rack) perteneciente a cada módulo.

Los módulos E/S requieren que las señales de campo sean alambradas a estos. Los ensambles de cableado permiten diferentes métodos de terminaciones a campo, para de esta manera cumplir con los requerimientos en particular:

- ✓ Terminación local, los bloques terminales están directamente abajo del módulo al que pertenecen.
- ✓ Terminación marshall, permite que la conexión a campo esté localizada hasta 30 metros de los módulos E/S.
- ✓ Ensamblajes de terminación para riel, son terminales atornilladas montadas en riel DIN, diseñadas para conectarse a cables sin terminación (especialmente útiles para instalaciones tipo conduit). Se cuenta con una terminal atornillada por cable a conectar, fusibles y desconectado.

Registros

El Sistema de Seguridad QUADLOG ofrece preconfigurado, un registro de secuencia de eventos de alta velocidad (SOE) para captura de algún evento que causo un paro y los eventos al rededor del paro para ayudarle a diagnosticar la causa. Para requerimientos de registros de alta resolución, QUADLOG le proporciona una resolución sin igual de 3ms, misma que es independiente de la velocidad de muestreo del controlador. Los eventos tanto del Sistema APACS+ como del QUADLOG, pueden ser revisados en una ambiente Windows NT.

Comunicaciones

El sistema de seguridad / control crítico QUADLOG ofrece una comunicación abierta y flexible entre este y dispositivos manufacturados por otras compañías. Se abarcan desde aplicaciones sencillas y de bajo costo, donde solo se requiere proveer información desde el QUADLOG y el dispositivo de terceros a una interfaz de operador común, hasta aquellas que requieren una comunicación más robusta para soportar un integración total de los sistemas, donde el QUADLOG utiliza la información de algún otro dispositivo para incorporarla a su esquema de control (o viceversa). Esta capacidad de comunicación acomoda una variedad de dispositivos de terceros: PLC o sistemas DCS, sensores de vibración, cromatógrafos, desplegados LCD, RTU y otros con capacidad de comunicación serial o en red.

Interfases

El QUADLOG, puede ser parte de una arquitectura que use una sola interfaz con el operador para independientemente con el sistema QUADLOG y el sistema de terceros. Cualquiera de varias interfaces con el operador pueden ser usadas en este tipo de aplicación: ProcessSuite o Process Supervisor de Moore y paquetes de terceros fabricantes. Dependiendo de la interfaz del operador seleccionada, la información del sistema QUADLOG

es obtenido por un driver o servidor E/S en tiempo real.

Librería de Bloques Funcionales

Estas librerías de bloques funcionales están disponibles para aplicaciones Modbus y se ejecutan directamente en el módulo de control. El hardware para este tipo de comunicación consiste en una conexión RS-232 entre el dispositivo de terceros y el puerto serial en el módulo de control, otras conexiones como RS-422 y RS-485 se pueden conseguir mediante el uso de convertidores externos. Las librerías de bloques funcionales se configuran usando el software 4-mation.

Las librerías de Bloques Funcionales Modbus soportan el protocolo Modbus RTU, diseñado por AEG Schneider Automation (anteriormente Modicon/Gould). Hay librerías de bloques funcionales para permitir que el controlador Moore sea el esclavo o el maestro. Como maestro, el controlador puede leer valores de múltiples dispositivos esclavos y usar esta información en su estrategia de control. Cuando el controlador actúa como esclavo, este provee información al ser requerida por el dispositivo maestro.

El impacto de los bloques funcionales Modbus en el muestreo del controlador depende de la complejidad de la aplicación, no de la comunicación. Las comunicaciones seriales en el controlador son manejadas por un procesador separado de aquel que lleva a cabo la lógica, el muestreo de la lógica no es interrumpido. Si se llegasen a presentar problemas en la comunicación, la función primordial de control no se vería interrumpida o disminuida,

Servidor OPC (OLE for Process Control) APACS+

El QUADLOG es un sistema que cumple con OPC (OLE for Process Control), por lo que mantiene una comunicación bidireccional con otros equipos de a su vez cumplan también con OPC, lo cual minimiza las limitaciones impuestas por sistemas propietarios. El QUADLOG pone disponible entre sistemas la información de proceso a través del Servidor OPC, el cual sigue los estándares de OPC para acceso a información, alarmas y eventos, de esta manera integrándose con software y sistemas de terceros.

Se detallan a continuación las dos alternativas propuestas:

Descripción	Marca	Modelo	Qty
MÓDULO DE CONTROL CRITICO PLUS QUADLOG MOORE (CCM+)	MOORE	QLCCM22AAN	1
PLACA DE TRANSICION PARA ACM/CCM	MOORE	16147 -51	1
FUENTE DE ALIMENTACIÓN 200 watts (POWERAC)	MOORE	39PSR2ANCN	1
MODULO ENTRADAS ANALOGICAS 4-20mA, 16ch.	MOORE	QLSAMBAN	1
PANEL TERMINAL MARSHALL PARA SAM.	MOORE	16169-1	1
MÓDULO CRITICO I/O DISCRETAS (CDM), 32ch.	MOORE	QLCDM024DCBAN	1
SIXRAC (6 SLOTS)	MOORE	16289-200	1
PANEL TERMINAL MARSHALL PARA SDM/CDM	MOORE	16167-1	1
VENTILADOR DE RECIRCULACION PARA SIXRAC.	MOORE	16289-131	1
TERMINACIÓN DE M-BUS	MOORE	16137-173 y 176	2
CABLE DE INTERCONEXIÓN I/O MARSHALL, 3 m.	MOORE	16137-114	2
CABLE MODULBUS, 2 m.	MOORE	Nº parte 16137-157 y 158	1
CABLE SERIAL CCM a CONVERTIDOR RS232/485	MOORE	Nº parte, 16137-191	1
MODBUS (esclavo y maestro), BLOQUES FUNCIONALES	MOORE	PS02-2137, licencia	1
ProcessSuite NODO DE DESARROLLO DE CONTROL	MOORE	PS02-2011V3.00, licencia	1
4-mation, HERRAMIENTA GRÁFICA DE CONFIGURACIÓN	MOORE	PS02-2102, licencia	1

Tabla 2.10: PLC de Seguridad SIN CPU redundante, configuración "1oo1D"

CAPÍTULO III SISTEMA DE CONTROL

3.1 Arquitectura y composición general del sistema

Siguiendo los criterios generales, presentamos la arquitectura que compone el sistema de control de la estación (ver anexo, Diagrama N° 1).

3.1.1 Perspectiva general de un ESD

El sistema de shutdown de la estación de compresión, será diseñado para alta Integridad como demanda un sistema ESD, la función principal de este sistema es mitigar cualquier situación anormal que pueda ocurrir en la estación de compresión. El sistema de shutdown será diseñado como un sistema two-tiered (2 niveles) el primer nivel será cuando este ejecutándose un Shutdown (BSD), el cual desactivara solo al compresor, el segundo nivel realizara un paro total de la planta.

3.1.2 Concepto

La instalación de un sistema de shutdown basado en PLC, permitirá ser más simple, tanto por el costo como por la facilidad de detección y reparación de fallas ya sea vía una PC portátil.

El sistema shutdown basado en PLC anunciara y compartirá datos vía red, el PLC Supervisor, PLC de Motobombas y PLC de Gas, estarán en red vía Data Highway plus. Por otro lado el PLC de Seguridad (SMER) se comunicara con el PLC supervisor vía Modbus.

El PLC de seguridad deberá verificar automáticamente la integridad de su hardware así como la protección de la estación compresión, el PLC de seguridad no debería reiniciarse en la última etapa de falla. En caso se reinicie este debería retornar a su última condición.

El sistema deberá ser diseñado para operación en falla segura, tales como fuga de gas, falla eléctrica, perdidas de corriente y limites de variables del proceso.

Cuando un ESD (Emergency ShutDown) se ha iniciado manual o automáticamente debido a una detección de fuego, el sistema de shutdown prevé una secuencia rápida y segura que llevara a la estación de compresión a una situación segura, llevando a parar todas las motobombas, turbinas, motores eléctricos y generadores auxiliares. Todos los circuitos en áreas peligrosas deberán ser des-energizados, excepto aquellos que tengan una función de protección al personal.

3.1.3 Panel shutdown ESD

El Panel de ESD esta dimensionado para SIL 2 y es un PLC con procesador redundante, que deberá continuamente monitorear los dispositivos relacionados a la

seguridad de la estación de compresión, el sistema de shutdown responderá a las entradas de fuego, detección de gas combustible, subsistemas manuales que estarán cerca de la casa de motobombas, el sistema de shutdown despresurizara las líneas, y aliviara ya sea al tanque separador ó al flare según sea el acaso.

Las típicas entradas al sistema shutdown serán:

- ✓ Detectores de fuego.
- ✓ Detectores de humo.
- ✓ Detectores de gas.
- ✓ Botoneras ubicadas en campo.
- ✓ Señales de proceso.

Las típicas salidas al sistema shutdown serán:

- ✓ Actuadores Neumáticos.
- ✓ Señales de comunicación.
- ✓ Accionamiento de válvulas solenoide.
- ✓ Arranque de bombas contra incendio.

3.2 Control aplicado al proceso de arranque de motobombas

El sistema de control que se aplica en cada unidad se muestra en el diagrama de control de la unidad de bombeo (ver anexo, Diagrama N° 2).

Como se observa en el diagrama P&ID, podemos dividir el sistema en las siguientes áreas.

3.2.1 Área del radiador (RADIATOR)

Teniendo en cuenta que este equipo sirve para enfriar el agua que circula en el motor para evitar sobre calentamiento, se instalan los siguientes sensores, para controlar que el nivel de agua en el radiador se instala un interruptor de nivel de tipo magnético, de tal manera que cuando se llegue a un nivel mínimo, se indique una alarma y posteriormente un paro de la unidad, otra forma de verificar un bajo nivel de aceite, es un aumento en la temperatura de la camisa, para lo cual se instalara un transmisor de temperatura y este dará una alarma por alta temperatura y posteriormente originara un paro, como el ventilador tiene dimensiones considerables y el ciclo de trabajo es exigente, se requiere tener un control que indique una alarma, cuando el eje del ventilador se desalinee y produzca una fuerte vibración, se instalara un sensor de vibración, el cual estará fijado a un valor en el cuál, si se detecta alta vibración, este originara una parada de la unidad.

3.2.2 Area del motor (ENGINE).

El motor esta compuesta de dos zonas principales, la primera zona esta compuesta por la alimentación al motor, se instalaran varios instrumentos de acuerdo a las normas americanas, toda la instrumentación requerida para el control de la alimentación a un motor a gas, deberá tener todas facilidades que se requieren para un completo control, tanto en

operación, como en falla, se instalara una válvula autorreguladora, seteada a un valor máximo de 60 PSig. Para gas natural se instalaran un transmisor de presión electrónico de rango de 0 –100 PSig, una válvula solenoide para cierre de emergencia. Además se instalaran manómetros locales antes y después de las válvulas para verificar su correcto funcionamiento, se entiende que el gas que entra para alimentar al motor esta limpio y seco, para lo cual se instalara un filtro (FUEL FILTER) con indicación local de filtro sucio.

Por otro lado en el motor se debe tener en cuenta la temperatura del mismo, así como la presión de aceite del motor, se instalaran dos transmisores uno de temperatura y el otro de presión los cuales están seteados a un valor limite tal que, si se logra alcanzar estos limites se originara un paro de la unidad. También se instalara un sensor de vibración para el motor, el cual origina también un paro, cuando se active, como el motor trabaja constantemente, se requiere verificar el nivel de aceite del motor, ya que si se llega a tener un nivel mínimo de aceite, este puede accionar daños en el motor.

También se instala un sensor de RPM, esta señal va directamente al PLC mediante una tarjeta HSCE.

3.2.3 Caja Incrementadora (GEAR BOX).

En esta parte, se instalara un transmisor de presión y temperatura, para controlar las características del aceite de lubricación, también se controla el nivel del aceite mediante un interruptor de nivel, también se tiene un sensor de vibración, en el caso que se detecte fallas mecánicas, también se consideran instrumentos locales como termómetros y manómetros.

3.2.4 Bomba

Se considera las temperatura en los cojinetes como variables criticas, las presiones en la succión y descarga, además se consideran también, un sensor de vibración por seguridad en caso se produzca desalineación entre las diferentes partes de la unidad.

Todas las señales se conectaran directamente a su respectivo PLC, en el programa a desarrollar para cada unidad se establece los controles de arranques y de paro así como en caso de emergencia para mayor referencia verificar el cuadro causa efecto.

3.3 Control de presión y caudal en succión de motobombas

La operación de bombeo de producto, produce variaciones en las presiones de succión y, en función de las siguientes condiciones:

- ✓ Condiciones climáticas: Principalmente el factor temperatura ambiental, produce contracciones y dilataciones del producto dentro del ducto, ocasionando un ascenso o descenso en las presiones, tanto en succión o llegada como en la descarga.
- ✓ Condiciones operativas: El régimen de bombeo es directamente proporcional a las presiones de succión y descarga, como así también al caudal de la estación.

La unidad de bombeo, es una bomba centrifuga, en la cual se debe evitar que la bomba trabaje en vacío para lo cual se requiere controlar las presiones de succión y descarga. El

régimen de trabajo en la estación varía de acuerdo al programa día de bombeo, establecido por Control de sistema. El flujo mínimo o setpoint, está determinado 333 BPH, y el flujo máximo está fijado a 1750 BPH fuera de este rango de valores el sistema para, por bajo flujo y alto flujo.

Teniendo como presión máxima de operación 1550 PSI. En cuanto a la presión de succión, se opera en los rangos 70 PSI a 250 PSI, y la presión de succión mínima admisible del sistema es 40 PSI.

La válvula reguladora de flujo actúa a 60 PSI de succión, y a 1700 BPH de caudal, siendo estos parámetros fijados por el programa (Wonderware). Para presiones menores a 60 Psi el lazo de presión de succión actúa sobre la válvula, para los casos mayores a 60 Psi, el control lo tiene el lazo de flujo de la descarga de la estación. El lazo de regulación de la presión en la succión es propietario.

3.3.1 Simulación en MATLAB del control de flujo utilizando un algoritmo de control PID

El lazo de control a analizar es el más común que se aplica en la industria para ello debemos obtener un modelo matemático de la planta el cual estará conformado por la válvula de control, el medidor de flujo masico con salida lineal, los datos serán obtenidos de las características físicas de los equipos.

Válvulas neumáticas

Una válvula de accionamiento neumático puede brindar gran potencia de salida (como un accionador neumático necesita una potencia de entrada grande para producir una potencia de salida grande, es necesario disponer de suficiente cantidad de aire comprimido), en las válvulas neumáticas, reales, la característica de la válvula puede ser no lineal, es decir es posible que el flujo no sea proporcional a la posición del vástago de la válvula, y también que haya otros efectos no lineales, como histéresis.

Considérese el diagrama de una válvula de accionamiento neumático, como la que se muestra en la figura N° 11 Su póngase que el área del diafragma es **A**. Su póngase también que cuando el error es cero, la presión de control es igual a **P_c** y que el desplazamiento de la válvula es igual a **X**.

En el siguiente análisis se consideran pequeñas variaciones en las variables y se linealiza la válvula neumática. Defínase a la pequeña variación en la presión de control y el correspondiente desplazamiento de la válvula, como **P_c** y **X** respectivamente. Con una pequeña modificación en la fuerza debido a la presión neumática aplicada al diafragma, se reposiciona la carga formada por el resorte, la fricción viscosa y la masa, la ecuación de equilibrio de fuerzas se convierte en:

$$Ap_c = m\ddot{x} + b\dot{x} + kx \quad (3.1)$$

Donde:

A = Área del diafragma (cm^2)

m = Masa de la válvula y su vástago (Kg)

b = Coeficiente de fricción viscosa (Kg/seg)

k = Constante del resorte (N/m)

x = Desplazamiento del vástago en (m)

P_c = Presión de control en (Pa)

$$X(s) = \ell[x] \quad \text{y} \quad P_c(s) = \ell[p_c] \quad (3.2)$$

Si q_i es la variación de flujo a lo largo de la válvula neumática, y es proporcional a x , que es la variación en el desplazamiento del vástago de la válvula, entonces

$$\frac{Q_i(s)}{X(s)} = K_q \quad (3.3)$$

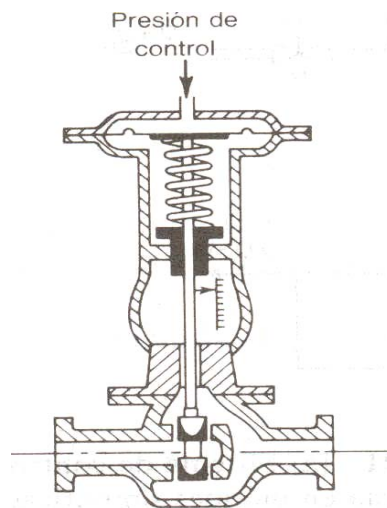


Figura 3.1 Válvula de control tipo globo con actuador neumático de tipo diafragma.

Donde $Q_i(s) = \ell[q_i]$ Y K_q es una constante.

La presión de control para este tipo de válvula neumática está entre 3 y 15 Psig. El desplazamiento del vástago de la válvula está limitado por el recorrido diafragma, y es de sólo unas pocas pulgadas. Si se requiere un recorrido mayor, hay que emplear una combinación de pistón y resorte.

En válvulas neumáticas, la fuerza de fricción estática debe quedar limitada a un valor pequeño, para que no se produzca una histéresis excesiva. Debido a la compresibilidad del aire, la acción de control puede no ser positiva; esto es, puede darse un error en la posición del vástago de la válvula. Utilizando un posicionador de válvula logra mejorar su funcionamiento.

De acuerdo al manual del fabricante (Fisher –Rosemount. Modelo HP) una válvula

globo de 6"Øx900# tiene un área de diagrama de 350 cm² y un peso de 450 Kg. Un recorrido de vástago de 6cm. El coeficiente de fricción viscosa podemos asumir b=5 y la constante de resorte K=12 con estos valores modelaremos nuestra planta. Además el caudal máximo de operación será de 800 GPM y trabajaremos alrededor de 500 – 600 GPM.

Calculando la constante K_q

$$K_q = \frac{Q_{\max}}{X_{\max}} = \frac{800\text{GPM}}{0.06\text{m}} = 1333.3 \quad (3.4)$$

Además la P_c varía de 3 a 15 PSI esta deberá estar en Pa por lo tanto debemos multiplicar por 6895 y dividir entre 10,000 para considerar el área del diafragma en cm², luego en el convertidor IP multiplicaremos por el factor 0.6895, además asumimos que la señal de salida del medidor masico es lineal de 4-20 mA.

A continuación presentamos el diagrama realizado en MATLAB, en la aplicación SIMULINK

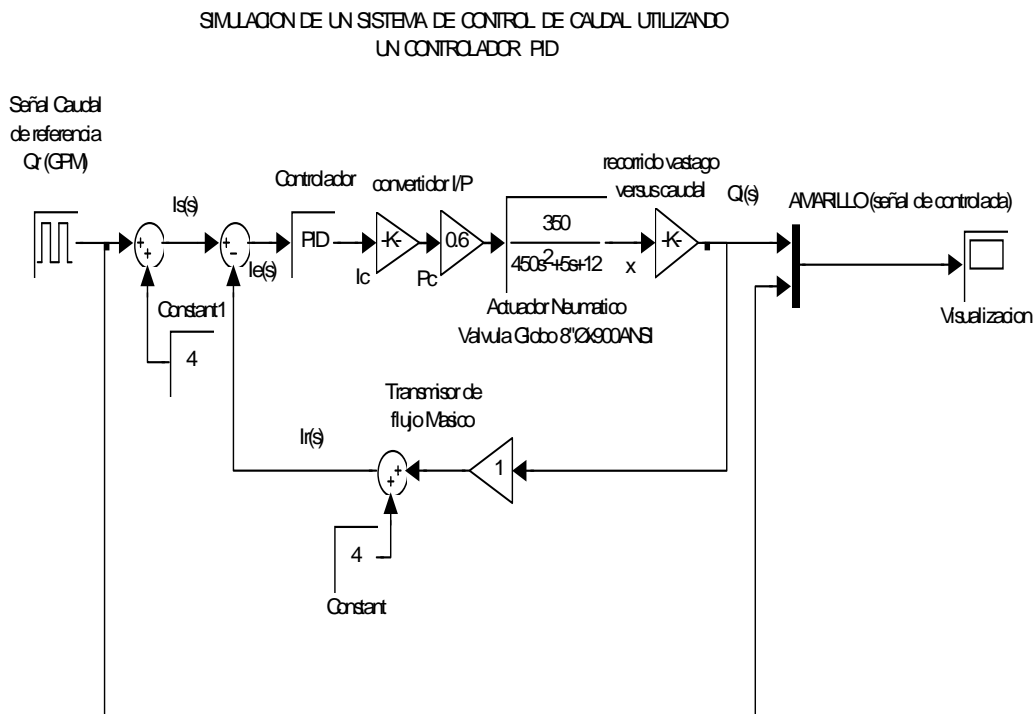


Figura 3.2 Diagrama de control de caudal, en SIMULINK.

El código del programa utilizado será:

Inicio de Programa

```

Model {
Name                "control_flujo"
Version             3.00
SimParamPage       "Solver"
SampleTimeColors   off
InvariantConstants off
WideVectorLines    off
ShowLineWidths     off
ShowPortDataTypes off
StartTime           0.0"
StopTime           10.0"
SolverMode          Auto"
Solver              de45"
RelTol              "1e-3"
AbsTol              "auto"
Refine              "1"
MaxStep             "auto"
InitialStep         "auto"
FixedStep           "auto"
MaxOrder            5
OutputOption        "RefineOutputTimes"
OutputTimes         "[]"
LoadExternalInput  off
ExternalInput       "[t, u]"
SaveTime            on
TimeSaveName        "tout"
SaveState           off
StateSaveName       "xout"
SaveOutput          on
OutputSaveName      "yout"
LoadInitialState    off
InitialState        "xInitial"
SaveFinalState      off
FinalStateName      "xFinal"
SaveFormat          "Matrix"

```

LimitMaxRows	off
MaxRows	"1000"
Decimation	"1"
AlgebraicLoopMsg	"warning"
MinStepSizeMsg	"warning"
UnconnectedInputMsg	"warning"
UnconnectedOutputMsg	"warning"
UnconnectedLineMsg	"warning"
InheritedTsInSrcMsg	"warning"
IntegerOverflowMsg	"warning"
UnnecessaryDatatypeConvMsg	"none"
Int32ToFloatConvMsg	"warning"
SignalLabelMismatchMsg	"none"
ConsistencyChecking	"off"
ZeroCross	on
SimulationMode	"normal"
BlockDataTips	on
BlockParametersDataTip	on
BlockAttributesDataTip	off
BlockPortWidthsDataTip	off
BlockDescriptionStringDataTip	off
BlockMaskParametersDataTip	off
ToolBar	on
StatusBar	on
BrowserShowLibraryLinks	on
BrowserLookUnderMasks	off
OptimizeBlockIOStorage	on
BufferReuse	on
BooleanDataType	off
RTWSystemTargetFile	"grt.tlc"
RTWInlineParameters	off
RTWRetainRTWFile	off
RTWTemplateMakefile	"grt_default_tmf"
RTWMakeCommand	"make_rtw"
RTWGenerateCodeOnly	off
ExtModeMexFile	"ext_comm"
ExtModeBatchMode	off


```

ExtModeTrigType          "manual"
ExtModeTrigMode          "oneshot"
ExtModeTrigPort          "1"
ExtModeTrigElement      "any"
ExtModeTrigDuration      1000
ExtModeTrigHoldOff      0
ExtModeTrigDelay         0
ExtModeTrigDirection     "rising"
ExtModeTrigLevel         0
ExtModeArchiveMode       "off"
ExtModeAutoIncOneShot    off
ExtModeIncDirWhenArm     off
ExtModeAddSuffixToVar    off
ExtModeWriteAllDataToWs  off
ExtModeArmWhenConnect    off
Created                  "Tue Nov 25 15:26:59 2003"
UpdateHistory            "UpdateHistoryNever"
ModifiedByFormat         "%<Auto>"
LastModifiedBy          "CARLOS"
ModifiedDateFormat       "%<Auto>"
LastModifiedDate         "Wed Nov 26 08:49:09 2003"
ModelVersionFormat      "1.%<AutoIncrement:46>"
ConfigurationManager     "none"
BlockDefaults {Orientation "right"
ForegroundColor          "black"
BackgroundColor          "white"
DropShadow               off
NamePlacement            "normal"
FontName                 "Helvetica"
FontSize                 10
FontWeight               "normal"
FontAngle                "normal"
ShowName                 on
}
AnnotationDefaults {HorizontalAlignment "center"
VerticalAlignment        "middle"
ForegroundColor          "black"

```

```

BackgroundColor      "white"
DropShadow           off
FontName             "Helvetica"
FontSize             10
FontWeight           "normal"
FontAngle            "normal"
}
LineDefaults {
FontName             "Helvetica"
FontSize             9
FontWeight           "normal"
FontAngle            "normal"
}
System {Name         "control_flujo"
Location            [10, 82, 770, 537]
Open                on
ModelBrowserVisibility off
ModelBrowserWidth   212
ScreenColor         "automatic"
PaperOrientation     "landscape"
PaperPositionMode   "auto"
PaperType           "usletter"
PaperUnits          "inches"
ZoomFactor          "100"
AutoZoom            on
ReportName          "simulink-default.rpt"
Block {BlockType    TransferFcn
Name                "Actuador Neumatico\nValvula Globo
8\Øx900ANSI"
"\n"
Position            [390, 103, 460, 147]
Numerator           "[350]"
Denominator         "[450 5 12]"
}
Block {BlockType    Constant
Name                "Constant"
Position            [270, 255, 300, 285]

```

```

Value          "4"
}
Block {
  BlockType    Constant
  Name         "Constant1"
  Position     [155, 165, 185, 195]
  Orientation  "left"
  NamePlacement "alternate"
  Value       "4"
}
Block {
  BlockType    Gain
  Name         "Gain"
  Position     [300, 111, 330, 139]
  ShowName    off
  Gain        "(3/4)"
  SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {
  BlockType    Gain
  Name         "Gain1"
  Position     [495, 109, 525, 141]
  ShowName    off
  Gain        "13333.3"
  SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {
  BlockType    Gain
  Name         "Gain2"
  Position     [365, 215, 395, 245]
  Orientation  "left"
  NamePlacement "alternate"
  ShowName    off
  Gain        "1"
  SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {

```

```

BlockType      Gain
Name           "Gain3"
Position       [345, 110, 375, 140]
ShowName      off
Gain          "0.6895"
SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {
BlockType      Mux
Name           "Mux"
Ports         [2, 1, 0, 0, 0]
Position       [590, 116, 595, 154]
ShowName      off
Inputs        "2"
DisplayOption  "bar"
}
Block {
BlockType      Reference
Name           "PID Controller"
Ports         [1, 1, 0, 0, 0]
Position       [240, 110, 270, 140]
ShowName      off
SourceBlock    "simulink_extras/Additional\nLinear/PID
"er"          Controll"
SourceType     "PID Controller"
P             "6.5"
I             "21"
D             "0.15"
}
Block {
BlockType      DiscretePulseGenerator
Name           "Señal Caudal\nde referencia\nQr (GPM)\n"
Position       [60, 110, 90, 140]
NamePlacement  "alternate"
Amplitude      "600"
Period         "6"

```

```

PulseWidth          "3"
PhaseDelay           "1"
SampleTime           "1"
}
Block {
  BlockType          Sum
  Name               "Sum"
  Ports              [2, 1, 0, 0, 0]
  Position           [190, 115, 210, 135]
  ShowName           off
  IconShape          "round"
  Inputs             "|+-"
  SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {
  BlockType          Sum
  Name               "Sum1"
  Ports              [2, 1, 0, 0, 0]
  Position           [300, 220, 320, 240]
  Orientation        "left"
  NamePlacement      "alternate"
  ShowName           off
  IconShape          "round"
  Inputs             "|++"
  SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {
  BlockType          Sum
  Name               "Sum2"
  Ports              [2, 1, 0, 0, 0]
  Position           [130, 115, 150, 135]
  ShowName           off
  IconShape          "round"
  Inputs             "|++"
  SaturateOnIntegerOverflow on
}
Block {

```

```

BlockType      Scope
Name           "Visualizacion"
Ports          [1, 0, 0, 0, 0]
Position       [710, 119, 740, 151]
Floating       off
Location       [252, 266, 745, 523]
Open           on
NumInputPorts "1"
TickLabels     "OneTimeTick"
ZoomMode       "xonly"
List {
ListType       AxesTitles
axes1          "%<SignalLabel>"
}
Grid           "on"
TimeRange      "10"
YMin           "-200"
YMax           "800"
SaveToWorkspace off
SaveName       "ScopeData"
DataFormat     "StructureWithTime"
LimitMaxRows   on
MaxRows        "5000"
Decimation     "1"
SampleInput    off
SampleTime     "0"
}
Line {
SrcBlock       "Actuador Neumatico\nValvula Globo
8\Øx900ANSI"
"\n"
SrcPort        1
DstBlock       "Gain1"
DstPort        1
}
Line {
SrcBlock       "Gain2"

```

```

    SrcPort          1
    DstBlock         "Sum1"
    DstPort          1
}
Line {
    SrcBlock         "Sum1"
    SrcPort          1
    Points           [-95, 0]
    DstBlock         "Sum"
    DstPort          2
}
Line {
    SrcBlock         "Constant"
    SrcPort          1
    Points           [5, 0]
    DstBlock         "Sum1"
    DstPort          2
}
Line {
    SrcBlock         "PID Controller"
    SrcPort          1
    DstBlock         "Gain"
    DstPort          1
}
Line {
    SrcBlock         "Sum"
    SrcPort          1
    DstBlock         "PID Controller"
    DstPort          1
}
Line {
    SrcBlock         "Sum2"
    SrcPort          1
    DstBlock         "Sum"
    DstPort          1
}
Line {

```

```

    SrcBlock          "Constant1"
    SrcPort           1
    Points            [-10, 0]
    DstBlock          "Sum2"
    DstPort           2
  }
  Line {
    SrcBlock          "Gain1"
    SrcPort           1
    Points            [0, 0]
    Branch {
Points            [15, 0; 0, 105]
    DstBlock          "Gain2"
    DstPort           1
    }
    Branch {
    DstBlock          "Mux"
    DstPort           1
    }
  }
  Line {
    SrcBlock          "Mux"
    SrcPort           1
    DstBlock          "Visualizacion"
    DstPort           1
  }
  Line {
    SrcBlock          "Señal Caudal\nde referencia\nQr (GPM)\n"
    SrcPort           1
    Points            [15, 0]
    Branch {
    DstBlock          "Sum2"
    DstPort           1
    }
    Branch {
Points            [0, 220; 455, 0; 0, -200]
    DstBlock          "Mux"

```



```

DstPort      2
}
}
Line {
  SrcBlock   "Gain3"
  SrcPort    1
  DstBlock   "Actuador      Neumatico\nValvula      Globo
8\"Øx900ANSI"
"\n"
  DstPort    1
}
Line {
  SrcBlock   "Gain"
  SrcPort    1
  DstBlock   "Gain3"
  DstPort    1
}
Annotation {
  Position   [256, 96]
  Text       "Controlador"
}
Annotation {
  Position   [331, 98]
  Text       "convertidor I/P"
}
Annotation {
  Position   [498, 95]
  Text       "recorrido vastago\nversus caudal"
}
Annotation {
  Position   [340, 201]
  Text       "Transmisor de \nflujo Masico "
}
Annotation {
  Position   [555, 103]
  Text       "Qi(s)"
}

```

```

Annotation {
  Position          [254, 215]
  Text              "lr(s)"
}
Annotation {
  Position          [165, 108]
  Text              "ls(s)"
}
Annotation {
  Position          [219, 138]
  Text              "le(s)"
}
Annotation {
  Position          [289, 141]
  Text              "lc"
}
Annotation {
  Position          [334, 142]
  Text              "Pc"
}
Annotation {
  Position          [476, 136]
  Text              "x"
}
Annotation {
  Position          [361, 30]
  Text              "SIMULACION DE UN SISTEMA DE
CONTROL DE CAUDAL UTILIZANDO UN
CONTROLADOR PID"
}
Annotation {
  Position          [665, 106]
  Text              "AMARILLO (señal de controlada)"
}}}

```

FIN de Programa.

