

3.
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

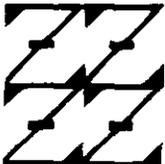
AUTOMATIZACION DE LA TERMINAL DE
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE GAS
LICUADO EN TULA, HGO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
MARIANO RODRIGO CID DE LEON CARRARO

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A

NUM. DE CUENTA: 9015436-4



DIRECTOR DE TESIS: I.O. BEATRIZ LEONOR NIETO CARREON

LO HUMBANO EJE
DE NUESTRA REFLEXION

MEXICO, D. F.

274200

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
ZARAGOZA

JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/016/99.
Asunto: Asignación de Jurado.

C. MARIANO RODRIGO CID DE LEON CARRARO
Presente.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<i>Presidente:</i>	<i>I.Q. Eduardo Vázquez Zamora</i>
<i>Vocal:</i>	<i>I.Q. Beatriz Nieto Carreón</i>
<i>Secretario:</i>	<i>I.Q. Salvador Gallegos Rames</i>
<i>Suplente:</i>	<i>I.Q. Cornelio Flores Hernández</i>
<i>Suplente:</i>	<i>I.Q. Miguel Angel Varela Cedillo</i>

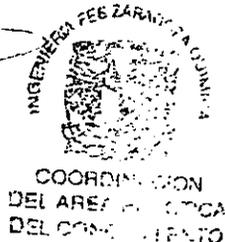
Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D. F., 19 de Abril de 1999

ING. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ
JEFE DE LA CARRERA

al Sr. ...



FALTAN PAGINAS

De la: **I**

A la: **III**

ÍNDICE

OFICIO DE ASIGNACIÓN DE JURADO.	II
ÍNDICE	IV
RESUMEN.	VI
.INTRODUCCIÓN.	VII
Parte I. TEORÍA GENERAL DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL.	1
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL.	3
1.1 Evolución del control de procesos.	4
1.2 La naturaleza de la medición.	7
1.3 Definiciones.	8
1.4 Selección de un método de medición.	15
1.5 Conceptos para la selección de instrumentos.	16
1.6 Tipos de instrumentos.	19
1.7 Clases de control de los procesos.	21
1.8 Controladores.	21
1.9 Etapas del proyecto de sistemas de control.	24
Capítulo 2. LOS INSTRUMENTOS EN LA INDUSTRIA.	28
2.1 Medición de flujos.	32
2.2 Medición de nivel.	40
2.3 Medición de presión.	51
2.4 Medición de temperatura.	60
2.5 Medición de densidad.	71
2.6 Detección de mezclas explosivas y de fuego.	84
2.7 Válvulas de control.	93

Parte II. EJEMPLO APLICATIVO.	112
Capítulo 3. SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL.	114
3.1 Bases de diseño del proceso.	115
3.2 Propuesta de filosofía de operación automatizada de la terminal de almacenamiento y distribución de gas LP.	118
3.3 Requerimientos generales del sistema automático de control.	147
3.4 Requerimientos de los grupos funcionales.	150
3.5 Equipo auxiliar.	170
3.6 Descripción de los elementos del sistema de control.	174
3.7 Lista de instrumentos.	182
3.8 Asignación de entradas y salidas.	202
3.9 Asignación de comunicaciones digitales.	211
3.10 Memorias de cálculo del sistema de control.	215
3.11 Memorias de cálculo eléctrico	220
CONCLUSIONES.	224
BIBLIOGRAFÍA.	226
ANEXO.	229

RESUMEN

Este trabajo se encuentra dividido en dos partes (Teoría general de instrumentación y control y Ejemplo aplicativo). La primera parte presenta información general referente a la instrumentación y control industrial, que sirve de base para la comprensión y elaboración de la segunda parte, que es la parte más relevante de este trabajo.

La segunda parte pretende presentar a través del ejemplo descrito en el capítulo 3, la importancia y magnitud de las actividades de instrumentación y control industrial; por esto se escogió a la Terminal de Almacenamiento y Distribución de gas L.P. en Tula, Hgo., misma que para su análisis se dividió en diferentes áreas identificadas como grupos funcionales, a partir de los cuales junto con la lógica de operación de la terminal se definió la filosofía de operación automatizada de esta, además de los requerimientos tanto de instrumentos como de equipos para todos y cada uno de los grupos funcionales, necesarios para la integración de los diferentes sectores de la terminal al sistema de control propuesto.

INTRODUCCIÓN

Al estar realizando el servicio social en el área de automatización de la Gerencia de Proyecto y Construcción de Pemex Gas y Petroquímica Básica, pude darme cuenta que el área de control e instrumentación industrial, requiere de un conocimiento muy especializado, pero con amplias oportunidades de desarrollo profesional. Por tal motivo se realizó este trabajo basado en un caso real, donde Pemex Gas y Petroquímica Básica, cuenta con la Terminal de Almacenamiento y Distribución de Gas Licuado, en Tula, Hgo. (entre otras), la que es un centro estratégico para el control y distribución del gas en la zona centro del país. .

Dada la importancia que para la empresa representa esta terminal, se decidió dar una propuesta para la automatización de la misma, con el fin de lograr un mejor control operativo y administrativo haciendo de este modo la operación más confiable y segura. Para ello se requirió identificar la instrumentación existente para determinar si se necesitaba sustituirla o adaptarla para poderla integrar a un sistema de control automático, además de proponer el equipo adecuado para la operación de este sistema.

Este trabajo se encuentra dividido fundamentalmente en dos partes.

La primera parte "Teoría general de instrumentación y control", contiene definiciones, terminología sobre instrumentación y automatización de plantas industriales, tipos de controladores, evolución del control de procesos, entre otros temas, además de información referente a los instrumentos de medición de temperatura, nivel, presión, flujo, densidad, detectores de gases y válvulas de control, conceptos que serán mencionados en la segunda parte del trabajo.

Esta primera parte fue elaborada a partir de la recopilación de información de diferentes fuentes bibliográficas y hemerográficas, obtenidas en diversas bibliotecas con el fin de que el lector adquiriera un panorama teórico general en forma rápida acerca del tema.

La segunda parte “Ejemplo aplicativo”, describe la automatización de la Terminal de Almacenamiento y Distribución de Gas Licuado, en Tula, Hgo., proponiéndose una filosofía de operación automatizada de la terminal.

Esta parte tiene además como finalidad presentar algunos de los documentos de ingeniería que se requieren elaborar durante el desarrollo de trabajos similares a este.

PARTE I:

TEORÍA GENERAL DE INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL

Capítulo 1

INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los instrumentos de medición y control han jugado un papel vital en el avance de ingeniería y de la ciencia, siendo ampliamente utilizados en la industria. En líneas generales, el porcentaje económico que ocupan en la inversión de una planta de proceso varía desde un 7% del total del proyecto para valores de 10 millones de dólares y cerca de un 5.5% para valores de 200 a 400 millones de dólares. Para proyectos mayores se puede considerar hasta un 5%. De aquí que sea importante el que todos los instrumentos, estén continuamente en perfecto estado de funcionamiento, mediante la realización de un buen mantenimiento preventivo y la aplicación de los métodos adecuados para su calibración, coadyuvando con esto a evitar paros parciales o totales en la planta, y reducir al máximo el costo del mantenimiento. Los instrumentos se utilizan para controlar las variables de un proceso o sistema en forma tan exacta como se necesite para garantizar la calidad de los productos terminados y asegurar su producción masiva.

En general, un sistema de control industrial es un arreglo en el cual un cierto valor o cantidad (la variable controlada), está siendo continuamente medido y comparado con otro valor (el valor deseado o "set – point"); si no son iguales o no están dentro de los límites prefijados (existe un error), se produce una corrección (en la variable manipulada), para mantener la variable controlada dentro de los límites preestablecidos.

El instrumento o sistema de instrumentos puede ser mecánico, neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o una combinación de dos o más de estas formas básicas, por ejemplo, electromecánicos.

La automatización, que requiere del control y la recopilación de datos,

ha fomentado el uso de instrumentos para medición y control, que van desde una simple estación de control manual hasta un complejo centro de control y adquisición de datos utilizando computadoras. Para cada aplicación debe existir una comprensión clara y concisa del funcionamiento de cada instrumento y de sus limitaciones en el sistema de medición y control. Es esencial que se conozca la teoría adecuada, la operación funcional y las interacciones entre los componentes en el proceso que se va a medir o controlar.

La utilidad de un instrumento en cualquier sistema de medición y control depende de la medida en que se pueda poner en marcha con éxito una estrategia de control previamente definida, y del grado de seguridad con que se logre reproducir la iniciación del control. Tanto la exactitud como la seguridad de un instrumento dependen de su construcción y de la manera en que se conserve su calibración.

1.1 EVOLUCION DEL CONTROL DE PROCESOS.

Antes del siglo XX ya se había planteado el problema del mando de los procesos de forma automática, llegándose en algunos casos a soluciones asombrosas para la época. En el siglo III antes de Cristo, Tesibio, inventor griego, diseñó en esa época una "*clepsidra*" (reloj de agua), que consistía en un recipiente con agua que iba provisto en su interior de una escala horaria. A medida que transcurrían las horas el agua pasaba a través de un orificio practicado en la base del recipiente. El termostato y algunos aparatos que hacían que los molinos mantuvieran las aspas contra el viento, aun cuando éste cambiara de dirección, fueron inventados en los siglos XVII y XVIII respectivamente. Sin embargo, los sistemas de control automático comenzaron su desarrollo intenso durante la revolución industrial. El ejemplo más conocido es el llamado "*governor*" (o controlador) de Watt, para el control de una máquina de vapor. Sin embargo, durante mucho tiempo, el control se llevó a

cabo de una forma totalmente manual o humana. Aún hoy se encuentra este tipo de "control" en algunas actividades artesanales (alfareros, forjadores, etc.). Los sentidos del operario miden la evolución del proceso para corregir las desviaciones existentes, comprobando que las acciones llevadas a cabo tienen el efecto previsto, hasta conseguir alcanzar el comportamiento deseado. Este control manual depende totalmente de la apreciación subjetiva del operario con las consiguientes variaciones en la calidad del producto resultante.

La siguiente etapa de la evolución aparece con la introducción de los dispositivos de medida y de registro. Los primeros proporcionan al operador información exacta, rápida, consistente y siempre igual en las mismas condiciones. Los segundos le informan de la evolución, evitándole la anotación continua. Sin embargo, el modelo del comportamiento deseado todavía no está formalizado y la comparación entre éste y los resultados dados por las medidas, sigue haciéndola el operario, al igual que la ejecución de las correcciones necesarias.

Para que el mando se realice de forma automática es preciso "sustituir al hombre" por un dispositivo físico, que automáticamente realice las tareas de comparación y producción de la acción correctora. El operador se ocupa entonces de establecer el patrón de comportamiento con el que ha de compararse (en la fase de puesta en marcha principalmente), para fijar la forma en que el dispositivo debe determinar la acción correctora.

Toda esta evolución en el control de procesos tuvo lugar en un largo periodo de tiempo. Los dispositivos empleados eran básicamente neumáticos o mecánicos.

El cambio se produce durante la II Guerra Mundial, al ser necesarios los sistemas de control. Los trabajos de Nyquist, Black, Rynorslay y otros, basados en el estudio del comportamiento en el dominio de la frecuencia por haberse desarrollado en la teoría de circuitos, empiezan a constituir un cuerpo teórico en sí mismos, conocido como *teoría de servomecanismos* o *de control por*

realimentación, que se intenta aplicar al estudio del control de otros sistemas, tales como los procesos de producción. Simultáneamente prosiguen los estudios (como los de Campbell), sobre la dinámica de los procesos, y todo ello permite plantear el control de procesos por primera vez sin considerar únicamente la instrumentación, sino teniendo en cuenta, además, el conjunto proceso-instrumentación y proceder al diseño de los sistemas de control de procesos con técnicas cuantitativas.

A partir de este momento, la evolución continúa con ritmo creciente, incorporando, no sólo los estudios teóricos de la teoría de control, la optimización y la dinámica de los procesos, sino también los avances en equipos: sensores, controladores, electrónica, computadoras y microprocesadores, según van apareciendo.

Al principio, los controladores fueron neumáticos para verse, poco a poco, desplazados por los electrónicos, aunque cada proceso seguía disponiendo de su propio controlador. A la vez que se desarrolla la electrónica, aparecen las primeras computadoras empleadas para el control de procesos. Ello favorece la tendencia, aparecida hacia mediados de la década de los 50, de concentrar todos los controladores o reguladores en un solo lugar, con lo que se tiene el control centralizado, de forma que un operario puede vigilar el funcionamiento de diferentes magnitudes de un proceso o de varios procesos interdependientes de una fábrica. Cuando se emplea una computadora, ésta puede desempeñar el papel de varios controladores, para vigilar simplemente el funcionamiento de éstos, o incluso a fijarles las referencias. La llegada de la computadora hace que los controladores incluyan la posibilidad de ser gobernados por aquella.

Finalmente, entre los años 70 y 80's con la aparición del microprocesador, la potencia, la flexibilidad y capacidad de decisión de la computadora se reparten por toda la fábrica, con las consiguientes ventajas de fiabilidad y aumento de potencia. Estamos, pues, ante el control de procesos distribuido.

1.2 LA NATURALEZA DE UNA MEDICION.

En los procesos industriales es absolutamente necesario, como ya se mencionó, controlar algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, etc.

El sistema de control puede definirse como aquel que compara el valor de la variable o condición a controlar con un valor deseado y efectúa una acción de corrección de acuerdo con la desviación existente sin que el operario intervenga en absoluto.

El sistema de control incluye un sensor medidor, el transmisor, una unidad de control, el indicador, el registrador, un elemento final de control y el propio proceso. Todos estos elementos forman el denominado bucle o lazo de control que puede ser abierto o cerrado.

Es importante conocer los diversos pasos involucrados en cualquier determinación, por lo que se mencionan a continuación:

1) **Generación de la señal.** La mayoría de las mediciones físicas son registros de una señal impuesta, que se relaciona con un cambio en las propiedades fisicoquímicas de una sustancia.

2) **Detección y transducción.** Por lo general, la "información" (la señal alterada o autogenerada) es detectada y transformada en una forma de salida útil por medio de un solo componente.

3) **Amplificación; transmisión.** En general, los detectores que responden transformando la información original en una señal eléctrica, ya sea corriente o voltaje, son preferidos sobre todos los demás. El valor de este tipo de salida se funda principalmente en el notable grado de amplificación por medio del uso de la electrónica.

4) **Conmutación.** Es la conversión de la señal a una forma útil para su presentación.

5) **Presentación.** La señal es presentada conforme emerge de la etapa de conmutación. Las desviaciones de medidores y arreglos de alambres corredizos son "salidas" comunes en instrumentos y tienen la ventaja de ser sumamente sencillos. Una desventaja es que restringen la toma de datos a puntos aislados.

1.3 DEFINICIONES.

1.3.1 Definiciones relacionadas con los instrumentos de control.

Alcance (span). Es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del rango del instrumento. Por ejemplo en un instrumento de temperatura de 100-300 °C su valor será de 200 °C.

Derivada. Es una variación en la señal de salida que se presenta en un período de tiempo determinado mientras se mantienen constantes la variable medida y todas las condiciones ambientales. Se suelen considerar la derivada de cero (variación en la señal de salida para el valor cero de la medida atribuible a cualquier causa interna) y de la derivada térmica de cero (variación en la señal de salida a medida cero, debida a los efectos únicos de la temperatura). La derivada está expresada usualmente en porcentaje de la señal de salida de la escala total a la temperatura ambiente, por unidad, o por intervalo de variación de la temperatura. Por ejemplo, la derivada térmica de cero de un instrumento en condiciones de temperatura ambiente durante 1 mes fue de 0.2 % del alcance.

Elevación de cero. Es la cantidad con el que el valor cero de la variable supera el valor inferior del rango. Puede expresarse en unidades de la variable medida o en % del alcance.

Estabilidad. Capacidad de un instrumento para mantener su comportamiento durante su vida útil y de almacenamiento especificadas.

Fiabilidad. Medida de la probabilidad de que un instrumento continúe comportándose dentro de límites especificados de errores a lo largo de un tiempo determinado y bajo condiciones especificadas.

Histéresis (hysteresis). Es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento para un mismo valor cualquiera del rango, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente. Se expresa en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo, si en el instrumento mencionado es de $\pm 0.3 \%$, su valor será de $\pm 0.3 \%$ de $200 \text{ }^\circ\text{C} = \pm 0.6 \text{ }^\circ\text{C}$.

Linealidad. La aproximación de una curva de calibración a una línea recta especificada.

Linealidad basada en puntos. Falta de linealidad expresada en forma de desviación máxima con relación a una línea recta que pasa a través de los puntos dados correspondientes al cero y 100 % de la variable medida.

Precisión (accuracy). Es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio. Hay varias formas de expresar la precisión:

a) Tanto por ciento del alcance, que es la forma usual de expresar la precisión. Ejemplo: en el instrumento de temperatura mencionado, para una lectura de $150 \text{ }^\circ\text{C}$ y una precisión de $\pm 0.5 \%$, el valor real de la temperatura estará comprendido entre $150 \pm 0.5 * 200 / 100 = 150 \pm 1$, es decir, entre 149 y $151 \text{ }^\circ\text{C}$;

b) Directamente en unidades de la variable medida. Ejemplo: precisión de $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$;

c) Tanto por ciento de la lectura efectuada. Ejemplo: precisión de $\pm 1\%$ de $150 \text{ }^\circ\text{C}$, es decir, $\pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$;

d) Tanto por ciento del valor máximo del rango. Ejemplo: precisión de $\pm 0.5 \%$ de $300 \text{ }^\circ\text{C} = \pm 1.5 \text{ }^\circ\text{C}$.

El fabricante especifica la precisión en todo el rango del instrumento, si bien a veces indica su valor en algunas zonas de la escala. Por ejemplo: un manómetro puede tener una precisión de $\pm 1 \%$ en toda la escala y de $\pm 0.5 \%$ en la zona central.

La calibración que el fabricante especifica en sus manuales corresponde al valor que alcanza el instrumento después de un año de servicio en condiciones normales de uso, lo que es distinto de los valores exigidos en el control de calidad de fabricación y en el almacén de entrega. Por ejemplo, un instrumento de precisión del $\pm 0.5 \%$ tendrá en su control de calidad un $\pm 0.3 \%$ y en el almacén un $\pm 0.4 \%$.

Punto de ajuste (set-point). Es la posición en la cual se fija el mecanismo del punto de control o sea el valor deseado de la variable controlada.

Rango (range). Espectro o conjunto de los valores de la variable medida que están comprendidos dentro de los límites superior e inferior del campo de la capacidad de medida o de transmisión del instrumento; se expresa estableciendo los dos valores extremos. Por ejemplo: el rango de un instrumento de temperatura puede ser de 100-300 °C.

Rango con elevación de cero. Es aquel rango en el que el valor cero de la variable o señal medida es mayor que el valor inferior del rango. Por ejemplo, -10 °C a 30 °C.

Rango con supresión de cero. Es aquel rango en el que el valor cero de la variable o señal medida es menor que el valor inferior del rango.

Repetibilidad (repeatability). Capacidad de reproducción de un instrumento de las medidas repetitivas de la lectura o señal de salida para el mismo valor de la variable medida alcanzado en ambos sentidos, en las mismas condiciones de servicio y a lo largo de un período de tiempo determinado. Se considera en general su valor máximo (repetibilidad máxima) y se expresa en tanto por ciento del alcance; o señal de salida a lo largo de un período de 30 días. Un valor representativo sería $\pm 0.2 \%$.

Resolución. Magnitud de los cambios en escalón de la señal de salida (expresados en tanto por ciento de la salida de toda la escala) al ir variando continuamente la medida en todo el rango. Es también el grado con que el instrumento puede discriminar valores equivalentes de una cantidad.

Resolución infinita. Capacidad de proporcionar una señal de salida progresiva y continua en todo el rango de trabajo del instrumento.

Ruido. Cualquier perturbación eléctrica o señal accidental no deseada que modifica la transmisión, indicación o registro de los datos deseados.

Sensibilidad (sensitivity). Es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona, después de haberse alcanzado el estado de reposo. Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Si la sensibilidad del instrumento de temperatura del ejemplo es de $\pm 0.05\%$, su valor será de $0.05 * 200 / 100 = \pm 0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Supresión de cero. Es la cantidad con que el valor inferior del rango supera el valor cero de la variable. Puede expresarse en unidades de la variable medida o en % del alcance.

Temperatura de servicio. Campo de temperaturas en el cual se espera que trabaje el instrumento dentro de límites de error especificados.

Vida útil de servicio. Tiempo mínimo especificado durante el cual se aplican las características de servicio continuo e intermitente del instrumento sin que se presenten cambios en su comportamiento más allá de tolerancias especificadas.

Zona muerta (dead zone o dead band). Es el campo de valores de la variable que no hace variar la indicación o la señal de salida del instrumento, es decir, que no produce su respuesta . Viene dada en tanto por ciento del alcance de la medida. Por ejemplo: en el instrumento de temperatura que se ha venido manejado es de $\pm 0.1 \%$, es decir, de $0.1 * 200 / 100 = \pm 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

1.3.2 Definiciones relacionadas con sistemas de control.

Actuador. Es una porción de los medios controladores que aplican fuerza para operar al elemento final de control; responde a una señal (eléctrica, térmica o de un fluido). También se le conoce como “ operador ”.

Atenuación. Es una reducción en la intensidad de una señal entre dos

puntos o entre dos frecuencias.

Ciclización. Es un cambio periódico (oscilación) de la variable controlada.

Control en cascada. Varios controladores conectados en serie, en que la salida de uno o más controladores maestros se convierte en el punto de graduación de los esclavos o secundarios.

Controlador automático. Es un aparato que mide el valor de una variable, cantidad o condición y opera para corregir o limitar cualquier desviación de este valor medido, comparado con una referencia seleccionada (set-point o punto de ajuste).

Controlador autooperado. Es aquél en el cual toda la energía para operar el elemento final de control se deriva del medio controlado.

Control de realimentación. Es una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia de un sistema (o un estado deseado, arbitrariamente variado) y que lo hace sobre la base de esta diferencia.

Controlador operado por relevador. Es aquél en el cual la energía transmitida a través del elemento primario es suplementada para operar el elemento final de control.

Distorsión: Error sistemático o desplazamiento del valor medido u observado en relación con el real.

Elementos de medición. Son aquellos elementos de un controlador automático los cuales tienen como función el indicar y comunicar a los medios de control, el valor de la variable controlada.

Elemento final de control. Es aquel que cambia directamente el valor de la variable manipulada.

Elemento primario. Es aquella parte de los medios de medición, la que primero utiliza o transforma la energía del medio controlado produciendo un efecto que es función del cambio en el valor de la variable controlada.

Ganancia. Cambio en la variable controlada en relación con un cambio en el punto de referencia.

Lazo de control. Control formado por cierto número de aparatos, cada uno de los cuales actúa como sistema individual de transferencia, unidos entre sí para formar una red.

Medios de control. Son aquellos elementos de un controlador automático que están involucrados en la producción de una acción correctiva.

Perturbaciones. Es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema, se le denomina interna, mientras una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

Planta. Se refiere a un grupo de maquinarias o equipos funcionando conjuntamente, cuyo objetivo es realizar una operación determinada.

Proceso. Una operación progresivamente continua, que consiste en una serie de acciones controladas o movimientos dirigidos sistemáticamente hacia determinado resultado o fin.

Señal de actuación. Es la diferencia en cualquier ocasión entre la entrada de referencia y una señal relacionada a la variable controlada, siendo también la variable que inicia la acción correctiva en un sistema de control y para el caso de un control retroalimentado es la señal de error.

Servomecanismos. Es un sistema de control realimentado en el cual la salida es algún elemento mecánico, sea posición, velocidad o aceleración. Por tanto, los términos *sistema de control de servomecanismo* o *de posición* (o *de velocidad* o *de aceleración*) son sinónimos. Los servomecanismos son extensamente usados en la industria moderna.

Sistema. Es una combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen determinado objetivo.

Sistemas de control adaptables. Se denominan así a los sistemas que tienen algún grado de capacidad de adaptación. Las características dinámicas de

la mayoría de los sistemas de control no son constantes por diversas razones, como el deterioro de los componentes al paso del tiempo, o las modificaciones en los parámetros o en el medio ambiente. Aunque en un sistema de control retroalimentado se atenúan los efectos de pequeños cambios en las características dinámicas, si las modificaciones en los parámetros del sistema y en el medio son significativas, un sistema, para ser satisfactorio, ha de tener capacidad de adaptación. Adaptación implica la capacidad de autoajustarse o automodificarse de acuerdo con las modificaciones imprevisibles del medio o estructura.

En estos sistemas, las características dinámicas debe de estar identificadas en todo momento, de manera que los parámetros del controlador puedan ajustarse para mantener un comportamiento óptimo.

Sistema de control de lazo abierto. Es el sistema de control en el que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. En otras palabras, en un sistema de este tipo, la salida ni se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fija. Así, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control de lazo abierto no cumple su función asignada. En la práctica estos controles sólo se pueden utilizar si la relación entre la entrada y la salida es conocida, y si no se presentan perturbaciones tanto internas como externas. Desde luego, tales sistemas no son sistemas de control retroalimentado. Nótese que cualquier sistema de control que funciona sobre una base de tiempos, es un sistema de lazo abierto.

Sistema de control de lazo cerrado. En la práctica, se utiliza indistintamente la denominación control retroalimentado o control de lazo cerrado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de retroalimentación (que puede ser la señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra al controlador para reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado implica

siempre el uso de la acción de control retroalimentado para reducir el error del sistema.

Sistema de control de procesos. Es un sistema de regulación automático en el que la salida es una variable como temperatura, presión, flujo, nivel de líquido o pH.

Sistema de control realimentado. Es aquel que tiende a mantener una relación preestablecida entre la salida y la entrada de referencia, comparando ambas y utilizando la diferencia como parámetro de control.

Sistema de regulación automática. Es un sistema de control realimentado en el que la entrada de referencia o la salida deseada son o bien constantes o varían lentamente en el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

1.4 SELECCION DE UN METODO DE MEDICION.

El diseñador y usuario de un instrumento comparten problemas hasta cierto punto similares, deben seleccionar el mejor método de medición y de diseño así como de los componentes instrumentales más apropiados. Naturalmente, el usuario debe comprender las consideraciones involucradas en la toma de esas decisiones, para poder seleccionar el instrumento adecuado para una medición y para usarlo efectivamente.

Fundamentalmente, el buen diseño principia con la selección del método de medición de una propiedad. La selección deficiente de un principio físico sobre el cual va a diseñarse, limitará la seguridad, sensibilidad y utilidad de un instrumento, del mismo modo que lo hace un componente deficiente.

1.5 CONCEPTOS PARA LA SELECCION DE INSTRUMENTOS

Para que un ingeniero instrumentista de procesos o de fabricación, puedan elegir la mejor aplicación, deben tener un conocimiento profundo tanto del instrumento como del sistema de operación. Hay algunos conceptos fundamentales además de los ya expuestos anteriormente para efectuar la mejor selección posible tanto del instrumento como del sistema.

Error. Al efectuar una medición, el valor verdadero de un objeto de medición nunca se puede establecer con exactitud, ya que si se hacen varias mediciones de una misma cantidad física en condiciones de operación que se suponen idénticas, y utilizando en forma óptima la sensibilidad de los instrumentos de medición, los valores de medición no serán exactamente iguales. No existen dos conceptos absolutamente idénticos, ya que siempre se presentarán algunas diferencias. Cuando hay dos conceptos u objetos que parecen idénticos, se debe a que el dispositivo de medición utilizado no tiene la precisión necesaria para establecer las diferencias reales que existen. Estas diferencias existen debido a las limitaciones del dispositivo de medición mismo, a la exactitud con que se puede leer la escala de medición, el ángulo de visión del individuo que efectúa la observación y a variaciones indeterminadas en las condiciones de operación.

Estas fuentes de variación, que algunas veces se denominan errores de medición, ya sean inherentes al instrumento o al sistema, no representan un error al tomar la medición o al efectuar la acción de control, sino que constituyen medidas del grado de incertidumbre que existe en el método empleado para la aplicación específica. Mientras mayor sea el número de mediciones hechas en una cantidad o proceso, se conocerá más respecto de la cantidad desconocida y será posible llegar a una estimación de su valor verdadero que la que se puede obtener mediante una sola determinación.

Existen dos fuentes de variancia de error, denominadas comúnmente

error accidental o aleatorio y error sistemático.

Los *errores aleatorios* se deben a causas irregulares, siendo estas demasiadas y de una naturaleza muy compleja para que se pueda identificar su origen. La principal característica de los errores aleatorios es que es muy probable que tengan muy poco efecto sobre el valor de la media aritmética de un conjunto de mediciones. Esto significa sencillamente que, cuando se registra un conjunto de mediciones, el error aleatorio afecta en forma equivalente tanto a los valores que están por encima como a los que están por debajo del promedio para dicho conjunto de mediciones y se anulan en el promedio. Esto no es cierto y no se debe suponer que lo sea para cualquier medición única.

Los *errores sistemáticos* se presentan en los registros de medición de acuerdo con un patrón específico; por lo general, tienen una misma dirección (llevando el mismo signo) y poseen el mismo orden de magnitud. Estos errores se pueden deber a fallas en los instrumentos, tales como establecer una graduación defectuosa en una escala o un estándar inexacto, o bien, se pueden originar en una falla del observador. Cuando se puede determinar la magnitud de un error sistemático, es posible incluirlo como factor de corrección en el valor de medición y sumarse en la dirección opuesta a la contribución de error.