Los resultados obtenidos de la simulación son:

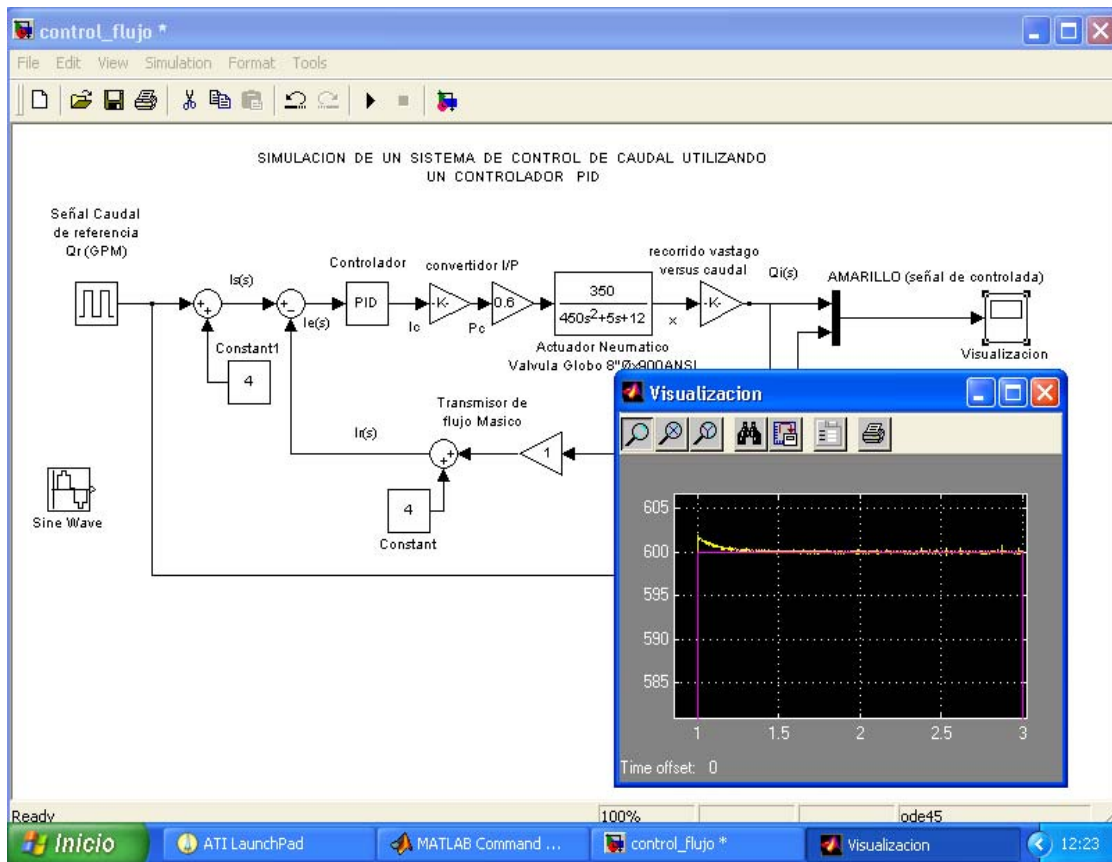


Figura 3.3 Resultado de la señal de control para un SET de 600 GPM.

3.4 Control y operación parada de emergencia ESD

La parada de emergencia ESD, se realizara en caso de extremo riesgo, por ejemplo cuando se detecte fuga de GLP, se inicia un estado de paro cortando el gas combustible de las unidades, cerrando las válvulas de succión y descarga de las unidades, se cerraran las válvulas tronqueras ESD-100 y ESD-660, luego el producto que queda atrapado en el manifold se alivia hacia el tanque separador, mediante AOV-213, AOV-214, AOV-215, AOV-216, AOV-217, AOV-218, AOV-219, AOV-220, una vez aliviado el GLP al tanque separador, el detector de gas automáticamente arranca la bomba contra incendio, y abre la respectiva válvula de diluvio donde se detecto la fuga, el agua inyectada en chorro es conveniente para minimizar el riesgo de explosión del GLP, se inyecta agua hasta que el operador en turno mediante un detector de gas manual verifique que la cantidad de residuo de gas no sea peligrosa. Entonces se procede al paro de la bomba contra incendio. Una vez identificado el punto de fuga se realiza el aislamiento de la unidad cerrando las válvula manuales y automáticas y en su lugar se activa la bomba que esta de respaldo. De forma similar se realiza este procedimiento para la detección de fuego solo con la diferencia que aquí se inyecta espuma el cual es producido por un tanque a presión denominado Bladder. En los dos casos ya sea por detección de fuego

o gas se cierran las válvulas tronqueras ESD. Obviamente se realiza un paro de emergencia que obligara a parar a la estación que esta mas adelante y a la que esta antes. Toda esta información quedara registrada en la PC de control del SMER, indicando la hora, fecha y nombre de operador en la que ocurrió dicho suceso. Las pantallas a desarrollar serán sobre el entorno de Windows mediante INTOUCH de Wonderware.

3.5 Control aplicado al sistema de detección de gas y fuego

Se considera el empleo de un sistema de monitoreo de eventos de riesgo para la detección de fuego y gases combustibles, este sistema tendrá la capacidad de decisión mediante lógica para activar los sistemas de extinción previstos. Su alimentación eléctrica será autónoma e independiente del suministro de energía ininterrumpida de los equipos de automatización, el bus de comunicación será tolerante a fallas, la unidad de control tendrá capacidad de comunicación con el PLC y unidad PC de monitoreo y control. Los detectores de fuego serán del tipo UV/IR contra falsas alarmas y los detectores a gas serán del tipo infrarrojo, las interfaces al sistema de extinción serán en voltaje de corriente continua.

3.6 Control aplicado al sistema contra incendio

El sistema contra incendio consiste de una bomba centrífuga con motor a diesel, el cual esta sobre un patín auto soportado, este sistema tendrá un panel de control, el cual será autónomo es decir no dependerá de ningún sistema de alimentación de la estación, además detectara cualquier falla y avisara al operador mediante una alarma. El arranque de la bomba será mediante un presostato que será calibrada a 110 PSI, es decir cuando la presión del agua caiga por debajo de este valor se arrancara automáticamente la bomba de agua, para esto se debe mantener presionada la línea de agua a 120 PSI, es por eso que se requiere una pequeña bomba Jockey que se aprenderá y apagara para mantener a 120 PSI la línea de agua, para que la presión baje abruptamente se requiere que alguna válvula de diluvio o hidrante se haya abierto por completo, esto nos indicara que ocurre alguna emergencia. El control del sistema contra incendio para extinción trabajara en conjunto con el sistema de detección de fuego y gas y el sistema de parada de emergencia ESD.

3.7 Diseño de la matriz causa y efecto para el proceso de bombeo y S.M.E.R.

En los sistemas antes mencionados existen varios mecanismos que se realizan cuando se ejecutan alguna de las causas que originan un ESD, como los sistemas de control se deben programar de tal manera que se contemple todos los posibles casos, es por eso que se realiza una tabla en la que se indique todos los pasos a realizar, además esta tabla matriz, sirve para realizar la programación.

Un paro ESD es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema en el proceso, debemos investigar para identificar las causas del mismo. Para ello nos sirven los Diagramas de Causa - Efecto, conocidos también como Diagramas de Espina de Pescado por la forma que tienen. Estos diagramas fueron utilizados por primera vez por

Kaoru Ishikawa.

Para hacer un Diagrama de Causa-Efecto seguimos estos pasos:

1. Decidimos cual va a ser la característica del paro de emergencia que vamos a analizar. Por ejemplo, en el caso de un paro ESD, serán los equipos, personas, eventos externos, etc. Trazamos un flecha gruesa que representa el proceso y a la derecha escribimos la característica del proceso.

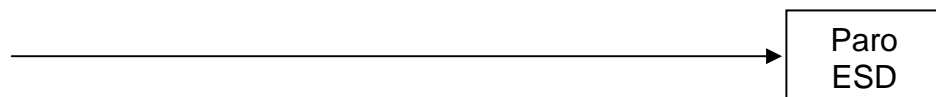


Figura 3.4 Criterio para diseñar un diagrama causa efecto.

2. Indicamos los factores causales más importantes y generales que puedan generar la fluctuación de la característica del proceso, trazando flechas secundarias hacia la principal. Por ejemplo, falla de equipo, mantenimiento, capacitación, etc.

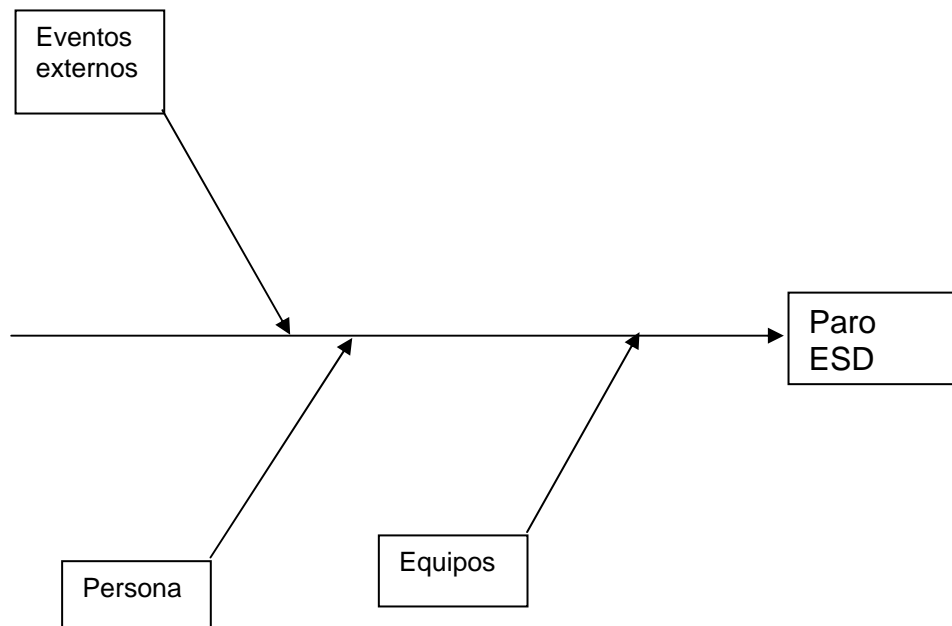


Figura 3.5 Criterio para diseñar un diagrama causa efecto.

3. Incorporamos en cada rama factores más detallados que se puedan considerar causas que originen el paro. Para hacer esto, podemos formularnos estas preguntas:
 - a. ¿Por qué se originan un paro debido a la falla de un instrumento? Por que este puede entregar una falsa señal al sistema de control.

- b. ¿Qué causas producen esta falla en el equipo? Falla en la alimentación, en el cable, etc.
- c. ¿Por qué hay una parada debido a una mala operación? Por falta de conocimiento o capacitación del operador.
- d. ¿Por qué fallo el instrumento crítico? Por falta de mantenimiento.

Así seguimos ampliando el Diagrama de Causa-Efecto hasta que contenga todas las causas posibles de dispersión.

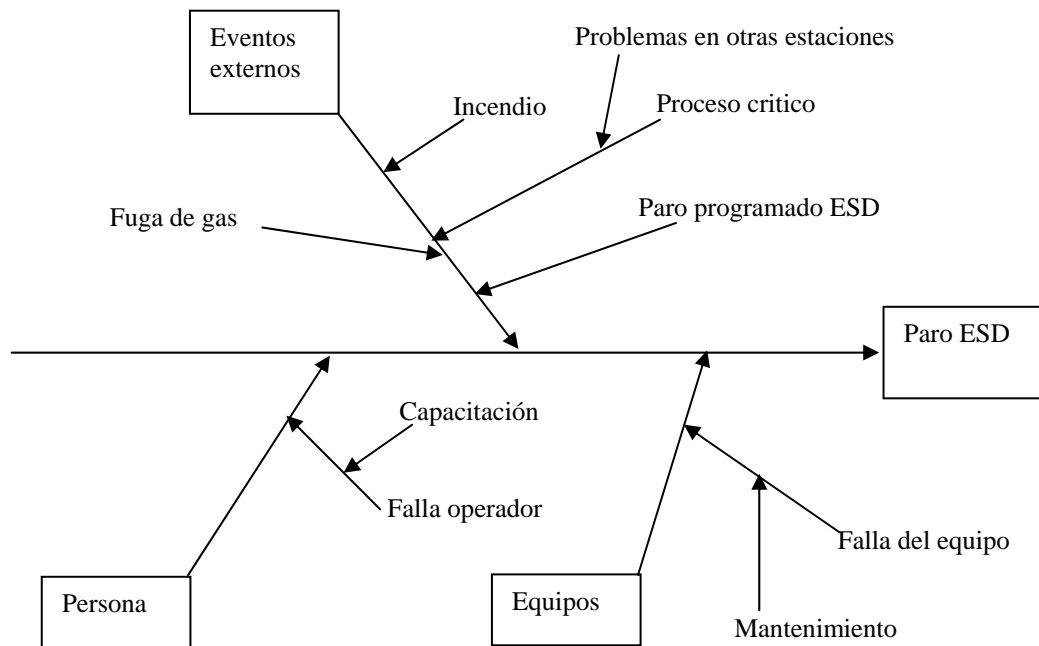


Figura 3.6 Criterio para diseñar un diagrama causa efecto.

Finalmente verificamos que todos los factores que puedan causar dispersión hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones Causa – Efecto deben quedar claramente establecidas y en ese caso, el diagrama está terminado. A continuación se presentan dichas tabla.

Una para el PLC de las unidades, otra para el PLC supervisor y el otro para el PLC de seguridad.

3.7.1 Diagrama causa efecto PLC de unidades

Ver diagrama N° 3 en anexo.

3.7.2 Diagrama causa efecto PLC supervisor

Ver diagrama N° 4 en anexo.

3.7.3 Diagrama causa efecto PLC de seguridad

Ver diagrama N° 5 en anexo.

3.8 Sistemas de enclavamientos y alarmas de seguridad

La presente especificación se refiere a sistemas centralizados de enclavamiento y parada de Planta (“interlock” ó “shutdown”) o a sistemas de operación secuencial como equipo complementario de un sistema de control de una Unidad o Proceso.

Para enclavamientos, maniobras y operaciones secuenciales se usarán fundamentalmente sistemas basados en controlador lógico programable (PLC) evitándose el uso de Sistemas de Control de Proceso (SCD) para estas funciones.

Se instalarán sistemas de enclavamiento, para proteger automáticamente al personal, proceso y equipos, en operaciones de control o secuenciales, normales o críticas, de la Unidad.

En general, consistirán en elementos iniciadores (entradas), equipos de lógica, y elementos actuadores (salidas), que realizan la operación protectora.

3.8.1 Criterios generales de diseño

✓ Los sistemas de enclavamiento irán en armarios independientes y con independencia funcional del resto de los sistemas de instrumentación. En estos armarios se dispondrá al menos, a la entrega del equipo en Planta, de un 15% de reserva cableada y 15% de espacio disponible para futuras ampliaciones. Todas las reservas deberán ser configuradas y cablearse a un regletero intermedio.

✓ Los diferentes esquemas funcionales lógicos se denominarán Sistemas de Enclavamientos (SE) numerándose correlativamente por Unidades. Los mensajes y alarmas que salgan por impresora, llevarán al final de la línea del mensaje un complemento con el número del SE afectado.

✓ Las secuencias lógicas del Sistema de Enclavamientos o Automatismos vendrán representados en los Diagramas Lógicos y explicados en una descripción escrita, por la Ingeniería Básica.

✓ Todo el Sistema de Enclavamientos o Automatismos será considerado como un paquete y pedido a un solo suministrador. Se exceptuarán los elementos iniciadores y actuadores, cables de conexión de estos elementos al armario de enclavamientos, en algunos casos los elementos luminosos, pulsadores de operación, pulsadores de emergencia con su cableado y cualquier otro elemento que el Cliente considere necesario.

✓ Cuando los elementos iniciadores estén localizados en zona clasificada, todas las entradas llevarán elementos “asociados” de Seguridad intrínseca “EEx i” con separación galvánica. Se evitará, en el caso de utilizar aisladores galvánicos con más de un canal, asociar al mismo aislador distintos Sistemas de Enclavamientos.

✓ En unidades de pequeño tamaño y en las que predomine la operación secuencial y los automatismos en general sobre el control continuo convencional, se podrá utilizar, siempre que el Cliente lo autorice expresamente, un PLC como Sistema de Control.

✓ Los sistemas centralizados de enclavamientos se podrán desarrollar,

excepcionalmente y previa autorización expresa de el Cliente, con relés convencionales. En estos casos todos los elementos correspondientes o asociados a un mismo equipo, se agruparán en un sólo conjunto, de tal forma que el Sistema centralizado de Enclavamientos este constituido por pequeños conjuntos totalmente independientes. Cuando un conjunto de Enclavamientos, correspondientes a un equipo, tenga una lógica compleja, se podrá sustituir por un PLC. En aquellos casos en que el funcionamiento de varios equipos este muy relacionado entre sí, perteneciendo a un mismo paquete de proceso, el Sistema de Enclavamientos podrá ser común a todos ellos. Para este agrupamiento se necesitará la aprobación expresa del Cliente.

✓ Los Sistemas de enclavamiento serán diseñados de acuerdo a la norma IEC 61.508, una vez este en uso. De momento se podrán tomar como referencia los borradores de la misma, y la DIN 19.250.

✓ Cuando varios PLC, estén interconectados entre sí, podrán pasarse ordenes o información entre ellos, pero toda la lógica de cualquier SE, debe residir en uno sólo de ellos.

✓ Todas las alarmas que intervengan en los sistemas de enclavamientos deberán generarse con discriminación del 1^{er}. defecto, según la norma ISA S 18.1 secuencia F1A. El resto se generarán según la secuencia A. Las alarmas serán enviadas a la impresora en el mismo orden en que han sido detectadas en el PLC y recogiendo la hora, minuto, segundo y centésima de segundo en que han ocurrido. El almacenamiento histórico de las alarmas producidas no podrá ser borrado. El PLC tendrá al menos la capacidad de almacenar como mínimo los últimos 10.000 eventos.

3.8.2 Puentes de mantenimiento

✓ Los puentes de mantenimiento, se usarán para mantener individualmente los elementos iniciadores que se especifiquen, de manera que se permita realizar las operaciones de mantenimiento sin que haya peligro de parar la Planta. Quedará reflejado en el histórico, sin posibilidad de borrarlo, fecha y hora en que se ha puesto o quitado el by-pass.

✓ Para realizar el puenteo se dispondrá de dos caminos:

a) Puentes vía SOFT, accesibles por medio de un código o llave y a través de teclado del PLC u operativo. Se visualizarán en un gráfico con cambio de color de manera que se pueda ver en cualquier momento los puenteos actuados y si el contacto del elemento iniciador esta actuado o no.

b) Pulsadores físicos ubicados en el frente del armario de enclavamientos.

La elección de uno u otro se realizará en colaboración con el cliente.

3.8.3 Puentes de operación

✓ El número y alcance de los puenteos de operación deberá estar definido por la Ingeniería Básica o en su defecto por Proceso / Operación del cliente. No sé pondrán puenteos de operación que no hayan sido comunicados por escrito por dichos departamentos.

- ✓ Los puentes de operación, en caso de requerirse, se ubicarán en el frente del panel de control accesibles al operador y los usará en puestas en marcha o por necesidades de operación, bien sistemas de enclavamientos completos o bien parte de ellos.
- ✓ Los puentes de operación a sistemas de enclavamientos completos (puenteos de operación globales) actuarán directamente sobre las salidas o bien a través de la lógica. Los puenteos parciales actuarán únicamente sobre la lógica. Cualquier esquema que se adopte será sometido a la aprobación del cliente.
- ✓ Si el puesto de operación y las unidades centrales del PLC están muy distantes entre sí y se precisan pulsadores y señalizaciones instalados en el puesto de operación, se considerará el uso de un canal remoto de E/S a ubicar en el puesto de operación, comunicándolo con el PLC (CPU) a través de cables redundantes de fibra óptica. Para mayor seguridad se instalaría un segundo panel de pulsadores en :

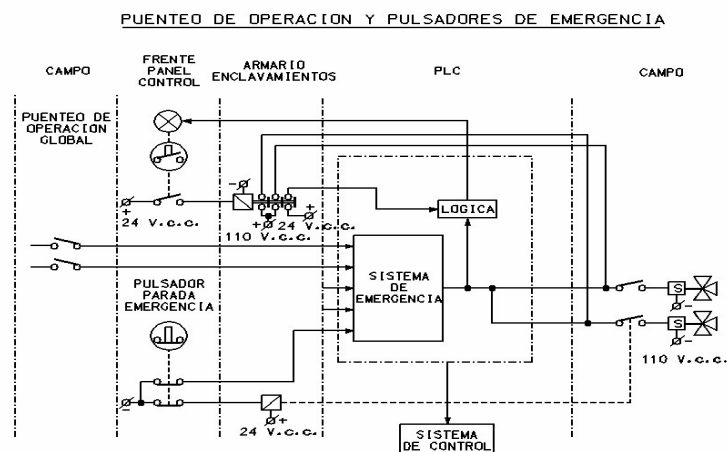


Figura 3.7 Puentes de operación.

- ✓ la puerta del PLC para casos de fallos de comunicación. En este caso de funcionamiento conjunto, se deberán producir señalizaciones luminosas en ambos paneles, en caso de actuación de uno de ellos. Se establecerán prioridades y normas de actuación.
- ✓ Cuando los pulsadores de marcha/paro de motores se llevan a través del sistema de enclavamiento, y ante la posibilidad de que por medio del puenteo de operación se pueda arrancar el motor, los puenteos solo serán efectivos si el motor esta en marcha.
- ✓ A la vez que se definen los puenteos de operación se preverán mandos manuales de emergencia (paradas, etc.). La actuación de estos mandos será prioritaria con respecto a cualquier puenteo (ver Fig.17) y se ubicarán en el frente del panel de control, o en puntos estratégicos donde sea necesario. Las señales de mandos manuales de emergencia, tanto los situados en Sala de Control, como los situados en campo o paneles locales,

irán siempre a módulos de entrada redundantes. Los mandos dispondrán de 3 contactos.

- ✓ Se exigirá que todos los elementos iniciadores y actuadores tengan conexiones a proceso y cableado independiente del sistema de control.

3.8.4 Redundancias

- ✓ Cuando el PLC se utilice como sistema de enclavamientos de unidades de proceso, este tendrá redundancia en sus elementos comunes como son: Unidad Central, Sistema de comunicaciones, fuentes de alimentación principales y auxiliares, cable coaxial o de fibra óptica, unidades de E/S, etc.
- ✓ La redundancia en los elementos comunes (Unidad Central, Sistema de Comunicaciones, fuentes de alimentación, cable coaxial, etc.) se efectuará de forma que automáticamente y sin solución de continuidad, el elemento redundante continúe con la labor que efectuaba el principal, en caso de fallo de éste. En el panel del SCD habrá indicación de que se ha producido este cambio.
- ✓ Para unidades o servicios no críticos se puede utilizar el PLC u otros sistemas no redundantes.

3.8.5 Niveles de entradas/salidas

- ✓ En algunos Centros Industriales, los sistemas chequearán de forma automática las tarjetas de entrada y salidas. Se chequearán los contactos de salida de las tarjetas y en caso de usarse relés se chequearán los contactos de los mismos, usando un segundo juego de contactos. Para ello se usarán salidas y entradas adicionales para el chequeo automático.
- ✓ La redundancia en E/S se basa en el criterio de definir en cada proyecto tres niveles distintos de E/S.

Entradas nivel 1 / Críticas. Triple redundancia

Para la triple redundancia, se emplearán 3 tarjetas situadas en 3 canales distintos, de manera que se contemple el fallo de tarjeta o de canal. Dentro del Controlador Lógico Programable (PLC) se utilizará una lógica 2 de 3 para determinar el estado de las entradas, (tienen que estar al menos, dos activadas para considerar entrada).

En la Unidad de Visualización existirá un sinóptico de fallo de las tarjetas de entrada de nivel 1, donde se visualizará la discrepancia de una con las otras dos, aunque este sea transitorio (mayor de 5 segundos). Se tendrá asimismo información en la impresora asociada al sistema. Los elementos iniciadores podrán o no, estar triplicados según los esquemas siguientes. Cuando estén triplicados y asociados a circuitos de seguridad intrínseca, deberán ir cada uno a diferente tarjeta de separadores galvánicos. Si están triplicados no es necesario señalar la discrepancia entre las tarjetas de entrada. En este caso cada elemento iniciador tendrá su propia alarma. Todas las señales que lleguen de CCM, vendrán a través de relés aislados galvánicamente. El esquema de conexiones será el siguiente:

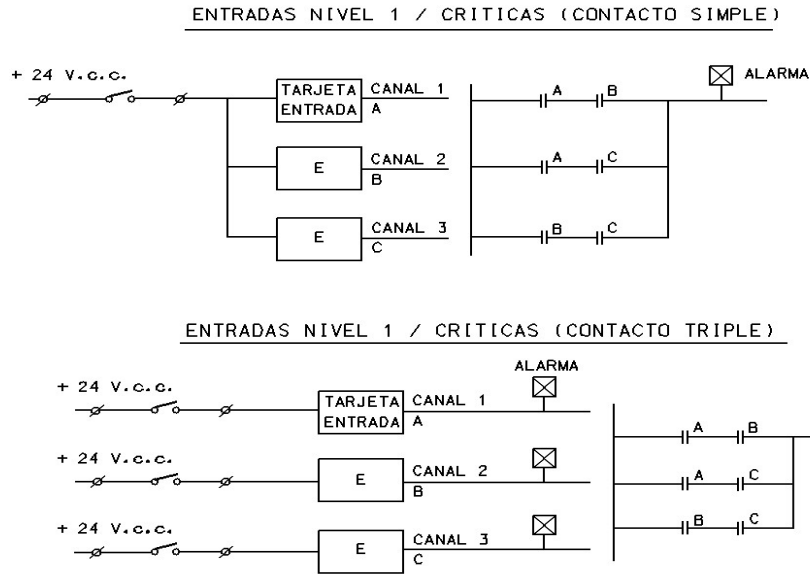


Figura 3.8: Entradas Nivel 1

Entradas nivel 2 / Semicriticas. Doble redundancia

Para la redundancia doble se emplearán dos tarjetas situadas en canales distintos. La lógica será de 2 de 2. Cualquier discrepancia entre las dos entradas producirá alarma y será visualizada en pantalla. Sinóptico similar al de entradas de Nivel 1. Se tendrá también información en la impresora asociada al sistema.

El esquema de conexionado será el siguiente:

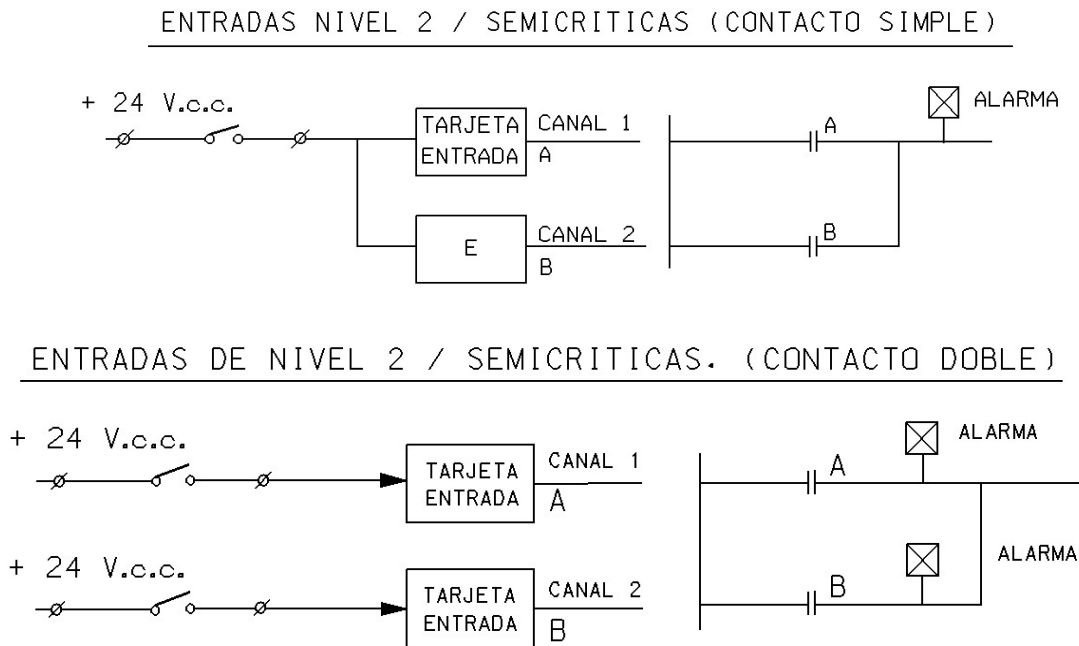


Figura 3.9: Entradas Nivel 2

Cuando existan dos elementos iniciadores y dos tarjetas de entrada, no es necesario visualizar la discrepancia entre las dos tarjetas. Cada elemento iniciador tendrá su propia alarma.

Entradas nivel 3 / No Críticas. Sin redundancia.

Se conecta una sola entrada. El esquema de conexión será el siguiente:

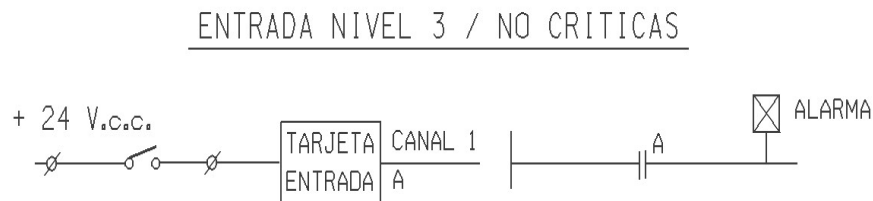


Figura 3.10: Entrada nivel 3

Salidas.

Los módulos a utilizar serán:

- ✓ Para salidas a señalizaciones: módulos de salida a 24 V c.c., carga máxima 5 W, salida por transistor (2 A).
- ✓ Para actuaciones de electroválvulas, CCM y entradas a SCD: módulos de salida con contactos libre de tensión, con capacidad de intensidad suficiente para sus necesidades.

Dependiendo de cada proyecto en particular, se definirá la utilización ó no de relés externos para actuación en CCM u otros. Se usará la misma tarjeta de salida utilizada para señalizaciones, más un relé auxiliar alimentado desde la propia salida.

Salidas de nivel 1 / Críticas. Cuádruple redundancia.

Las salidas se cablearán de tal forma que tienen que fallar dos o tres de ellas para dar fallo en la salida. Se emplearán cuatro tarjetas diferentes de salida, pertenecientes a dos canales distintos. Cuando se chequean automáticamente las salidas, se usarán 6 tarjetas en lugar de 4, que pertenecerán por pares a 3 canales de E/S diferentes. El sistema chequeará secuencialmente dos salidas, dejando las otras 4 operativas. El esquema de conexionado será el siguiente:

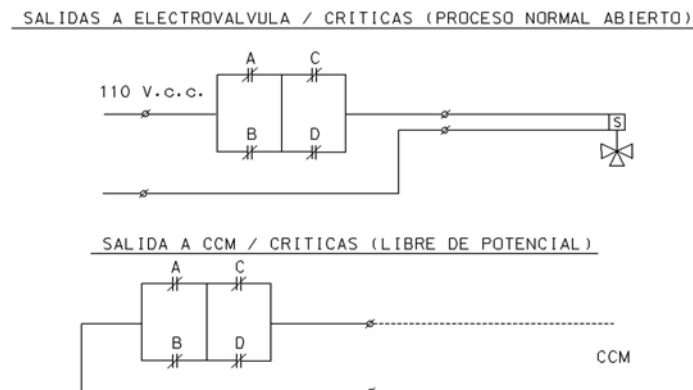


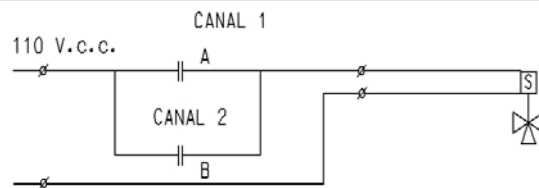
Figura 3.11: Salidas a electro válvula

A y B mismo canal de E/S; C y D mismo canal E/S.

Para aquéllas salidas que provoquen paro de motores, el motor tiene que parar siempre que exista fallo eléctrico o del PLC.

En casos muy excepcionales, (y siempre con autorización explícita de REPSOL), en los que se considere preferible el criterio de que, en condiciones normales de proceso, los contactos estén abiertos (Proceso NA), se adoptará el siguiente esquema:

SALIDAS A ELECTROVALVULA / SEMICRITICAS (PROCESO NORMAL CERRADO)



SALIDA A CCM / SEMICRITICAS (LIBRE DE POTENCIAL)

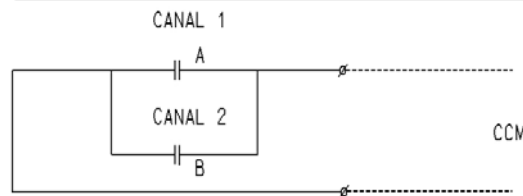


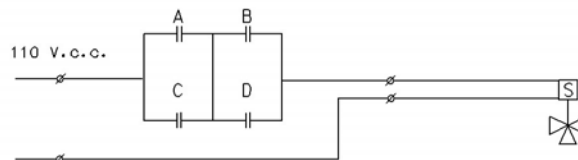
Figura 3.12: Salidas a Electroválvula Semicríticas

A y C mismo canal de E/S; B y D mismo canal de E/S.

Salidas de nivel 2 / Semicríticas. Doble redundancia.

Tienen que fallar las dos para dar fallo en la salida. Se emplearán dos tarjetas pertenecientes a distinto canal. El esquema de conexión será el siguiente:

SALIDAS A ELECTROVALVULA / CRITICAS (PROCESO NORMAL CERRADO)



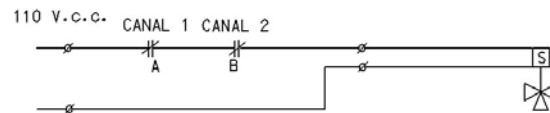
SALIDA LIBRE DE POTENCIAL / CRITICAS



Figura 3.13: Salidas a Electroválvula Críticas

En casos muy excepcionales, (y siempre con autorización explícita del cliente) en los que se considere preferible el criterio de que, en condiciones normales de proceso, los contactos estén abiertos (Proceso NA) se adoptará el siguiente esquema:

SALIDAS A ELECTROVALVULA / SEMICRITICAS (PROCESO NORMAL ABIERTO)



SALIDA A CCM / SEMICRITICAS (LIBRE DE POTENCIAL)

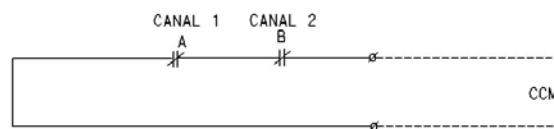


Figura 3.14: Salidas a Electroválvula Críticas

Salidas de nivel 3 / No Críticas. Sin redundancia

El esquema de conexión será el siguiente:

SALIDAS A ELECTROVALVULA / NO CRITICAS (PROCESO NORMAL CERRADO)

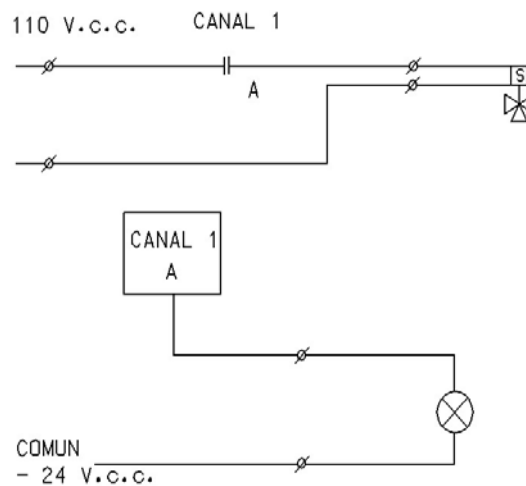


Figura 3.15: Salidas a Electroválvula No Críticas

En cualquier caso estos aspectos serán estudiados para cada proyecto en particular y sometidos a la aprobación del Cliente.

3.8.6 Criterios para definir la criticidad

El criterio par la definición de la criticidad de señales E/S será el siguiente :

Entradas de:

✓	Elementos de campo que producen disparo	Nivel 1 ó 2
✓	Puentes de operación	Nivel 3
✓	Indicaciones de confirmación	Nivel 3
✓	Paros de emergencia (pulsador con triple contacto)	Nivel 1
✓	Pulsadores (marcha/paro/rearme)	Nivel 2
✓	Entradas del PLC	Nivel 1 ó 2

Salidas a:

✓	Electro válvulas	Nivel 1 ó 2
✓	Centro de Control de Motores (CCM)	Nivel 1, 2 ó 3
✓	Sistema de Control PLC	Nivel 1, 2 ó 3
✓	Lámparas de señalización en paneles locales	Nivel 3

En cualquier caso, en cada proyecto, antes de adoptar estos criterios como definitivos, requerirá la aprobación del cliente.

3.8.7 Controlador lógico programable (PLC)

El Controlador Lógico Programable (PLC) constará de los siguientes elementos:

- ✓ Unidad Central
- ✓ Unidad de Entradas/Salidas
- ✓ Unidad de Programación/Grabación
- ✓ Unidad de Visualización
- ✓ Unidad de comunicaciones
- ✓ Fuentes de alimentación.

El PLC estará protegido contra interferencias de radiofrecuencia y magnéticas, (radio teléfonos, etc.) de acuerdo con la norma UNE/EN 50.081-2 y UNE/EN 50.082-2.

3.8.8 Elementos del sistema de enclavamientos

Además del PLC, que es el elemento principal del sistema de enclavamientos, forman parte del mismo los elementos que se describen seguidamente, como son los elementos iniciadores, luminosos, pulsadores y elementos finales.

3.8.9 Elementos iniciadores automáticos

En este apartado se estudian los criterios relativos a la independencia de las conexiones a proceso de los elementos iniciadores de enclavamiento, con respecto a las del Sistema de Control.

En general, las conexiones a proceso de los elementos iniciadores de enclavamiento, serán independientes de las de los instrumentos de alarma, indicación o control. Esta norma será de aplicación aunque los elementos de iniciación formen un conjunto "2 de 3".

En particular concretando para algunas variables determinadas tenemos que:

- ✓ Para Presión. Las conexiones a la tubería de proceso serán independientes.
- ✓ Para Temperatura. Se utilizarán vainas independientes.
- ✓ Para Nivel. Se usarán instrumentos diferentes con conexiones independientes, directamente al deposito.
- ✓ Para Caudal. Se podrán conectar a conjuntos brida-placa de orificio que se usen para otras medidas, pero tendrán conexiones separadas. (brida de orificio con 4 taladros a 90°).

Los cortes por temperatura (termopar o termorresistencia) se harán utilizando un monitor de temperatura que recibe señal directa de TC ó RTD, certificado para seguridad intrínseca, o bien ajustando el punto de actuación en el PLC, a partir de una señal de entrada analógica.

Los cortes por caudal se harán con transmisor de presión diferencial y presostato si es neumático y monitor o señal analógica, ajustando el punto de disparo en el PLC, si es electrónico el transmisor. Se evitará el uso de interruptores de caudal, contactos en rotámetro, etc. para estos servicios.

Cuando en un punto exista alarma previa y enclavamiento por caudal, pero no haya indicación o control, se podrá usar un solo transmisor para ambos servicios.

En general, y salvo justificadas excepciones, que deben ser aprobadas por el Cliente, los contactos estarán cerrados, las solenoides y relés energizados y todas las salidas del PLC a nivel lógico "1" (energizadas).

Cuando sea necesario repetir señales discretas en el Supervisor, el elemento iniciador se llevará directamente al PLC y a través de una salida digital del mismo, se llevará al Supervisor. Otra posibilidad, si existe comunicación entre ambos sistemas, es realizar esa comunicación vía serie.

3.8.10 Elementos luminosos

Se instalarán señalizaciones luminosas para comprobar la situación de aquellos equipos o componentes de proceso en que sea necesario.

En general se usarán lámparas adecuadamente simbolizadas y distintas de las ventanillas de alarmas, para señalar apertura o cierre de válvulas, marcha o paro de bombas o equipos, etc. También pueden ponerse estas indicaciones en las pantallas del PLC.

Para colores y estado de las lámparas de señalización, y ante las discrepancias de unos Centros a otros se respetará el uso que viene haciéndose en cada Centro. En fase de Ingeniería de detalle, se definirá este concepto.

Los puentes de operación que anulen un sistema de enclavamiento serán, accionados con llave, y con piloto independiente de color amarillo. Para la secuencia se respetará el uso de cada Centro.

Cuando en algún S.E. el puenteo de operación también haga las funciones de rearme a través del sistema lógico, será necesario pulsar dicho puenteo para rearmar el circuito. Una vez pulsado, la secuencia citada nos indicará la situación del S.E.

Junto al puenteo de operación habrá un piloto de color azul que por cableado lógico, indica si hay puesto en ese sistema de enclavamiento algún puenteo de mantenimiento.

En todos los circuitos de enclavamiento con lámpara de señalización se preverán circuitos de prueba de lámparas.

3.8.11 Pulsadores de operación

Cada pulsador de prueba de lámpara afectará sólo a las lámparas que están siendo objeto de prueba.

Para pulsadores, conmutadores e interruptores cada Centro usará los que habitualmente viene usando.

Los pulsadores de paro de emergencia de unidades o de máquinas importantes serán accesibles al operador y deberá prevalecer sobre el by-pass de operación. Serán: o bien de tipo "seta" de color rojo, sin protección de ninguna clase, y acción de parada tirando de la seta, o bien de tipo normal con accionamiento pulsando, de color rojo con caperuza de protección y autoenclavado. Dispondrá de tres contactos independientes. Los contactos serán normalmente cerrados.

Los pulsadores y lámparas señalizadoras que estén juntos en un mismo panel deben ser físicamente diferentes para evitar equivocaciones.

Los contactos de los puentes de operación, serán normalmente abiertos y los de los pulsadores de paro de emergencia normalmente cerrados (mínimo 2 contactos), excepto para las paradas de los motores de media tensión que dispondrán de un solo contacto, siendo este normalmente abierto (NA)

3.8.12 Elementos finales

Se consideran elementos finales del sistema de enclavamientos, aquellos que con su actuación producen el enclavamiento, parada, etc. de la Planta. Fundamentalmente estos son las electroválvulas y los contactos de salida a CCM.

Las electroválvulas en el sistema de enclavamiento se consideran elementos críticos por lo que serán alimentadas con corriente segura.

3.9 Programación y configuración del sistema de control basado en PLC

3.9.1 Programación y software de control

General.

El contratista deberá suministrar 1 PC desktop para estación de trabajo. Esta deberá ser instalada en la sala de control.

El software de supervisión deberá ser de marca probada, por lo menos 2 años en el mercado.

La estación de operador deberá tener las siguientes características:

- ✓ Computador con teclado estándar.
- ✓ Monitor con tarjeta grafica.
- ✓ Microsoft Windows NT
- ✓ Microsoft Office 2000 professional.
- ✓ Wonderware 64K runtime Package.

El suministrador deberá proveer el software y aplicación específica de acuerdo a las especificaciones del sistema.

El software de control deberá poseer las siguientes capacidades y funciones integradas:

- ✓ Funciones de entrada y salida.
- ✓ Control de estado digital.
- ✓ Control y monitoreo de variables analógicas
- ✓ Pre-procesamiento y comunicación.
- ✓ Funciones de alarma.
- ✓ Funciones históricas.
- ✓ Funciones de pantalla de operador
- ✓ Funciones de impresión.
- ✓ Funciones de programación.
- ✓ Almacenaje de datos históricos.

El software de control deberá proveer un mecanismos para generar datos a archivos en formato estándar. Estos archivos serán accesibles para otros programas tales como hojas de cálculo, base de datos, el cual será usado para generar reportes y mejorar el análisis de datos fuera del programa de control.

Señales análogas.

El sistema debería ejecutar cálculos de acuerdo a las señales de entrada pero no limitadas en promedio, se podrá variar el tiempo de iteración, el rango, así como totalización sobre flujo y extracción de raíz cuadrada.

Los puntos muestreados de la señal analógica resultaran del cálculo que involucra 2 o mas puntos digitales el resultado de esos cálculos deben ser asignados a números y deben ser capaces de ser representados como alarmas, pantallas y registro.

Cada subsistema tendrá la capacidad de procesar los puntos que componen la señal analoga, este número es una adición a cualquier punto por su sistema requerido o por sistema de registro, también se realizara en adición a esto iteraciones promedios ponderados y si es necesario cálculos con los puntos de entrada de la señal.

Varias funciones de control serán establecidas usando puntos asignados de las señales de salidas de control. Para las salidas análogas, tales como velocidad o posición

requieren un tratamiento especial.

Señales digitales.

El sistema debería ejecutar acciones que requieran manejar señales de entrada digital, además estas no deben estar limitadas solo a alarmas, señales de peligro, estado de dispositivos, estado del sistema o falla del sistema.

Las alarmas se mantienen en el PLC asociado, aun cuando en la fuente se ha borrado y en el HMI los valores se han reseteado.

Señales de procesamiento y comunicación.

La parte de procesamiento y comunicación de las señales de control deberían ejecutar las siguientes funciones:

Comunicación de datos, control y comando de SETPOINTS vía un medio redundante tal como fibra óptica y una tarjeta Ethernet de adaptación, y enlace al sistema de transmisión satelital, estación de control, PLC supervisor, PLC seguridad.

Funciones de alarma.

El sistema deberá imprimir mensajes de alarma registrando la hora en que se activo, además se deberá considerar un mensaje de alarma que se visualizará en el HMI.

Cada punto de alarma deberá ser mantenida aun cuando el dispositivo se haya reseteado desde el HMI.

El sistema deberá tener la capacidad de asignar diferentes prioridades a los puntos de alarma. Esta deberá tener 3 niveles de prioridad, visualización, impresión y audible.

Todos los puntos deberán tener la capacidad de pre-asignar de 1 a 3 niveles en el HMI, identificando las alarmas criticas con un color.

Un esquema de reconocimiento de alarma deberá ser usado para todas las alarmas del HMI.

Funciones históricas

El sistema debería almacenar información (1000 puntos) en intervalos de 30 segundos. Esta información deberá ser almacenada en un dispositivo (disco duro) con previsión para transferir y almacenar datos sobre un Zip Drive ó disco compacto de escritura como requerimiento para el operador se deberá tener las opciones de imprimir reportes y tendencias de cualquier variable del proceso en intervalos de 30 segundos.

Funciones pantallas de operador

Los siguientes ítem definen la mínima información que debe estar disponible sobre la consola del operador (HMI), esta debe ser visualizada de 10 a 20 colores.

El sistema debe tener una completa flexibilidad al especificar o modificar tags, descripciones, rangos, factores de escala o varios grupos a mostrar.

Toda pantalla deberá ser construida interactivamente de tal manera que se tenga flexibilidad en su revisión, deberá indicar alarmas de áreas específicas, cada alarma de un

área deberá estar asociada con un punto de alarma y con una pieza específica del equipo, con una unidad de operación o una parte de la planta. Deberá ser definida con un mínimo de 4 áreas.

Cada punto Identificado que active una alarma deberá visualizarse con un parpadeo, mientras este es reconocido desde el teclado.

Funciones de impresión

El sistema esta utilizando 2 impresoras como se especifico anteriormente, los comandos de alarma y de operador deberán imprimirse sobre la impresora de matriz de punto, los reportes se deberán imprimir en la impresora láser. A continuación se definen las mínimas funciones y formatos que deberán estar disponibles sobre la consola de impresión:

- ✓ Impresión de pantalla.
- ✓ Impresión de reportes.
- ✓ Impresión de configuración de base de datos.
- ✓ Impresión de tendencias.
- ✓ Impresión de alarmas.
- ✓ Impresión de acciones de operador.
- ✓ Impresión de información del sistema.

La impresora deberá imprimir automáticamente cuando ocurran las alarmas. En la impresión se deberá indicar la fecha, el tiempo, el Tag de identificación, la descripción y el tipo de alarma.

El mal funcionamiento o desconexión de la impresora no deberá afectar las funciones de búsqueda y detección de alarmas en el sistema, no deberá haber perdidas de las alarmas a un cuando se pierda de vista el dispositivo.

Funciones de programación

El sistema de adquisición de datos e interfase operador deberá permitir al personal de la planta mejorar las funciones de programación que se indican a continuación:

- ✓ Añadir y definir nuevos puntos de entrada hasta cubrir la capacidad del sistema.
- ✓ Definir y modificar puntos.
- ✓ Borrar puntos de entrada.
- ✓ Construir nuevas pantallas graficas ó modificar lo existente.
- ✓ Modificar o mejorar los cálculos si estos son requeridos.
- ✓ Modificar o mejorar los reportes si estos son requeridos.

El software de control deberá incluir interfase para soportar en tiempo real la base de datos de otros programas de usuario.

Deberá incluir soporte para lenguaje de programación en "C" o Visual Basic, además deberá tener un listado de soporte para otros lenguajes de programación.

La interfase deberá ser implementada sin tener que modificar el código fuente del software de control.

Todas las bases de datos deberán ser accesibles a los programas del usuario para lecturas con modificación y actualización los resultados calculados podrán ser Almacenados directamente sobre la base de datos.

El software de control procesara toda la data modificada o lo almacenara en una base de datos definidas por el usuario.

El software de control deberá ser capas de correr o de ejecutar programas de acceso a la base de datos, realizando consultas de tal manera que no se degrade el software.

Si el cliente utiliza una codificación para sus equipos, el suministrador proveerá un software para el usuario para mejorar todas las funciones de escritura, prueba e incluirá programas de interfase con lo siguiente:

- ✓ Editor
- ✓ Compilador
- ✓ Depurador
- ✓ Enlazador
- ✓ Rutinas de librería

El software de control deberá incluir una interfase integral, permitiendo un acceso directo en tiempo real a todos los ítems de la base de datos ya sea en Microsoft Access y/o Microsoft Excel for Windows NT.

Datos de almacenaje histórico.

Las especificaciones API requeridas en esta sección será completamente integrada con el software de control sin requerir ninguna programación adicional

El acceso a todos los datos almacenados deberá ser mediante un software anulable y un menú interactivo

Todos los datos en una base de datos en tiempo real será accesible para un almacenaje histórico 275 será inicialmente configurado

Todos lo datos históricos requeridos para mostrar y generar reportes serán almacenados en línea por un periodo especificado para su adquisición.

Cualquier punto podrá ser añadido o borrado desde el almacén de datos históricos en cualquier tiempo, en línea o fuera de línea sin dañar las funciones de almacenajes de datos históricos.

Los puntos de muestra de datos históricos almacenados serán activados o desactivados sin requerimiento de adición o borrado de esos puntos y sin dañar las funciones de datos históricos almacenados

Se prevee la protección de los datos mediante un password para editar cualquier dato almacenado en la base de datos relacional históricos en línea.

Toda la data deberá ser automáticamente almacenada y recuperada desde el disco duro en la estación de operador

Todos los archivos de datos serán capaces de ser archivados manual y automáticamente (seleccionable por el operador) en un Zip Drive 100 Mb.

Todos los datos disponibles serán archivados usando una base de datos estándar (Microsoft Access).

Seguridad.

El software de control debe proveer una completa protección del esquema, restringiendo el acceso a características del sistema, funciones y puntos de base de datos, el esquema por protección de password deberá consistir de múltiples niveles de acceso uno de los cuales deberá tener un acceso completo como el administrador.

La habilidad para asignar y modificar los niveles de acceso serán configurables por el usuario y restringido el nivel de acceso completo tres niveles de seguridad adicionales serán configurados cada uno con un nombre de usuario y password

- ✓ El nivel de invitado permitirá visualizar pantallas o parada de unidad pero no tendrá la capacidad de entrar datos.
- ✓ El nivel de operador se permitirá visualizar pantallas, entrar datos e imprimir reportes.
- ✓ El nivel supervisor incluye todas las funciones del nivel operador y en adición estarán disponibles todas las funciones que se configuren en software de control.

Una tercera parte consiste en paquetes de Softwares de plataformas en Visual Basic, archivos de datos y especialmente gráficos que serán provistos para Integración con el HMI. El software cliente deberá contener lo siguiente:

- ✓ Hojas de cálculo para realizar un seguimiento de mantenimiento.
- ✓ Como un adendum a este propósito se esta considerando un costo de asistencia técnica profesional por el contratista o terceras partes para todo el hardware y software proporcionado por el periodo de un año calendario.
- ✓ El soporte del producto incluirá no solo la actualización del software, el apoyo por teléfono, para la instalación y aplicaciones, soporte dial-up para enviar y recibir archivos o datos y acceso a boletines técnicos de aplicación.

Programas de utilidad

Se provee una copia de Microsoft Office profesional para cada estación de operación con la última versión que es compatible con el software de control.

Se provee una copia de la última versión de Microsoft Windows NT para cada estación de operador que es compatible con el software de control.

Se provee todas las licencias del software antes mencionado.

Programando pantallas de operador.

El contratista deberá programar el software HMI que servirá para monitorear, controlar y parar la estación desde el edificio de la sala de control. Los accesos serán protegidos por Password. Todos los gráficos y pantallas de datos estarán en español.

La pantalla grafica será desarrollada por el contratista, a color, animado y enlazado a los dispositivos de campo. El control y monitoreo permitirá mover y accionar dispositivos desde la pantalla grafica señalando con el puntero y haciendo click sobre ella. Todas las pantallas deberán ser aprobadas por el Cliente.

Una vista general de la pantalla deberá mostrar todas las variables del proceso la pantalla será organizada en orden Jerárquico y podrá el operador moverse sobre ella haciendo click sobre la pantalla seleccionada.

Además podrá acceder directamente a la pantalla de alarmas.

Cada alarma como se indica en el diagrama P&ID, será mostrada en la pantalla de alarmas, para alertar al operador e imprimir esta al tiempo que se origino.

Sistema de reportes.

El sistema deberá realizar un reporte diario y deberá imprimirlo automáticamente al final del día o cada vez que se requiera, sin efectos de sumarizarlos.

3.9.2 Programa escalera del supervisor

A continuación se presenta los diagramas escalera de la programación del PLC Supervisor. Obviamente se requiere del software propietario de Allen Bradley para ejecutarlo este programa fue depurado y esta libre de errores y es una aplicación directa realizada en una estación de bombeo de GLP en Bolivia para la empresa TRANSREDES, se presente el archivo en un Disco flexible CD, en formato PDF solo para información (Revisar anexo).

CAPÍTULO IV INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

4.1 Introducción

Para el desarrollo de la Ingeniería de Detalle de Instrumentación, se tendrá en cuenta toda la normativa estándar API e ISA, como son las especificaciones de diseño, planos estándar, hojas de datos, etc., las normas Nacionales, Internacionales y de Comunidades Autónomas, que afecten y todas las recomendaciones y directrices dadas a la Ingeniería, bien sea por escrito o a través de los Ingenieros Residentes.

El objeto de estas especificaciones, es definir los requerimientos básicos a seguir en Instrumentación para el diseño de la Ingeniería de Detalle y la ejecución del Proyecto Sistema de Monitoreo de Eventos y Riesgo (SMER).

4.2 Especificaciones técnicas generales de instrumentos

4.2.1 Requerimientos y calidad de medida de los instrumentos

Todos los transmisores, controladores, receptores, convertidores, etc. deberán cumplir, con los requerimientos específicos de cada tipo de instrumento, según se indica en la especificación correspondiente.

Los instrumentos electrónicos deberán tener su entrada aislada galvánicamente de su salida, con el fin de evitar interferencia en el lazo de control y permitir conexión al PLC.

Todos los instrumentos deberán llevar debidamente identificadas sus conexiones, tanto eléctricas como neumáticas.

4.2.2 Escalas de medida y regulación.

La escala se elegirá de tal forma que el valor máximo de operación dado por Procesos será aproximadamente el 90% del valor de la escala.

Los valores de la escala se elegirán de tal forma que la última o dos últimas cifras, sean cero.

El punto de operación o consigna, para cada valor de marcha, será determinado por Procesos, lo mismo que los valores de alarma.

Si hubiese gráficos de registradores de papel, las escalas serán generalmente las normalizadas del fabricante, o a ser posible las que se le especifiquen, o estarán graduadas en %.

4.2.3 Instrumentos de montaje local

Los instrumentos de montaje local (transmisores, etc.) serán adecuados para la clasificación eléctrica del área donde se instalen. En áreas clasificadas como potencialmente

peligrosas de explosión, estos instrumentos serán siempre que sea posible a S. I. certificados por CENELEC (EE x i)

En caso de diferentes instrumentos acoplados entre sí, se deberá recabar el certificado CENELEC del conjunto. Los que no puedan ser a S.I., como alimentaciones, interruptores, etc. tendrán otro modo de protección adecuado a la zona donde están instalados. Cuando se requieran instrumentos con protección antideflagrante, su diseño permitirá realizar los máximos ajustes sin que sea necesario abrir la caja.

Se deberá adjuntar a la oferta, fotocopia de los correspondientes certificados CENELEC de S. I. o antideflagrante.

Cuando se requieran instrumentos para operar en atmósferas especiales, húmeda, salina, sulfurosa, corrosiva, etc., cumplirán los requisitos necesarios para funcionar en estas atmósferas.

Los instrumentos locales neumáticos que requieran alimentación de aire, estarán provistos de filtro-reductor de presión, con 2 indicadores de presión, a la entrada y reducida, graduados de 0 a 8 bar y de 0 a 2 bar, respectivamente. Se usará un solo tipo de filtro reductor para todo el proyecto, agrupándolos en una sola Especificación.

Las entradas de cables en las cajas de conexión estarán en la parte inferior, admitiéndose la entrada lateral, para cables procedentes de instrumentos. No se admitirá la entrada por la parte superior. El acabado será el estándar del fabricante, salvo que se especifique otro tipo.

Los instrumentos locales (excepto los que vayan directamente montados en el proceso) se requerirán con abrazadera adecuada para fijarse en tubería de 2", salvo que se prevea montaje en panel local.

Los transmisores, tendrán accesible desde el exterior al ajuste de cero, sin que se necesite abrir la tapa.

Todos los transmisores ciegos tendrán un indicador de la salida, el cual se procurará sea visible desde el by-pass de la válvula de control si la hay en el lazo correspondiente.

Cuando sean necesarios convertidores I/P para instrumentos neumáticos, así como convertidores P/I, para transmisores de nivel de tipo desplazador, serán compatibles con el resto de los equipos electrónicos y deberán cumplir con las normas de S. I..

Los transmisores serán del tipo de equilibrio de fuerzas en instrumentación neumática y del tipo "strain gage", silicio difundido, condensador, etc., en instrumentación electrónica. Los cuerpos serán de acero al carbono forjado o acero inoxidable, con una presión nominal de 100 bar, salvo que las condiciones de proceso requieran materiales diferentes y/o presiones nominales más altas. Deberán tener protección contra sobre presiones sin pérdidas de calibración hasta la presión máxima nominal de la cámara.

4.2.4 Instrumentos de montaje en panel local

Los paneles locales se usarán cuando así lo indiquen los diagramas mecánicos (P&ID), las Listas de Instrumentos o cualquier documento que corresponda. En ellos se montarán los

instrumentos que así se indiquen.

Generalmente los paneles locales estarán indicados en el control y regulación de equipos paquete, que sean suministrados como una unidad que pueda ser independiente. No obstante, todos los paneles locales estarán conectados en sus partes principales, (alarmas, paros, enclavamientos, etc.) con el sistema de regulación central, con el sistema de enclavamientos, PLC.

Todos los instrumentos incluidos en los paneles locales, estarán de acuerdo con las especificaciones de Diseño de Instrumentación..

Los instrumentos de panel serán del tipo miniatura, empotrados, enchufables, montaje compacto, etc. excepto cuando ello sea impracticable.

En los instrumentos de panel, la disipación de calor producida por componentes eléctricos será tal que no sea necesario prever ventilación especial en él. La temperatura de estos instrumentos en operación continua no pasará de 70 °C aún cuando la temperatura ambiente ascienda a 40 °C. En estas condiciones los instrumentos deberán funcionar correctamente. En caso de que el equipo tenga alta sensibilidad a la temperatura, previa aprobación del Cliente, se admitirá una refrigeración del armario, ventilación forzada ó similar.

Al especificar los instrumentos empotrados se preverá que el espesor de la chapa del panel puede ser de 2 a 3 mm..

Los manómetros instalados en paneles locales serán para montaje empotrado.

El color de acabado para los instrumentos montados en panel y él de este, será especificado por el Cliente.

4.2.5 Instalación de instrumentos

Los instrumentos y aparatos de protección que deban ser incluidos en el Proyecto se instalarán de acuerdo con esta especificación, salvo que en el desarrollo del Proyecto, Cliente indique alguna forma específica de Instalación.

La situación de los instrumentos deberá ser tal que permita un fácil acceso para observación y mantenimiento desde el suelo ó plataformas existentes. Donde sea necesario se instalarán plataformas o escaleras adicionales.