El objetivo ideal al establecer una buena instrumentación consiste en reducir todos los errores al tipo aleatorio, de manera que se puedan manejar mediante la teoría de probabilidades, con el objeto de obtener la mejor estimación del valor real de la cantidad medida.

Retardo. Se define como el intervalo de tiempo que transcurre entre el instante en que se genera una señal y el momento en que el instrumento o el sistema de instrumentos de medición o control indica, registra o activa un control para corregir un error o cambiar la función.

Mientras más breve es el retardo, mejor es la medición dinámica de la función. El retardo puede ser importante si se necesita una respuesta rápida en el proceso o si la acción depende de la frecuencia, ya que representa un retraso en

la acción. Si el retardo tiene una longitud suficiente, es probable que no se pueda lograr a tiempo un cambio en la variable para evitar una pérdida en el proceso. Cuando la frecuencia forma parte del ciclo de medición o control, un retardo puede ser la causa de un cambio de fase, de tal manera que la acción de medición o control quede fuera de fase con relación al proceso.

El retardo se debe a la resistencia al flujo de aire en los tubos que conectan los instrumentos neumáticos, a la resistencia en los alambres que conducen la corriente, al movimiento de inercia en el desplazamiento mecánico de un medidor o calibrador y a cualquier otro factor que reduzca la velocidad de una señal para lograr el objetivo del diseño.

Tiempo muerto. Es un tipo de retardo en un instrumento o sistema de medición. El tiempo muerto en un instrumento o sistema de procesamiento es el periodo durante el cual no se puede detectar una nueva señal o una variación de ella. Esto es grave en todos los tipos de operaciones dinámicas, debido a que, durante el tiempo muerto, no se puede emprender ninguna acción y es imposible detectar una variación que se produzca durante él. En otras palabras, durante el tiempo muerto de un instrumento no se puede determinar si se ha producido o no un cambio en un instrumento, a menos que otro, con un tiempo muerto mucho mas corto, pueda verificar la condición. La elección de un instrumento se debe hacer de tal manera que el tiempo muerto no constituya un riesgo para la medición o el proceso; por lo tanto se debe seleccionar de tal manera que represente menos del 10 % de la demora total en la medición.

Respuesta de frecuencia. Se le conoce así a la forma en que un instrumento o circuito maneja las frecuencias que quedan dentro de su campo de operación. Un método para medir esta respuesta consiste en determinar la variación en la ganancia o la pérdida en la salida como una función de frecuencia. Por lo general el fabricante especifica la respuesta de frecuencia, indicando que es plana sobre un campo de frecuencias, lo cual significa que, básicamente, no se produce ningún cambio en las características de respuesta en

dicho campo. Las especificaciones pueden indicar una pérdida de amplitud, señalando que desciende X número de decibeles por debajo del campo plano y que desciende una cantidad adicional de decibeles en otro campo, definiéndose un decibel como diez veces el logaritmo de la relación en las potencias nominales.

La respuesta de frecuencia es importante en las mediciones dinámicas, tanto en lo que respecta a las relaciones de fase como a las de amplitud. El cambio de fase máximo es de 180 grados, lo cual representa una inversión en la dirección de la señal, y los cambios de fase pueden variar desde 0 hasta 180 grados. Cuando el tiempo muerto de un instrumento es menor que un décimo del tiempo total de respuesta, se puede hacer caso omiso del cambio de fase en el análisis de la medición para elegir el mejor instrumento.

1.6 CLASES DE INSTRUMENTOS.

Los instrumentos se clasifican de diferentes formas dependiendo de sus características o aplicación; por lo que se puede tener lo siguiente:

1.- Si el instrumento presenta o no el valor de la variable se tiene:

Instrumentos *ciegos* sin indicación visible de la variable.

Instrumentos *indicadores* que en forma analítica o digital muestran en una carátula o pantalla el valor de la variable medida.

2.- Según la función del instrumento se tiene:

Elementos primarios son los dispositivos que están en contacto directo con la variable.

Instrumentos *indicadores* con un índice que señala en una escala graduada el valor de la variable, o bien si es digital muestra la variable en forma numérica con dígitos.

Transmisores son los dispositivos que transmiten la variable a distancia en forma de señal neumática, electrónica o digital.

Receptores son los dispositivos que reciben la señal procedente de los transmisores y la indican, registran o controlan.

Instrumentos *registradores* de gráfico circular (es normal 1 revolución en 24 horas) y de gráfico rectangular o alargado (la velocidad normal es de 20 milímetros / hora).

Controladores son los dispositivos que comparan la variable controlada con un valor deseado y ejercen una acción correctiva de acuerdo con la desviación.

Transductores son los dispositivos que modifican el tipo de señal de entrada. Son transductores un relevador, un transmisor, un convertidor PP/I (presión de proceso a intensidad). Un caso particular son los convertidores P/I o I/P (señal neumática de entrada a electrónica de salida o viceversa).

Convertidores. Son aparatos que reciben una señal de entrada neumática (3 - 15 psi) o electrónica (4 - 20 mA cc) procedente de un instrumento y después de modificarla envían la resultante en forma de señal de salida estándar. Por ejemplo se tienen los convertidores P / I (señal de entrada neumática a señal de salida eléctrica), un convertidor I/P (señal de entrada eléctrica a señal de salida neumática).

Conviene señalar que a veces se confunde convertidor con transductor; siendo este último término general y no debe aplicarse a un aparato que convierta una señal de instrumentos.

Elemento final de control es el dispositivos que recibe la señal del instrumento controlador y modifica el caudal del fluido o agente de control. En el control neumático el elemento es un servomotor neumático; en el control electrónico se trata de un convertidor de intensidad a presión (I / P) que convierte la señal electrónica a neumática para alimentar un servomotor neumático. o bien de un conjunto de rectificadores de silicio que varían la

corriente de alimentación de unas resistencias de calentamiento; en el control digital se emplea un convertidor de señal digital a neumática. Y en el control eléctrico se utiliza un servomotor eléctrico.

3.- Según la variable de proceso se tiene:

Instrumentos de caudal, nivel, presión, temperatura, entre otros.

En el lenguaje común se utiliza la combinación de estas clasificaciones, y así, se consideran transmisores ciegos de presión, controladores registradores de temperatura, receptores indicadores de nivel, receptores controladores registradores de caudal, etc.

1.7 CLASES DE CONTROL DE LOS PROCESOS.

Desde el punto de vista del control se pueden considerar dos tipos muy diferentes de actuaciones. Un tipo trata del valor que han de tomar las variables del proceso, haciendo que su evolución siga un determinado comportamiento, o manteniendo un valor deseado. (Es la *regulación*). El otro, se fija en la generación de señales, que normalmente son de tipo binario para el mando de las etapas o acciones del proceso, en función de la *combinación, temporizado y / o secuenciado*, de otras acciones de éste.

1.8 CONTROLADORES.

Toda la teoría de control automático gira alrededor del diseño del controlador apropiado a cada proceso, dependiente del modelo que se utilice y de las exigencias de funcionamiento impuestas, así como, también, de la realización de dicho controlador. Este representa la lógica de actuación sobre el proceso, función del comportamiento de este último, o mejor, de la desviación de su comportamiento real respecto del deseado. Tiene, por tanto, como entrada, el

error existente en el comportamiento del sistema, y como salida, la actuación que debe ejercerse sobre el proceso.

1.8.1 Tipos de controladores. El *controlador* más sencillo es el *todo/nada (on-off)*. Su utilización más corriente tiene lugar cuando su acción desencadena la evolución del proceso en un sentido y su inhibición lleva al proceso a evolucionar en sentido contrario.

En la práctica, el comportamiento todo / nada, tipo relevador, no es puro, sino que va acompañado de una histéresis. El paso a la acción no se da exactamente para el valor fijado, sino para un valor un poco superior y el paso a la inhibición se realiza para un valor inferior al fijado. Estos umbrales hacen que se produzca una oscilación de la salida alrededor del valor de la referencia.

El *control proporcional* provoca una señal de salida proporcional a la de entrada, o sea, al error. La constante de proporcionalidad recibe el nombre de *ganancia* y su valor se puede fijar de acuerdo con las necesidades de control del proceso. Algunas veces, en lugar de la ganancia, K , se utiliza su inversa multiplicada por 100, que recibe el nombre de *banda proporcional*. Se trata de un control muy sencillo, estable y fácil de ajustar, pero plantea el problema de que, si aparece un error estacionario, no es capaz de eliminarlo.

Para eliminar un error de este tipo se emplea el *control integral*, cuya señal de respuesta es proporcional no al error, sino a la integral de éste.

La constante de proporcionalidad que se toma es $1 / T_i$, llamándose a T_i , *constante de integración*. Este tipo de acción de control tiene, naturalmente, una respuesta lenta.

Para conseguir una respuesta rápida a las variaciones, se emplea el *control derivador*, en el que la señal de salida es proporcional a la derivada del error, y, por lo tanto, proporcional a su variación. La constante de proporcionalidad T_d se conoce como *constante de derivación*.

En la práctica, los controles integral y derivador no se suelen emplear

solos, sino unidos al proporcional. El *control proporcional integral* (PI) tiene una salida suma de dos términos, uno proporcional al error y otro proporcional a la integral del error. Por lo tanto, han de fijarse dos parámetros, K y T_i . Este tipo de control elimina el error estacionario y tiene mejor respuesta dinámica que el control integral sólo, pero, debido al término integral, puede producir inestabilidad en el sistema. El *control proporcional derivador* (PD) tiene una salida, suma también de dos términos, uno proporcional al error y otro, a su derivada. Tiene las ventajas de ser estable, dar menor error estacionario que el control proporcional sólo (aunque no lo elimina) y ofrecer una rápida respuesta.

El controlador más empleado en las industrias es el *proporcional integral derivador* (PID), compuesto de los tres tipos de acciones y, por lo tanto, su salida es la suma de tres términos: uno, proporcional al error: otro, a la integral del error y el tercero, a la derivada del error.

El controlador PID es el mejor de todos cuando está bien ajustado, es decir, si los valores de los parámetros K, T_i , T_d , son los más apropiados al proceso y al control deseado.

Proporciona una respuesta rápida y, a la vez, elimina el error estacionario. Sin embargo, al ser el más complejo, es también el más difícil de ajustar. Existen métodos de aproximaciones sucesivas para ajustar los parámetros del controlador PID sobre un proceso de dinámica complicada que no se conoce bien aplicándose hasta que se logra la respuesta deseada. Estos métodos de tanteo se han ido desarrollando gracias a la experiencia de su empleo por parte del personal encargado del control. Este ajuste del controlador es, sin embargo, mucho más sencillo cuando se conoce un modelo del proceso y puede, entonces, realizarse teóricamente con un pequeño ajuste final en la instalación.

1.9 ETAPAS DEL PROYECTO DE SISTEMAS DE CONTROL.

1.9.1 Requerimientos generales de un sistema de control. Cualquier sistema de control debe ser estable. Este es un requerimiento primario. Además de la estabilidad absoluta, un sistema de control debe tener una estabilidad relativa razonable; es decir, la velocidad de respuesta debe ser razonablemente rápida y la respuesta debe presentar razonable amortiguamiento. Un sistema de control debe también poder reducir a cero, o a un valor tolerablemente pequeño, los errores. Cualquier sistema de control útil debe satisfacer estos requerimientos.

El requisito de una estabilidad relativa razonable y el de una exactitud en régimen permanente tienden a ser incompatibles. Al proyectar un sistema de control, es por tanto, necesario llegar a un compromiso eficaz entre ambos requisitos.

1.9.2 Problemas más comunes a resolver con el proyecto de sistemas de control. El controlador produce señales de control basadas en las variables de referencia de entrada y las de salida. En la práctica también hay siempre algunas perturbaciones que actúan en la planta. Estas pueden ser de origen interno o externo, y pueden ser casuales o previsibles. El controlador debe tener en cuenta cualquier perturbación que afecte las variables de salida.

Para determinar la señal de control óptima, es necesario definir un índice de funcionamiento. Este índice es una medida cuantitativa del funcionamiento, midiendo la desviación respecto a un funcionamiento ideal. La especificación de la señal en el intervalo de tiempo de operación es denominada *ley de control*. Matemáticamente el problema básico de control es determinar la ley de control óptimo, sujeto a diversas restricciones de ingeniería y económicas.

1.9.3 Análisis. Es la investigación, bajo condiciones especificadas, del funcionamiento del sistema de control, cuyo modelo matemático se conoce.

Como cualquier sistema consta de componentes, el análisis debe comenzar por una descripción matemática de cada componente. Una vez deducido el modelo matemático del sistema completo, el modo en que se realiza el análisis es independiente de si el sistema es físicamente neumático, eléctrico, mecánico, etc.

1.9.4 Definición de alcances del Proyecto. Proyectar un sistema significa hallar uno que cumpla la tarea pedida. En general, el procedimiento de diseño o proyecto no es directo, sino que requiere algunos tanteos. En esta etapa se requiere establecer de manera formal toda la información necesaria, incluyendo las normas y especificaciones existentes que cubran los requisitos específicos del proyecto de control, para iniciar el desarrollo del mismo.

1.9.5 Síntesis. Es el encontrar un procedimiento directo, un sistema que funcione de un modo especificado. Generalmente ese procedimiento es totalmente matemático desde el principio al final del proceso de diseño. Actualmente se dispone de procedimientos de síntesis para redes lineales y sistemas óptimos lineales.

1.9.6 Diseño del proyecto de sistemas de control. Este se cumple del siguiente modo: el ingeniero comienza el proceso de proyecto conociendo las especificaciones o el índice de funcionamiento, la dinámica de la planta dada y la dinámica de los componentes; esto último abarca los parámetros de diseño. El ingeniero de control aplica técnicas de control, si las hay, junto con otras técnicas, para establecer un modelo matemático del sistema.

Una vez formulado el problema de diseño en términos de este modelo, realiza un proyecto matemático que brinda la solución a la versión matemática

del problema de diseño. (Nótese que en esta etapa es muy útil la teoría de control óptimo, porque da el límite superior del funcionamiento del sistema para determinado índice de funcionamiento).

Tras completar el diseño matemático, el ingeniero de control simula el modelo en una computadora para verificar el índice de comportamiento del sistema resultante en respuesta a diversas señales y perturbaciones. Habitualmente, la configuración inicial del sistema no es satisfactoria. Entonces hay que rediseñar el sistema y completar el correspondiente análisis. Este proceso de diseño y análisis es repetido hasta obtener un sistema satisfactorio. Entonces se puede construir un prototipo del sistema físico.

El prototipo es un sistema físico que representa con razonable exactitud el modelo matemático. Una vez construido, el ingeniero lo prueba para ver si es satisfactorio, o si no lo es. Si lo es, el diseño está completo. Si no, hay que modificar y probar el prototipo. El proceso continúa hasta que el prototipo resulta completamente satisfactorio.

1.9.7 Implementación. Esta es la última etapa del proyecto de control. Consiste en conjuntar al prototipo resultante con la planta o proceso que generó el proyecto, esto mediante la instalación del equipo (medidores, registradores, transmisores, válvulas de control, controladores, e.t.c.) que cumplan con los requisitos del sistema, con el propósito de preparar la puesta en marcha del mismo.

Una vez instalados todos los dispositivos se debe realizar una revisión física de los mismos, esto para verificar su correcto funcionamiento y calibración; trabajo que concluye con la entrada en operación del sistema de control.

CAPÍTULO 2:

LOS INSTRUMENTOS EN LA INDUSTRIA

Capítulo 2

LOS INSTRUMENTOS EN LA INDUSTRIA

La medición y el control industrial, junto con su instrumentación, representan una inversión multimillonaria que ha demostrado puede alcanzar una gran plusvalía, ya que hacen posible la producción en masa.

Para ilustrar la forma en que los instrumentos se usan en la industria moderna, se hará un breve análisis de algunas aplicaciones de los instrumentos en la industria.

Cerámica. En la industria de la cerámica para la fabricación de ladrillos y losetas, la presión de la prensa o la presión de extrusión del molino determina la densidad del ladrillo, la loseta o cualquier otro producto de arcilla. La temperatura del horno establece el ciclo de secado y la del horno de cocción determina la dureza y, a veces, el color del producto.

La fabricación de productos de vidrio depende de los pesos relativos de los ingredientes, colocados en el horno refractario, el que se debe conservar a una temperatura fija para derretir los ingredientes y convertirlos en una masa fundida homogénea. Si el vidrio fundido se va a soplar, para formar recipientes de vidrio, éste se debe cortar con una cizalla con el fin de tener un peso determinado, y la temperatura se debe mantener de tal manera que se pueda hacer caer un glóbulo de vidrio en un molde hueco para darle forma con la presión de aire adecuada. A continuación, el recipiente de vidrio caliente se transfiere a un horno de enfriamiento para su recocción. El horno de enfriamiento se conserva a las temperaturas y velocidades adecuadas con el objeto de satisfacer el volumen de salida de la máquina sopladora de vidrio. Cuando el vidrio fundido se elabora en láminas, la temperatura del vidrio, la temperatura y la presión de los rodillos formadores y la temperatura de recocción se deben conservar de tal manera que se obtengan productos de alta calidad. De

la secuencia de los controles de tiempo, la presión y la temperatura depende que estas operaciones tengan éxito.

Pulpa de madera y papel. En esta industria se necesita descortezar y cortar los troncos en trozos pequeños, que después se mezclan con compuestos químicos para llevar a cabo un proceso de digestión a la temperatura apropiada, hasta que las fibras se separan de los otros ingredientes. Entonces, estas fibras se envían a los ciclos de secado y presión y los compuestos químicos se hacen pasar por un proceso de recuperación. Después de sacar y prensar la pulpa, ésta se convierte en papel mediante un proceso de laminado. El control de la presión de laminado y la velocidad de los rodillos determinan el espesor del papel. Es muy importante la regulación de la velocidad en el rodillo recogedor ya que de otra manera, el papel se rompería porque debe reducirse su velocidad conforme el rollo aumenta de tamaño. Por ende, el control del peso, el flujo, la presión y la velocidad de rotación son esenciales en la industria del papel.

Aparatos eléctricos. Los controles de fabricación en esta industria, incluyen la presión para el formado de las partes de metal, la temperatura del vaciado, el curado de plásticos y el secado de las pinturas; la colocación de partes para taladrar, estampar y maquinado en general; la velocidad de las operaciones de la línea de montaje y los requisitos de calidad para el acabado, el funcionamiento y el aspecto del producto final.

Hierro y acero. En la industria siderúrgica, los materiales se deben pesar con toda precisión antes de fundirlos, y se debe controlar la temperatura del horno y el flujo del gas para lograr la calidad adecuada del hierro. A partir del mineral de hierro, piedra caliza y coque. Se deben mantener temperaturas apropiadas en los altos hornos, a fin de lograr la alta calidad en la fundición y otros productos del hierro.

Los productos de acero dependen de los materiales usados y del proceso de fundición. La temperatura del horno es muy importante en la preparación del metal para laminarlo y conformarlo. Los lingotes se deben precalentar para

alcanzar la temperatura adecuada para el laminado, y esos lingotes se deben sacar de sus moldes de vaciado antes de laminarlos. El control de la presión de los rodillos determina el espesor y el ancho de la lámina o barra de acero producida a partir de un lingote o una placa. La facilidad de labrado a máquina, (maquinado), la dureza y la adaptabilidad a la soldadura que tenga el acero, se determinan mediante la composición y el tratamiento térmico dado al producto. Por lo tanto los controles de temperatura, peso, presión y tiempo son muy importantes en esta industria.

Productos del petróleo. Estos productos requieren controles minuciosos y precisos. Las temperaturas y las presiones son críticas durante la refinación por el proceso de disociación y destilación. En estos procesos siempre hay problemas debidos a fugas de líquidos volátiles. No sólo es necesario que la instrumentación de medición y control sea exacta, sino también confiable para que el proceso se mantenga dentro de los límites permisibles de seguridad al producir aceites para motor de grado específico, combustible Diesel o gasolina. La medición exacta del flujo, la presión y la temperatura hacen que esta industria sea relativamente segura.

Electricidad. En la fabricación de turbinas y generadores para producir tanto energía en corriente directa como en corriente alterna, las fábricas modernas utilizan máquinas controladas numéricamente, equipo de balanceo, equipo de pruebas no destructivas e instrumentos de medición exacta.

En la generación de corriente directa es necesario medir y controlar la velocidad del generador. También se requiere la medición de la corriente y el voltaje de salida, así como la potencia generada.

La generación de electricidad en corriente alterna requiere la medición de la frecuencia (25, 50 ó 60 Hz) y la fase de los sistemas trifásicos, al igual que la determinación de la intensidad de corriente, voltaje y potencia.

En la medición de la energía eléctrica consumida por los equipos industriales de propulsión y de calefacción se necesitan amperímetros para medir

la corriente, voltímetros para medir el voltaje y wattímetros o medidores de watts-hora, para controlar la potencia en el punto de consumo.

Compuestos químicos. En la elaboración de compuestos químicos se requiere controlar con precisión el flujo de líquidos, la presión y temperatura a las que se producen las reacciones químicas, así como medir con exactitud la cantidad de cada sustancia empleada. Cualquier medición y control inexacto de las variables puede ser peligroso y, de hecho, lo ha sido en numerosas ocasiones. Los controles exactos son necesarios hasta para procesos tan disímolos como producir el color y la consistencia correctas de los barnices de uñas y tubos labiales y obtener una pintura resistente a la intemperie o un plastificante de silicio para utilizarlo con resinas epoxicas.

Alimentos. La selección de alimentos para su procesamiento, (por ejemplo, la clasificación de frijoles, chícharos, frutas o verduras según color o forma regulares), se pueden realizar en forma automática, utilizando un ojo eléctrico y un mecanismo clasificador. Una vez que los alimentos se clasifican y se lavan, se cocinan para enlazarlos o se preparan para congelarlos. En cualquier caso, el recipiente de cocción o preparación se debe conservar a una temperatura específica y el alimento se procesa durante un tiempo determinado. Después de cocerlo o prepararlo, el alimento se empaqueta en latas, frascos o cajas enceradas, que luego se etiquetan. Durante el empaque se coloca en cada recipiente una indicación del peso o el volumen exactos y luego se sella dicho recipiente. En muchos casos, el alimento sellado y etiquetado se inspecciona con instrumentos antes de pasar al recipiente de envío o a la unidad congeladora.

En la preparación de los cereales también se emplean instrumentos para clasificar, pelar, dilatar, hornear y empacar estos productos. La presión, la temperatura, el tiempo, el peso, el flujo y la secuencia de operaciones controladas por la instrumentación son necesarias para abastecer el mercado de alimentos preparados.

Estos son solo algunas de las muchas actividades industriales en donde

se utilizan los diferentes tipos de instrumentos, demostrando con ello la importancia que en la actualidad han adquirido.

2.1 MEDICION DE FLUJOS.

En épocas pasadas la mayoría de los procesos eran de tipo intermitente, la práctica común consistía en pesar los ingredientes y los productos finales. La aplicación de los procesos continuos motivó la necesidad de que la contabilidad de los materiales se transformara a la base continua con lo que aumentó bastante el requerimiento de disponer de mediciones precisas de flujo.

La aplicación de la medición de flujo de fluidos o sea una sustancia que fluye cuando se somete a un esfuerzo de deslizamiento, al control de procesos, se ha convertido en una necesidad para las plantas de proceso industrial, principalmente como base del control automático, los flujos deben de medirse y controlarse cuidadosamente para evitar el tener un proceso continuo complejo.

Los trabajos de ingeniería e investigación para la medición de fluidos en los procesos industriales han hecho que el desarrollo de conceptos nos lleven a la estandarización con el propósito de su aplicación, ya sea para contabilizar la cantidad de un fluido o para proporcionar la base para el control de los procesos y operaciones.

El gasto a diferencia de la presión y temperatura no afecta las propiedades físicas y químicas de las sustancias por la circulación, sin embargo cuando se usan gastos para realizar una mezcla de productos o una reacción química, sí afectan sus propiedades haciéndose necesario en estos casos efectuar flujos precisos ya que si esto no sucede, influirá sobre muchas propiedades de la mezcla o la reacción química.

El gasto no solamente se mide en los procesos industriales por que afecta las sustancias que intervienen en el proceso sino por las limitaciones de capacidad y cantidad impuestas por el diseño de las instalaciones usadas en el

equipo de proceso.

La medición continua tiene lugar a medida que el líquido fluye a través de la tubería, lo que permite una verificación constante de la medición así como su indicación, registro y control automático del flujo de fluidos a través de una tubería.

2.1.1 Generalidades.

Propiedades físicas de los fluidos. La solución de cualquier problema de flujo de fluidos requiere un conocimiento previo de las propiedades físicas del fluido en cuestión.

Viscosidad. Expresa la facilidad que tiene un fluido para fluir cuando se le aplica una fuerza externa. El coeficiente de viscosidad absoluta, o simplemente la viscosidad absoluta de un fluido, es una medida de su resistencia al deslizamiento o a sufrir deformaciones internas.

– ***Viscosidad absoluta o dinámica.*** Su unidad en el sistema internacional es el pascal segundo (Pa s) o también newton segundo por metro cuadrado (Ns/m²), o sea kilogramo por metro segundo (kg / m s). Esta unidad se conoce con el nombre de poiseuille (PI), pero debe tenerse en cuenta que no es la misma que el poise (P).

El poise es la unidad correspondiente en el sistema CGS de unidades y tiene dimensiones de dina segundo por centímetro cuadrado o de gramos por centímetro segundo. Su submúltiplo el centipoise (cP), que es la unidad más utilizada para expresar la viscosidad dinámica.

– ***Viscosidad cinemática.*** Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad. En el sistema internacional su unidad es el metro cuadrado por segundo (m² / s). La unidad CGS correspondiente es el stoke (St), con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo.

– ***Otras propiedades*** (densidad, volumen específico, peso específico).
A no ser que se consideren presiones muy altas, el efecto de la presión sobre la

densidad de los líquidos carece de importancia en los problemas de flujo de fluidos.

Sin embargo, la densidad de los gases y vapores, varían grandemente con la presión.

El volumen específico se utiliza a menudo en los cálculos de flujo de vapor de agua.

En el peso específico (*densidad relativa*) la temperatura es la única variable que debe ser tomada en cuenta, ya que como se dijo anteriormente la presión tiene efectos insignificantes sobre la densidad de los líquidos.

Teorema de Bernoulli (ecuación general de energía). Es una forma de expresión de la aplicación de la ley de conservación de la energía al flujo de fluidos en una tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica, la altura debida a la velocidad, es decir:

$$Z + P / (\rho g) + v^2 / 2g = H$$

en donde Z = Elevación potencial sobre el nivel de referencia, m.

P = Presión manométrica, N / m^2 (Pascal).

ρ = Densidad del fluido, Kg / m^3 .

g = Aceleración de la gravedad, m / s^2 .

v = Velocidad media del flujo, m / s .

H = Altura total expresada en metros de columna del fluido.

Si las pérdidas por rozamiento se desprecian y no se aporta o se toma ninguna energía del sistema de tuberías (bombas o turbinas), la altura total H en la ecuación anterior permanecerá constante para cualquier punto del fluido. Sin embargo, en la realidad existen pérdidas o incrementos de energía que deben

incluirse en la ecuación de Bernoulli por lo tanto, el balance de energía puede escribirse para dos puntos del fluido, de la siguiente manera:

$$Z_1 + P_1 / (\rho_1 g) + v_1^2 / (2 g) = Z_2 + P_2 / (\rho_2 g) + v_2^2 / (2 g) + h_L$$

en donde Z = Elevación potencial sobre el nivel de referencia, m.

P = Presión manométrica, N / m^2 (Pascal).

ρ = Densidad del fluido, Kg / m^3 .

g = Aceleración de la gravedad, m / s^2 .

v = Velocidad media del flujo, m / s .

h_L = Altura total expresada en metros de columna del fluido.

Todas las formulas prácticas para el flujo de fluidos se derivan del teorema de Bernoulli, con modificaciones para tener en cuenta las pérdidas debidas al rozamiento.

2.1.2 Métodos para la medición de flujo. El flujo de material en un sistema o proceso se puede medir mediante una gran variedad de métodos. Los principales métodos que se utilizan en la industria incluyen medidores de carga, de área, electromagnéticos, de masa, de desplazamiento positivo y de canal abierto.

Los medidores de flujo de carga constituyen el tipo de dispositivo más común. Estos medidores determinan la presión diferencial en una restricción al flujo. La presión se puede relacionar con la fuerza por unidad de área y la carga se convierte en una función de la velocidad del flujo y la densidad del medio fluyente.

En los medidores de flujo de área un flotador cambia su posición dentro de un tubo, proporcionalmente al flujo del fluido. El fluido corre a través del tubo de abajo hacia arriba y, cuando no hay ningún flujo de líquidos o gases, el

flotador descansa en la base del tubo ahusado. Cuando se inicia un flujo dentro de la tubería y el fluido llega al flotador, el efecto boyante hace que el flotador ascienda. Conforme el flotador asciende hacia el extremo más amplio del tubo ahusado, se abre un pasaje anular entre la pared interna del tubo de vidrio y la periferia del flotador. Esto forma una abertura concéntrica a través de la cual pasa el fluido. El flotador sigue ascendiendo hasta que el pasaje anular es lo bastante grande para dar paso a todo el material que recorre la tubería.

El medidor de flujo electromagnético es únicamente un detector eléctrico primario de velocidad de flujo. En este medidor se induce una fem en el fluido mediante su movimiento a través de un campo magnético creado por un electroimán. El campo magnético actúa verticalmente a través de la tubería que transporta el fluido. Además este medidor cuenta con dos electrodos, uno en cada extremo del diámetro horizontal de la tubería. A partir de la ley de Faraday, obtenemos que la fem inducida, es una función del flujo volumétrico.