Los instrumentos se instalarán de forma que no estén expuestos a excesivas vibraciones ni a temperaturas extremas. Deberán protegerse de la radiación directa del sol.

Para facilitar la operación y el mantenimiento, los instrumentos deberán montarse a una altura sobre el suelo ó plataforma de 1,35 metros, aproximadamente.

Las conexiones serán orientadas para que las tuberías de toma de proceso o líneas de transmisión no obstruyan o dificulten el paso por plataformas o zonas libres.

Cuando se puedan presentar condiciones ambientales adversas, se estudiará la forma de proteger los instrumentos adecuadamente.

Cuando un transmisor u otro instrumento con indicación local trabajen con una válvula de

control en su lazo, se procurará situarlos de forma que los indicadores sean visibles desde el bypass de la válvula. De la misma forma, los instrumentos asociados a válvulas manuales de control deberán ser visibles desde ésta, de tal forma que el operador pueda leerlos mientras maneja la válvula.

4.2.6 Conexiones a proceso

Para todas las conexiones de instrumentos a proceso, el diseñador de la tubería o equipo dejará preparada la toma, terminada con una válvula, de tal forma que el proceso pueda aislarse del instrumento. A partir de la válvula de aislamiento, empezará el diseño de instrumentación.

En general el tipo de las válvulas, material, presión nominal y accesorios, serán según la especificación de tuberías correspondiente.

Las líneas de conexión a proceso, serán generalmente de tubería de 1/2" sch. 80 o 160 o de tubing de acero inoxidable. Cuando se use tubería, los accesorios y conexiones serán soldadas o bridadas. Cuando se use tubing, las conexiones se harán con racores de compresión.

Las líneas de toma de proceso se harán de modo que no se formen bolsas y tendrán una ligera pendiente, 3 % o mayor, bien hacia el proceso o bien hacia el transmisor, para favorecer su drenaje o venteo.

La tubería de unión del instrumento al proceso, estará de acuerdo con la especificación de tuberías para instrumentación H2, H4, UXH3 y UXH5 y con la especificación de tubing, y esquemas de conexión a proceso.

Para tomas de caudal, las bridas y las placas de orificio serán suministradas por Instrumentación, con tomas de 1/2" NPT H, para bridas ANSI 300 y 600 lbs. y de 3/4" NPT H, para bridas ANSI 900 lbs. o superiores. Las bridas se suministrarán con las tomas convenientemente taponadas.

Cuando sea necesario un árbol de tuberías, este será especificado y diseñado por Tuberías. Se preverán tomas en el árbol para todos los tipos de instrumentos de nivel que vayan conectados, con válvulas de bloqueo bridadas.

La conexión de las vainas de temperatura, será generalmente bridada con brida de 1 1/2". En casos especiales podrán utilizarse vainas roscadas o soldadas.

4.2.7 Acompañamiento de vapor

Todas las líneas de conexión a instrumentos que contengan fluidos que puedan solidificar a la mínima temperatura de la zona, deberán ser acompañadas con vapor y protegidas con aislamiento térmico. Para el vapor hasta 200 °C se usará tubo de cobre y para temperatura superior tubo de inoxidable.

Cuando un instrumento y sus líneas de conexión necesiten acompañamiento de vapor será claramente indicado los diagramas mecánicos P&ID.

El tubo de acompañamiento será de cobre desnudo de 10 mm OD, salvo que en la Especificación del proyecto se indique otra cosa. El recorrido del cobre se hará de forma que

cubra la mayor parte de la superficie a calentar, y que no impida el desmontaje del instrumento.

En algunos casos se podría estudiar el calentamiento de líneas mediante resistencias eléctricas apropiadas.

La diferencia de presión entre los colectores de vapor y condensado será la necesaria para procurar una buena circulación de vapor por el tubo de cobre.

Cada instrumento tendrá su propia toma de vapor y de condensado lo más cerca posible. Se prohíbe efectuar acompañamiento de dos ó más instrumentos en serie, salvo los manómetros en líneas de proceso traceadas con vapor, los cuales podrán ir traceadas con el mismo acompañamiento de la línea de proceso.

4.3 Selección de la instrumentación

La instrumentación deberá ser seleccionada con los criterios antes presentados de tal manera que cumplan a cabalidad el tipo de instalación, el área clasificada y las condiciones de proceso y operación.

4.4 Sistema de medición de densidad

Para la medición de esta variable utilizaremos un sensor que sea los mas preciso posible, de fácil mantenimiento, en lo posible que sirva para mediciones fiscales de crudo ó producto refinado, y que las partes internas no sean vencidas por la característica del producto, para nuestro propósito utilizaremos Acero inoxidable AISI-316L, la exactitud deberá estar entre 10^{-5} a 10^{-4} gr/cc, una repetibilidad será de 0.00002 gr/cc. y el rango de medición deberá ser de 0 – 3 gr/cc, deberá corregir la medición por efectos de temperatura en un +/- 0.00005 gr/cc/°C y por efecto de presión, deberá corregir en +/- 0.00003 gr/cc/bar. La máxima presión de operación deberá ser de 2000 PSI, las partes deberán estar bañadas con Ni-Span-C y Stainless steel 316L, la bridas de conexión deberán tener el mismo o mayor rating de la línea. Deberá poseer sensores internos de compensación por RTD, mínimo 1RTD de 4 hilos clase A, la alimentación al transmisor será de 24 Vdc. a 80 mA, la señal de salida será de tipo Análoga de 4-20 mA, y tendrá la opción obligatoria de salida en comunicación en Modbus, además tendrá entradas adicionales para recibir señales análogas.

En cuanto al tipo de instalación será la recomendada por el fabricante, de tal manera que se logre la exactitud indicada, se podrá utilizar los sensores de efecto Coriolis, efecto vibratorio (diapasón), ultrasonido, magnético ó radiactivos.

La exactitud y la repetibilidad es muy importante, esta variable le indica al operador que tipo de producto esta circulando en la línea, y es muy importante en el momento en que presenta el cambio del producto ya que este provocara cambio de las condiciones de operación de los equipos.

4.5 Sistema de medición de niveles

Para medida de niveles se utilizaran, preferentemente, instrumentos convencionales sencillos, tales como niveles de vidrio armado, magnéticos, instrumentos de flotador,

desplazador y presión diferencial, capacitivos, etc. No obstante se consideran otras tecnologías eligiendo siempre los que sean mas sencillos y apropiados par el tipo de nivel que queremos medir.

4.5.1 Transmisores de nivel

El sistema de medición dependerá de las condiciones del proceso, en la estación tenemos un TQ de crudo, al cual instalaremos un transmisor de nivel de tipo Magneto-estrictivo, ya que es recomendable para el tipo de producto y además se tendrá una medición continua y proporciona una exactitud del 0.1 % con salida de 4-20mA lo cual es suficiente para nuestro propósito. En caso se requiera realizar custodia, se deberá usar un transmisor de nivel de tipo radar ó en su defecto uno de tipo servo motor. Que logran una alta exactitud, además se instala en conjunto con un muti-sensor RTD de temperatura para compensación.

La alimentación será con 24 Vdc. Y tendrá un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección IP 65.

Para recipientes a presión se instalara un transmisor RF Admitancia ó uno RF capacitancia, en el TQ separador utilizaremos uno ya que este tanque se tendrá mezclas de crudo y GLP, deberá tener un ajuste en la salida (dampening de 0.1 a 10 seg.) para efectos de turbulencia. La linealidad deberá estar en el orden del 0.5% a toda escala. Tendrá protección contra FRI, EMI y descarga estática, la presión de operación deberá ser de 50 – 500 PSI, la señal de salida será de 4-20 mA., el circuito electrónico se alimentara con 24 Vdc. Y esta cubierto por un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección IP 65 como mínimo.

4.5.2 Indicadores de nivel

En la estación tenemos diferentes Indicadores de nivel comenzaremos por el mas simple. En el TQ de agua se instalara un indicador de nivel de tipo flotador, con regla, este se Instalara en el techo con soporte y guía para la regla numerada y con escala en unidades (metros), las partes del flotador son de acero inoxidable SS-316 así como las guías, este instrumento se instalara cuando el TQ este fuera de servicio, ya que se tiene que fijar unos soportes dentro del TQ. Para la guía de la boya.

En el TQ separador se colocara un indicador de nivel magnético de tipo bandera, este indicara en un color resaltante y visible del nivel del producto, este servirá como comprobación y calibración del transmisor de nivel instalado en este TQ.

Este indicador tendrá que ser instalado de tal forma que se pueda realizar un fácil mantenimiento y limpieza del mismo.

4.5.3 Interruptores de nivel

En el TQ de agua se Instalara dos interruptores de nivel de tipo magnético para el servicio de nivel alto y bajo estos instrumento poseen una boya de acero inoxidable, y el contacto lo hacen magnéticamente lo cual no producirá chispas, el alojamiento del interruptor

será para áreas clasificadas Clase 1 Div 1, esto es debido a que si en algún momento ocurriese fugas de gas estos estarían protegidos. La protección del alojamiento será como mínimo IP65.

En el Tanque SLOP, se instalara un interruptor de nivel de tipo ultrasonido DUAL, este será equipado para sensar y detectar 2 puntos (nivel alto y bajo), estas salidas se conectaran al PLC, para realizar los enclavamientos respectivos para el arranque y parada de la bomba de vaciado. El instrumento deberá poseer un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección IP 65 como mínimo.

En el Tanque separador instalaremos un interruptor de nivel de tipo magnético con chamber, este se instalara bridado con tomas en la parte superior e inferior, este instrumento posee cuatro contactos para ejecutar alarmar y enclavamientos de seguridad para nivel muy bajo, bajo, alto y muy alto. Cada contacto deberá ir protegido por un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección IP 65 como mínimo.

4.6 Sistema de medición de presión

4.6.1 Transmisor de presión

Deberán tener un liquido de llenado (silicona), el rango de operación ser de 0 – 2000 PSIg. Salida de 4- 20 mA. Con Camping ajustable de 0 –10 segundos, la conexión a proceso será de ½ "Ø NPT, la alimentación a la Electrónica será de 24 Vdc. La cabeza electrónica deberá estar protegida por un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección IP 65 como mínimo.

4.6.2 Indicador de presión

Los manómetros serán provistos con elementos de tipo Bordón. La conexión al proceso será por la parte inferior, de ½"Ø NPT el dial tendrá un diámetro de 4.5" como mínimo, la caja de protección será tipo fenol o similar, con fondo blanco, escala en negro y una luna de protección, todos manómetros deberán estar llenos de glicerina. El elemento y la conexión serán en 316SS.

4.6.3 Interruptor de presión

Se utilizara para condiciones extremas de operación, tendrán ajuste interno, y banda muerta graduable. Será del tipo diafragma el cuerpo será en 316SS la conexión será por la parte inferior y de ½ "Ø NPT, los contactos serán del tipo seco, SPDT, inductivo, deberá estar protegida por un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. NEMA 7, Protección IP 65.

4.7 Sistema de Medición de flujo

4.7.1 Transmisor de flujo

En la estación se instalara un sistema de medición de flujo, como no se requiere fiscalización ni custodia, se utilizara como elemento de medición una de placa orificio, con su brida adaptadora o un cono de medición, tomando de la línea la caída de presión, se instalara

un transmisor de presión diferencial, el cual llevara su señal al computador de flujo Instalado en campo, se instalara un transmisor de temperatura para que corrija el caudal por variaciones de temperatura, además este computador de flujo tendrá la capacidad de llevar el valor de flujo calculado hacia al PLC supervisor, por un cable de comunicación en Modbus.

4.7.2 Interruptor de flujo

Se esta incluyendo la Instalación de un sensor de dispersión térmica que detecta la disminución de caudal en la línea de succión de la motobomba, esto debido a que cuando hay una caída de presión en la succión el GLP se convierte en gas y ocasionaría problemas. Con este instrumento podríamos controlar la bomba con el gobernador de velocidad.

4.8 Sistema de medición de temperatura

4.8.1 Transmisor de temperatura

En el TQ separador instalaremos un transmisor de temperatura, el sensor será de tipo RTD, PT-100, deberá estar provisto de un termo pozo de acero inoxidable, la conexión al proceso será de $\frac{3}{4}$ "Ø NPT, la cabeza electrónica deberá estar protegida por un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección IP 65 como mínimo.

4.8.2 Indicador de temperatura

Se instalara un termómetro en el TQ separador para lectura local, deberá indicar en el rango de 0 a 100 °C, o su equivalente en °F, el elemento de sensado será en 304SS, longitud será 12" como máximo, y un espesor de $\frac{1}{4}$ "Ø, el elemento de medición es bimetalo, deberá estar herméticamente sellado, deberá incluirse un termo pozo con las dimensiones que pueda alojar sin mucha holgura al sensor bimetalo.

4.8.3 Sensor de temperatura

El sensor será del tipo RTD ya sea PT-100 o PT-1000, con cuatro hilos. Para compensación por distancia. La longitud de inserción será determinada de acuerdo al recipiente o diámetro de tubería a instalar.

4.9 Sistema de medición de concentración de GLP

Sensor y transmisor de Gas, deberá ser del tipo IR (Infrarrojo) especial para fugas de GLP y Gas natural. La señal de salida será de 4-20 mA. Como mínimo tendrá 2 niveles de alarma. La alimentación al sensor será de 24 Vdc. La cabeza electrónica deberá estar protegida por un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1, Grupos A, B, C y D. Protección NEMA 7 IP 65 .

4.10 Sistema de detección de fuego

Sensor de fuego.

Sensor y detector de flama. Deberá ser del tipo UV/IR. (ultravioleta e infrarrojo) deberá tener un cono de visión de mínimo 90° el tiempo de respuesta será de 0.5 a 3 seg. Máximo. La señal de salida será de tipo contacto (on/off). Deberá tener unos leds de indicación de operación y falla, deberá estar provisto de un alojamiento a prueba de explosión Clase 1 Div 1,

Grupos A, B, C y D. Protección IP 65 como mínimo.

Sensor de Humo.

- ✓ Un sistema de Detección Temprana de Humo será instalado en el edificio de control de la estación de bombeo – OCONI y en la SS.EE. El sistema consistirá de Detector de Humo con base LASER de alta sensibilidad con aspirador conectado a la red de tubería de PVC de ¾". Se considera un módulo de visualización por cada sensor.
- ✓ Aprobaciones.- El sistema de Detección Temprana de Humo debe ser del tipo probado, aprobado y/o encontrado en la lista de: FM (Factory Mutual) US, UL (Underwriters Laboratory), US ULC (Underwriters Laboratorios Canada), Canada.
- ✓ Códigos, Estándares y Regulaciones.- La instalación completa debe realizarse cumpliendo con uno o más de los siguientes códigos y estándares: Estándares de NFPA, US, Estándares de NEC, US, Códigos y estándares locales.
- ✓ Requerimientos del Sistema.- Debe consistir de un detector de humo de base LASER con alta sensibilidad, aspirador y filtro. Deberá tener un visualizador LED y un botón Reset/Isolate (Restablecer/Aislar). El sistema deberá ser configurado por un Programador que sea portátil o basado en PC. El sistema deberá permitir la programación de: Hasta tres niveles de alarma, Retrasos de tiempo, Fallas incluyendo flujo de aire, detector, energía y filtro, además de una indicación de urgencia de la falla, tres (03) salidas de relees para indicación remota de alarma o falla. Deberá ser probado y aprobado para cubrir hasta 5,000 pies cuadrados (500 mt²).
- ✓ Deberá ser aprobada para proporcionar una detección temprana de humo y hasta tres niveles de salida correspondientes a Alerta (opcional). Pre-Alarma y Fuego. Estos tres niveles deberán ser programables y capaces de ser fijados a rangos de sensibilidad entre 0.0015-6% de oscuridad por pie (0.005-20% por metro). Para cumplir con las aprobaciones de UL el rango es 0.15-4% de oscuridad por pie (0.005-12.8% por metro).
- ✓ Deberá monitorearse automáticamente por efecto de contaminación de filtro.
- ✓ Deberá incorporar un sensor de flujo en el puerto de entrada de la cañería y proporcionar fallas de flujo de aire.

4.11 Válvulas de control y emergencia

En la estación de bombeo se instalaran válvula de control de tipo globo con electroposicionador digital con entrada de 4-20mA opcional en Protocolo HART, estas válvulas en caso de falla de aire deben cerrar y la línea de alimentación de aire no deberá ser mayor a 60 PSI, se colocara reguladores y filtros en cada válvula, a si como deberá tener limites de carreras para indicar el estado de válvula.

Actuadores.

Los actuadores serán de simple efecto, accionamiento por aire y retorno por resorte, para válvula de tipo Bola, estarán provisto de volante para accionamiento manual, con brida

adaptadora, tendrá un sistema neumático de control formado por una solenoide de 3 vías a prueba de explosión, indicador de posición y finales de carrera para indicar el estado de la válvula. Además tendrá una válvula reguladora para ajustar el tiempo de apertura y cierre.

El accionamiento de esta válvula solenoide se hará desde el PLC de seguridad o desde el PLC supervisor dependiendo que tan crítica sea su operación y será accionada con 24 Vdc. Así como desde el HMI se indicará la posición de la válvula.

4.12 Diagrama P&ID, líneas de conexión externa

En la sección planos del anexo se presenta el plano PID con número 01P1000.dwg.

CAPÍTULO V ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE CONTROL

5.1 Especificación técnica del sistema S.M.E.R.

5.1.1 Objeto

Suministrar un adecuado sistema de Monitoreo de eventos de riesgo.

5.1.2 Campo de aplicación

Estaciones de bombeo, Terminales, refinerías de petróleo y cualquier otra instalación que maneje hidrocarburos líquidos o gaseosos.

5.1.3 Referencias

Especificaciones del Proyecto

5.1.4 Generalidades

El sistema en cuestión debe ser capaz de funcionar como un “Local Fire Alarm System”, como la define la NFPA – National Fire Alarm Code Edition 1993, además debe ser clasificado como un sistema combinado. Debe reunir características de tolerancia a fallas, procesamiento distribuido, extensible y modular, con lógicas programables que faciliten la integración de funciones para gas y fuego juntos, y los dispositivos de campo serán capaces de soportar un amplio rango de temperatura.

Un sistema combinado permite el uso de otros dispositivos que no provocan degradación del riesgo para el sistema de alarmas de fuego. Las entradas de los dispositivos de campo, al sistema, para el proceso de monitoreo, dispositivos de indicación, etc., entraran al sistema vía “Local Operating Network” (LON TM) o similar, utilizando un protocolo Echelon LON talk TM o similar. El LON realizara funciones “Signalling Line Circuit (SLC)” como lo define la NFPA. El LON/SLC, será diseñado para cumplir o exceder los requerimientos de funcionamiento para Clase “A”, Estilo “7a” , como se define en la tabla 3.6.1 (Pág. 38) del Estándar. Para propósitos de esta especificación, de aquí en adelante, el SLC será referido como LON/SLC. El LON comenzara y terminara su recorrido en el “Local Control Unit (LCU)”, el cual consiste de un panel ensamblado, de conexión a tierra trasera, el cual resguardara el “Gateway”, “Logic Controller”, y una estructura de bus interno extensible para soportarla “Local Input Output Unit(s) (LIOU)”

El LIOU contendrá los módulos de salida, utilizados estos para señalización y supervisión. Todos los dispositivos de campo en el LON/SLC reportaran sus estados de una manera consistente. Deberá existir un controlador Lógico (LC), para procesamiento de señales de fuego a alta velocidad, ejecución de lógicas programables por el usuario, y el control de

dispositivos de salida para anunciación y señalización, además funciones de Releasing asociadas al Fire Alarm System.

5.1.5 Requerimientos para el sistema

El sistema debe ser diseñado para cumplir con lo siguiente:

1. Punto de detección de fuego Simple. Un único punto de detección de fuego debe ser incluido, o la activación de un "INITIATING DEVICE CIRCUIT" (IDC) , que estará programado para iniciar una alarma. En cualquier lugar del LON/SLC se iniciará un LCU basado en una salida de releasing en un lapso de 500 milisegundos. El estado de fuego se considera "Detectado", cuando el Led del detector se encienda.
2. Detección de fuego multipunto. Siete (7) puntos de detección simultánea de fuego, o IDC, estarán programados para iniciar una alarma, o combinaciones de detección de fuego e IDC's. En cualquier lugar del LON/SLC se iniciara un LCU basado en una salida de releasing a los 500 milisegundos. El fuego se considera "Detectado". Cuando encienda el Led en el detector.
3. Procesamiento Lógico. El tiempo para ejecutar lógica dentro del LC no excederá los 50mseg, usando el diseño mas complejo de la lógica de turbinas SOLAR.
4. Tolerancia a Fallas. Cada nodo de la red LON/SLC tendrá habilidad para "Aislar Falla" de manera consistente empleando un circuito de aislamiento pasivo del cableado del LON, a la entrada y salida de cada unidad.
5. Capacidad. La capacidad del sistema estará definida por el número de puntos (nodos) de detección de fuego y no-fuego en el LON, el mismo será hasta 60 nodos en su configuración básica. El diseño soporta hasta 8000 metros de recorrido a través de un "DUMB" o repetidor de capa física, también se podrá utilizar tecnología "SMART" o repetidor lógico.
6. Aprobaciones.

Factory Mutual (FM). El sistema debe estar aprobado por FM para usarse como "LOCAL FIRE ALARM SYSTEM", como se define y en concordancia con las especificaciones propuestas en NFPA-71, 4 parte, edición 1993. Las pruebas del sistema incluirán dispositivos suplementarios como se define por el estándar y como esta permitido para sistema combinados. Los dispositivos suplementarios incluirán uno de cada tipo de sus detectores de gas.

Canadian Estándar Association (CSA). También se permite el uso de esta aprobación.
7. Capacidad de procesamiento. El sistema tendrá una interfase RS-485 con alimentación de 24 VDC aislada. El LON/SLC dentro del LCU estará aislado del campo utilizando repetidores de ley física incorporado en una tarjeta de circuito impreso, de fácil reemplazo. Como mínimo se deben proveer de Slots "doble-wide" de conexión posterior, además entregará 24 VDC de poder por los módulos. Esto no incluye el espacio adicional requerido

para el aislamiento y/o cableado de terminación de los módulos de campo. El termino "LOCAL INPUT OUTPUT UNIT" será usado en estas especificaciones para describir el ensamble del rack que contiene las tarjetas I/O Fenwalnet usadas para la señalización y supresión. La conexión posterior en RS-485 se extenderá de algún modo hasta el controlador lógico programable en el bus LON/SLC, además un conector de expansión será provisto para futuras expansiones de racks I/O. El Gateway debe poseer un conector DB-9 para el caso que se necesite una configuración en RS-232, el mismo tendrá propiedades de comunicación aislada. Cuando el puerto sea configurado para una comunicación RS-422, trabajará por una ruta separada y aislada de la RS-232, además debe proveerse el respectivo conector. La conexión del cableado para los relés del Gateway estarán provistas al frente del LCU. El "Logic Controller" (LC) debe poseer un método de programación para el usuario, con un programa de configuración, el cual debe permitir realizar lógica gráficamente por medio de una librería predeterminada con lógica de símbolos booleana. El programa debe contener una metodología para la conexión de la entrada de datos real (LON/SLC), con la entrada virtual en el diagrama lógico. El programa debe contener una metodología para la conexión de entrada de las salidas lógicas con las salidas físicas, basándose en las tarjetas de salida Fenwalnet 2000 estándar, a través del bus de comunicación RS-485 de LCU. Una librería de tipo lógico debe ser desarrollada, para permitir la programación del sistema. Dentro de la memoria del LC debe estar contenido los registros de tiempo, fecha y número de usuarios.

El alcance del usuario será como sigue:

- ✓ El usuario programará hasta 32 páginas lógicas.
 - ✓ Cada página no debe contener más de 32 compuertas, incluyendo entradas y salidas.
8. Capacidad de Entrada Todas las entradas al sistema se realizarán vía LON/SLC a través de tres dispositivos, un módulo IDC "INITIATING DE VICE CIRCUIT" (short J-box), un "DIGITAL COMMUNICATION CIRCUIT" (tall J-box) y los detectores de llama con comunicación integral.
- IDC. Será un dispositivo de campo con características de comunicación integral, compatible con el LON/SLC, cumpliendo con los requerimientos para "Circuitos de Iniciación de Dispositivos", como lo define NFPA.
- ✓ Este módulo soportará al menos dos circuitos de entrada supervisados.
 - ✓ Como una parte de este dispositivo se debe incluir un mensaje para cada status de los circuitos (por ejemplo, Open Circuit o Alarm condición).
 - ✓ El IDC será capaz de enviar un mensaje de estatus normal al Gateway, por defecto, el mensaje será enviado una vez cada 30 segundos al controlador lógico. Si el controlador lógico no recibiera el mensaje del IDC a los 120 segundos se generará una condición de falla.

- ✓ El IDC será programable para enviar un mensaje de reconocimiento, directamente a cualquiera de los 4 diferentes dispositivos del LON/SLC.
- ✓ Este dispositivo utilizará seteo tanto por DIP switch como por software, para determinar si el mensaje del LC será tomado como una lógica de alarma de fuego, o será reconocido como una entrada digital "genérica" supervisada.

DCU. Unidad de comunicación digital consistirá en:

- ✓ Una nueva tarjeta terminal debe ser diseñada para soportar el detector puntual de gas (Pointwatch), y los sensores tradicionales de gas de salidas de 4-20 mA.
- ✓ Ningún otro dispositivo de campo debe ser previsto, ni de entrada ni de salida.

ARM. Será un dispositivo de campo con características de comunicación integral, compatible con el LON/SLC,

- ✓ Este modulo podrá monitorear y controlar dos salidas las cuales son energizadas juntas.
- ✓ Cada salida enviara hasta 2 amperios a 24VDC.
- ✓ Los circuitos de disparo son compatibles con una variedad de solenoides o sistemas de supresión.
- ✓ Direccionable en campo.
- ✓ Utiliza técnicas para la detección de fallas en el cableado, cuando ocurre alguna condición de falla esta es indicada.

SAM. Será un dispositivo de campo con características de comunicación integral, compatible con el LON/SLC.

- ✓ Este modulo proveerá de dos circuitos indicadores para controlar dispositivos indicadores audible/visual polarizado a 24VDC.
- ✓ Cada circuito de salida será independientemente programable para anunciar los eventos de forma separada.
- ✓ La señal de salida puede ser programada para proveer señalización para pre-release, release y post-release. Direccionable en campo.
- ✓ Memoria no volátil para configuración y registro de alarmas.
- ✓ Utiliza técnicas para la detección de problemas en el cableado, cuando ocurre alguna condición de falla esta es indicada. Trabaja en forma continua hasta que se resetee.

UV FLAME DETECTOR. Este dispositivo tendrá las características del U702 con un módulo DE18888B y el housing será del U7698E para incluir una tarjeta de comunicación integral, además por ser para uso nacional e internacional deberá cumplir con las siguientes aprobaciones y/o certificaciones:

- ✓ FM.
- ✓ CSA.
- ✓ CENELEC.
- ✓ VDS.

✓ GOSSTANDARD (Rusia).

9. Estándares Utilizados.

CENELEC. El producto será diseñado para cumplir; EN50014, EN50018, certificado para EEx d IIC (IIB + Hidrógeno mínimo). T6 para 40°C, T5 para 75°C, T4 para 125°C, T3 para 125°C. Protección de ingreso IP66 por EN60529, EMI/RFI, CE Mark.

CSA. El producto será diseñada para cumplir: Seguridad eléctrica; Clase I, Div. 1, Grupos C & D. Clase II, Grupos E, F & G. protección de ingreso de encapsulado tipo 4.

FM. Seguridad eléctrica, Clase I, Div. 1, Grupos B, C & D. Clase II, Grupos E, F & G, protección de ingreso NEMA 4

GOSSTANDARD. Debe ser diseñado para cumplir con el programa de prueba definido por Nefleavtomatika y Gosstandard.

VDS. Debe ser diseñado para cumplir el programa de pruebas EN54 con la documentación de software requerido.

10. Temperatura de operación Desde -40° C hasta 75° C.

11. Temperatura de Mantenimiento Desde -55° C hasta 85° C.

12. Humedad Desde 0 a 100% (no condensada).

13. Ambientes corrosivos. Resistente a los vapores de dióxido de sulfuro, sal y arena.

14. Capacidad de Salida. Todas las salidas del sistema para la señalización y/o supresión de alarma de fuego saldrán del LCU. En el releasing inicial, todas las salidas del LCU estarán provistas por los módulos Fenwal's del sistema Fenwalnet 2000.

✓ Módulo de Señal Audible. Este módulo debe ser capaz de entregar 4 circuitos de indicación programables para usar con las listas UL para instrumentos a 24 Vdc de indicación audible o visual Cada circuito de salida es programado independientemente, permitiendo la anunciación de cada evento por separado.

✓ El módulo de señal audible debe tener, 4 circuitos programables de indicación independiente Cableado NFPA estilo "Y" o "Z" Salidas limitadas a 24 VDC. de poder.

✓ Diseño auto-restablecible 4 Salidas de código, opcionales por circuito Salidas totalmente reguladas.

✓ Módulo de Releasing. Estará comprendido de un circuito de release y 3 circuitos de señales estilo "Y". Los circuitos de release serán compatibles con sistemas de supresión Fenwal, Solenoide y basado en iniciador y debe poseer las siguientes opciones: Una salida de releasing programables independientemente Compatible con FM 2000, FE-13, CO₂, Halon, Diluvio y Polvo Químico.

✓ Módulo de Relay. Será capaz de entregar, 4 relays programables independientemente Contactos DPST, módulo supervisado.

15. Software de Interface con el operador.

✓ El software debe estar disponible en versiones Macintosh y PC's, además su lenguaje

debe ser de alto nivel.

- ✓ Debe ser capaz de entregar monitoreo del sistema por pantalla, disco e impresora (se incluyen todos los dispositivos, Power supply, Module Assembly, Logic Controller, New UV Detector, IDC, Tagle Standard devices, Relay module, Releasing Module, Signal/Audible module).
- ✓ El sistema será capaz de entregar soporte gráfico de acuerdo a los planos de redes de la plataforma en cuestión.
- ✓ El software debe también permitir la configuración de los distintos dispositivos de campo.

5.2 Especificación técnica del sistema de control basado en PLC

5.2.1 General

Estas especificaciones han sido desarrolladas para establecer los requerimientos básicos para el desarrollo de la Ingeniería de detalle del Proyecto "SISTEMA DE MONITOREO DE EVENTOS Y RIESGOS", el sistema de control deberá estar compuesto por el estándar de hardware y software del fabricante, el sistema de control deberá ser basado en micro procesador integrado similares a la tecnología INTEL, MOTOROLA, etc.

Además deberá tener dos años de operación probada en el mercado. Una simple falla en el sistema no deberá afectar la eficiencia de todas las funciones del sistema.

La falla de un componente de control deberá causar como máximo la pérdida de señal de la variable de control asociada a ella además se deberá tener como respaldo un 100% de redundancia en el componente electrónico.

Los programas de configuración deberán ser implementados en una manera que no requiera modificación en el sistema operativo.

El sistema de control deberá ser diseñado para manejar señales análogas discretas de control en un ambiente industrial.