En los medidores de flujo de masa, la determinación se puede efectuar a partir de una medida volumétrica compensándola directamente para las variaciones de densidad del fluido, o con las variables de presión o temperatura, o bien determinar directamente el caudal de masa aprovechando características medibles de la masa del fluido, en este caso existen dos sistemas básicos, los instrumentos térmicos y los de momento angular.

Los medidores de desplazamiento positivo básicamente capturan y liberan un volumen fijo de fluido mediante una acción de bombeo. Por lo general, estos medidores cuentan el número total de ciclos que se producen e indican o registran un volumen de flujo integrado.

Los medidores de caudal abierto son vertederos de forma variada que provocan una diferencia de alturas del líquido en el canal entre la zona anterior del vertedero y su punto más bajo. El caudal es proporcional a la diferencia de alturas.

Medidores de flujo de carga

Detector de flujo	Volumen de flujo	Exactitud relativa	Escala	Presión máx. bar	Temp. máx. °C	Servicio	Materiales de construcción	Costo relativo	Ventajas	Desventajas	Pérdida de carga
Tubo Venturi	Pequeño a grande	Alta	Raíz cuadrada	400	500	Líquidos y gases	Metales y plásticos	Muy alto	Precisión	Muy caro	Muy baja
Tubo Venturi de inserción	Pequeño a grande	Mediana	Raíz cuadrada			Líquidos y gases	Metales y plásticos	Mediano	Presiones >400 bares		Baja
Placa de orificio	Pequeño a mediano	Mediana a baja	Raíz cuadrada	400	500	Líquidos y gases	Metales y plásticos	bajo	Simple	fluidos limpios	Mediana a alta
Boquilla o tobera	Pequeño a grande	Mediana	Raíz cuadrada	400	500	Líquidos y gases	Metales y plásticos	Mediano	Simple	Caro, fluidos limpios	Mediana
Tubo pitot	Pequeño a mediano	Mediana	Raíz cuadrada	400	500	Líquidos y gases	Metales y plásticos	Bajo	Simple	Fluidos limpios	Baja a mediana
Tubo Annubar	Pequeño a grande	Mediana	Raíz cuadrada	400	500	Líquidos y gases	Metales y plásticos	Bajo		Fluidos limpios	Baja a mediana
Medidor de flujo mecánico	Mediano	Mediana	Raíz cuadrada			Líquidos y gases		Mediano			Mediana
Medidor de flujo eléctrico	Mediano	Mediana				Líquidos y gases		Alto			Baja
Transductor de presión	Bajo a alto	Alta				Líquidos y gases		Alto	Respuesta rápida	Se requiere señal de activación	Baja

Medidores de flujo de área y de flujo electromagnético

Detector de flujo	Volumen de flujo	Exactitud relativa	Escala	Presión máx. bar	Temp. máx. °C	Servicio	Materiales de construcción	Costo relativo	Ventajas	Desventajas	Pérdida de carga
Medidor de flujo de área	Bajo a alto	Mediana	Lineal	400	250	Líquidos y gases	Metales y plásticos vidrio/cerám	Bajo a mediano	Simple, más preciso	Golpe de ariete causa daños	Mediana
Electromagnético	Mediano	Mediana	Lineal	20 -200	150	Líquidos conductores	Teflón, fibra de vidrio (tubo)	Alto	Bajo caída de presión	Caro, líquidos conductores	Baja

Medidores de flujo de masa

Detector de flujo	Volumen de flujo	Exactitud relativa	Escala	Presión máx. bar	Temp. máx. °C	Servicio	Materiales de construcción	Costo relativo	Ventajas	Desventajas	Pérdida de carga
Medidor de flujo de masa	Mediano	Mediana a alta				Líquidos y gases		Alto			Baja
Medidor de flujo de masa para flujo axial	Pequeño a mediano	Mediana	Lineal	100	120	Líquidos	Metales	Mediano	Δpresión	Margen, caro	Mediana
Medidor de flujo de turbina	Mediano a grande	Mediana a alta	Lineal	200	250	Líquidos y gases	Metales	Mediano	Margen amplio	Calibrar, fluidos limpios	Mediana a alta
Giróscopo	Pequeño a mediano		Lineal	—	—	Líquido	Metales	Alto	Fluidos negros	Voluminoso	—
Puente hidráulico			Raíz cuadrada	—	—	Líquidos	Metales	Mediano	Costo	Margen, Δp, escala	

Medidores de desplazamiento positivo

Detector de flujo	Volumen de flujo	Exactitud relativa	Escala	Presión máx. bar	Temp. máx. °C	Servicio	Materiales de construcción	Costo relativo	Ventajas	Desventajas	Pérdida de carga
Bomba de pistón	Bajo	Alta	Lineal	25	100	Líquidos y gases	Metales	Bajo	Precisión	Voluminoso	Alta
Bomba de disco inclinado	Alta	Alta	Lineal	10 - 150	120	Líquidos y gases	Metales	Mediano	Costo	Par pequeño	Alta
Bomba rotatoria	Mediano	Alta				Líquidos	Metales	Mediano	Fluidos de alta viscosidad		Alta
Bomba de diafragma	Bajo	Mediana				Líquidos y gases	Metales	Mediano			Alta
Bomba peristáltica	Bajo	Alta				Líquidos	Metales	Mediano			Alta
Cicloidal			Lineal	100	150	Líquidos y gases	Metales	Mediano	Poca Δp	Poca precisión en caudales bajos	Baja
Birrotor			Lineal	100	60 - 200	Líquidos	Metales	Mediano	Reversible	Margen pequeño	
Oval			Lineal	100	180	Líquidos	Metales	Medio	Densidad y viscosidad	Δp	Alta

Medidores de caudal abierto

Detector de flujo	Volumen de flujo	Exactitud relativa	Escala	Presión máx. bar	Temp. máx. °C	Servicio	Materiales de construcción	Costo relativo	Ventajas	Desventajas	Pérdida de carga
Vertedero y canalón	Grande	Baja	Especial	Atmosf.	60	Líquidos	Metales	Medio	Simple		Mediana a alta

2.2 MEDICION DE NIVEL.

La medida del nivel de líquidos es una de las variables que se encuentra con más frecuencia en la industria química. En muchos de los procesos que emplean líquidos contenidos en recipientes, el nivel particular del líquido en cada recipiente puede ser de importancia primordial para la operación del proceso debiéndose mantener a una altura predeterminada sin tomar en cuenta las condiciones de carga del proceso.

La medición y el control del nivel de líquidos en la operación de un proceso, se puede justificar por los aspectos económicos y de seguridad y proporciona información acerca de:

- 1.- Cantidad de materia prima en existencia disponible para un proceso.
- 2.- La capacidad de almacenamiento de productos.
- 3.- Lograr que la operación del proceso sea o no satisfactoria.

Un control de nivel eficiente de un recipiente, en un proceso, trae como consecuencia una carga constante para flujos de procesos uniformes, protección de bombas centrífugas y en algunos casos el control de calidad de un producto.

En los procesos continuos, el disponer de una carga de nivel adecuada en cierto equipo es de gran importancia; los acumuladores o recipientes de almacenamiento se instalan entre diversas etapas del proceso con el propósito de disponer de capacidad de almacenamiento en donde las irregularidades del proceso se absorben en dichos recipientes y solamente una parte mínima de estos efectos pasan a la siguiente etapa del proceso.

2.2.1 Generalidades.

Principios matemáticos y físicos. Para poder aplicar la medición de nivel es necesario entender los principios que se enuncian a continuación:

- 1.- La relación entre el flujo y el nivel en los recipientes.
- 2.- La capacidad en función de la altura de nivel.

3.- La teoría de flotación.

4.- El flujo de fluidos.

Relación entre el flujo y el nivel en los recipientes. La condición para que el nivel en un recipiente se mantenga es que la cantidad de flujo de entrada sea igual al flujo de salida. Cuando el flujo de entrada es uniforme, la altura del nivel que se logra, manteniendo una presión de carga constante en la línea de alimentación y manteniendo el nivel de líquido constante en el recipiente, suponiendo que en la salida pasa a través de un orificio o abertura, la cantidad del líquido descargada, es función de la altura del líquido con respecto al plano del orificio.

Por lo tanto, el flujo queda regulado por la expresión:

$$Q = C A (2 g h)^{1/2}$$

en donde Q = Cantidad, m^3 / seg .

C = Constante del orificio.

A = Area de flujo, m^2 .

g = Aceleración de la gravedad, $9.80 m / \text{seg}^2$.

h = Altura del líquido, m .

Así, cuando el área de flujo A y los otros factores son constantes, se obtiene la uniformidad del flujo de proceso Q , en caso de que la carga del líquido h con respecto al plano del orificio o salida se mida y controle con precisión.

Por lo tanto cuando el flujo de entrada es uniforme, la altura del nivel h con respecto al punto de extracción aumentará hasta que la presión de carga desarrollada origine el flujo a través del orificio A_0 en una cantidad Q_0 , la cual será igual al flujo de entrada Q_i .

$$Q_i = Q_o = C A_o (2 g h)^{1/2}$$

en donde Q_i = Flujo que entra al recipiente, m^3 / seg .

Q_o = Flujo que sale del recipiente, m^3 / seg .

C = Constante del orificio.

A_o = Area del orificio, m^2 .

g = Aceleración de la gravedad, $9.80 \text{ m} / \text{seg}^2$.

h = Altura del nivel del líquido con respecto a la parte superior del orificio de descarga, m .

La variación del flujo de entrada o del área del orificio, permaneciendo las otras variables constantes, provoca un cambio en el nivel. Si sustituimos el orificio por una válvula de control, esto constituye un procedimiento fácil de variar el área del orificio, provocando que el efecto de carga, mayor o menor tenga un flujo de salida igual al de la entrada.

Capacidad en función de la altura del nivel. Muchos de los recipientes de proceso y de almacenamiento, en que la medición del nivel del líquido es un factor que debe considerarse, tienen forma cilíndrica. Siendo así, el contenido para cualquier altura de nivel, se calcula:

Contenido = área de la sección transversal • altura del nivel.

$$\text{Contenido, } m^3 = 3.1416 r^2 h$$

en donde r = Radio interior del tanque, m .

h = Altura del nivel, m .

En algunos casos se hacen tablas que indican la capacidad de tanques cilíndricos horizontales por cada pie de longitud, planos o curvos.

Aparte del sistema para detección del nivel del líquido que se utilice, la forma del recipiente tiene un efecto básico en la precisión de la medición cuando dicha medida del nivel se convierte en unidades de peso o de volumen.

– *Carga hidrostática.* Muchos de los sistemas de medición de líquidos operan con el principio de medir la carga hidrostática, que puede definirse como el peso del líquido que existe arriba de un plano de referencia en lb / pulg², g/cm², o pies del líquido medido. La carga es una fuerza real debida al peso del líquido, que ejerce una fuerza en todas direcciones. Es independiente del volumen del líquido empleado o de la forma del recipiente. La medición de la presión debida a la carga del líquido puede transformarse en altura de nivel con respecto al plano de referencia, según la ecuación:

$$h = P / D = P / (D_w G)$$

en donde h = Altura del líquido arriba del plano de referencia, cm.

P = Presión debida a la carga del líquido, Kg / cm².

D = Densidad del líquido a la temperatura de operación, Kg/cm³.

D_w = Densidad del agua a 20 °C; 998.23 Kg / m³.

G = Gravedad específica del líquido a la temperatura de operación.

Así se obtiene la altura del líquido arriba del plano de referencia.

Teoría de flotación. Cuando se emplean elementos flotadores parcialmente sumergidos o totalmente sumergidos es necesario considerar los principios de flotación en el diseño y aplicación a los flotadores.

El principio de Arquímedes establece que la presión resultante de un fluido sobre un cuerpo sumergido en el mismo actúa en dirección vertical hacia arriba y en el centro de gravedad del fluido desplazado, y que además la presión

es igual al peso del fluido desplazado. Esta fuerza resultante hacia arriba que ejerce el fluido en el cuerpo se llama flotabilidad o fuerza de flotación.

El flujo de fluidos.

– *Medición del volumen y del peso a partir del nivel.* La medición del nivel de un líquido se reduce a una altura arriba de un plano de referencia, sin embargo la medición del nivel no siempre se requiere que se exprese en términos de pulgadas o pies arriba del plano de referencia, ya que, conociendo el tipo de recipiente, puede interpretarse en términos del volumen de líquido contenido en el recipiente y además, si se conoce la gravedad específica del líquido puede expresarse en peso.

Determinación del volumen. Si se desea determinar el volumen se puede aplicar la ecuación:

$$V = A h$$

en donde V = Volumen del recipiente, m^3 .

A = Area del recipiente en m^2 .

h = Altura del nivel en m.

En este caso la medición del volumen es independiente de la densidad del líquido.

Si se desea en peso tenemos:

$$W = h D A = A P$$

en donde W = Peso del líquido del recipiente en Kg.

h = altura del líquido en m.

D = Densidad del líquido en Kg / m^3 .

A = Area del recipiente, m^2 .

P = Presión debida a la carga del líquido, Kg / m^2 .

Cuando se quiere utilizar la medición directa de la altura del líquido tenemos:

$$W = A D h$$

y la medición de peso depende de la densidad del líquido.

Cuando se requiere mayor precisión en cantidades de líquidos almacenados en tanques es necesario corregir la densidad del fluido por cambios de temperatura, por dilatación del tanque debido a la presión hidrostática y cuando el fluido no se encuentra a la temperatura de referencia.

2.2.2 Métodos para la medición de nivel. El nivel del líquido se mide por dos métodos que son:

1.- **Métodos directos.** Estos se efectúan comparando directamente la altura del nivel con un plano de referencia. Entre los mecanismos más comunes encontramos los siguientes:

- a) Tubo de vidrio o indicadores de nivel de cristal.
- b) Regla graduada o limnómetro.
- c) Válvula de purga.
- d) Mecanismos de flotador.

2.- **Métodos indirectos.** La medición se efectúa tomando ciertas características del líquido, como densidad, capacitancia, etc. Pudiendo dividirse de la siguiente manera:

- a) Medidores del tipo hidrostático.
- b) Elementos tipo desplazamiento.
- c) Sistemas eléctrico y electrónicos.

Los indicadores de cristal consisten en tubos de vidrio con sus extremos

conectados a bloques metálicos y cerrados por prensaestopas que están unidos al tanque generalmente mediante tres válvulas, dos de cierre de seguridad en los extremos del tubo para impedir el escape del líquido en caso de rotura del cristal y una de purga.

Los limnímetros son varillas graduadas en pulgadas u otra unidad adecuada que se puede insertar en el recipiente; la profundidad real del material se mide por la parte mojada de la varilla.

Las válvulas de purga se instalan a distintos niveles en la pared del recipiente y se utilizan para determinar aproximadamente el nivel del mismo. Este método resulta útil para cuando fallan los indicadores visuales.

Los instrumentos de flotador consisten en un flotador situado en el seno del líquido y conectado al exterior del tanque indicando directamente el nivel.