La construcción del sistema de control deberá ser modular permitiendo añadir módulos de entrada y salida (I/O) de tal manera que no afecten a los otros módulos o racks existentes.

Los módulos del sistema de control (CPU, Fuente de poder, I/O, etc.) deberán ser diseñados para soportar una libre circulación de aire o enfriamiento por convección.

El sistema de control deberá ser centralizado, de monitoreo, registro, reportes, alarmas y eventos de la estación de compresión, todas las unidades de interfase con el sistema de control deberán ser alimentadas con un UPS el cual entregara 220 voltios AC @ 60 hz. Hacia fuentes que convertirán estas señales en 24 VDC.

Las fallas en los módulos del sistema de control deberán ser detectadas automáticamente identificada e indicar vía contactos de salida la ubicación de estas sin interrupción de un normal procesamiento de las funciones. Estos módulos detectados podrán ser reemplazados en línea sin tener que reconfigurar por software el sistema.

La pérdida del servidor o procesador redundante no deberá causar pérdidas de

visibilidad en el sistema HMI (Interfase Hombre Maquina) la estación de operador deberá tener acceso disponible en Modbus y en I/O convencionales directamente desde el sistema procesador.

El sistema de configuración deberá consistir de:

- ✓ DH+.
- ✓ Serial Modbus data.

El controlador de procesos del sistema deberá aceptar estos tipos de señales.

El proceso de configuración y control de bloques de función deberán ser las mismas para todos los tipos de señales.

La funcionalidad del sistema de control deberá incluir si no es limitada a lo siguiente:

1. Proveer un continuo control y monitoreo del proceso.
2. Control de arranque/ parada de motores en el CCM.
3. Vía señales de contacto de entrada y salida.
4. Interfaces con el sistema de alarmas.
5. Interfase con el sistema de comunicación satelital para transmitir datos de control a la estación central.
6. Generación automática de reportes.
7. Colección de datos históricos y tendencias de variables.
8. Deberá prever herramientas en software para Ingeniería y mantenimiento.

El PLC deberá ser provisto con programas en memoria de funciones en lógica escalera. El sistema de control deberá poseer CPU redundante, monitor de 21" VDU interfase en hardware para estación de control, impresoras de alarmas y reportes, comunicación Ethernet, dispositivos de almacenajes removible (discos duros), entradas, salidas, memorias, fuentes de poder, cables y otros accesorios necesarios para una completa función y operación del HMI, sistema controlador basado en PLC.

No es la intención de este documento describir completamente todos los aspectos y detalles del sistema. El propósito de este documento es dar un alcance para el diseño y suministro del sistema de control y de los siguientes servicios:

1. De gerencia del proyecto incluyendo planeamiento, esquema, reportes de progreso y reportes de logros.
2. Sistema de configuración de integración con terceros paquetes de control generación de reportes, puntos de configuración y desarrollos de pantalla grafica.
3. Documentación de sistema de control (manuales de operación y mantenimiento, programa de configuración, gráficos, programas de aplicación, etc.)
4. Pruebas e inspección.
5. Entrenamiento del sistema de control.
6. Preparación del embalaje y embarque del sistema.

7. Asistencia de arranque de la planta de bombeo en la estación.

5.2.2 Especificaciones de hardware

PLC (Controlador Lógico Programable).

El fabricante del PLC deberá ser Telemecanique, Allen Bradley ó Siemens con procesador redundante, una memoria mínima de 64K bytes, un tiempo de búsqueda de palabra de 1ms por 1K de palabra (lógica bit), batería para respaldo de memoria. Suficiente módulos de entradas / salidas para soportar las especificaciones del proyecto. El Rack de entradas / salidas deberá tener fuente de alimentación redundante, el suministrador deberá asumir 10% adicional de espacio para la siguiente Lógica.

El numero de puntos de entrada y salida por módulos deberá ser definida por el fabricante, disponible por el diseño del suministrador. Las especificaciones del procesador deberán ser como mínimo:

1. Tamaño memoria – 64K bytes.
2. Capacidad máx. de entradas y salidas – 128000 (discreto).
3. Capacidad máx. de entradas y salidas – 4000 (análogo).
4. Ubicaciones máximas de entrada y salidas – 250.
5. Máximo numero de chasis y slots – chasis 3, slots 30.
6. Típico tiempo de escaneo – 1 ms / K.
7. Tiempo de bit de ejecución (XIC) – 0.44uS.
8. Carga de la fuente de poder – 500 mA – a 5 Vdc – 175 mA – a 24 Vdc.
9. Tiempo de mantenimiento del programa después de la pérdida de energía – de 20 ms a 3 s (depende de la fuente de poder).
10. Exactitud en el reloj y calendario +- 54 s / mes a 25°C y +- 85 s / mes a 60°C.
11. Inmunidad a ruido de acuerdo al estándar NEMA – ICS 2 – 230.
12. Vibración: desplazamiento 0.015”, pico a pico de 5 – 57 Hz, Aceleración 2g de 57 a 2000 Hz, Shock 30g.
13. Temperatura ambiente: Operación de 0 a 60°C. En almacén de –40 a 85°C.
14. Humedad de 5 a 95% sin condensación.
15. Certificaciones: UL listed, FM approved, Class 1, groups A, B,C or D, div 2, CE compliant for oll applicable directives.

El chasis deberá tener comunicación de alta velocidad con los módulos. Los módulos del procesador sobre el mismo bus tendrán la misma transferencia de datos. Múltiples interfaces de comunicación sobre el mismo chasis tendrán un bus que permita enviar mensajes internamente a un modulo o enrutar a otros a través del mismo bus, el puerto del modulo tomara esta decisión. La fuente de alimentación para el chasis deberá ser redundante con una carga mínima de 238 wats.

5.3 Especificación técnica del sistema comunicación SCADA

El sistema de comunicación SCADA en la estación esta basado en una red de PLC, cada unidad de bombeo será controlado con un PLC independiente, estos equipos controlaran las variables de cada unidad, estos 4 PLC's, serán ubicados cerca del patio de bombas, además se instalara un PLC principal (PLC SUPERVISOR) que controla las variables del proceso, para el sistema de seguridad contra eventos de riesgo, se instalara otro PLC de seguridad critica, estos dos últimos equipos se ubicaran en la sala de control y se instalaran en armarios independientes con suministro de UPS.

Además en cada estación se instala una antena satelital, el cual tendrá el servicio exclusivo de comunicación, entre la estación y la estación central, este medio dará el servicio de acceso a Internet, telefonía e información del proceso.

5.3.1 Equipamiento del sistema de control

La arquitectura del sistema de control será basada sobre las integraciones vía DH+:

1. Sistema de control HMI (Ethermet).
2. Panel de estación de control (DH+, Ethermet)
3. SMER (MODBUS)
4. Sistema UPS (Cable)
5. Sistema de alarma (MODBUS)
6. Interface satelital (Ethermet)
7. Medición de productos (Serial Modbus)

5.3.2 Alcance sistema de control de la estación

El sistema de control será diseñado para operación eventual no supervisada de la estación de compresión y será un dispositivo remoto para el sistema SCADA en terminal central, las capacidades de monitoreo y control remoto serán diseñadas dentro del sistema de tal manera que todas las operaciones puedan ser conducidas desde terminal central, el HMI deberá tener una apropiada contraseña de acceso, paneles de terminación inteligentes, paneles de control, convertido de fibra óptica, Hub / Switch, software HMI, monitor de color 21", un computador e impresor personal.

La comunicación redundante será provista por todos los enlaces en donde no sea practica o beneficie la eficiencia del sistema. Toda la comunicación de campo será vía un cable interfase de fibra óptica.

La estación del sistema de control consistirá:

1. Monitoreo y control del status de la válvula.
2. Monitoreo del sistema de seguridad de la estación.
3. Monitoreo del sistema auxiliar de la estación.
4. Monitoreo del sistema Shutdown.
5. Monitoreo y control de las unidades.

6. Monitoreo y control del sistema de gas.

5.3.3 Computador HMI

El computador HMI será equipado con el siguiente hardware y software:

1. Procesador: Alta performance INTEL Pentium IV de 2.4 GHz; 512 KB de memoria cache L2, Intel bus de 133 MHz.
2. Memoria: 8 slot de tipo RIMM de 128 MB a 4 GB, 256 MB tipo RDRAM.
3. Almacenamiento: Disco duro 406 GB Ultra ATA / 100, Lector CD velocidad 32 X, Controladores ultra SCSI, Disketera 3.5" 1.44 MB, Zip drive 250 MB.
4. Tarjeta grafica: Professional graphics: intense 3D Wildcat 4110 PRO.
5. Monitor: Trinitron multiscan Flat Display 21"; 1600 x 1200.
6. Slots (E / S): 2 de 64 Bit / 66 MHz PCI, 3 de 32 Bit / 33 MHz PCI, 1 de 32 Bit / 33 MHz PCI / puerto RAID.
7. Puertos: 1 de 32 Bit / 33 MHz PC / puerto RAID, 4 conectores seriales de 9 pines, 2 conectores paralelos de 25 pines (bidireccional), conector ultra / Wide SCSI de 68 pines, Conector DIN de video de 15 pines, Conector para teclado de tipo mini DIN 6 pines, Conector para mouse de tipo mini DIN 6 pines, Conector RJ45, 2 conectores de tipo USB, 1 Jack de 1/8" (línea de entrada de audio), 1 Jack de 1/8" (línea de salida de audio), 1 Jack de 1/8" (Micrófono de audio).
8. Comunicaciones: 2 Tarjetas de red 3COM Fast EtherLink XL 10/100 PCI.
9. Dispositivos de entrada: Teclado de 104 teclas de alta performance, Windows 2000, Mouse compatible Microsoft, 3 botones.
10. Software: Microsoft Windows NT, Microsoft Office 2000 Español, RSLogix 5000 PLC programming package with RSLinx, In Touch 7.11 Runtime for Windows.

5.3.4 Panel de control

La consola de estación de control deberá contener como mínimo lo siguiente:

✓ Alojamiento modular (free Standing): Será NEMA 12, Los soportes internos serán de tipo DIN – rail, Iluminación con interruptor automático en la puerta.

5.3.5 Montaje conexionado

Todos los cables de campo serán terminados sobre un tornillo de compresión (WAGO o similar) con capacidad para aceptar cables de hasta 12 AWG, para 300 voltios y 15 a, físicamente se deberán diferenciar los niveles de señal con terminales.

Las señales de termocuplas deberán ir a terminales compensados de la misma aleación.

Todos los cables de señal y potencia entraran por la parte inferior del panel.

El block de fusibles deberá aceptar los fusibles de tipo GMA.

Los interruptores de potencia de 24 VDC deberán ser Air pax o similar, de un polo, completamente sellado, magnético y un retardador de corto circuito.

Un selector, botoneras, Etc. Deberán ser de la marca Allen Bradley serie 8001.

Los cables deberán poseer marcadores de tipo heat – shrink brady B – 292 de vinil.

El suministrador será responsable de determinar los requerimientos de potencia de cada panel.

La entrada de potencia en AC al panel será protegida por un circuit breaker o fusibles los cuales serán instalados en la línea principal, cada circuito interno tendrá una protección termo magnético en aplicaciones de baja corriente donde un circuit breaker no es practico podrán ser utilizados con fusibles.

Cada gabinete tendrá un circuit breaker o fusible el cual deberá estar identificado el servicio todos el suministro de equipos eléctricos deberá estar conforme al código eléctrico nacional, NFPA 70 última edición.

El panel deberá tener 20% de terminales de campo libres por cada tipo de señal de entrada y salida.

El gabinete deberá ser diseñado para aceptar por lo menos 2 módulos adicionales para expansiones futuras.

El gabinete deberá ser diseñado solo para tener un acceso frontal.

El cable de control y alimentación deberán ser del tipo THHN/THWN/MTW #12, #14, #16 de fácil arrastre, aislamiento de PVC a 600 V y con resistencia a 90 °C.

Cable blindado con drenaje #18 AWG 300V, aislamiento de PVC se utilizara para señales analógicas.

El cable para termocupla deberá ser #20 AWG (apantallado) y será apropiado para compensación.

Las señales AC y DC deberán ser físicamente separadas e identificadas.

Todos los cables deberán ser identificados claramente en ambos extremos con marcadores.

Los tornillos de conexión de cada cable deberán ser identificados con numeradores.

Entre las facilidades deberá estar provisto de un aterramiento para cables armados y señales apantalladas. Conexiones individuales serán construidas con barras de ¼” de cobre y deberá estar aislado a la pared del panel.

Todas las señales de alimentación y control deberán ser acomodadas y conducidas dentro de canaletas de PVC.

Todas las instalaciones de hardware deberán ser en acero inoxidable.

5.3.6 Condiciones ambientales

El panel de la estación de control deberá generalmente estar operando con ambientes de clima controlado y serán sujetos a condiciones normales de 68 °F a 80 °F y 70% de humedad relativa

Todos los equipos deberán ser capaces de soportar temperaturas de –2 °F a 122 °F y

humedad relativa de 100% sin daños eléctricos o degradación

5.3.7 Impresoras

Matriz de punto

El contratista deberá suministrar una impresora de matriz de punto para impresión de alarmas y eventos el cual debe cumplir los siguientes criterios

1. Velocidad de impresión de 300 CPS en modo draft y 75 CPS en alta calidad.
2. Matriz de 24 pines con alimentación de papel.
3. Interfase de red estándar.
4. Memoria interna de buffer no menor a 256 KB
5. Deberá poseer 2 cintas para impresión.
6. Cable de alimentación 120 VAC.

Láser.

El contratista deberá suministrar una impresora láser HP 1100 o similar para impresiones de reportes y pantallas graficas, deberá tener como mínimo las siguientes características:

1. Interfase de red estándar.
2. Mínima memoria interna 4 MB de RAM.
3. Deberá estar disponible 2 toner y un cable.
4. Cable de alimentación 120 VAC.

5.4 criterios de selección y especificaciones generales de cableado

5.4.1 Conceptos generales

Todos los cables para instrumentos, necesarios para un proyecto, se adquirirán de acuerdo con las especificaciones técnicas correspondientes donde se incluirán todas sus características.

Los cables para instrumentos o equipos muy especiales, equipos de tele transmisión, etc., estarán de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de dicho equipos. Estos cables cumplirán además como mínimo con las características, generales que les sean aplicables de estas especificaciones técnicas.

Todos los cables de alimentación (24 VDC y 110/220, 60 hz.) a instrumentos en campo, serán especificados por instrumentación.

En todos los multicables, se dejará por lo menos un 25% de reserva.

En todo lo referente a cables en circuitos con seguridad intrínseca se seguirán las prescripciones específicas señaladas en las normas de instalación que se adopten (VDE, IEC, CENELEC, etc.).

Los cables que vayan en tendido aéreo soportados en bandejas no requieran armadura. Se exceptúan los que estén instalados en área clasificada como Clase 1 Div. 1, que llevaran armadura, según lo exigido en las especificaciones, y los de servicio de bloqueo.

Cuando excepcionalmente y previa aprobación del Cliente los cables o multicables se instalen enterrados sin protección de tubos, en zonas donde haya posibilidad de filtraciones de hidrocarburos, además de la armadura llevarán funda de plomo bajo la cubierta exterior.

En servicios donde los cables estén tendidos por zonas de alta temperatura se considerara el uso de cables especiales con aislamientos de silicona, fibra de vidrio, fluorados, etc.

Los cables serán del color codificado de acuerdo con las especificaciones constructivas (punto 5.4.10). Excepcionalmente y bajo la aprobación del Cliente pueden modificarse los colores de aislamiento y cubiertas.

Los termopares y los cables de extensión de termopar se especificaran según ANSI C 96.1 (ver 5.4.10).

5.4.2 Comportamiento ante el fuego

Todos los cables de instrumentación en tendidos aéreos se especificaran como mínimo para tipo "No propagadores de Incendio" de acuerdo con la norma UNE 20.427.

Excepcionalmente, para algunos servicios específicos, y a requerimiento del Cliente podrían especificarse cables del tipo "Resistentes al fuego" los cuales deben mantenerse en servicio 3 horas. Según propone. UNE 20.431 (IEC 331).

Para todos los conexiones en la Sala de Control (cableado Interno de equipos, conexionado entre ellos y con los cables de campo) se usaran cables especiales desde el punto de vista de baja emisión de humos y gases tóxicos.

5.4.3 Cables para señales 4-20mA (seguridad intrínseca)

Cable individual.

- ✓ Los cables individuales para señales 4 a 20mA., tendidos en las áreas de proceso estarán formados por 2 ó 3 conductores de cobre de 1.5 mm² (7 hilos), aislados con PVC, con espesor mínimo de aislamiento de 0.5mm. Cuando haya 3, dos de ellos formaran 1 par de señal e irán retorcidos con un paso de 50mm., y el tercero será el de igualación de potencial.
- ✓ El par de señal irá apantallado electrostáticamente con cinta de aluminio/mylar de 0,05mm., en hélice solapada, recubriendo el 100%. El conductor de igualación de potencial irá exterior a la pantalla.
- ✓ La pantalla llevará un hilo de drenaje de 0,75 mm². (7 hilos) de cobre estañado en contacto con ella. Si lleva armadura, tendrá un asiento de PVC de 1mm. de espesor. La armadura será de hilos de acero galvanizado de 0,6mm.Ø.
- ✓ La cubierta exterior será de la calidad y espesor Indicado en (ver Cuadro 1).
- ✓ La capacidad máxima entre conductores será de 120nf/Km. En ningún caso la capacidad total del circuito será superior a 200nf.
- ✓ La inductancia máxima será de 0,9mH/Km. Con un total del circuito menor de 5mH.

Multicables.

- ✓ El número de pares será de 6, 12 ó 24.
- ✓ Para cada señal usarán un par de conductores de cobre de $0,5 \text{ mm}^2$. (7 hilos), aislados con PVC de 0,5mm. de espesor mínimo y retorcidos entre si con un paso de 50mm. En Caso necesario se especificará un conducto adicional para igualación de potenciales.
- ✓ No se requerirá pantalla individual para cada par, pero si pantalla general, que será de Aluminio/Mylar de espesor 0,1mm. con hélice solapada recubriendo el 100 %, con hilo de drenaje de $0,75 \text{ mm}^2$. (7 hilos) de cobre estañado, en contacto con la pantalla (en disposición sinusoidal).
- ✓ Si lleva armadura, tendrá un asiento de PVC de 1 a 1,2mm. de espesor. La armadura será de hilos de acero galvanizado de 0,8mm.Ø.
- ✓ La cubierta exterior del poli cable será de PVC de la calidad y espesor indicados en 5.4.2.2.
- ✓ Los conductores irán numerados cada 300mm. como máximo.
- ✓ Los valores de capacidad e inductancia serán en principio los mismos que los indicados para el cable individual en los puntos 5.4.3.1.

5.4.4 Cables de extensión de termopares**Cable individual**

Estará formado por dos conductores de materiales apropiados al termopar. Estos conductores serán de $1,5 \text{ mm}^2$ e irán recubiertos con una capa de PVC de 0,5mm. de espesor. En caso necesario, se añadirán un tercer hilo para igualación. de potencial, exterior a la pantalla.

Los dos conductores aislados irán retorcidos entre si con un paso de 50mm. Este par ira apantallado con cinta de aluminio/mylar de 0,05mm. en hélice solapada recubriendo el 100%.

Esta pantalla llevara un hilo de drenaje de $0,75 \text{ mm}^2$. (7 hilos) de cobre estañado en contacto con ella.

Cuando lleve armadura esta será de hilos de acero galvanizado de 0,6mm. Ø con un asiento de PVC de 1mm.

Cubierta interna de 0,8mm., armadura de hilos de 0,6mm.Ø y cubierta externa de PVC de 1,2mm.

Multicable.

El número de Pares del multicable será de 6, 12 ó 24, ver cuadro N° 5.9.

Cada cable estará compuesto por los conductores que se indiquen de los materiales apropiados. Cada conductor será de $0,5 \text{ mm}^2$. (1 hilo) e irá recubierto con una capa de PVC de 0,5mm. de espesor.

Cada par ira retorcido, con un paso de 50mm. y apantallado individualmente con cinta

aluminio / mylar de 0,05mm., en hélice solapada, recubriendo el 100 % con hilo de drenaje de cobre estañado de 0,75 mm². (7 hilos) en contacto con la pantalla. Si es necesario, se añadirá otro conductor para igualación de potencial.

Además el total de los pares llevarán una pantalla electrostática general de cinta de aluminio / mylar de 0,1mm. en hélice solapada, que recubra el 100 %, con hilo de cobre estañado, para drenaje, de 0,75mm² (7 hilos) en contacto con la pantalla.

Cuando lleve armadura esta será de hitos de acero galvanizado de 0,8mm.Ø, con un asiento de PVC de 1 a 1.2mm.

La cubierta exterior será de la calidad y espesor indicados en cuadro N° 2.

5.4.5 Cables para alarmas o enclavamientos con circuitos intrínsecamente seguros

Los cables para estos servicios serán en principio constructivamente iguales a los de señal 4 - 20mA, excepto si se especifica de otra forma por exigencias particulares de los equipos. Las cubiertas de estos cables serán también de color azul claro.

5.4.6 Cables para alimentaciones

Para circuitos de mando, etc. Tensiones a 110 y 220 V. 60 Hz. Serán según se indica en las especificaciones ver cuadro N° 3 y 4 .

5.4.7 Cables para señales analógicas de alto nivel, no seguridad intrínseca

Los cables para señales de alto nivel para servicios que no sean de seguridad intrínseca, serán idénticos a los cables para señales 4 - 20mA (punto 5.4.3), excepto que las cubiertas internas y externas serán de color gris en lugar de azul claro.

5.4.8 Cables para termo resistencia

Serán según se Indica en las especificaciones ver cuadros N° 5 y 6.

5.4.9 Cables para señales de baja nivel analógicas y digitales

Serán según se indica en las especificaciones ver cuadro N° 7 y 8.

5.4.10 Cuadro constructivo de cables

Señales analógicas de alto nivel (4-20mA. 24Vdc. Seguridad Intrínseca)

CODIGO	CUADRO – Nº 1		
SERVICIO	Señales 4-20Ma. 24 VDC. (seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	2 Conductores (3)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación Clase 2 - (7 x 0,53mm. Ø) (1,5 mm ²) (2) (5)		
AISLAMIENTO	PVC 90° C. Tipo A (4) Espesor 0.5mm. (1) .	COLOR	Azul – Negro
TRENZADO PAR	Paso de 50mm.	TRENZADO GLOBAL	---
PANTALLA INDIVIDUAL		PANTALLA GLOBAL	Cinta aluminio/ Mylar de 0,032mm. (0,009+0,023) Cobertura 100% solape 25% Hilo de drenaje de cobre estañado de 7 x 0,4mm. Ø (0,75 mm ²)
PAR DE COMUNIC.	No lleva	COLOR	---
CUBIERTA INTERNA	PVC 90° C. Tipo ST2 (4) Espesor 1mm. (6)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. Recocido galvanizado (AISI 1006) de 0,6 mm.Ø. Cobertura 90%		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 90° C, Tipo ST2 (4) Espesor 1.2 – 1.4mm. (6)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
DIAMETROS	EXTERIOR: 13 –13.5mm. (3)		B. ARMADURA:
IDENTIFICACION		MARCAS CABLE	Numerado cada metro
PRESAESTOPAS			

Cuadro 5.1: Cable Individual (1 par)

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1 ,5 KV (300 V)
- (2) R: 12.1 OHM/Km. Capacidad máxima: 190 nF/Km. Inductancia máx. 1.3 mH/Km.
- (3) En caso de necesitarse se añadirá otro hilo adicional de 1.5mm², con aislamiento amarillo/verde (A/V) para igualación de potencial.
- (4) Según UNE 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC STD/030S).
- (5) Según UNE 21.022 (IEC 228)
- (6) Según UNE 21.123 /BS 5908, P2.
- (7) Si no se indica otra en la requisición. será del tipo no propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (8) Para controles, ensayos y documentación, Ver ENP-J-4, Pág. 41 y 42.

CODIGO	CUADRO – Nº 2		
SERVICIO	Señales de termopares (seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	Cables de extensión 6-12-24 Pares
CONDUCTORES	Según tipo de termopar (Ver 4.2.2.1) Hilo único (0,80mm.Ø) (0,5 mm ²) (2)		
AISLAMIENTO	PVC 105° C. Tipo (3) Espesor 0,5mm. (1)	COLOR	Según ANSI C.96.1 (Ver 4.2.2.1)
TRENZADO PAR	Paso de 50mm.	TRENZADO GLOBAL	Mínimo 4 espiras/m.
PANTALLA INDIVIDUAL	Cinta alum./mylar de 0,032mm. (0,009+0,023). Cobertura 100%	PANTALLA GLOBAL	Cinta alum./Mylar do 0,032mm (0,009+0,023) Cobertura 100%, solape 25%
	Hilo de drenaje de cobre estañado de 7 x 0,4mm.Ø (0,75 mm ²)		Hilo de drenaje de cobre estañado de 7 x 0,4mm.Ø (0,75 mm ²)
PAR DE COMUNIC. (6)	2 x 0,5 mm ² Formación 7x 0,3mm. Ø Aislam. PVC 0,4mm.Ø	COLOR	Blanco
CUBIERTA INTERNA	PVC 105° C. Tipo (3) Espesor 1-1-1,2mm. (4)	COLOR	Igual a cubierta exterior (SIN BANDA)
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1000) de 0,8mm. Ø cobertura 90% con contra espira de fleje		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 105° C, Tipo (3) Espesor 1,8-2-2,2mm (4)	COLOR	Azul claro (RAL 5015) Con banda longitudinal (Color S/ ANSI MC 96.1)
DIAMETROS	EXTERIOR: 18,5-23, 28,5mm.		B. ARMADURA:
IDENTIFICACIÓN PRESAESTOPAS	Cada. Conductor de cada par cada 300mm.	MARCAS CABLE	Numerado cada metro

Cuadro N. 5.2: Señales analógicas de bajo nivel termopares (seguridad intrínseca)

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1,5 KV (300)
- (2) R: según tipo (Tipo K: 2033 Ohm/lazo). Capacidad máxima 150 nF/Km. Inductancia máx.: según tipo (K; 3mH/Km).
- (3) Según UNE 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC STD/030S).
- (4) Según UNE 21.123 / BS 530B, P2.
- (5) Si no se indica otra cosa en la requisición será del tipo no propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (6) No lleva si no se requiere expresamente.
- (7) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4, Pág. 41 y 42.

Alimentaciones (24Vdc, 110V/ 60 Hz., 220V/60Hz.).

CODIGO	CUADRO - Nº 3		
SERVICIO	Alimentaciones electro válvulas (24Vdc, 110V/ 60 Hz., 220V/380V/ 60 Hz.)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	2 conductores (9) 1,5 – 2,5 - 4 - 6 - 10mm ² (4)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación, Clase 2 - (7 hilos) (3)		
AISLAMIENTO	PVC Tipo A (2) (4)	COLOR	(4)
TRENZADO PAR	No (paralelo)	TRENZADO GLOBAL	No
PANTALLA INDIVIDUAL	No lleva	PANTALLA GLOBAL	No lleva
PAR DE COMUNIC.	No lleva	COLOR	
CUBIERTA INTERNA	PVC 80° C. Tipo ST2 (2) Espesor (4)	COLOR	Estanca (S/REBT, MIBT 026) Negro
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1006). Cobertura 90% (4)		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 80° C, Tipo ST2 (2) Espesor (4)	COLOR	Negro
DIAMETROS	EXTERIOR: (4)		B. ARMADURA: (4)
IDENTIFICACIÓN		MARCAS CABLE	Numerado cada metro (4)
PRENSAESTOPAS			

Cuadro N. 5.3: Cable Individual.

Notas:

- (1) Tensión nominal 1 KV (tensión de prueba 3.5 KV)
- (2) Según UNE: 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, AH, S/INITEC, STD/030S)
- (3) Según UNE 21.022' (IEC 228)
- (4) Según UNE 21.123 (IEC 502)
- (5) En general, según UNE.
- (6) Si no se indica otra cosa en la requisición, será del tipo no propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (7) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4. Pág. 41 y 42.

Alimentaciones, mando control v señalización (110Vdc, 110V/60 Hz, 220/380V / 60Hz.)

CODIGO	Cuadro - Nº 4		
SERVICIO	Alimentaciones, electro válvulas, mando control y señalización (24Vdc, 110V / 60 Hz., 220V /60 Hz.)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	Multipolar (nº de Cond.) (nº de Cond. 6, 12 y 24) 1,5 - 2,5 mm ² (5)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación Clase 2 (7 hilos) (7 x 0,5mm. Ø) o (7 x 0,67mm.Ø)		
AISLAMIENTO	PVC Tipo A (2) Espesor 0,8mm. (1)	COLOR	Negro
TRENZADO PAR	No lleva	TRENZADO GLOBAL	Coronas concéntricas Mínimo 4 espiras/m
PANTALLA INDIVIDUAL	No lleva	PANTALLA GLOBAL	No lleva
PAR DE COMUNIC. (7)	2 x 0,5 mm ² Formación 7 x 0,3mm.Ø Aislam. PVC 0.4mm.	COLOR	Blanco
CUBIERTA INTERNA	PVC 80° C. Tipo ST2 (2) Espesor 1-1,2-1,4mm. (4)	COLOR	Estanca (S/REBT-MIBT 026)
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1006) con contraespira de fleje (4).		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 80°C, Tipo ST2 (2) Espesor 1,2 - 2,2mm (4)		Negro
DIAMETROS	EXTERIOR: (4)		B. ARMADURA: (4)
IDENTIFICACION	Todos los conductores numerados cada 300mm.	MARCAS CABLE	Numerado cada metro (4)
PRENSAESTOPAS			

Cuadro 5.4: Cable multipolar.

Notas:

- (1) Tensión nominal 1 KV (tensión prueba 3,5 KV)
- (2) Según UNE 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC STD/030S)
- (3) Según UNE 21.022 (IEC 228).
- (4) Según UNE 21.123 (IEC 502).
- (5) En general, según UNE.
- (6) Si no se indica otra cosa en la requisición, será de tipo no propagador de incendio según UNE ,421 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (7) No lleva si se quiere expresamente.

(8) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4 Pág. 41 Y 42.