Los medidores del tipo hidrostático son dispositivos basados en el principio de la medida de la columna hidrostática. La presión ejercida por la columna líquida en el punto tomado como referencia es directamente proporcional al nivel del líquido.

Los medidores de nivel del tipo desplazamiento consisten en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. Dentro del tubo y unido a su extremo libre se encuentra una varilla que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque. El principio en el que se basan estos.

Los instrumentos eléctricos están formados por electrodos colocados en los puntos de alto y bajo nivel dentro de un líquido conductor. Cuando el nivel del líquido se eleva hasta el electrodo superior, se completa un circuito eléctrico y la señal se puede usar para activar válvulas o bombas al igual que luces indicadoras u otra clase de señal.

Métodos directos

SISTEMA	COMPONENTES	APLICACION	PRINCIPIOS DE OPERACION	RANGO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Varilla	Varilla graduada de madera o metal	Depósitos abiertos, Tanques cerrados	Medición de la profundidad o el nivel en la superficie humedecida	Longitudes de varilla de fácil manejo	Es simple y barato	El depósito se debe abrir para efectuar la medición
De mirilla	Tubo de vidrio, válvulas, selladores	Depósitos abiertos o cerrados	El nivel de la mirilla equivale al del depósito	Longitudes de mirillas que sean prácticas	Es sencillo	Las presiones están limitadas a los valores de ruptura del vidrio; sólo se pueden usar con líquidos no corrosivos y no colorantes
Flotador	Flotador o bola, cadena o cinta, contrapeso, indicador	Depósitos abiertos	La bola o flotador boyante asciende y desciende con el nivel del líquido que se mide	Mínimo, 0-6in Normal 0-3ft Máximo 12 ft	Es relativamente sencillo	Tiene una altura limitada, difícil limpiarlo y darle mantenimiento
Flotador	Flotador, brazo de torsión, indicador, sellos, jaula, abastecimiento de aire	Depósitos abiertos o cerrados	El flotador boyante asciende y desciende con el nivel del líquido, el flotador hace girar un brazo de torsión	Hasta 60 grados de movimiento del brazo de torsión y el doble de longitud de éste; Mínimo 0-6plg Máximo 0-30plg	Relativamente simple; trabaja bajo presión y al vacío, se puede limpiar sin necesidad de detener el proceso	Está limitado a 60 grados
Flotador magnético	Flotador, imanes, tubo del flotador	Depósitos abiertos o cerrados	El flotador boyante porta un imán que puede hacer funcionar los interruptores o imanes externos	Ilimitado	No se requieren sellos en las partes móviles; permite mediciones continuas del nivel	Retardo de medición; depende de la fuerza magnética de acoplamiento

Métodos indirectos

SISTEMA	COMPONENTES	APLICACION	PRINCIPIOS DE OPERACION	RANGO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Medidor de presión	Medidor de presión, componentes estándar de presión	Depósitos abiertos	Mide el valor de la carga hidrostática	Mínimo 0-1plg de agua; máximo ilimitado	Es simple y barato	Distancia limitada entre los instrumentos y los depósitos
Sistema de burbujeador	Medidor de presión, abastecimiento de aire, regulador, rotámetro	Depósitos abiertos o cerrados	El fluido o el gas de purga mantiene el fluido medido fuera del sistema; transmite la presión hidrostática del líquido	Mínimo 0.1plg de agua; Máximo ilimitado	Ideal para fluidos corrosivos, líquidos viscosos y lechadas; los elementos de presión se pueden ubicar a cualquier nivel	Está limitado por el rango del instrumento y la presión de purga; requiere mantenimiento frecuente
Manómetro de mercurio	Manómetro de tubo en U o de cubeta, indicador, registrador, transmisión mecánica o eléctrica	Depósitos abiertos o cerrados	Se aplica presión al tubo en U o a la cubeta, para producir un nivel equivalente al del depósito	De 2.5 a 700 pulgadas de agua, a escala completa	Permite intercambiar medidores para medición de flujo o de gravedad específica, puede soportar una presión estática hasta de 5000 lb/in ²	El cuerpo del medidor debe tener un fluido limpio y no corrosivo
Caja de diafragma	Cámara - diafragma, diafragma, abastecimiento de aire, manómetro de cubeta	Depósitos abiertos	La presión estática se transmite a través del diafragma	Rango mínimo 1plg de agua; Máximo, 50ft de agua	El diafragma separa el fluido medido del líquido del manómetro	Necesita purga de aire para fluidos corrosivos o viscosos. Las longitudes neumáticas no deben sobrepasar 250 ft y, de preferencia, deben ser menores de 30 ft
Conducción eléctrica	Varilla de nivel alto, varilla de nivel bajo, circuito eléctrico, interruptores y válvulas, bombas	Depósitos abiertos o cerrados 100.000 ohms-m 200.000 ohms-m 0 a 100.000ohm-m	El líquido conductor completa un circuito eléctrico y transporta la corriente	Desde 1/8 plg hasta el límite del nivel del líquido conductor Nivel alto, nivel mediano	Rango amplio, alcance amplio, ajustes sencillos Requiere un mantenimiento mínimo y es relativamente barato	Necesita un líquido conductor y no volátil para conducir la corriente Requiere suspensión de alambre para niveles mayores de 6 pies; controles independientes por rango

Métodos indirectos (continuación)

SISTEMA	COMPONENTES	APLICACION	PRINCIPIOS DE OPERACION	RANGO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Medidor capacitivo	Electrodo, puente de capacitancia, energía, oscilador, circuitos electrónicos	Depósitos abiertos o cerrados líquidos o sólidos	Funciona como un capacitor de placas paralelas	Está limitado sólo por las alturas prácticas dictadas por las características del puente	Mediciones continuas o de nivel alto y bajo	Las variación en el dieléctrico de los materiales se mide como cambio de nivel
Ultrasónico	Varillas con muescas, generador ultrasónico receptor, unidad de lectura, transductor	Sólidos, granulados, líquidos, lechadas, granos, depósitos abiertos y cerrados	Atenuación de la señal ultrasónica en el tiempo de respuesta	Limitado por la longitud de las varillas	Adaptable a depósitos grandes; mediciones continuas; no requiere sellos por los que se deba efectuar un trabajo o que requieran mantenimiento	El material granulado debe ser lo suficientemente pequeño para que llene las ranuras; requiere más equipo que otras clases
Varilla de resistencia	Varillas de resistencia, circuito puente, indicador	Depósitos abiertos o cerrados	La resistencia varía al elevarse el líquido sobre la varilla	1/8plg al límite del líquido conductor	Rango amplio, alcance amplio, mantenimiento sencillo	Requiere un líquido conductor para portar una corriente
Motor reversible	Motor reversible, electrodos, indicador	Depósitos abiertos	El motor impulsa el electrodo hasta el nivel del líquido; el motor se invierte cuando se establece contacto con la superficie	1/8plg a 200 ft	Rango amplio, alcance amplio ajuste sencillo	Cuando los electrodos están demasiado cerca, el sistema variará entre el ascenso y el descenso; requiere de un medio de conducción
Conductancia (tipos de varilla y alambre)	Electrodos energía primaria, energía secundaria	Depósitos grandes y pequeños, abiertos o cerrados	Mide la conductancia eléctrica en ohm-cm en dos rangos	Mínimo 0-1plg. máximo 75,000 pies	Es versátil y confiable no tiene partes móviles, da servicio en vapores explosivos	No es utilizable con líquidos orgánicos aceites animales, minerales o vegetales

Métodos indirectos (continuación)

SISTEMA	COMPONENTES	APLICACION	PRINCIPIOS DE OPERACION	RANGO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Nuclear	Fuente, detector, unidad de lectura, abastecimiento de energía	Depósitos abiertos y cerrados; materiales corrosivos o volátiles	Atenuación beta o gamma; retrodispersión gamma	Beta, 0-1/4plg de aluminio, gamma, 0-4plg de plomo, retrodispersión gamma, 0.1-3in	No hay contacto físico con los materiales; no requiere sellos a través de los que se deba trabajar	La fuente es radiactiva . Las áreas deben señalarse y el personal se debe controlar
**Pesado	Básculas, balanzas, recipientes, diafragmas, presión de aire, volumen fijo	Sistemas dosificadores de transportador, tolvas dosificadoras, pulverizadores y cargadores	El material se pesa o se mide en una cubeta de volumen controlado o en un recipiente graduado	Está limitado por el depósito de procesamiento y el equipo de soporte	Es preciso, adecuado para sistemas móviles, es bueno para sólidos, granulados y polvos	Debe soportarse y pesarse todo el depósito
Rueda de aletas	Rueda de aletas, fuente de energía, indicador	Depósitos grandes y pequeños abiertos o cerrados, tolvas, etc. para materiales secos sólidos o granulados	El material cubre las aletas y las detiene	Mínimo, limitado por la anchura de las aletas; máximo, ilimitado	Es útil para materiales químicos, plásticos, minerales y alimentos en forma de polvos o materiales ásperos; no es sensible a la vibración	Se requiere una unidad independiente por cada nivel de medición

2.3 MEDICION DE PRESION.

La medición de la presión encuentra una gran aplicación en las industrias de proceso o de manufactura y sus principios son utilizados para formar base para otros instrumentos como termómetros de presión, los indicadores de nivel de líquidos y los medidores de presión diferencial.

El control de la presión en los procesos industriales da condiciones de operación seguras. Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de seguridad. Las presiones excesivas no solo pueden provocar la destrucción del equipo sino que también, durante el proceso de destrucción pueden provocar al personal y al equipo adyacente situaciones peligrosas particularmente cuando están implicados fluidos inflamables o corrosivos.

Por otro lado la presión puede llegar a tener efectos directos o indirectos en el valor de las variables del proceso. En tales casos, su valor absoluto medido o controlado con precisión es de gran importancia ya que afectaría la pureza de los productos, sacando estos de especificación.

La presión es una fuerza por unidad de superficie en donde para la mayoría de los casos se mide directamente por su equilibrio con otra fuerza conocida, que puede ser la de una columna líquida, un resorte, un émbolo cargado con un peso o un diafragma cargado con un resorte o cualquier otro elemento que pueda sufrir una deformación cualitativa cuando se le aplica la presión.

Quando se mide la presión se desea generalmente leerla en términos de la presión relativa, presión absoluta, vacío o presión diferencial. La presión relativa es la diferencia entre la absoluta y la atmosférica. Un instrumento que lea presión relativa, variará su indicación con los cambios de presión atmosférica. La presión absoluta se mide con relación al cero absoluto de presión. Con los instrumentos que miden presión absoluta el problema de diseño es eliminar la influencia de los cambios de presión atmosférica. El concepto de

vacío expresa el margen de presión entre la atmosférica y la presión cero absoluta. Las variaciones de la presión atmosférica influyen considerablemente en las lecturas del vacío. La presión diferencial es la diferencia entre dos presiones medidas; esta presión, es la que se emplea para definir a la caída de presión.

2.3.1 Generalidades.

Concepto de presión y sus unidades.

Presión. Se define como la fuerza por unidad de superficie. La presión P ejercida por una fuerza F aplicada sobre un área plana A esta expresada por:

$$P = F / A$$

Para poder cuantificar las presiones y relacionar un valor con otro, se hace necesario establecer una escala de valores la cual se escoge según si el valor que se trate de medir es alto o bajo; también dependerá del sistema de unidades que se emplee.

Unidades de presión. Para la medición de la presión los instrumentos originales eran manómetros de tubo en "U" o mecanismos similares del tipo de carga; se han empleado las unidades de carga líquida en los trabajos de ingeniería como de tipo científico para expresar los valores de la presión. Así, dependiendo del tipo de líquido (generalmente mercurio o agua) cuya densidad es conocida, y utilizando las unidades inglesas o las métricas como unidades de longitud, se puede expresar una medida de presión, referida al tipo de líquido utilizado; por ejemplo, en la forma de pulgadas de Hg. Se emplean los términos, de pulgadas, pies, centímetros y milímetros. Para vacíos de gran magnitud con frecuencia se emplea el micrón.

La densidad del líquido varía un poco con la temperatura para las

unidades de carga líquida. Por lo tanto para definir una unidad de manera estable, se necesita establecer una temperatura estándar (la cual es la de máxima densidad del líquido). En el caso del agua, la temperatura estándar es de 3.9 °C; para el mercurio es de 0 °C. Las lecturas de cargas de líquidos a temperaturas diferentes de éstas, casi no están sujetas a errores de importancia, y la diferencia puede despreciarse, excepto cuando se trata de pruebas o trabajos científicos de gran precisión.

También se emplean tanto las unidades del sistema inglés como el métrico, cuando se quieren indicar las presiones a modo de fuerza por unidad de área. Las unidades de fuerza que son más comunes, son las unidades gravitacionales o de peso, o sea las unidades de masa multiplicada por la aceleración debida a la gravedad ($g = 32 \text{ pies/seg}^2 = 980 \text{ cm/seg}^2$), que equivale a la unidad absoluta de fuerza, por lo tanto las unidades más comunes son: la libra, la onza, o el kilogramo. La unidad de área es consistente con la unidad de fuerza, según el sistema de unidades usado; las unidades más comunes de área son la pulgada cuadrada y el centímetro cuadrado.

Otra forma de expresar la presión es la atmósfera. En donde esta unidad utiliza el valor de 14.7 lb/pulg² o 1.033 kg/cm², teniéndose ventaja en expresar las presiones altas en estas unidades.

Principios matemáticos y físicos. Al aplicar una presión a un fluido que se encuentra en un recipiente, ésta se transmite íntegramente en todos los sentidos y a cada punto del fluido y de las paredes del recipiente.

Los líquidos viscosos cuando son forzados a fluir por presión dentro de tuberías, al moverse a través de ellas pierden tanta presión en proporción a su viscosidad, o sea que a medida que la viscosidad aumenta, la presión transmitida disminuye, en una dirección diferente de aquella en que se aplica la presión exterior.

En el caso de los cuerpos sólidos al aplicarles una presión, ésta se

transmite en la dirección de la fuerza original y a través de sus moléculas; sólo en el caso de que el cuerpo pierda su forma original, la presión se transmitirá a todas direcciones

Peso específico. Es la fuerza con que la tierra atrae a la unidad de volumen de ese cuerpo, como se muestra en la fórmula:

$$Pe = P / V$$

Sabiendo que la masa y peso son propiedades diferentes de la materia, las unidades de masa específica serán distintas a las de peso específico, aunque sus valores numéricos sean iguales:

Masa específica (Me)	gr. - masa / cm ³	(CGS)
Masa específica (Me)	kg. - masa / dm ³	(práctico)
peso específico (Pe)	dinas / cm ³	(CGS)
peso específico (Pe)	gr. / cm ³	(Práctico)

Presión en el fondo de un recipiente. Es la presión que produce un líquido, debido a su peso, sobre el fondo horizontal del recipiente que lo contiene.

La presión que los líquidos ejercen sobre el fondo y las paredes de los recipientes que los contienen es directamente proporcional al peso específico del líquido y a la altura que éste alcanza dentro del recipiente.