Señales analógicas de bajo nivel, termo resistencias. (Seguridad intrínseca)

CODIGO	CUADRO - Nº 5		
SERVICIO	Señales de termo resistencias de 3 hilos. (Seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	3 Conductores (3)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación Clase 2 . (7 x 0,53mm.Ø) (1,5 mm ²) (2) (5)		
AISLAMIENTO	PVC 90° C. Tipo A (4) Espesor 0,5mm. (1)	COLOR	Azul- Negro - Rojo
TRENZADO TERNA	Paso de 50mm.	TRENZADO GLOBAL	---
PANTALLA INDIVIDUAL		PANTALLA GLOBAL	Cinta alud./Mylar de 0,032mm. (0,009+0.023) Cobertura 100% solape 25%
			Hilo de drenaje de cobre estañado de 7 x 0,1mm. Ø. (0,75 mm ²)
PAR DE COMUNIC.	No lleva	COLOR	---
CUBIERTA INTERNA	PVC 90° C. Tipo ST2 (4) Espesor 1mm. (7)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1000) de 0,6mm. Cobertura 90%		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 90° C, Tipo ST2 (4) Espesor 1,4mm. (7)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
DIAMETROS	EXTERIOR: 13,5-14mm. (3)		B. ARMADURA:
IDENTIFICACIÓN		MARCAS CABLE	Numerado cada metro
PRENSAESTOPAS			

Cuadro 5.5: Cable individual (1 terna)

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1.5 KV (300 V).
- (2) R: 12.1 Ohm./Km. Capacidad máxima: 190 nF/Km. Inductancia máx. 1.3 mH/Km.
- (3) En caso de necesitarse se añadirá otro hilo adicional de 1,5 mm², para Igualación de potenciales (A/V).
- (4) Según UNE 21.111-21.170 (y resistente a hidrocarburos. RH, S/INITEC STD/030S)
- (5) Según UNE 21.022 (IEC 228).
- (6) Si no se indica otra cosa en la requisición, será del tipo no propagador de Incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (7) Según UNE 21.123/BS 5908, P2.
- (8) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4, Pág. 41 y 42.

Señales analógicas de bajo nivel Termo resistencias. (Seguridad intrínseca)

CODIGO	CUADRO - Nº 6		
SERVICIO	Señales de termo resistencias de 3 hilos (seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	Multiterna (6-12-24 temas)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación Clase 2 - (7 X 0,30mm.Ø.) (0,5 mm ²) (2) (4)		
AISLAMIENTO	PVC 90° C. Tipo A (3) Espesor 0,5mm. (1)	COLOR	Azul- Negro – Rojo
TRENZADO TERNA	Paso de 50mm.	TRENZADO GLOBAL	Mínimo de 4 espiras/m.
PANTALLA INDIVIDUAL	No lleva	PANTALLA GLOBAL	Cinta alum./ Mylar de 0,032mm (0,009+0,023) Cobertura 100%. solape 25%
PAR DE COMUNIC. (7)	2 x 0,5 mm ² . Formación 7 x 0,3mm. Ø. Aislarn. PVC 0.4mm.	COLOR	Blanco
CUBIERTA INTERNA	PVC 90° C. Tipo 612 (3) Espesor 1-1,2mm. (5)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
ARMADURA	Corona de hilos de AG. recocido galvanizado (AISI 1000) de 0,8mm.Ø Cobertura 90% con contra espira de fleje.		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 90° C, Tipo ST2 () Espesor 1,8-2-2,2mm. (5)	COLOR	Azul claro (RAL 5015}
DIAMETROS	EXTERIOR: 22,5 - 27 - 35mm.		B. ARMADURA:
IDENTIFICACIÓN	Cada conductor de cada Tema, cada 300mm.	MARCAS CABLE	Numerado cada metro
PRENSA ESTOPA			

Cuadro 5.6: Cable multiterna.

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1,5 KV (300 V).
- (2) R: 36 Ohm/Km. Capacidad máxima 150 nF/Km. Inductancia máx. 1,3 mH/Km.
- (3) Según UNE 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC STD/030S).
- (4) Según UNE 21.022 (IEC 228).
- (5) Según UNE 21.123/BS 5308, P2.
- (6) Si no se indica otra cosa en la requisición, será del tipo no propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (7) No lleva si no se requiere expresamente.
- (8) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4, Pág. 41 Y 42.

Señales analógicas de alta nivel (40- 20mA, 24Vdc.) (no seguridad intrínseca)

CODIGO	CUADRO - Nº 7		
SERVICIO	Señales 4-20mA. 24Vdc. (no seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo. en bandeja	TIPO	2 Conductores
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar, R = 12,10hm/km, Formación Clase 2 - (7 x 0,53mm. Ø) (1,5 mm ²) (3)		
AISLAMIENTO	PVC 90° C. Tipo A (2) Espesor 0,5mm. (1)	COLOR	Azul – Negro
TRENZADO PAR	Paso de 50mm.	TRENZADO GLOBAL	
PANTALLA INDIVIDUAL	No lleva	PANTALLA GLOBAL	Cinta alud. / Mylar de 0,032mm. (0,009+0,023) Cobertura 100% solape 25%
PAR DE COMUNIC.	No lleva	COLOR	Hilo de drenaje de cobre estañado de 7 x 0,4mm. Ø (0,75 mm ²)
Cubierta INTERNA	PVC 90° C. Tipo ST2 (2) Espesor 1mm. (4)	COLOR	Gris claro
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1006) de 0,6mm. Ø. Cobertura 90%		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 90° C, Tipo ST2 (2) Espesor 1,2mm. (4)	COLOR	Gris claro (RAL 7031)
DIAMETROS	EXTERIOR: 13mm.		B. ARMADURA:
IDENTIFICACION		MARCAS CABLE	Numerado cada metro
PRESAESTOPAS			

Cuadro 5.7:Cable individual (1 par)

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1,5 KV (300 V)
- (2) Según UNE 21.117.21,170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC, STD/030S)
- (3) Según UNE 21.022 (IEC 228).
- (4) Seguin UNE 21. 123/BS 5308, P2.
- (5) Si no se indica otra cosa en la requisición será del tipo no propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (6) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4, Pág. 41 Y 42.

Señales analógicas de alto nivel (4 - 20mA, 24Vdc) (no seguridad intrínseca)

CODIGO	CUADRO - Nº 8		
SERVICIO	Señales 4 – 20mA, 24Vdc. (No seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	Multipar (6-12-24 pares)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación Clase 2 - (7 X 0,30mm. Ø) (0,5 mm ²) (3)		
AISLAMIENTO	PVC 90° C. Tipo A (2) Espesor 0,5mm. (1)	COLOR	Azul - Negro
TRENZADO PAR	Paso de 50mm.	TRENZADO GLOBAL	
PANTALLA INDIVIDUAL	No lleva	PANTALLA GLOBAL	Cinta alum./Mylar de 0,032mm. (0,009+0,023) Cobertura 100% solape 25%
			Hilo de drenaje de cobre estañado de 7 x 0.4mm.Ø (0,75 mm ²)
PAR DE COMUNIC. (6)	2 x 0.5mm ² . Formación 7x 0,3 mm. Ø Aislarn. PVC 0,4mm.	COLOR	Blanco
CUBIERTA INTERNA	PVC 90° C. Tipo ST2 (2) Espesor 1 - 1,2mm. (4)	COLOR	Gris claro
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1006) de 0,8mm. Ø. Cobertura 90%.		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 90° C, Tipo ST2 (2) Espesor 1,8-2-2, 2mm (4)	COLOR	Gris claro (RAL 7031)
DIAMETROS	EXTERIOR: 18,5-23-28,5mm		B. ARMADURA:
IDENTIFICACION	Cada conductor de cada Par, cada 300mm.	MARCAS	Numerado cada metro
PRENSAESTOPAS		CABLE	

Cuadro 5.8: Cable multipar.

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1,5 KV (300 V).
- (2) Según UNE 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC STD/030S)
- (3) Según UNE 21.022 (IEC 228).
- (4) Según UNE 21.123 / BS 5308, P2.
- (5) Si no se indica otra cosa en la requisición, será del tipo no Propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (6) No lleva si no requiere expresamente.
- (7) Para controles, ensayos y documentación, ver ENP-J-4, Pág. 41 Y 42.

Señales analógicas de alto nivel (40 - 20 mA. 24 Vdc. Seguridad intrínseca).

CODIGO	CUADRO - Nº 9		
SERVICIO	Señales 4-20 mA, 24 Vdc. (seguridad intrínseca)		
CAMINO	Aéreo, en bandeja	TIPO	Multipar (6-12-24 pares)
CONDUCTORES	Cobre electrolítico recocido sin estañar Formación Clase 2 - (7 X 0,30mm. Ø) (0,5 mm ²) (2) (4)		
AISLAMIENTO	PVC 90°C. Tipo A (3) Espesor 0,5mm. (1)	COLOR	Azul - Negro
TRENZADO PAR	Paso de 50mm.	TRENZADO O GLOBAL	Mínimo 4 espiras/m
PANTALLA INDIVIDUAL	No lleva	PANTALLA GLOBAL	Cinta alum./Mylar de 0,032 mm (0,009+0,023) Cobertura 100%, solapa 25%
PAR DE COMUNIC. (7)	2 x 0,5 mm ² Formación 7 X 0,3mm.Ø Aislam. PVC 0,4mm.	COLOR	Blanco
CUBIERTA INTERNA	PVC 90° C. Tipo ST2 (3) Espesor 1-1-1,2mm. (5)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
ARMADURA	Corona de hilos de Ac. recocido galvanizado (AISI 1006) de 0,8mm. Ø. Cobertura 90% con contra espira de fleje.		
CUBIERTA EXTERIOR	PVC 90° C, Tipo ST2 (3) Espesor 1,8-2-2,2mm (5)	COLOR	Azul Claro (RAL 5015)
DIAMETROS	EXTERIOR: 18,5-23-28,5mm		B. ARMADURA:
IDENTIFICACIÓN	Cada conductor de cada par, cada 300mm.	MARCAS CABLE	Numerado cada metro
PRESAESTOPAS			

Cuadro 5.9: Cable multipar.

Notas:

- (1) Grado de aislamiento 1,5KV (300 V)
- (2) R: 35 Ohm/Km. Capacidad máxima: 150 nF/Km. Inductancia máx. 1,3 mH/Km.
- (3) Según UNE 21.117-21.170 (y resistente a hidrocarburos, RH, S/INITEC STD/030S).
- (4) Según UNE 21.022 (IEC 228).
- (5) Según UNE 21.123/ BS 5308, P2.
- (6) Si no se indica otra cosa en la requisición, será del tipo no propagador de incendio según UNE 20.427 (UNE 20.432, P3C, opcionalmente).
- (7) No lleva si se requiere expresamente.
- (8) Para controles, ensayos y documentación. ver ENP-J-4, Pág. 41 y 42.

5.5 Disponibilidad del sistema (Redundancia)

5.5.1 Requerimientos de redundancia y seguridad

El suministrador deberá proveer los siguientes requerimientos de seguridad y redundancia para el sistema de control:

Paneles de control y HMI deberán tener los siguientes requerimientos:

1. Una simple falla del procesador no afectara la operación del sistema.
2. Todos los paneles de suministro de energía deberán tener respaldo ya sea por redundancia de batería. Los componentes redundantes serán alimentados desde fuentes separadas
3. El acceso al programa del PLC será limitado por Password de acceso o keyed switch
4. La comunicación será redundante
5. La interfase con terceros sistemas no redundantes será por cable serial
6. El alojamiento deberá estar protegido
7. La falla de la estación de trabajo no afectara otro dispositivo conectado al sistema de comunicación
8. El suministrador deberá asegurar que la falla de cualquier dispositivo, incluyendo terceros no causara una falla o un evento no controlado en cualquier otro dispositivo del sistema
9. Sobre la perdida de energía la lógica del programa deberá prever un reset para reiniciar y seleccionar los motores eléctricos mientras se recupera la energía de 380 VAC de suministro
10. El acceso al sistema será vía tres niveles de seguridad
 - ✓ Ingeniero.- Acceso a todos los sistemas de configuración, parámetros de programación y operación.
 - ✓ Supervisor.- Acceso a todos los parámetros configurables de operación.
 - ✓ Operador.- Acceso a todos los parámetros de operación.
11. El procesador del PLC deberá tener una batería de respaldo y una memoria (RAM) para prever perdida del programa.
12. El Sistema deberá tener la habilidad o la capacidad para permitir modificaciones en línea de la lógica escalera sin interrupción del sistema de operación.

5.6 Alimentación eléctrica, SAI, fallo eléctrico, tierra del sistema

5.6.1 Objeto

La presente especificación abarca las consideraciones técnicas mínimas que se deberán cumplir para el suministro de un sistema Ininterrumpido de energía (UPS).

5.6.2 Referencia

Se usarán las siguientes normas:

- ✓ National Electric Code (NEC).
- ✓ Código Nacional de Electricidad del Perú.

- ✓ National Electrical Manufacturer Association (NEMA).

5.6.3 Descripción del sistema

El sistema Ininterrumpido de energía (UPS) es un equipo que proporcionará permanentemente una tensión alterna sinusoidal correctamente filtrada y estabilizada aun en caso de corte de la red o en caso de microcorte u oscilaciones que puedan perjudicar el correcto funcionamiento de la carga conectada.

5.6.4 Requerimientos

Funcionales y de Protección

El sistema deberá cumplir con los siguientes requerimientos fundamentales de protección:

1. Protección contra descargas eléctricas y sobre tensiones.
2. Aislamiento, esto significa que la línea de salida neutra estará conectada a tierra para eliminar el ruido eléctrico.
3. Regulación de tensión, ya que todo equipo electrónico funcionará mejor, más eficientemente y con mayor habilidad si es alimentado por una fuente de alimentación regulada.
4. Energía ininterrumpida, no se deberá producir ningún corte en la energía eléctrica, aun cuando el sistema se transfiere a la batería.
5. El UPS deberá proporcionar una salida de onda sinusoidal.

Configuración:

El sistema UPS básicamente deberá estar conformado por:

- ✓ Rectificador – Cargador.
- ✓ Inversor Estático.
- ✓ Interruptores Estáticos.
- ✓ Banco de Baterías.

Rectificador - Cargador:

El rectificador - cargador deberá estar constituido básicamente por:

1. Transformador de Entrada: Transformará la tensión de la red a la tensión requerida por el equipo al mismo tiempo que separa galvánicamente la red de equipo.
2. Rectificador por fuente de conmutación a tiristores total controlado, que efectúa la rectificación y regulación de la tensión en continua.
3. Sistema lógico en forma de tarjetas electrónicas enchufables que efectúen el gobierno del puente de conmutación así como el control de la tensión de red y sentido de giro de las fases de la misma.
4. Filtros de salida a base de condensadores electrolíticos y choques.
5. Shunt para realizar la medición y en consecuencia la limitación de la intensidad máxima de salida.

6. El rectificador - Cargador deberá ser de estado sólido, con circuitos de control de tensión constante, trifásico con tensión de entrada de 220 VAC.
7. Deberá ser capaz de entregar una sobrecarga de corriente mínima del 25% de la corriente nominal, sin sufrir deterioro alguno y contar con un transformador de aislamiento del tipo seco.
8. Además deberá incluir un interruptor automático de entrada que permita desconectar el equipo así como protegerlo de sobrecargas.

Inversor Estático:

El inversor deberá estar básicamente conformado por:

- ✓ Sistema electrónico del inversor.
- ✓ Puente de conmutación.
- ✓ Interruptor estático tiristorizado del inversor, cuya función será conectar la carga con el inversor.

El inversor deberá ser capaz de entregar la potencia y tensión de salida, en las condiciones especificadas y a cualquier tensión que entreguen las baterías dentro de su rango de operación.

La tensión de salida no deberá variar en 1% operando entre 10°C y 50°C y con variaciones de carga entre 0% y 100% y con la máxima variación de tensión que entregue la barra de corriente continua.

La frecuencia de corriente alterna que entregará el inversor no deberá tener una variación mayor de 0.25% de los 60 c/s nominales para las mismas condiciones de operación ubicadas en la estabilidad de tensión.

El inversor deberá ser capaz de entregar una sobre carga de 25% por un tiempo mínimo de 10 minutos.

Interruptores Estáticos.

Como parte integrante del inversor, este deberá con interruptores estáticos que consisten en un circuito electrónico de estado sólido, de transferencia automática de la carga, con una interrupción no mayor de $\frac{1}{4}$ ciclo de corriente alterna.

Interruptor Estático - By Pass:

El sistema deberá contar con interruptor estático By-Pass con el fin de conmutar la red con la carga en caso de avería o insuficiencia del inversor.

En este caso el sistema lógico procederá a la desconexión y a la conexión del interruptor estático del By-Pass alimentando a partir de este momento la carga directamente de la red de operación sólo podrá realizarse si existe sincronismo entre inversor y red ya que en caso contrario se establecería un corto circuito.

Banco de Baterías.:

Para asegurar la continuidad de servicio, el sistema UPS, deberá contar con un Banco

de Baterías incorporado (En gabinete aparte) constituido por un número adecuado de celdas selladas plomo-ácido.

El banco de baterías deberá suministrar al inversor la corriente continua en los periodos de ausencia de red y debe ser dimensionada para garantizar el suministro de energía necesaria para la alimentación de la carga. Siendo su autonomía de 60 minutos como máximo en la mayoría de los casos.

5.7 Sala de control, subsistemas de comunicación

5.7.1 General

Los edificios de control podrán ser de una o dos plantas, según su tamaño y la disponibilidad de espacio existente.

- a) El edificio tendrá forma de caja, sin huecos interiores ni grandes retranqueos en el exterior.
- b) Las zonas de ordenador, sala de control y sala de racks, se diseñarán pensando en posibles ampliaciones futuras.
- c) Los edificios Categorías 0 y 1 no llevarán ventanas al exterior. En los de Categ. 2 se minimizarán teniendo en cuenta que no deben sobrepasar los 0,0065 m² por m³ de edificio y se situarán en fachadas opuestas a los puntos de riesgo.
- d) Para mejorar la ergonomía de los puestos de trabajo se tendrán en consideración las recomendaciones de la norma ISO11064-3 Parte 3 en la distribución interior.

5.7.2 Distribución de espacios

Planta baja

- a) Las zonas de Planta baja estarán formadas por las siguientes salas :
 1. Sala de control.
 2. Sala de racks.
 3. Sala de ordenadores.
 4. Despachos de Jefes de turno.
 5. Taller de instrumentación (aprox. 10 m²).
 6. Sala de máquinas de aire acondicionado (puede estar en planta alta)
- b) Al lado de las Salas de Control y Racks, se dispondrá espacio para situar los sistemas de extinción de incendios con FM200, FE13 u otros agentes de características similares.

Planta alta

En esta planta se ubicarán preferentemente las siguientes dependencias:

- ✓ Despachos jefes de planta.
- ✓ Despachos técnicos de operación.
- ✓ Despachos técnicos de proceso.
- ✓ Sala de reuniones.
- ✓ Aseos femeninos y masculinos.
- ✓ Vestuario (si es necesario).

- ✓ Comedor.
- ✓ Otras dependencias.

Los equipos de alimentación ininterrumpida SAI, se situarán en la planta baja del edificio de Control, excepto cuando se indique que su ubicación será la subestación eléctrica. Los aseos, no podrán situarse en la vertical de las salas ocupadas por equipos electrónicos, rack de ordenadores, consolas, etc. para evitar el riesgo de fugas de agua.

5.7.3 Puertas

1. La entrada al edificio de Control por la puerta principal estará situada lo más alejado posible de los puntos de riesgo y llevará además puerta de cierre de aire intermedia de las mismas características, separadas entre si 2.20 m.
2. Se colocarán puertas dobles de entrada y salida de equipos comunicadas directamente con el exterior en la sala de Racks. La Sala de Control y de Racks estarán comunicadas directamente con puerta de dos hojas, siempre que sea posible. Cuando no lo sea, la sala de control dispondrá, al igual que la sala de racks, de puerta doble para paso de equipos, directamente comunicada con el exterior. Las puertas al exterior, requeridas por los párrafos anteriores tendrán también la consideración de puertas de emergencia, por lo que irán dotadas de los dispositivos adecuados. El cuarto del SAI estará próximo a la Sala de Racks, en el caso de ubicarse en este edificio.
3. La sala de máquinas del sistema de aire acondicionado tendrá puerta doble al exterior, para paso de equipos, salvo que se pueda aprovechar la existente en sala de racks, por su cercanía, para esta función. En el caso de que la sala de máquinas este en piso superior se preverá la puerta doble de paso al exterior con plataforma que facilite la entrada de los equipos.
4. La planta superior deberá disponer de puerta de emergencia, situada en oposición al tiro de escaleras de acceso.
5. La sala de ordenador y oficinas de jefes y turno, se comunicarán directamente con la Sala de Control, con separación de paneles acristalados.
6. Todas las puertas al exterior del edificio serán metálicas con apertura hacia el exterior por medio de cerradura antipánico. Las puertas cerrarán contra marcos metálicos en todo su contorno, anclados al hormigón, y soldados en las esquinas. Las puertas, marcos y anclajes al hormigón serán capaces de soportar las cargas estáticas siguientes:
 - ✓ Edificios categoría 0 ,17,5 psi (hacia dentro) 4 psi (hacia afuera).
 - ✓ Edificios categoría 2 3 psi (hacia dentro) y 2 psi (hacia afuera) Para los edificios categoría 3, las puertas exteriores serán metálicas para uso industrial pesado, con anclajes al suelo, muros y dintel.
7. Las puertas metálicas estarán selladas por medio de juntas de goma para ser estancas a la presión interna de aire acondicionado.

8. Las puertas de acceso de equipos a Sala de Control y de racks, tanto exteriores como interiores tendrán una altura mínima libre de 3 m. y anchura de 2 m.
9. Las jambas, serán reforzadas en los pernos y en el alojamiento de las cerraduras.
10. Las puertas interiores fuera de las áreas principales podrán ser de madera, excepto la del cuarto del Sistema de extinción de incendios, aire acondicionado, SAI, etc., que serán metálicas contra incendios.
11. El resto de puertas en mamparas de separación serán de la misma calidad que éstas.

5.7.4 Falsos techos

- a) Los falsos techos colgados deberán consistir en baldosas acústicas de alta calidad, de color blanco, metálica en aluminio o fibra mineral. Las baldosas deberán ser resistentes al fuego RF-60 y tendrán cualidades termoacústicas. Deberán ser libres de amiantos. A menos que se exprese otra cosa en los planos, deberán ser utilizadas losetas perforadas de 625 x 625 x 30 cm. tipo soundex o similar. En la sala de control se podrán colocar losetas metálicas tipo STAFF DELTA o similar.
- b) Las losetas se colgarán con perfiles de acero galvanizado, de forma adecuada para evitar su caída ante una explosión exterior.
- c) La altura libre al falso techo será 3 m. mínimo.
- d) El espacio libre entre falso techo y el forjado será usado para instalar tuberías, conductos de aire acondicionado y pantallas de iluminación empotradas. Así mismo este espacio podrá ser usado como plenum para circulación de aire de retorno.

5.7.5 Suelo y falsos suelos

- a) El nivel de suelo de la planta baja estará a 600 m/m. aproximadamente, sobre el terreno exterior al edificio de Control.
- b) El nivel del forjado de hormigón o solera de la planta baja no estará por debajo del nivel del terreno exterior al edificio de Control.
- c) Se dispondrá falso suelo de placas de 600 x 600, tipo KURKO o similar en la sala de racks, sala de control, sala de ordenadores, sala del SAI (si va ubicado en este edificio) y sala de máquinas del aire acondicionado (si se ubica en la planta baja). La altura libre a la solera será de 600 mm.
- d) La sobrecarga admisible en los falsos suelos desmontables será de 1.200 kg/m².
- e) El acabado de las placas de falso suelo será ignífugo M1, con una resistencia al fuego RF-60, revestidos los paneles inferiormente con hoja de aluminio y acabados con revestimientos cerámicos o pétreos.
- f) Todas las patas soportes de falso suelo serán pegadas o sujetas al forjado o solera de la planta baja para evitar su movimiento.
- g) El acabado de suelos de aseos, comedor, caja escalera, etc., será de placas de cerámica de 300 x 300, de Gres de primera calidad, colores no demasiados claros.

- h) La sobrecarga de forjado en planta primera será de 500 kg/m^2 , excepto en Cuarto de Aire Acondicionado y Archivo, que será de 1.000 Kg/m^2 .
- i) La sobrecarga de forjado de cubierta será de 300 kg/m^2 , para cubrir una futura necesidad de carga adicional.

5.7.6 Divisiones interiores

Las fachadas del edificio estarán formadas por un cerramiento y llevará por su cara interior una cámara de aire construida con ladrillo hueco doble de 8 cm. de espesor, rellena con planchas de poliestireno extruido y barrera de vapor.

La distribución de dependencias en planta baja se realizará de la siguiente forma:

- a) Se utilizarán tabiques de fábrica de ladrillo hueco doble, de 8 cm. de espesor, (tabicón), para la construcción de las zonas de comedor, cuarto de sistemas de extinción, aseos y sala de racks.
- b) Los tabiques de sala de control y de ordenadores, se realizarán con ladrillo hueco doble de 12 cm. de espesor, y acristalamiento a partir de 1 m. de altura. La carpintería será metálica empotrada en la fábrica de ladrillo.
- c) La distribución interior se realizará compartimentando los distintos espacios de las zonas de oficina y sala de ordenadores mediante mamparas resistentes al fuego RF-30 realizadas con 2 planchas de yeso de 12,5 mm. de espesor cada una con carpintería de perfil de aluminio y acristalamiento a partir de 1 m. de altura que cumplirá con las especificaciones del punto 5.7.
- d) En los edificios de control para Categoría 0 y 1 se evitarán al máximo las mamparas con cristalerías, por lo que los tabiques referidos en b) y c) se realizarán totalmente de obra.

La distribución de dependencias en planta primera se realizará de la siguiente forma:

- a) La caja de escalera y vestíbulo de entrada en planta baja será de ladrillo macizo de un pie de espesor.
- b) El cuarto de máquinas de aire acondicionado, vestuarios y aseos será de ladrillo hueco doble de 8 cm. de espesor (tabicón). El resto de dependencias, como despachos salas de reuniones, archivo, etc.

5.7.7 Acristalamiento

- a) Todo el acristalamiento interior de los edificios de control estará realizado con doble luna de vidrio de seguridad STADIP 95/2 (6 mm espesor) tipo CONTRAFLAM o similar.
- b) Para los edificios de Categoría 2 y 3 que requieran ventanas exteriores, la luna exterior está formada a su vez por 3 lunas STADIP de 23 mm. de espesor total con un nivel de cualificación A-00 (según O.M. Ministerio de Industria y Energía de 13.3. 86). Las dimensiones de cristales serán no mayores de 1 m^2 por panel.

5.7.8 Carpintería exterior

En el caso de edificios de categoría 2 y 3 que dispongan ventanas exteriores la

carpintería de ventanas deberá ser blindada, realizada con perfil de aluminio extruído según Norma UNE 38.337 con aleación 6063-T5 acabado anodizado o lacado de la marca TECHNAL referencia PTS, o similar.

5.7.9 Cables y tuberías de servicio

- a) Todas las tuberías y cables eléctricos entrarán y saldrán del edificio de Control por medio de zanjas enterradas. Todas las penetraciones en general al edificio serán selladas con un revestimiento clasificado M1 resistente al fuego RF-180 y que además será estanco al agua, vapores y líquidos de hidrocarburos. El revestimiento no contendrá disolventes ni emitirán gases tóxicos. En las penetraciones de tuberías se utilizarán collarines de cierre compuestos por material a base de resinas termoplásticos con pigmentos retardadores impermeables al vapor y aceite marca PROMASTOP, ó similar. Para tuberías de diámetros 110 mm los collarines irán dotados de un cojinete basculante que contendrá una hoja metálica de tal forma que en caso de incendio, la espuma intumescente de que va dotado el collarín fuerce a la aleta metálica hacia el hueco de la pared cerrándolo.
- b) Cuando las tuberías y cables eléctricos pasen de unas zonas a otras diferentes con diferente sistema de ventilación, se sellarán las entradas con el sistema de sellado FC-225 de CHEMTROL o con el sistema PROMASTOP de PROMAT, para aportar una resistencia al fuego RF-120. Igualmente, se realizarán en las entradas y salidas en cuarto de sistemas de extinción y en zonas protegidas contra incendios.
- c) Se evitarán las tuberías de agua por debajo del falso suelo, excepto en casos especiales, que habrá que protegerlas por medio de canales con drenaje.
- d) Todos los drenajes sanitarios descargarán a arquetas sifónicas dentro del edificio, debajo del forjado de planta baja, convenientemente sellada, para evitar pérdidas de presión y entrada de malos olores dentro del edificio. Esta arqueta se comunicará con otra exterior con tapa de hormigón, y tapa de registro metálica, sellada y protegida contra explosión.
- e) Se evitarán tuberías de agua, drenajes, etc., encima de las salas de racks, ordenadores y control y en general donde puedan existir equipos electrónicos.

5.7.10 Acabados interiores

- a) Todos los aseos y vestuarios, estarán alicatados hasta el falso techo, con plaqueta cerámica de gres de 20 x 20 cm. color hueso. El cuarto de instrumentación se alicatará hasta 1,20 m de altura.
- b) Las paredes de las salas de racks, cuarto de sistemas de extinción de incendios, SAI, aire acondicionado serán enfoscadas con mortero de cemento maestreado y fratasado y acabadas con pintura plástica de color blanco. Se dispondrá rodapie de madera en falsos suelos y de cerámica de Gres en suelos de cerámica.
- c) El resto de los espacios del edificio de control, como son sala de control, ordenadores, oficinas, etc. se revestirá la cara interior de los cerramientos de fachada y las divisiones

interiores con uno de los siguientes sistemas:

- ✓ guarnecido de yeso negro y enlucido de yeso blanco terminado con pintura plástica acabado gotelé con gota fina color a elegir.
 - ✓ Breles de tablero aglomerado hidrófugo e ignífugo acabado con laminados a base de polimeros sometidos a alta presión y alta temperatura de la marca FORMICA, POLYREY o similares que serán ignífugos M-1.
- d) El interior de la sala de control será objeto de un estudio ergonómico, por parte del contratista de Ingeniería de Detalle considerando la disposición de pantallas y puestos de operación, su iluminación y ambientación interior, recogiendo los requerimientos del Real Decreto 488/97.
- e) Se realizará un proyecto de señalización de acuerdo con los requerimientos del Real Decreto 485/97.

5.7.11 Acabados exteriores

Las fachadas del edificio de control podrán estar formadas por uno de los siguientes tipos de cerramiento:

- a) Edificio de control Categoría 0, 1 y 2. El cerramiento de planta baja y alta formará parte de la estructura portante del edificio y será de hormigón armado.
- b) Edificio de control. Categoría 3. Tanto el cerramiento de planta baja como de la primera se podrá realizar en fábrica de ladrillo perforado visto de color rojo liso de 1/2 pie de espesor, sistema de muro cortina o bloques prefabricados de hormigón a cara vista.

En cada centro industrial pueden existir revocos exteriores normalizados para todos los edificios de control que deberán utilizarse en los nuevos proyectos para asegurar la homogeneidad estética con las obras existentes.

5.7.12 Sistema de ventilación y aire acondicionado

- a) Todos los edificios de control de categorías 0, 1 y 2 se mantendrán a una presión positiva de 5 mm c.a.
- b) En dependencias donde no exista presencia humana permanente como vestíbulos, cuarto de sistemas de extinción, aseos, caja escalera, archivos, cuarto de máquinas de aire acondicionado, cuarto de limpieza, se preverá únicamente ventilación.
- c) Se dispondrá aire acondicionado en el resto de las zonas de planta baja y planta alta, donde exista presencia humana, o equipos con disipación de calor.
- d) Se preverán al menos dos sistemas de aire acondicionado independientes, uno para la sala de racks, sala de SAI y ordenador, y otro de confort para el resto del edificio. El sistema para sala de racks, SAI y ordenadores constará de dos máquinas del 100% de capacidad (una en funcionamiento y otra en reserva) entendiéndose por máquina el conjunto compresor, condensador y evaporador.
- e) El sistema dedicado al resto de dependencias, no requerirá redundancia y tendrá sus

conductos interconectados con el anterior con compuertas estancas y operables desde armario de control.