Según la fórmula

$$P = Pe \cdot h$$

donde: P = Presión del líquido sobre el fondo del recipiente, kg. / cm²

Pe = Peso específico del líquido, kg. / cm³

h = Altura del líquido, centímetros

Si se requiere calcular la fuerza (F) que el líquido ejerce en el fondo del recipiente, o sea la presión total, se tiene:

$$F = P_e \cdot h \cdot A$$

donde F = Fuerza que el líquido ejerce, kg.

P_e = Peso específico del líquido; kg. / cm³

h = Altura del líquido, cm.

A = Superficie del fondo del recipiente, cm²

Paradoja hidrostática. De la fórmula anterior se observa que la presión ejercida por un líquido no depende de la cantidad del mismo sino solamente de su peso específico y de su altura. Esta propiedad da lugar al fenómeno llamado Paradoja hidrostática.

2.3.2 Métodos para la medición de presión. El campo de aplicación de los medidores de presión es amplio y abarca desde valores muy bajos (vacío) hasta presiones de miles de bar.

Los instrumentos de presión se clasifican en: mecánicos, electromecánicos y electrónicos.

Los elementos mecánicos se dividen en elementos primarios de medida directa que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas, y en elementos primarios elásticos que se deforman por la presión interna del fluido que contienen.

Los elementos electromecánicos utilizan un elemento mecánico elástico combinado que, a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico, con un transductor eléctrico que genera la señal eléctrica correspondiente.

Elementos mecánicos

Elemento	Campo de medida	Precisión en % de toda la escala	Temperatura máxima de servicio	Presión estática máxima	Materiales de construcción
Elementos primarios de medida directa:					
Barómetro cubeta	0.3 - 3 m cda	0.5 - 1 %	Ambiente	6 bar	
Tubo en U	0.2 - 1.2 m cda	0.5 - 1 %	Ambiente	10 bar	Vidrio y plástico
Tubo inclinado	0.01 - 1.2 m cda	0.5 - 1 %	Ambiente	10 bar	Vidrio y plástico
Toro pendular	0.5 - 10 m cda	0.5 - 1 %	Ambiente	100 - 600 bar	
Manómetro campana	0.005 - 1 m cda	0.5 - 1 %	Ambiente	Atmosférica	
Elementos primarios elásticos:					
Tubo Bourdon	0.5 - 6000 bar	0.5 - 1 %	90 °C	6000 bar	Acero inoxidable
Espiral	0.5 - 2500 bar	0.5 - 1 %	90 °C	2500 bar	Aleación de cobre
Helicoidal	0.5 - 5000 bar	0.5 - 1 %	90 °C	5000 bar	Aleación de cobre
Diafragma	500 mm cda - 2 bar	0.5 - 1 %	90 °C	2 bar	Aleación de níquel o inconel
Fuelle	100 mm cda - 2 bar	0.5 - 1 %	90 °C	2 bar	Bronce fosforoso
Presión absoluta	6 - 760 mm Hg abs	1 %	Ambiente	Atmosférica	Latón, acero inoxidable
Sello volumétrico	3 - 600 bar	0.5 - 1 %	400 °C	600 bar	

Elementos electromecánicos

Elemento	Tipo	Margen en bar	Precisión en % de toda la escala	Estabilidad en el tiempo	Sobrecarga	Temp. máx. de servicio °C	Nivel señal salida	Impedancia salida	Error de cero por influencia de temp. ambiente	Resolución	Sensibilidad a vibraciones	Ventajas	Desventajas
Equilibrio de fuerzas		2 - 6000	0.5	Media a mala	150 %	65	10 V	600 Ω	0.9 - 2.3 %	Continua	Alta	Elasticidad	Inestabilidad
Resistivos		0 - 0.1 a 0 - 300	1	Mala	150 %	80	Varia. res.	0 - Res. tot.	0.7 - 3 %	0.25 %	Alta	Simple. Señal de salida potente	Insensible a pequeños movimientos
Magnéticos	Inductancia variable	0 - 0.1 a 0 - 300	1	Media	150 %	80	0-5 V	2 kΩ	0.9 - 2.3 %	Continua	Alta	No producen rozamiento, respuesta lineal, pequeños	
	Reluctancia variable	0 - 0.1 a 0 - 300	0.5	Media	150 %	80	0-5 V	2 kΩ	0.6 - 2.4 %	Continua	Alta	No producen rozamientos, se elimina la histéresis	Sensible a vibraciones y temperatura
Capacitivos		0.05 - 5 a 0.05-600	1	Media a buena	150 %	150	0-5 V	5 kΩ	0.5 - 1.9 %	Continua	Media	Pequeño tamaño, medidas estáticas y dinámicas	Señal de salida débil, sensible a la temperatura

Elementos electromecánicos (continuación)

Elemento	Tipo	Margen en bar	Precisión en % de toda la escala	Estabilidad en el tiempo	Sobrecarga	Temp. máx. de servicio °C	Nivel señal salida	Impedancia salida	Error de cero por influencia de temp. ambiente	Resolución	Sensibilidad a vibraciones	Ventajas	Desventajas
Galgas extensométricas	Cementadas	0 - 0.5 a 0 - 3000	0.5	Mala	150 %	120	5 mV	350 Ω	0.5 - 2.4 %	Continua	Alta	Alimentación con c.c o c.a., respuesta frecuencial excelente, medidas estáticas y dinámicas	Señal de salida débil, pequeño movimiento de la galga, sensible a vibraciones
	Sin cementar	0 - 0.01 a 0 - 600	1	Mala	200 %	120	5 mV	350 Ω	0.5 - 2.4 %	Continua	Alta	Alimentación con c.c y c.a., respuesta frecuencial excelente, medidas estáticas y dinámicas	Señal de salida débil, pequeño movimiento de la galga, sensible a vibraciones
	Silicio difundido	0 - 2 a 0 - 600	0.3	Muy buena	200 %	107	2-10 V	600 Ω	0.4 - 1 %	Continua	Despreciable	Alimentación con c.c y c.a., respuesta frecuencial excelente, medidas estáticas y dinámicas	
Piezoelectrónicos		0.1 - 600	1	Mala	200 %	90	600 mV/bar	1000 MΩ	1 - 4.8 %	1 / 5000	Baja	Ligeros, pequeño tamaño, lineal, medidas dinámicas	Sensible a la temperatura, señal de salida un poco débil

Elementos electrónicos de vacío

Elemento	Tipo	Margen (torrs)	Escala	Precisión	Ventajas	Desventajas
Mecánicos	Fuelle y diafragma	760 - 5	Lineal	1 %		No adecuados para medidas de alto vacío
McLeod		$5 \cdot 10^{-5}$	Lineal	1 - 10 % lectura		
Térmicos	Termopar	$0.5 \cdot 10^{-3}$	Logarítmica	Alta	Bajo costo, larga duración, confiable	Sensible a la composición del gas, no lineal
	Pirani	$2 \cdot 10^{-3}$	Logarítmica	_____	Compacto y funcionamiento sencillo	Calibración depende de la composición del gas
	Bimetal	$1 \cdot 10^{-3}$	Logarítmica	_____		
Ionización	Filamento caliente	$10^{-3} \cdot 10^{-11}$	Logarítmica	_____	Pueden medir vacíos extremadamente altos, lineal	Sensible a la composición del gas, el filamento puede combustionar
	Cátodo frío	$10^{-2} \cdot 10^{-7}$	Logarítmica	_____	El filamento no combustiona	Puede provocar la descomposición química de vapores orgánicos a altas tensiones, logarítmico
	Radiación	$760 \cdot 10^{-4}$	Lineal	_____		

2.4 Medición de temperatura.

Cuando un cuerpo se calienta, la velocidad de vibración de sus moléculas aumenta rápidamente. Esto produce diferentes efectos físicos; en el caso del metal, varían tanto sus dimensiones como su resistencia eléctrica; en el caso de un fluido contenido en un recipiente cerrado, su presión aumenta. En ambos casos, la temperatura se eleva como resultado del calor ganado. En la medición de la temperatura, el cambio relativo de la actividad molecular se define por una expresión cuantitativa. Un instrumento mide la temperatura debido a que es sensible, por lo menos, a uno de los efectos físicos producidos por el incremento de actividad molecular.

La temperatura es un termopotencial comparable a una presión hidrostática o a un voltaje eléctrico. Es el estado de la materia que determina el flujo de calor entre los cuerpos. En unión del calor específico es una medida de la cantidad de energía calorífica contenida en un material.

La temperatura es uno de los factores de gran importancia en los procesos químicos ya que muchas de las propiedades de las sustancias se ven afectadas por la temperatura y algunas de ellas cambian de estado físico, por ejemplo de sólidos a líquidos. Estos fenómenos son aprovechados en los procesos químicos en los cuales los puntos de congelación o de ebullición sirven de base para separar materiales. La rapidez con que se verifica una reacción química entre determinadas sustancias, depende considerablemente de la temperatura. La solubilidad de los sólidos en líquidos y de los gases en líquidos depende también de la temperatura.

2.4.1 Generalidades. La temperatura no puede medirse directamente sino que debe deducirse de la propiedad del material o de la de otro material en equilibrio con él. Como se menciono anteriormente, se puede deducir de la dilatación de sólidos, líquidos o gases, de la presión de vapor en un líquido; de la

resistencia eléctrica de ciertos materiales, por lo general sólidos; de la intensidad de la radiación total o de una banda particular de longitud de onda de la radiación emitida por el cuerpo caliente; del valor de la f.e.m, creada en la unión de dos metales distintos y de los cambios de estado de sólidos, líquidos o gases.

Dilatación de los cuerpos. Calentando un cuerpo, el movimiento de sus moléculas se hace más intenso, comienzan a empujarse y ocupan más espacio, a esto se debe que los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos se dilatan al calentarse.

Dilatación de los sólidos. Los sólidos se dilatan muy poco en comparación con los líquidos y los gases, que se dilatan notablemente.

En los cuerpos sólidos, como alambres y varillas, se considera generalmente su dilatación lineal.

- ***Coefficiente de dilatación lineal.*** Es el aumento en longitud que experimenta un cuerpo al aumentar la temperatura en 1 °C.

Para calcular la longitud de un alambre o varilla, cuando se dilata, se emplea la siguiente fórmula:

Si la temperatura inicial es de 0°C.

$$L_2 = L_1(1 + Kt)$$

Cuando la temperatura inicial no es 0°C.

$$L_2 = L_1[1 + K (t_2 - t_1)]$$

donde L_1 = Longitud inicial.

L_2 = Longitud alcanzada por la dilatación.

K = Coeficiente de dilatación.

t_1 = Temperatura inicial.

t_2 = Temperatura final.

Dilatación de los gases. Al aumentar la temperatura de un gas se dilata, es decir, aumenta su volumen y su presión.

Los gases se dilatan $1 / 273$ de su volumen cada vez que su temperatura aumenta 1°C . Por tanto, el coeficiente de dilatación para todos los gases es de $1/273$.

Dilatación de los líquidos. Para los líquidos, generalmente, se considera su dilatación cúbica, por tener que estar contenidos en un recipiente; sin embargo si un líquido está dentro de un tubo delgado se puede apreciar su dilatación lineal.

En la observación de la dilatación de un líquido hay que tomar en cuenta que un recipiente también se dilata, para conocer su dilatación verdadera.

Para medir la dilatación de los líquidos se emplea el dilatómetro, que consiste de un bulbo con una extensión en forma de tubo donde está la escala.

Para calcular el coeficiente de dilatación de un líquido se llena con dicho líquido el dilatómetro hasta el cero de la escala. Conociendo la variación de la temperatura (t) y el volumen inicial (V_1) y el final (V_2) se calcula el coeficiente de dilatación (K):

$$K = (V_2 - V_1) / (V_1 t)$$

Escala de temperatura. Los termómetros, para poder indicar la temperatura del objeto o medio en que se encuentran, tienen una escala; está, en los países que utilizan el sistema métrico decimal, está dividida en grados centígrados ($^\circ\text{C}$). Un termómetro que tiene una escala en grados centígrados, siempre deberá marcar cero (0°C) cuando se coloque en hielo que esté fundiendo, y deberá marcar cien (100°C) cuando se coloque en agua que esté hirviendo.

En los países que utilizan el sistema inglés, la escala está dividida en

grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$); los termómetros graduados en esta forma, marcan el primer punto (fusión del hielo) treinta y dos grados Fahrenheit (32°F) y en el segundo (ebullición del agua) 212°F . Fahrenheit fijó el cero de la escala, a la temperatura que se tiene al mezclar dos partes iguales de nieve y cloruro de amonio, pues él pensó que era la temperatura más baja que se podía obtener en el laboratorio.

Existen otras escalas de temperatura que son usadas en la industria. Estas son: Kelvin, Rankine y Réaumur.

La escala Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), es también conocida como escala en grados centígrados absolutos. El punto de congelación del agua corresponde a 273.15°K , y el punto de ebullición del agua a 373.15°K .

La escala Rankine ($^{\circ}\text{R}$), es también conocida como la escala de grados Fahrenheit absolutos. El punto de congelación del agua corresponde a 491.69°R y el punto de ebullición del agua a 671.69°R .

La escala Réaumur ($^{\circ}\text{Ré}$), fue introducida alrededor de 1731 y aún usada en algunos países europeos. En esta escala se marca el punto de congelación del agua con 0°Ré y el punto de ebullición con 80°Ré .

Unidades de calor. Prácticamente, el calor es la energía que pasa de un cuerpo a otro cuando tienen distinta temperatura.

La energía calorífica se puede medir con las unidades: caloría, kilocaloría y Unidades Térmicas Británicas (B. T. U.).

Una caloría es la cantidad de calor que se aplica a un gramo de agua para elevar su temperatura 1°C .

Una kilocaloría es la cantidad de calor que se proporciona a un kg de agua para que aumente su temperatura 1°C .

Un B.T.U es la cantidad de calor que se suministra a una libra de agua para elevar su temperatura 1°F .

$$1 \text{ B. T. U} = 252 \text{ calorías}$$

Calor específico de una sustancia es la cantidad de calor que se aplica a un gramo de la misma para que aumente 1 °C su temperatura.

Cantidad de calor absorbido o cedido por un cuerpo. Al poner un cuerpo caliente en contacto con otro, que está frío, el calor que pasa del que está caliente al frío hasta que los dos cuerpos tengan la misma temperatura, es decir, un cuerpo cede una cantidad de calor que absorbe el otro.

Para calcular la cantidad de calor cedido o absorbido por un cuerpo se emplea la siguiente fórmula:

$$Q = C m (t_2 - t_1)$$

donde Q = Cantidad de calor.

C = Calor específico.

m = Masa del cuerpo.

(t₂ - t₁) = Variación de temperatura.