- f) En los edificios de categoría 0, 1 y 2 que contengan la sala de control de varias unidades que operen independientemente, el sistema de aire acondicionado se albergará dentro de la zona bunkerizada y usará agua con medio de enfriamiento en los condensadores. Este agua procederá del circuito de agua refrigerada de las unidades de proceso (CWS). El retorno se conectará al correspondiente colector de las unidades de proceso (CWR). Para situaciones excepcionales se realizará una conexión del circuito de agua de planta a la entrada del circuito de refrigeración del sistema de aire acondicionado. En la salida del circuito de refrigeración del sistema de aire acondicionado se preverá una conexión a drenaje. Todas estas conexiones irán provistas de sus correspondientes válvulas de aislamiento.
- g) En los edificios de categorías 0, 1 y 2 con sala de control dedicada a una sola unidad de proceso los equipos de aire acondicionado se podrán situar en zona no bunkerizada y realizar la condensación con aire o agua en circuito cerrado con torre de refrigeración en cubierta. Los equipos de ventilación deberán garantizar la entrada de aire al edificio en caso de explosión.
- h) En los edificios de categoría 3 se podrá utilizar, como fluido refrigerante, aire en el condensador (situando este equipo en cubierta) o agua en circuito cerrado con torre de refrigeración en la cubierta. Todos los equipos de aire acondicionado y ventilación podrán situarse en la cubierta, en local sin bunkerizar.
- i) Las torres de refrigeración que se sitúen en cubierta se situarán en plataforma visitable, elevada 0,6 m sobre el plano de la cubierta, accesible con escala. Las tuberías de interconexión del equipo en cubierta con los interiores se realizará a través de los paramentos verticales y nunca atravesando la cubierta.

5.7.13 Subsistemas de comunicación

Telefonía

Se instalarán teléfonos en la Sala de Control, despachos de jefes de turno y operador y en zonas de ordenador y oficinas.

Megafonía

En la Sala de Control se dispondrá un sistema de megafonía para intercomunicación con las unidades de proceso. El armario general, baterías, etc., estará en la Sala de Racks.

Acometidas

Todas las entradas de cables en el edificio serán subterráneas, por aberturas previstas al efecto, que serán selladas posteriormente. Se dejarán entradas libres para futuras ampliaciones.

5.8 Cuadro de controles y ensayos en fabrica sobre cables para instrumentos según clasificación de áreas

5.8.1 Controles y Ensayos en Fábrica

Se realizarán y serán a cargo del fabricante los controles y ensayos que se relacionan a continuación y que se efectuarán, salvo que específicamente se indique otra cosa, de acuerdo con la norma UNE 21.117.

El cliente se reserva el derecho de presenciar cualquier tipo de control de fabricación o ensayo final, o bien delegar en un inspector autorizado. En cualquier caso el fabricante facilitará un Acta de Pruebas donde se indiquen los resultados de todos los controles y ensayos realizados sobre cada cable.

Asimismo, a petición del cliente, el fabricante facilitará los correspondientes certificados de calidad de origen del material de aislamientos y cubiertas.

Serán ensayos obligatorios, sobre todos los cables terminados los siguientes:

- ✓ Ensayo de tensión en C.A.
- ✓ Medida de la resistencia de aislamiento.
- ✓ Medida de la resistencia ohmica, según UNE 21.022./IEC 331 (El valor no debe diferir más del 5% del indicado en la norma).
- ✓ Rigidez dieléctrica verificada mediante “spark test en continuo”.
Tensión de ensayo 1,5 KV - spark test 6.000 V
Tensión de ensayo 3 KV - spark test 8.000 V
Tensión de ensayo 4 KV - spark test 10.000 V
- ✓ Medida de la capacidad e inductancia mutua (esta última se realizará sobre bobina).

Opcionalmente podrán realizarse otros ensayos en la forma y detalles que se acuerde entre el fabricante y el Cliente, que serán los siguientes:

- ✓ Medidas sobre cables de extensión de termopares según IEC 751.
- ✓ Ensayo de no propagación del incendio, según UNE 20.427 (En este caso deberá existir además una homologación oficial).
- ✓ Ensayo de resistencia al fuego según UNE 20.431 / IEC 331 (En este caso deberá existir además una homologación oficial)
- ✓ Ensayo de resistencia al aceite mineral.
- ✓ Control del galvanizado de los hilos de la armadura.
- ✓ Resistencia al agrietamiento a bajas temperaturas.
- ✓ Resistencia a la abrasión y al desgarró.
- ✓ Resistencia Ohmica del hilo de drenaje en cables apantallados.
- ✓ Resistencia a la flexión.
- ✓ Termo plasticidad.
- ✓ Inspección visual de las características constructivas del cable.

- ✓ Medición de las características geométricas y peso (La tolerancia de longitud será de $\pm 3\%$).

Los resultados de los ensayos, sobre materiales, que son realizados internamente por el fabricante, con la frecuencia que considere oportuna, estarán a disposición del Cliente.

5.8.2 Pruebas de cables en campo

A los cables en campo se les realizarán pruebas de continuidad y aislamiento, por si hubieran sufrido algún daño durante el transporte.

A los circuitos de tierra se le realizarán pruebas para comprobar que la resistencia es admisible. La red de tierra de instrumentación estará formada por un anillo de cable de cobre aislado con cubierta amarillo/verde de un mínimo de 70 mm^2 de sección y que recorra los principales puntos de la Sala de Control. Este anillo se conectará a las picas de toma de tierra necesarias para conseguir en cualquiera de sus puntos una resistencia máxima de 1Ohmio .

CAPÍTULO VI SISTEMAS AUXILIARES DE CONTROL

6.1 Diseño de recorrido de cables de control y fuerza

6.1.1 Condiciones generales

Se establece que el diseño del sistema eléctrico de la Estación es, básicamente, proporcionar un arreglo de conductores y equipos, como medio de transferencia segura y eficaz de la energía eléctrica, desde la fuente de fuerza de origen a todos los puntos de carga presentes (luminarias, motores y otros dispositivos funcionales que operan con electricidad).

Para ello, se definen los requerimientos del sistema y equipos, así como las condiciones de planeamiento, seguridad y control aplicables a este diseño y la instalación del sistema eléctrico.

6.1.2 Condiciones específicas

1. Clasificación de las áreas de acuerdo a las normas API RP 500C, NFPA 30 y NFPA 70.
2. Análisis y estudio del tamaño y naturaleza de la carga (pronóstico de carga de alumbrado, tomacorrientes, motores, etc.)
3. Selección de conceptos y configuraciones básicas del alambrado que suministrará la energía eléctrica con las características necesarias en cada punto de utilización eléctrica.
4. Selección de modelos, tipos, tamaños, características, aspectos, clasificaciones y otros valores específicos del equipo necesario, tratando de estandarizarlos al máximo.

6.1.3 Acometida y alimentadores principales

La acometida es el conductor principal que une eléctricamente la salida de los equipos de generación con el tablero principal de la estación. Actualmente, tiene un tendido de tipo subterráneo y se tratará de conservar y reutilizar esta instalación.

Los alimentadores principales son los conductores que unen eléctricamente el tablero general de distribución que alimentará las cargas de fuerza, iluminación y tomacorrientes, además de otros servicios eléctricos, con las propias cargas.

6.1.4 Tablero eléctrico

Los tableros eléctricos son recintos cerrados que rodean o alojan los equipos eléctricos con el fin de protegerlos contra las condiciones externas y prevenir contactos accidentales con las partes energizadas. Deben ser adecuados para el área clasificada y las condiciones ambientales donde se instalarán.

De cualquier manera el tablero estará instalado en una edificación única para ese propósito, alejada de cualquier área peligrosa, por lo tanto se cataloga dentro de un lugar

interior no clasificado y deberá tener un cerramiento para propósitos generales NEMA Tipo 1.

Otros tableros que puedan estar ubicados a la intemperie en lugares no clasificados deberán tener cerramientos a prueba de agua NEMA Tipo 4. Tableros ubicados en lugares clasificados Clase I, Grupo D deberán tener cerramientos a prueba de explosión NEMA Tipo 7.

6.1.5 Canalizaciones y ductos

Se entiende por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que estos queden protegidos en lo posible contra deterioro mecánico y contaminación y a su vez protejan a la instalación contra incendios por los arcos voltaicos que se pueden presentar durante un corto circuito.

Las canalizaciones serán mediante conduit de acero galvanizado enterrados entre cajas de paso eléctricos ubicados estratégicamente. Se harán canalizaciones externas por medio de tubos conduit y accesorios a prueba de explosión.

6.1.6 Instalaciones interiores

Las instalaciones interiores comprenden la alimentación de los circuitos de iluminación y tomacorrientes en todas las edificaciones y techados. Cuando se requiera, estos circuitos serán protegidos por equipos a prueba de explosión. Las instalaciones interiores del edificio de control serán también de tipo industrial.

6.1.7 Instalaciones de los equipos de fuerza

Los equipos de fuerza están conformados básicamente por cualquier motor eléctrico. Las acometidas a estos motores saldrán de las cajas de paso eléctrico más cercano (que se dispondrá específicamente para este fin) y estarán protegidas por tubos conduit galvanizado y accesorios a prueba de explosión.

6.1.8 Iluminación exterior

La iluminación exterior comprende los circuitos de alimentación de luminarias instaladas en postes metálicos alrededor de todo el cerco perimetral y en puntos estratégicos de la planta, con el fin de mantener niveles adecuados de iluminación.

6.1.9 Sistemas de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra deberán ser diseñados para disipar eventuales sobrecargas producidas por fallas en los equipos o sistemas eléctricos, además de las producidas por condiciones atmosféricas. Esto con el fin de ofrecer una correcta protección personal y de los equipos instalados.

6.1.10 Alimentación a servicios auxiliares

Se preverá un porcentaje de la carga total instalada en la estación para la alimentación de otras instalaciones, correspondientes a servicios auxiliares.

6.1.11 Dimensionamiento de conductores eléctricos

A continuación se realizan los cálculos para el dimensionamiento del tablero de la sala eléctrica:

Ítem	Descripción	Factor de simultaneada	Carga (HP)	Potencia útil	Interruptor (A)	Alimentación
1	Bomba de recuperación 1	0.5	15	7.5		380 Vac
2	Bomba de recuperación 2	0.5	15	7.5		380 Vac
3	Compresor de aire 1	1	7.5	7.5		380 Vac
4	Compresor de aire 2	1	7.5	7.5		380 Vac
5	Bomba de poza SLOP	0.3	0.75	0.225		380 Vac
6	Bomba pileta API	0.1	3	0.3		380 Vac
7	Bomba recuperación de agua.	0.3	3	0.9		380 Vac
8	Bomba recuperación de GLP.	0.1	7.5	0.75		380 Vac
9	Bomba Jockey C.I.	0.4	3	1.2		380 Vac
10	Alimentación a vivienda	0.8	20	16		220 Vac
11	Tablero taller de mantenimiento	0.8	9	7.2	0	220 Vac
12	Alimentación sala de control	0.9	14	12.6	60	220 Vac

Tabla 6.1: Cálculos de dimensionamiento

Total 69.2 HP, $\cos\phi=0.85$

Aplicando la formula de un sistema trifásico:

$$I = \frac{KW \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \quad (6.1)$$

convirtiendo a wats tenemos.

$P = 69.2 \times 746 = 5,1623.2$ Wats entonces

$$I = \frac{51623.2}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85} = 92.38 \text{ Amp} \quad (6.2)$$

Podemos utilizar un interruptor automático de 125 A. de capacidad.

Ítem	Descripción	Factor de simultaneada	Carga (HP)	Potencia útil	Interruptor (A)	Alimentación
1	Alimentación protección catódica 1	1	5	5	25	220 Vac
2	Alimentación protección catódica 2	1	5	5	25	220 Vac
3	Alimentación protección catódica 3	1	5	5	25	220 Vac
4	Alimentación UPS	1	5	5	25	220 Vac
5	Alimentación cargador de baterías	1	5	5	25	220 Vac
6	Alimentación portacan y válvulas	1	14	14	60	220 Vac
7	Tomas 1F y 3F sala de Bombas	0.3	9	2.7	40	220 Vac
8	Tomas 1F y 3F sala de Bombas	0.3	9	2.7	40	220 Vac
9	Tomas 1F y 3F sala de Bombas	0.3	9	2.7	40	220 Vac
10	Baterías sistema CERA	1	3	3	15	220 Vac
11	Tomas 1F y 3F sala de Bombas C.I.	0.3	9	2.7	40	220 Vac
12	Tomas 1F y 3F sala de Bombas C.I.	0.3	9	2.7	40	220 Vac
13	Tomas 3F sala de compresores y generadores	0.3	6	1.8	30	220 Vac
14	Tomas 3F sala de compresores y generadores	0.3	6	1.8	30	220 Vac
15	Tomas 3F sala de compresores y generadores	0.3	6	1.8	30	220 Vac
16	Flare G.N.	0.8	2	1.6	10	220 Vac
17	Flare G.L.P.	0.8	2	1.6	10	220 Vac
18	Servicios en sala eléctrica	0.5	2	1	10	220 Vac
19	Iluminación en sala eléctrica	0.5	3	1.5	15	220 Vac

Tabla 6.2: Capacidad de interruptor automático

Total 63.9 HP

Aplicando la formula de un sistema trifásico:

$$I = \frac{KWx1000}{\sqrt{3}xVx \cos \phi} \quad (6.3)$$

convirtiendo a wats tenemos.

$P = 63.9 \times 746 = 47,669.4$ Wats entonces

$$I = \frac{47669.4}{\sqrt{3}x380x \cos \phi} = 85.31Amp \quad (6.4)$$

Podemos utilizar un interruptor automático de 150 A. de capacidad. Con la distribución trifásica mas un neutro. (se considera un 25% de reserva mínimo)

Ítem	descripción	Factor de simultaneada	Carga (HP)	Potencia útil	Interruptor (A)	Alimentación
1	Iluminación área GLP	0.5	1.4	0.7	6	220 Vac
2	Iluminación área central	0.5	1.4	0.7	6	220 Vac
3	Iluminación compresores de gas	0.5	4	2	20	220 Vac
4	Iluminación tinglado generador sala nueva	0.5	4	2	20	220 Vac
5	Iluminación área de TQ lado sur.	0.5	4	2	20	220 Vac
6	Iluminación área de TQ lado norte.	0.5	4	2	20	220 Vac
7	Iluminación unidades de bombeo.	0.5	5	2.5	25	220 Vac
8	Iluminación sala de bomba C.I.	0.5	1.4	0.7	6	220 Vac
9	Iluminación cerco perimetral lado sur.	0.5	4	2	20	220 Vac
10	Iluminación cerco perimetral lado sur.	0.5	4	2	20	220 Vac
11	Iluminación cerco perimetral lado sur.	0.5	4	2	20	220 Vac
12	Iluminación cerco perimetral lado norte.	0.5	4	2	20	220 Vac
13	Iluminación cerco perimetral lado norte.	0.5	4	2	20	220 Vac
14	Iluminación cerco perimetral lado norte.	0.5	4	2	20	220 Vac

Tabla 6.3: interruptor automático de 150 A de Capacidad

Total 24.6 HP

Aplicando la formula de un sistema trifásico:

$$I = \frac{KWx1000}{\sqrt{3}xVx \cos \phi} \quad (6.5)$$

convirtiendo a wats tenemos.

$P = 24.6 \times 746 = 18,351.6$ Wats entonces

$$I = \frac{18351.6}{\sqrt{3}x380x \cos \phi} = 32.84 \text{ Amp} \quad (6.6)$$

podemos utilizar un interruptor automático de 50 A. de capacidad. Con la distribución trifásica mas un neutro. (se utiliza un 25% de reserva)

Cálculo de cables

Formula práctica para el cálculo de características en conductores eléctricos

Corriente continúa de un sistema:

$$I = \frac{KWx100}{V} \quad (6.7)$$

Donde:

KW = Potencia de la carga en Kilo-watios.

V = Voltaje de alimentación.

I = Corriente en amperios.

Caída de tensión en un sistema DC.

$$\Delta V = \frac{2xIxL}{\gamma x S} \quad (6.8)$$

ΔV = Caída de voltaje en voltios.

I = Corriente en amperios.

L = Longitud del conductor en metros.

S = Sección del conductor en mm^2 .

γ = Conductividad: 58 COBRE y 35 ALUMINIO.

Cálculo de calibre para un transmisor de presión.

Tomamos los siguientes datos:

$I=22\text{mA}$, $L=236.6\text{m}$.

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta V}{24} < 3\% \Rightarrow \Delta V < 0.72 \text{ Voltios} \quad (6.9)$$

$$\frac{0.18}{S} < 0.72 \Rightarrow S > 0.25 \text{ mm}^2 \quad (6.10)$$

Utilizaremos un calibre comercial

$S = 0.823 \text{ mm}^2$ (18 AWG –trenzado con pantalla)

Cálculo de calibre para un transmisor electrónico de señal (nivel, caudal, temperatura)

Tomamos los siguientes datos:

$P=4$ Watts, $L=236.6$ m.

$$\Delta V = \frac{2 \times I \times L}{\gamma \times S} = \frac{2 \times 0.17 \times 236.6}{58 \times S} = \frac{1.38}{S} \quad (6.11)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta V}{24} < 3\% \Rightarrow \Delta V < 0.72 \text{ Voltios} \quad (6.12)$$

$$\frac{1.38}{S} < 0.72 \Rightarrow S > 1.92 \text{ mm}^2 \quad (6.13)$$

Utilizaremos un calibre comercial

$S=2.08 \text{ mm}^2$ (14 AWG –THW-control).

6.2 Sistema de Protección contra descargas atmosféricas

El sistema de protección atmosférica, consta de dos pararrayos de tres puntas instalados uno dentro de la planta y otro en una colina cercana. Los pararrayos deberán conectarse a un sistema de puesta a tierra debidamente diseñado para disipar una eventual sobrecarga producida por condiciones atmosféricas.

6.3 Diseño sala de control HVAC

6.3.1 El criterio de diseño de una sala de control.

En el diseño de una planta de HVAC (“Heated and Ventilated Air Conditioned”) para una instalación de control deben considerarse varios aspectos, a saber: la protección del sistema, la protección del personal y la protección del medio ambiente. Además de estas consideraciones, otro aspecto importante a considerar son las normas, Internacionales o europeas, que regulan el proceso de control. El alcance de este trabajo es explicar el propósito de un sistema de HVAC en una instalación industrial considerando las normas que lo regulan mostrando algunos esquemas funcionales.

Las normas han sido actualizadas o publicadas hace dos años: las relativas a las buenas prácticas de fabricación de la Comunidad Europea (EECGMP) se actualizaron en el 97.

El Comité de la ISO decidió redactar una norma internacional sobre salas limpias, cuya misión era establecer los Criterios que debían regir las salas limpias sin hacer referencia específica a un campo particular. Los trabajos sobre las normas siguen en progreso: algunas de ellas ya están casi terminadas, preparadas para su publicación bajo la forma de proyecto final y después como norma ISO. La relación de las normas ISO es la siguiente:

- ✓ ISO 14644-1: “Classification of air cleanliness” (Clasificación de la limpieza del aire).
Publicada en mayo de 1999.
- ✓ ISO 14644-I” (Especificaciones de prueba y control para demostrar el continuo

cumplimiento de la norma ISO 14644-I). Versión del proyecto final.

- ✓ ISO 14644-3: “Metrology and test method” (Metrología y método de prueba). Versión del proyecto del Comité.
- ✓ ISO 14644-4: “Design, construction and start-up” (Diseño, construcción y puesta en marcha). Versión del borrador final.
- ✓ ISO 14644-5: “Operations” (Operaciones). Borrador.
- ✓ ISO 14644-6: “Terms and definitions” (Términos y definiciones). Borrador.
- ✓ ISO 14644-7: “Enhanced clean devices” (Dispositivos de limpieza). Borrador.

6.3.2 Propósito de una planta de HVAC

La planta de HVAC debe ser diseñada teniendo en cuenta estos tres aspectos: a continuación se incluyen tres tablas que explican el papel que desempeña la planta de HVAC.

Contaminación de la superficie interna.	Contaminación desde el exterior.	Control de la contaminación debida al operador y de otras fuentes contaminantes Internas	Contaminación debida al producto en el Proceso (contaminación cruzada)(2)
Control de flujo de aire (evitar cualquier retroceso de caudal de aire desde el suelo al techo debida, por ejemplo a corrientes de aire caliente de tipo convectivo)	Control de la presión de la sala.	Control de la configuración del flujo de aire (1)Flujo de aire local unidireccional (LAF) a 0,45 m/s.	Control del modelo de flujo de aire (1).
	Diseño del sistema de filtración (prefiltración y filtración final, HEPA)	Control de las condiciones termohigrométricas, T, % H.R. para el confort del operador.	Diseño y situación del punto de aspiración.
	Situación de la toma de admisión de aire, considerando la dirección del viento y el punto de evacuación	Evacuación local cuando se identifica la fuente de contaminación.	Tipo de planta de HVAC (recirculada o directa).

Tabla 6.4: Protección del producto

(1) El control del modelo del flujo de aire implica la selección del difusor y su colocación con la rejilla de retorno para evitar que el aire contaminado sea devuelto a una zona de actividad crítica.

(2) Concepto de contaminación cruzada.

La contaminación cruzada puede tener su origen en el

entorno interno o en el exterior.

Evitar cualquier concentración peligrosa de gases que pudiera causar graves problemas para la salud del operador	Contaminación debida al Producto	Contaminación debida al producto (desde el punto de vista del mantenimiento)
Tipo de planta de HVAC (recirculación o directa)	Control de la dirección del flujo de aire	Prever un sistema de seguridad para cambiar los componentes del sistema HVAC
Cálculo de dilución del contaminante en la sala para mantener una concentración inferior a TLV-TWA	Control de la fuente de contaminación local posicionando la campana de aspiración conectada al sistema de evacuación de polvo.	
	Barrera física entre el operador y el lugar de trabajo: los aisladores.	

Tabla 6.5. Protección del operador: Propósito de la planta de HVAC

Evitar la descarga de cualquier contaminante que pudiera perjudicar el medio ambiente.
Prever la adecuada eficacia del filtro del sistema de evacuación de aire.
Si es necesario, prever un filtro de carbón activo.

Tabla 6.6. Protección del medio ambiente: Propósito de la planta de HVAC

En todos los sistemas de acondicionamiento de aire, el sistema de filtración a seleccionar, debe prever la retención apropiada de las partículas procedentes del exterior. El riesgo de contaminación cruzada debe ser necesariamente evaluado para diseñar correctamente la planta de HVAC. En caso de no existir riesgo o de que los equipos puedan tolerar este tipo de contaminación cruzada, la planta de recirculación de aire debe diseñarse

con un sistema de filtración adecuado.

El aire no debe retornar a estos espacios, aunque tengan filtros tipo HEPA; la planta de HVAC debe considerar un aire totalmente fresco.

El sistema HVAC deberá ser de evacuación total. El sistema de evacuación total evita así la posibilidad de contaminación cruzada del producto que se está manipulando con el polvo del producto manipulado con anterioridad.

En caso de salas con distintos niveles de temperatura, por requerimientos del proceso, la planta de HVAC Debe subdividirse en sistemas más pequeños.

Después de la explicación del concepto de protección del medio ambiente, es interesante describir con el mismo ejemplo lo que se entiende por “Control de la dirección del flujo de aire”, según se indica en la Tabla II titulada “Protección del operador”. A continuación se dan las cifras usadas en la Norma ISO ISO-14644-4 “Diseño, construcción y puesta en funcionamiento de Instalaciones de salas limpias” al objeto de explicar los conceptos de “Perturbación del flujo de aire unidireccional”, y “control de la contaminación”.

Perturbación del flujo de aire unidireccional

En las salas limpias con flujo de aire unidireccional, deben considerarse requisitos aerodinámicos básicos en el diseño de los obstáculos físicos, como son los equipos de proceso, los procedimientos de trabajo, movimientos del personal y manipulación de los productos, a fin de evitar serias turbulencias en las proximidades de los lugares donde se desarrolla una actividad sensible a la contaminación. La figura 1 muestra la influencia de los obstáculos físicos (en la columna de la izquierda) y las medidas apropiadas para reducir al mínimo su impacto (en la de la derecha).

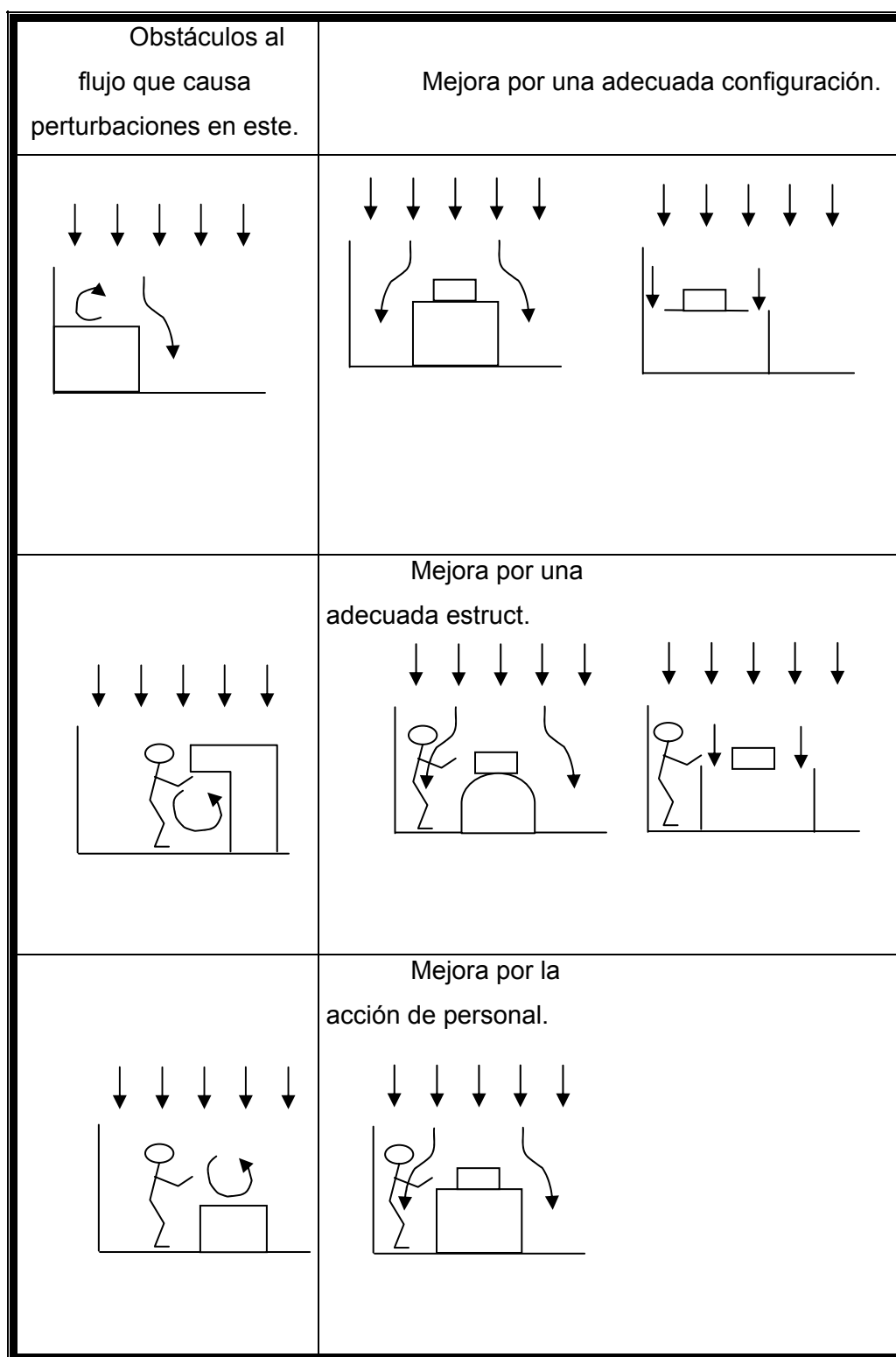


Figura 6.1: Perturbación del flujo

Conceptos de control de la contaminación

Para seleccionar la técnica apropiada en caso de un determinado problema de control

de la contaminación, las figuras 25 y 26 muestran varios conceptos distintos de control de la contaminación que deben ser considerados. La transferencia de contaminantes a una zona de protección de un proceso y/o de personal puede evitarse utilizando medidas de tipo aerodinámico. Si es necesario, debe considerarse igualmente la evacuación de las zonas de proceso para evitar la contaminación del medio ambiente exterior.

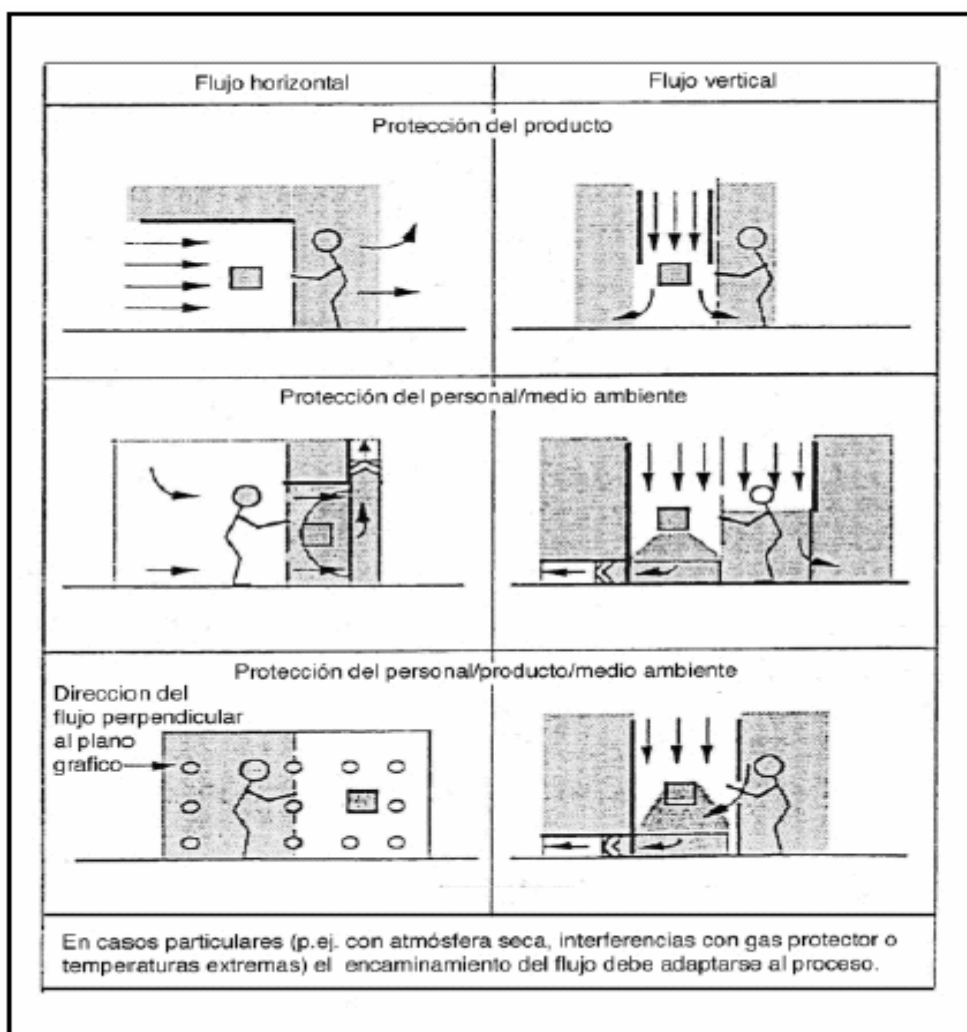


Figura 6.2: Control de contaminación

Las dos grandes novedades de que se informa en la norma europea es el concepto de aislador (“isolator”) y las tecnologías de llenado / cierre y soplado.

Además hay algunos cambios de los que se ha informado en la revisión de 1997 de EEC-GMP sobre la revisión previa de 1992, a saber:

- ✓ El valor fijo de 20 v/h de las renovaciones de aire por hora ha sido sustituido por una expresión más flexible: “Para alcanzar los grados de aire B, C y D, el número de renovaciones de aire debe estar relacionado con la dimensión de la sala y los equipos y personal presentes en ella; el sistema de aire debe tener filtros apropiados como los HEPA

para los grados A, B y C". El filtro HEPA no se menciona para el grado D.

- ✓ La clasificación del grado de limpieza del aire es objeto de referencia no sólo en FS209E, sino también en la nueva norma ISO 14644-1: clarificación de la limpieza del aire.
- ✓ La velocidad del aire en caso de flujo unidireccional es 0,45 m/s (20% sin distinción alguna entre flujo horizontal o vertical).
- ✓ La clase de limpieza en condiciones de reposo debe alcanzarse en un período corto de limpieza de 15 a 20 minutos.

Por lo que respecta a la norma generalmente válida para todo tipo de salas limpias, la organización ISO ha decidido preparar la norma internacional para salas limpias.

Actualmente la ISO 14644-1 es la única ya publicada. Está dedicada a especificar el valor límite de la posible concentración de partículas en suspensión para una determinada clase de limpieza del aire. La ISO 14644-1 prevé 29 partículas. Lo que inmediatamente se aprecia es que en la norma ISO clase ISO 5 se permite un conteo de 29 partículas de 5 µm, en tanto que en la EEC-GMP se indica diámetro \varnothing , esto tiene sentido porque la norma ISO considera que estas partículas grandes tienden a depositarse a lo largo de la superficie interna de la tubería y, por tanto, podrían liberarse en caso de movimientos bruscos de esta. Además, el muestreo de determinación del \varnothing de las partículas requiere un período muy largo y es razonable la duda que se suscita sobre la necesidad real de hacer este esfuerzo adicional para obtener información sobre partículas tan grandes.

6.3.3 Criterios de diseño de la planta HVAC

En esta parte se señalan algunos aspectos prácticos para el diseño de una planta de HVAC.

Condiciones externas

Cuando se nos solicita que diseñemos una planta de HVAC para una instalación industrial, tenemos necesariamente que considerar las condiciones externas, en cuanto a temperatura, H.R., viento, etc., para disponer de una planta de HVAC que pueda mantener las condiciones interiores (temperatura, H.R., presión, contaminación) cualesquiera que sean las externas. Por lo que respecta a la temperatura y la humedad relativa., es mejor, generalmente, considerar los datos ASHRAE con las frecuencias de 1% en verano y 99% en invierno para que el nivel de riesgos sea mínimo (los porcentajes se refieren a las horas durante el invierno y el verano en que las condiciones externas son más severas que las indicadas). La localización de los puntos de admisión y evacuación del aire tiene que diseñarse considerando la dirección del viento y la dilución de los contaminantes evacuados a fin de evitar cualquier recirculación de estos últimos. La emisión de una mezcla de efluentes propiamente dicha con el aire atmosférico para formar un campo de concentración "C" alrededor del edificio. La admisión de aire fresco situada en este campo aspira el aire concentrado "C", y este aire así aspirado se dice que está contaminado si "C" excede de una concentración permisible especificada. En el

capítulo “Flujo de aire alrededor del edificio” del manual “FUNDAMENTALS” de ASHRAE se explica un método para calcular la dispersión del contaminante, y se estima el valor C para compararlo con el permitido. En este capítulo se hacen algunas sugerencias para colocar el sistema de evacuación y la admisión de aire fresco considerando el efecto del viento sobre el edificio. Otro parámetro importante es la presión que ejerce el viento sobre el edificio; esta presión podría influir en los caudales de entrada y salida de aire y, consecuentemente, sobre la presión que ejerce en la sala si las aberturas de entrada / evacuación de la planta de HVAC no estuvieran correctamente situadas.

Condiciones internas

La planta de HVAC se diseñará para alcanzar la temperatura y humedad relativa necesarias para asegurar la comodidad del personal, considerando que éste llevará diferentes tipos de ropa según los lugares en los que trabajen (por ejemplo, en la sala limpia el operador usará ropa muy ajustada y, por tanto, deberá haber en ella una temperatura menor que en las zonas generales donde los trabajadores llevan ropa ligera). Para el personal que realiza trabajos ligeros y lleva prendas como batas o protectores del calzado, es común una temperatura de 20° a 25° C. Cuando se requieren prendas especiales sueltas en la sala limpia, incluidas las coberturas de la cabeza y de los pies, la temperatura especificada se reduce frecuentemente a un valor entre 18° y 22° C. Para la comodidad del personal suele ser aceptable una humedad de entre el 30% y el 55%. Los niveles de baja humedad pueden presentar riesgo de deshidratación del personal. La comodidad de éste depende del nivel de temperatura y del de trabajo sin olvidar los buenos métodos utilizados. Además, deberán seleccionarse las condiciones termohigrométricas de modo que se tengan en cuenta los requisitos del proceso; este tipo de criterio es especialmente válido para el control de la humedad. El proceso del producto podría requerir las condiciones interiores apropiadas para un proceso en seco, pero esto no puede adecuarse a la comodidad del trabajo, como la baja humedad relativa (25-30%) para la fabricación de productos higroscópicos. Por otra parte, hay que considerar que en una sala limpia pueden proliferar rápidamente organismos perjudiciales. Si se permite que la humedad relativa sea superior al 55%. Una humedad insuficiente en el aire puede también ser causa de electricidad estática; normalmente, la humedad se mantiene por encima del 25% para limitar sus efectos.

Cantidad de flujo de aire

Antes de explicar el concepto implícito en la definición de cantidad de flujo de aire, de las renovaciones de aire por hora, es necesario hacer una breve introducción sobre la configuración del flujo de aire. El flujo de aire en una sala limpia se describe muy frecuentemente por el tipo de modelo empleado. La selección de una configuración de flujo de aire debe basarse en los requisitos de limpieza y en la disposición de los equipos del proceso. La configuración del flujo de aire en una sala limpia puede ser unidireccional, no unidireccional

o mixta. La configuración del flujo de aire en una sala limpia clase M3.5 (Clase 100) – ISO 5 (según ISO-14644-1) o más limpia es típicamente unidireccional, en tanto que en salas limpias clase M4.5 (Clase 1000) – ISO 6 (según ISO-14644-1) o menos limpias se utiliza un flujo de aire no unidireccional y mixto.

En el flujo de aire unidireccional, la velocidad de éste es 0,45 m/s +/- 20%; en el no unidireccional, la cantidad de flujo de aire se calcula según la experiencia. El valor mínimo es 20 V/h.

Establecida la clase de limpieza requerida, deben definirse los cambios de aire teniendo en cuenta la fuente de contaminación, que son el personal y los equipos.

En caso de que se conozca la proporción de contaminantes generados en la sala limpia, y en el caso realista de que no se introduzcan contaminantes desde la planta de HVAC (debido al filtro HEPA) se utilizará la siguiente fórmula para calcular la cantidad de flujo de aire que mantiene bajo el límite de clase la concentración de partículas en suspensión.

La fórmula que se aplica es la siguiente:

$$C = C_o e^{-Rt} + \frac{G}{VR} (1 - e^{-Rt}) \quad (6.14)$$

Siendo:

G : Relación de partículas generadas: partículas/min.

V : Volumen de la sala: m³

R : Cambios de aire: V/min.

T : Tiempo : min.

C_o : Concentración inicial: partículas/m³

C : Concentración final: partículas/m³

Esta fórmula proporciona dos clases de información:

- El tiempo de recuperación (que es el requerido por la instalación para pasar de una determinada concentración de partículas en suspensión a otra más limpia) y:
- El nivel de clase de la sala en condiciones constantes, después de transcurrido totalmente el tiempo de recuperación. Esta segunda información se obtiene haciendo t muy largo (infinito) con lo que la fórmula se transforma en la siguiente:

$$C = \frac{G}{VR} \quad (6.15)$$

Las fórmulas anteriores se refieren al caso de mezclas de aire perfectas, lo que no es real. Para el caso real hay que aplicar un factor corrector, que depende de la posición de los dispositivos de alimentación y retorno, y que varía entre 0,85 y 6.

Volviendo a las fórmulas, podemos ver que la limpieza depende de la generación de contaminantes en la sala, es decir, de los equipos farmacéuticos y del personal.

Las personas que se mueven por la sala limpia con prendas como blusas o batas de laboratorio generan una media aproximada de 2×10^6 partículas de $0,5 \mu\text{m}/\text{min}$, unas 300.000 partículas de $5,0 \mu\text{m}/\text{min}$ y aproximadamente 160 partículas transportadoras de bacterias por minuto.

Si las personas usan ropa bien diseñada (batas, botas hasta la rodilla, capuchas, etc.) hechas de tejido fuerte, la reducción de partículas $\geq 0,5 \mu\text{m}$, $\geq 5,0 \mu\text{m}$ y de las transportadoras de bacterias será aproximadamente del 50%, 88% y 92%, respectivamente. No es mucha la información de que se dispone sobre la generación de partículas desde los equipos utilizados en la sala limpia, pero pueden representar cientos de millones de partículas $\geq 0,5 \mu\text{m}$ por minuto.

6.3.4 Conclusión

Se presenta evidente la importancia que tiene esta planta de HVAC. Es posible llegar a un grado de acabado muy bueno de la sala utilizando materiales excelentes, pero si el equipo de HVAC no puede mantener los parámetros críticos (presión, caudal, clase de contaminación, temperatura y humedad relativa) no se alcanzará el propósito pretendido. Para ello, es fundamental la experiencia del ingeniero y su conocimiento de la actual GMP y de las normas. Este primer aspecto es esencial si se considera que no basta el simple conocimiento si no se traslada a una solución práctica.

6.4 Diseño de casa de fuerza y CCM

6.4.1 Alcance

Estas especificaciones cubren los requerimientos, diseño, materiales, componentes, auxiliares y construcción para centro de control de motores, completamente ensamblado, cableado, probado, listo para su instalación y operación.

6.4.2 Códigos y normas

- ✓ Los materiales eléctricos, equipos, diseño, construcción y pruebas deberán estar de acuerdo con: La United State National Electric Manufacturer's, Association (NEMA), el Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), y el United States of America Standard Institute (ANSI). Todo el equipo eléctrico instalado debe estar de conformidad con el United States National Electric Code.
- ✓ Además, todo equipo deberá cumplir con el Código Nacional de Electricidad.

6.4.3 Condiciones de diseño y operación

- ✓ El centro de control será instalado en el cuarto de tableros eléctricos.
- ✓ El centro de control será de operación, frontal, totalmente cerrado, autosoportado, fabricado de planchas de acero.
- ✓ Cada unidad contendrá el número de elementos de acuerdo al diseño definitivo. Las barras serán trifásicas aisladas. Se proporcionará barra de tierra.
- ✓ Los interruptores serán tripolares, en aire en caja moldeada con elemento térmico de

sobrecarga, compensados y protección magnética de cortocircuito. Los interruptores mayores de 200 A, poseerán el elemento magnético ajustable. Los interruptores serán manualmente operados mediante manija.

- ✓ Los arrancadores serán de dos tipos:
 - a) Arrancadores a tensión plena.
 - b) Arrancadores a tensión reducida (Tipo auto transformador).
 - c) Elementos térmicos de sobrecarga compensados serán provistos en cada una de las fases.
 - d) El elemento de rearme será montado en la puerta de la unidad para su operación externa.
- ✓ Cada arrancador o contactor será suministrado con un mínimo de 2 contactos normalmente abiertos y 2 contactos normalmente cerrados de reserva en adición a los utilizados en el circuito de control.
- ✓ Los elementos auxiliares del arrancador o contactor, tales como transformadores de control, dispositivos de retardo, fusibles y relés deberán ser montados en la misma cubierta con el arrancador.
- ✓ Todo arrancador de combinación, contactor, interruptor u otras unidades deberán ser intercambiables.
- ✓ El cableado deberá ser NEMA Clase 1, Tipo B No12 AWG cableado, 600 V. mínimo.
- ✓ Para el circuito de control se usará tensión de 110 V., 60 Hz. Los contactos auxiliares de reserva serán cableados directamente a las borneras.
- ✓ La puerta poseerá traba y sólo se podrá abrir cuando el interruptor esté en la posición desconectado.
- ✓ Todos los componentes del centro de control deberán tener protección tropical.
- ✓ Todas las partes metálicas del centro de control serán revestidas interior y exteriormente con un adecuado esmalte.

6.4.4 Normas complementarias

Los equipos estarán acordes con el G.S. 1600.7 de EL PROPIETARIO, en lo que no contradigan a estas especificaciones generales y a lo indicado en planos.

6.5 Diagrama unifilar y distribución de cargas

Asumiendo que se cuenta con un grupo generador y su respectivo grupo auxiliar el cual genera 380Vac, 60hz. Se instalara un interruptor automático principal de 225A, el cual es suficiente para la carga instalada en la estación, todos los equipos se instalaran en un gabinete con capacidad de hasta 15 interruptores de 50A, cada uno y además un interruptor auxiliar de 125A. La distribución de carga se muestra en el siguiente plano unifilar 01E2000.dwg.

6.6 Sistema de Iluminación para áreas clasificadas.

6.6.1 Objeto

Esta especificación establece los requisitos mínimos que deben considerarse en proyectos de iluminación en áreas peligrosas.

6.6.2 Campo de aplicación

Esta especificación se aplica al diseño de proyectos de iluminación en áreas peligrosas.

6.6.3 Referencias

- ✓ Código Nacional de Electricidad (CNE)
- ✓ National Electrical Code (N.E.C.)
- ✓ Manual Crouse Hinds.
- ✓ Especificación ING-031

6.6.4 Condiciones generales

Para seleccionar la luminaria adecuada y determinar el número y disposición de ellas, es necesario tomar en consideración una serie de factores para lograr la calidad y cantidad de luz requerida.

Aspectos Básicos de Selección

- ✓ Nivel de Iluminación

La Sociedad de Iluminación (I.E.S.) en su manual de alumbrado da una lista de los niveles de iluminación recomendados para todo tipo de áreas industriales. Una versión condensada de esta lista, de acuerdo a la tarea visual que se realiza, se presenta a continuación:

TAREA VISUAL	TIPO DE TRABAJO	NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO
Difícil	Trabajo ordinario de banco y en máquinas - herramienta; ensamblado o acabado.	1,000 a 2,500
Moderado	Observación de operación de máquinas, molienda gruesa, pulido, envasado, etiquetado ó embarque.	500 a 1,000
Casual	Almacenaje activo, bodegas, baños, escaleras.	300
Fácil	Almacenaje inactivo, pasillos.	100

Tabla 6.7: Aspectos básicos de selección

Calidad de Iluminación requerida

La calidad de iluminación se refiere a la distribución del brillo en el ambiente visual. Se

debe tener cuidado para evitar el deslumbramiento en el campo visual normal.

Las luminarias seleccionadas para montajes a baja altura deben ser adecuadas para limitar el brillo debajo de la zona de 45° del ángulo visual.

Clasificación del Area de Trabajo

De acuerdo a la clasificación del área donde se realiza el proyecto de iluminación se escoge la luminaria y el tipo de lámpara dependiendo de los materiales o atmósfera existente en el área circundante. Esto en cierta forma confina la selección de luminarias y lámparas a aquellas que cumplen con los requisitos del área peligrosa existente en el lugar de instalación. La clasificación de áreas se define en la Especificación ING-031.

Consideraciones de Mantenimiento

En razón de asegurar una performance óptima del sistema de iluminación a un costo razonable, se deben considerar en la selección de las luminarias, los siguientes factores:

1. Condiciones Atmosféricas
 - ✓ Las luminarias para usarse en ambientes extremadamente húmedos deben ser del tipo que llevan cubiertas y empaquetaduras para hacerlos herméticos.
 - ✓ Las luminarias para usarse en ambientes extremadamente sucios deben ser con reflector con aberturas en la parte inferior y superior) de forma que se limite la pérdida de emisión de luz entre períodos de mantenimiento.
 - ✓ Las luminarias para usarse en ambientes extremadamente corrosivos debe tener protección para el elemento óptico y un acabado o material capaz de soportar el agente corrosivo.

2. Accesibilidad

Siendo a veces necesario el ubicar las luminarias en zonas inaccesibles, la luminaria y lámpara escogida en estos casos, debe minimizar la necesidad de mantenimiento y facilitar cuando sea necesario el realizarlo.

3. Condición de Operación

La selección de la adecuada combinación lámpara / luminaria dependerá grandemente de las horas de encendido al año que va a ser requerido de acuerdo al sistema de operación del área iluminada.

6.6.5 Selección del tipo de lámpara

Después de considerar los factores mencionados en el punto anterior, se debe escoger la lámpara en función a los siguientes aspectos.

Nivel de Iluminación

- a) Alto (300 Lx ó más): Las lámparas de descarga son generalmente la opción más económica, a excepción que las luminarias tengan que ser ubicadas dentro del campo visual del operario, en cuyo caso deben emplearse lámparas fluorescentes.
- b) Bajo (menos de 300 Lx): Cualquier tipo de lámpara puede usarse y la selección

dependerá de otros factores. Cuando la altura de montaje sea alta es mejor el escoger lámparas de descarga.

Concordancia con Normas

No existe restricción referente al tipo de lámpara a utilizarse en ambientes peligrosos, siempre y cuando se instale en la luminaria adecuada al ambiente donde va a operar.

Accesibilidad

Cuando las luminarias se instalen en lugares relativamente inaccesibles se debe usar lámparas de descarga por su larga vida y de esta forma espaciar los trabajos de reposición.

Tiempo de Operación

A más de 2,000 horas de encendido por año, las lámparas de descarga y fluorescentes generalmente determinan el sistema más económico. Para menos de 2,000 horas de encendido al año las lámparas incandescentes pueden ser el mejor sistema dependiendo del área, altura de montaje y los niveles de iluminación requeridos.

Otras Consideraciones

- a) Costo de la Energía: Cuando éste es alto, las lámparas de descarga generalmente resultan la opción más económica.
- b) Seguridad: Debido al precalentamiento y tiempo de reencendido de las lámparas de descarga, debe usarse iluminación auxiliar o de emergencia en las áreas críticas.

Características de las lámparas

La tabla 6.8 proporciona una guía para la selección de la lámpara más adecuada.

6.6.6 Cálculo del número de unidades requerido

Para el cálculo del número de unidades requerido para lograr una iluminación uniforme, existen diversos métodos tales como el método de Lumens, método de Watts/m², método de punto por punto o método cavitacional.

Método Lumen.

Normalmente usado en iluminación de interiores, considera no sólo la luz directa de la fuente, sino también aquella que es reflejada de las paredes, techo y piso.

Formula Básica:

$$C = \frac{AE}{Lnmop} \quad (6.16)$$

Donde:

- | | | |
|---|---|---------------------------------------------------------|
| A | = | Area considerada (dato conocido) |
| E | = | Nivel de iluminación deseado (dato conocido) |
| L | = | Emisión lumínica de la lámpara ó dato del fabricante |
| N | = | Eficiencia de la luminaria (dato del fabricante) |
| M | = | Coeficiente de utilización del rayo |
| O | = | Coeficiente de mortandad del foco (dato del fabricante) |

P = Factor de mantenimiento (coeficiente estimado según el tipo de unidad y ambiente existente)

LAMPARA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Incandescente	-Bajo costo inicial -Buena definición de color. -Buen control de luz. -Encendido instantáneo. -No requiere balastro.	-Baja eficiencia Luminosa (lúmenes por Watt). -Vida corta (500 a 2,000 horas). -Alto costo de operación
Mercurio	-Larga vida (24,000 hrs.) -Alta eficiencia. -Bajo costo de operación. -Requiere balastro.	-Costo inicial -Alta eficiencia -Requiere recalentamiento -Demora reencenderse
Aditivos Metálicos	-Vida moderadamente larga (7,500hrs). -Alta eficiencia luminosa (lúmen/ Watt). -Buena definición de color. -Bajo costo de operación.	-Costo inicial alto. -Requiere precalentamiento. -No reenciende inmediatamente. -Requiere balastro.
Sodio Alta Presión	-Buen control del rayo de luz. -Vida larga (24,000 hrs.) -Proporciona la más alta eficiencia luminosa (lúmenes por Watt). -Bajos costos operativos. -De las lámparas de descarga es la que reenciende más rápido (puede ser instantáneo con accesorios)	-Costo inicial alto. -Requiere precalentamiento. -Requiere balastro.
Fluorescentes	-Larga vida (7,500 – 19,000Hrs.) -Alta eficiencia luminosa. -Bajos costos operativos. -Baja brillantez.	-Costo inicial alto. -bajo control de luz. -Unidades grandes. -Poca concentración luminosa (no es recomendable para montajes altos)
Cuarzo	-Excelente definición de color. -Buen control del rayo de luz. -Buen mantenimiento del flujo luminoso la emisión de luz permanece casi igual a través de la vida de la lámpara).	-Baja eficiencia luminosa (lúmen/ Watt). -Vida medianamente alta (2,000-4,000 hrs.) -Alto costo de operación. -Temperatura elevada de operación.

Tabla 6.8:Características de las lámparas

A continuación se hace una descripción general de los métodos más usados:

Método Punto por Punto:

El método punto por punto normalmente se utiliza como método de comprobación en alumbrado de interiores, sin embargo en alumbrado de proyectores es indispensable su aplicación.

Fórmulas Básicas:

$$E = \frac{I \cdot \cos \phi \cdot T}{D^2} \quad (6.17)$$

$$E = \frac{I \cdot \text{sen} \phi \cdot T}{D^2} \quad (6.18)$$

$$W = \frac{2D \tan \beta}{2} \quad (6.19)$$

Donde:

E = Nivel de iluminación en un punto determinado

I = Intensidad luminosa con que es emitida la lumen dirección al punto considerado (obtenido del reporte fotométrico de la unidad)

D = Distancia del centro de la luminaria al punto considerado

ϕ = Angulo entre el centro de la luminaria y la perpendicular al plano del punto

T = Factor de pérdida de iluminación por mantenimiento

W = Separación entre unidades

β = Apertura horizontal del rayo (en su zona efectiva)

Soportes, Colgadores y Conduits

Los aparatos de alumbrado colgantes estarán suspendidos de tubos conduit de pared gruesa a través de los cuales se pasarán los conductores que llevan la energía eléctrica a la lámpara. Las uniones serán roscadas y llevarán tornillos de presión o cualquier otro medio eficaz para evitar que se aflojen o roten. Las derivaciones de más de 30cms. estarán dotadas de un soporte adicional que evite el desplazamiento lateral y que esté fijo a un nivel de no más de 30 cms. por encima del extremo inferior de la derivación. También puede colocarse un conector flexible a no más de 30cms. del punto de unión a la caja o/a un soporte adicional. Para la derivación de los conductores se emplearán cajas tipo conduit o similar, adecuadas al ambiente donde van a ser instalados. Todos los empalmes que deban realizarse quedarán al interior de estas cajas, aceptándose que queden dentro de la tubería.

6.6.7 Elementos complementarios al sistema de iluminación**Conduits**

Las normas establecen el uso de tuberías conduit metálica (acero) para instalación en toda clase de áreas peligrosas. Debe ser roscado NPT, excepto en áreas donde se permite tubería conduit sin rosca. La tubería debe estar perfectamente apretada a las cajas o coples, debiendo ajustarse el tubo conduit con una llave de tuercas.

Cajas

Existe una gran variedad de cajas y condulets para ambientes peligrosos debiendo escogerse aquellas que sean acordes con el ambiente donde serán instalados. Las tapas para estas cajas deben estar perfectamente ajustadas debiendo revisarse con especial cuidado los

tornillos y pernos de ajuste. Las derivaciones de los conductores se realizarán dentro de estas cajas, no permitiéndose empalmes que queden dentro de la tubería. Ejemplos de diversas formas de instalar artefactos suspendidos se muestran en el anexo.

Colgadores

Las luminarias colgantes deben ser suspendidas por tramos de tubería conduit u otro sistema aprobado. En ambientes peligrosos, los artefactos colgados deben ser suspendidos por colgadores flexibles a menos que se usen tramos rígidos no mayores de 0.30 mt. ó mayores, en cuyo caso deben tener sujetadores ubicados a 0.30 mt. de la luminaria.

6.7 Distribución de líneas de aire para instrumentos

En la estación se requiere aire para instrumentación el cual será suministrado por un compresor eléctrico que comprimirá el aire en un tanque pulmón has 160 PSI, luego será distribuido a todas las áreas de la estación.

Se requiere minimizar las fugas, además las válvulas y actuadores son a fallo de aire cierran, es decir que en el diafragma se mantendrá el aire en todo momento, solo en caso de un ESD, se liberara el aire y el equipo cerrara. Se requiere aire en el área del patio de motobombas, manifold de succión y descarga, válvulas tronqueras, área del tanque separador y área del TQ bladder, se requiere un mínimo de 80 PSI en cada actuador inclusive en el actuador mas alejado de la estación, menor a este valor el equipo no responderá.

Como se observa el aire es muy importante en el control de la planta es por eso que si por algún motivo se apaga el compresor y por ello cae la presión de aire se debe realizar una parada de emergencia, además se instalara un instrumento que indique esta caída de presión y presente una alarma en el panel de control de tal manera que el operador tome las precauciones del caso.

A Continuación presentamos un diagrama P&ID de la distribución de aire para instrumentos.

Ver Anexo. (Plano - N° 01M3000)

6.8 Diagrama de recorrido y distribución de líneas de gas combustible

El recorrido de líneas para gas combustible será en su mayoría enterrada y saldrá en los puntos cercanos a los equipos, se lleva una línea principal y se distribuye a cada unidad.

Ver Anexo. (Plano - N° 01P1002)

CAPÍTULO VII COSTOS DEL PROYECTO

7.1 Costos de la Ingeniería.

Ver cuadro 1 en anexo.

7.2 Cuadro de costo de equipos.

Ver cuadro 2 en anexo.

7.3 Cuadro Presupuesto de Obra.

Ver cuadro 3 en anexo.

7.4 Costos Adicionales tales como puesta en marcha y Asistencia Técnica.

Ver cuadro 4 en anexo.

7.5 Cronograma y tiempo de Ejecución.

Ver cuadro 5 en anexo.

CONCLUSIONES

1. En relación al sistema de bombas a Gas, se plantea el uso de gas de arranque, pero también se puede usar aire de instrumentación, la cual es mas segura pero se requiere de grandes recipientes de almacenamiento ya que si, en dos veces de arranque no se enciende la unidad, se tendrá que esperar en promedio 1 minuto para que se carguen los pulmones de aire, esto no es necesario si se utiliza gas como arranque. Cuando se realiza el alivio al tanque separador, es decir se debe abrir gradualmente la válvula de control, con una rampa que dure mínimo 90 segundos. Ya que si abre de golpe, se escuchara un fuerte ruido en el tanque separador y se puede producir golpe de ariete en las tuberías. De igual manera cuando se realiza el alivio del tanque separador sobre el flare, se debe abrir gradualmente la válvula de control, con una rampa que dure mínimo hasta un máximo de 15% de apertura, valores mayores de apertura, producirán una fuerte llamarada, y una posible congelación en el cuerpo de la válvula. Cuando se realice cualquiera de estas se debe realizar un bypass de mantenimiento a los sensores de fuego y gas, ya que de lo contrario se producirá un paro ESD inesperado.
2. En cuanto al hardware de PLC utilizado se utilizo la marca Allen Bradley y en software HMI el conocido software SCADA Intouch de Wonderware, los cuales son muy conocidos en el mercado, esto no indica que se pueda utilizar de otra marca. en cuanto al PLC se seguridad Quadlog, se deberá configurar en la forma mas simple ya que si se consideran las opciones por defecto, estas indicaran constantemente alarmas que no son criticas pero que de alguna manera podrán confundir al operador.
3. Sobre la instrumentación se recomienda que los equipos esten configurados y calibrados de fabrica ya que en el momento de arranque se debe contar con señales reales y no con señales que causen confusión, perdida de tiempo, daño a otros instrumentos, etc.
4. Como parte de la seguridad en la sala de control y sala eléctrica, se instalaran dos detectores de humo, los cuales deberán detectar una temprana acción de humo, ya sea por calentamiento de cables, o hasta el encendido de un cigarro, en la sala eléctrica además se deberá implementar un sistema de control de presurización ya que si en algún momento se origina una fuga masiva de GLP. Este no pueda ingresar a la sala eléctrica debido a que esta a mayor presión que la atmosférica.

ANEXOS PLANOS

01P1000	Diagrama P&ID control
01P1001	Diagrama P&ID control sistema ESD.
01P1002	Sistema alimentación General de Gas.
01M3000	Sistema de Aire comprimido planta general.
01E2000	Diagrama unifilar.

CUADROS

Cuadro Nº 1	Costos de la Ingeniería.
Cuadro Nº 2	Cuadro de costo de equipos.
Cuadro Nº 3	Cuadro presupuesto de obra.
Cuadro Nº 4	Costos Adicionales tales como puesta en marcha y Asistencia Técnica.
Cuadro Nº 5	Cronograma y tiempo de Ejecución.

DIAGRAMAS

Diagrama Nº 1	Diagrama en bloques del sistema automatizado PLC Supervisor.
Diagrama Nº 2	Diagrama de control unidad de bombeo.
Diagrama Nº 3	Diagrama Causa-Efecto PLC Unidades.
Diagrama Nº 4	Diagrama Causa-Efecto PLC Supervisor.
Diagrama Nº 5	Diagrama Causa-Efecto PLC Seguridad.
Diagrama Nº 6	Arquitectura PLC Quadlog (PLC Seguridad).
Diagrama Nº 8	Perfil topográfico del ducto.

Usted puede acceder a los anexos consultando el formato físico de la tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- | | |
|---------------------------------------------------|----------------------|
| [1] Control Avanzado Diseño en tiempo Real | Arturo Rojas Moreno. |
| [2] Ingeniería de Control Moderna | Katsuhiko Ogata. |
| [3] Cameron Hydraulic Data | Ingersoll Rand. |
| [4] Manual del Montador Electricista | Jhon H. Watt. |
| [5] Catalogo Cables de energía | Indeco S.A. |
| [6] Quadlog Safety PLC | Moore.Co. |
| [7] Señales y Sistemas | Alan V, Oppenheim |
| [8] Simulink User´s Guide | Math Works, Inc. |