2.4.2 Métodos para la medición de temperaturas. El termómetro es un dispositivo de medición que indica la temperatura de un cuerpo. Los termómetros más usados se basan principalmente en la medición de propiedades tales como:

- 1.- Expansión volumétrica de gases, líquidos y sólidos.
- 2.- Presión ejercida por gases y líquidos.
- 3.- Resistencia eléctrica de sólidos.
- 4.- Presiones de vapor de líquidos.
- 5.- Termo - electricidad.
- 6.- Radiación.

De este modo se emplean los instrumentos siguientes:

Termómetros de líquido en vidrio, termómetros bimetálicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor, termopares, pirómetros de radiación, termómetros de resistencia, termómetros ultrasónicos, termómetros de cristal de cuarzo.

Los termómetros de líquido en vidrio son dispositivos indicadores que funcionan sobre la base del principio de la expansión volumétrica; y consisten en un depósito de vidrio que contiene, por ejemplo, mercurio y que al calentarse se expande y sube por un tubo capilar.

Los termómetros bimetálicos se basan en el distinto coeficiente de dilatación de dos metales diferentes, tales como latón, monel o acero y una aleación de ferrocobalto o Invar (35.5% de níquel) laminados conjuntamente.

Los termómetros de bulbo y capilar consisten esencialmente en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expande y la espiral tiende a desenrollarse moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación de la temperatura en el bulbo.

Los termómetros actuados por vapor contienen un líquido volátil y se basan en el principio de presión de vapor. Al subir la temperatura aumenta la presión de vapor del líquido.

El termopar se basa en el efecto descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distintas temperaturas. Esta circulación de corriente obedece a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thomson que consiste en la liberación o absorción cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas.

Los pirómetros de radiación se fundan en la ley de Stefan-Boltzmann,

que dice que la intensidad de energía radiante emitida por la superficie de un cuerpo aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo, es decir, $W=KT^4$. Los pirómetros ópticos miden la intensidad de la energía radiante emitida en una banda angosta de longitudes de onda del espectro visible. El pirómetro óptico es un dispositivo para medir la temperatura de un objeto caliente por la brillantez de la superficie de dicho objeto.

El pirómetro de radiación total está formado por una lente de pyrex, sílice o fluoruro de calcio que concentra la radiación del objeto caliente en una termopila formada por varios termopares de Pt-Pt/Rh, de pequeñas dimensiones y montados en serie.

La f.e.m. que proporciona la termopila depende de la diferencia de temperaturas entre la unión caliente (radiación procedente del objeto enfocado) y la unión fría.

Los pirómetros de relación, o de dos colores, divide la radiación del objeto en dos haces medidos por dos células de silicio similares, una de ellas dispone de un filtro que sólo deja pasar la radiación de longitud de onda más corta (0.65 micras) y la otra en la zona de 0.9 micras. La relación entre las dos corrientes de salida de la célula es una medida de la temperatura del objeto.

Los termómetros de resistencia son en principio bobinas de alambre enrolladas dentro o alrededor de soportes de material aislante capaz de soportar la temperatura para la que se diseñó el termómetro. Estos termómetros son básicamente instrumentos para medir resistencias eléctricas y se ha calibrado para indicar lecturas de temperatura directamente en lugar de unidades de resistencia.

Los termistores son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo de valor elevado, por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la temperatura. Los termistores se fabrican con óxidos de níquel,

manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio y otros metales, y están encapsulados.

Termómetros y rangos de medición útiles.

Tipo de termómetro	Rango de temperatura (°F)	Exactitud	Velocidad de respuesta	Rango de presión	Ventajas	Desventajas
Líquido en vidrio	- 80 a 950	Mediana a alta	Mediana	25 lb / plg ²	Simples	El tubo de vidrio se expande. Solo son indicadores
Termómetros de bulbo y capilar:						
Activados por líquidos	- 38 a 1200	Mediana	Lenta	Vacío a 5000 lb / plg ²	Pueden ser utilizados en control. Son económicos	No son útiles cuando se requiere respuesta y control rápido
Activado por vapor	- 40 a 600	Mediana	Mediana (bulbo descubierto)	Atmosférica		
Activados por gas	- 125 a 1000	Mediana a alta	Rápida (bulbo descubierto)	Atmosférica		

Elemento	Derivada	Alcance mínimo	Precisión	Repetibilidad	Temp. máx. °C	Distancia máxima al receptor	Linealidad	Atmósfera de trabajo	Desventajas	ventajas
Bimetal		50 °C	± 1 %	± 0.25 %	500	_____	Buena	Depende del material del bulbo	Medida local	Económico
Resistencia de níquel	0.3°C/año	< 11 °C	± 0.5 °C	0.05 °C	300	< 300 m	Escala exp. a baja temp.	A proteger en líquidos y atmósfera corrosiva	Bajo límite de temperatura, frágil	Buena estabilidad, alcance estrecho
Resistencia de platino	< 0.05 °C/año	< 0.3 °C	± 0.01 °C	0.03 °C	950	< 1500 m	Excelente	A proteger en líquidos y atmósfera corrosiva	Más caro que el termopar o el termistor, frágil	Señal salida > termopar. Mejor estabilidad. Medidas de precisión. Sensibilidad, respuesta rápida
Resistencia de cobre	_____	_____	± 0.1 °C	_____	120	_____	Buena	A proteger en líquidos y atmósfera corrosiva	Baja resistividad, baja temperatura	Barato
Termistor	Sin envejecer 1°C/año envejecido < 0.05 °C/año	< 1 °C	± 0.005°C	0.03 - 0.11°C	400	< 1500 m	Pobre	Cualquiera	No lineal, alta derivada sin envejecer	Señal salida > termopar y sonda de resistencia. Alcance estrecho. Pequeño tamaño. Sensibilidad excelente, respuesta rápida
Termopar de cobre-constantán (T)			0.4-2% 0.4-0.8°C	0.11 °C	370	< 1500 m con instr. potenciom.	Buena	Oxidante-reductora	Alcance amplio, compensación unión fría, linealidad menor que sonda de resistencia, baja temp. máx.	Pequeño tamaño, respuesta rápida, Alta resistencia a corrosión de humedad, bueno en bajas temperaturas

Elemento	Derivada	Alcance mínimo	Precisión	Repetibilidad	Temp. máx. °C	Distancia máxima al receptor	Linealidad	Atmósfera de trabajo	Desventajas	ventajas
Termopar de hierro-constantán (J)	<0.5a > 11°C/año		0.3-0.5% 1.1-2.2°C	0.11 °C	550		Buena	Reductora	Alcance amplio, compensación unión fría, linealidad menor que sonda de resistencia	Pequeño tamaño, respuesta rápida. Bueno en atmósferas reductoras. Más económico
Termopar de cromel-alumel (K)			0.8 % ±3°C	0.11 °C	1100	Galvanométrico limitada por Ω externos (cable compens.)	Muy buena	Oxidante	Alcance amplio, compensación unión fría, linealidad menor que sonda de resistencia, más caros que T o J	Pequeño tamaño, respuesta rápida. Bueno en atmósferas oxidantes. Más lineal
Termopar de pt-pt/Rd (R y S)			1-3 °C	0.11 °C	1600	Galvanométrico limitada por Ω externos (cable compens.)	Buena a alta temp.	Oxidante	Alcance amplio, compensación unión fría, linealidad menor que sonda de resistencia, más caro que K	Pequeño tamaño, respuesta rápida. Protegido es bueno en atmóf. oxidantes
Radiación de óptico	_____	500 °C	1-3 °C	Muy buena	6000	Galvanométrico limitada por Ω externos (cable compens.)	Pobre, varía con la cuarta potencia de la temp.	El haz de radiación del objeto a la lente del pirómetro no debe interrumpirse	Pobre linealidad más caro que el termopar. Difícil determinar temp.exacta por emisividad cuerpo	Sin contacto con el material. Buena repetibilidad. Respuesta rápida. Más preciso. Influido por la emisividad de los cuerpos

Elemento	Derivada	Alcance mínimo	Precisión	Repetibilidad	Temp. máx. °C	Distancia máxima al receptor	Linealidad	Atmósfera de trabajo	Desventajas	ventajas
Radiación de total	_____	220 °C	±0.5 %	Muy buena	5000	Galvanométrico limitada por Ω externos (cable compens.)	Pobre, varía con la cuarta potencia de la temp.	_____	Pobre linealidad más caro que el termopar. Difícil determinar temp.exacta por emisividad cuerpo	Sin contacto con el material. Buena repetibilidad. El más barato, excepto óptico
Radiación de relación	_____	400 °C	±0.5 %	Muy buena	5000	Galvanométrico limitada por Ω externos (cable compens.)	Pobre, varía con la cuarta potencia de la temp.	_____	Pobre linealidad más caro que el termopar. Caro	Sin contacto con el material. Buena repetibilidad. Atmósfera de polvo, vapor, relativamente independiente de la emisividad
Radiación de fotoeléctrico	_____	110 °C	±0.5 %	±0.25	5000	Galvanométrico limitada por Ω externos (cable compens.)	Pobre, varía con la cuarta potencia de la temp.	_____	Pobre linealidad más caro que el termopar. Caro. Difícil determinar temp.exacta por emisividad cuerpo	Sin contacto con el material. Buena repetibilidad. Respuesta rápida y lectura a bajas temperaturas
Radiación de cuarzo	_____	330 °C	± 0.0075	Muy buena	250	_____	Pobre	_____	Pobre linealidad	Precisión muy elevada

2.5 MEDICIÓN DE DENSIDAD.

En la industria, los términos densidad y gravedad específica (peso específico relativo o densidad relativa) referentes a los fluidos, significan la misma propiedad física del fluido. De ahí que con frecuencia exista una confusión entre los dos términos, aun cuando los valores numéricos de los dos, referentes a un mismo fluido, pueden ser totalmente diferentes, dependiendo de la temperatura que se toma como referencia.

La *densidad* se define como la medida de la masa por unidad de volumen de una sustancia. La densidad se expresa normalmente en gramos por centímetro cúbico. En los países anglosajones se usan otras unidades, como libras por pie cúbico o libras por galón. La densidad de las sustancias cambia con la temperatura y la presión, y en ocasiones con otras condiciones del medio ambiente tales como la humedad, de forma que en cada caso deben especificarse las condiciones de medida. La pesada se hace normalmente en el aire que tiene una densidad de unos 0.0012 g/ml; por tanto, las medidas de precisión de la densidad requieren una corrección debida a este efecto de empuje hacia arriba. La corrección suele ser insignificante, excepto en la determinación de la densidad de gases.

La densidad relativa de un líquido o sólido es la relación entre la densidad de la sustancia y la del agua a una temperatura determinada. Para trabajos científicos la referencia es normalmente agua a 4 °C; para trabajos industriales suele ser agua a 15 °C. La densidad relativa de un gas es la relación de su densidad a la del aire seco (normalmente a 0 °C y 760 mmHg.). En el sistema métrico las densidades absolutas y relativas con respecto al agua a 4 °C tienen el mismo valor numérico y se diferencian sólo en un 0.1% con relación al agua a 15 °C.

En la industria y el laboratorio las determinaciones de densidad relativa son más corrientes que las de densidad absoluta. Además las medidas de

densidades de líquidos predominan sobre las de gases o sólidos, porque esta medida es útil para determinar la calidad la pureza o la composición de muchos líquidos.

2.5.1 Generalidades.

Sólidos y gases. Es difícil y rara vez deseable medir la densidad de sólidos y gases mientras se tratan en las plantas industriales. La determinación de la densidad de los gases y sólidos se hacen en el laboratorio con una muestra de la sustancia hasta una exactitud del 1% y es posible mayor exactitud con medidas de precisión y con la aplicación de correcciones conocidas.

Líquidos. Esta densidad se mide también pesando un volumen conocido (método del picnómetro). Con el uso de conexiones flexibles se puede utilizar el mismo principio para una indicación continua de la densidad de un líquido. El aparato de medida continua es sensible a cambios de densidad menores que 0.001 g/ml y su constante de tiempo puede reducirse a 1 minuto, según el sistema que se utilice.

La balanza de Westphal mide la densidad de un líquido mediante la diferencia entre los pesos de un sólido de volumen conocido en el aire y sumergido en el líquido, (método de flotación). Se usa también para determinar la densidad relativa de los sólidos, por medio de la inmersión en un líquido de densidad conocida. Una balanza de precisión proporciona una exactitud del 0.0001. Este mismo principio se usa en la industria para una indicación o registro continuo de la densidad de un líquido. Con un trabajo minucioso y una muestra proporcionada por una corriente lenta se puede conseguir una sensibilidad de 0.001 g/ml. Para medir la densidad puede utilizarse también el manómetro de presión diferencial con purgas de agua o con un sistema de burbujas de aire. Con este sistema u otros análogos es difícil conseguir una sensibilidad de 0.01g/ml aun en una instalación cuidadosamente montada y conservada.

La densidad de los líquidos se puede medir también mediante la

absorción de rayos gama dentro del líquido. Este método, aunque costoso, tiene utilidad cuando el líquido puede sufrir alteración si se aplican los métodos anteriores. La fuente de rayos gama se coloca a un lado del tubo o vasija y el detector en el opuesto. Ambos deben estar bien protegidos y se necesita un amplificador electrónico sensible y estable para detectar los pequeños cambios de densidad.

Unidades comunes de la gravedad específica.

Grados API (American Petroleum Institute). Normas para los productos del petróleo en los Estados Unidos.

$$\text{Grd. en la escala del hidrómetro a } 15\text{ }^{\circ}\text{C} = (141.5/\text{prel})-131.5$$

Escala Balling. Se utiliza principalmente para calcular el porcentaje de líquidos no fermentados en la industria de la cerveza, pero también tiene aplicación para indicar en porcentaje por peso de sólidos disueltos o licores con azúcar. La graduación esta en porcentaje por peso, a 15 °C.

Barkómetro. Se utiliza en la industria de curtiduría. El agua equivale a cero, y cada grado en la escala es igual aun cambio o variación de 0.001 en la densidad relativa.

$$\text{Densidad relativa} = 1.000 \pm 0.001n.$$

donde n es igual a grados Barkómetro.

Grados Baumé. Se utiliza extensamente para efectuar determinaciones en los ácidos, líquidos ligeros y pesados y jarabes. En 1904, la Oficina Nacional de Normas de Estados Unidos adoptó las siguientes escalas Baumé como normas:

Líquidos ligeros:

$$\text{Grados Baumé} = (140 / \text{prel.}) - 130$$

Líquidos pesados:

$$\text{Grados Baumé} = 145 - (145 / \text{prel.})$$

La temperatura normal para cada una de las fórmulas anteriores es de 15 °C.

Grados Brix. Se utiliza casi exclusivamente en la industria del azúcar. Los grados representan el porcentaje de azúcar (sacarosa pura) por peso en solución a 17.5 °C. Las determinaciones se expresan en grados Brix.

Grados Quevenne. Se utiliza en los análisis de leches. Veinte grados Quevenne representan una densidad relativa de 1.020; cuarenta grados Quevenne indican una densidad relativa de 1.040; y así sucesivamente. Un lactómetro (unidad) equivale aproximadamente a 0.29 grados Quevenne.

Grados Richter, Sikes y Tralles. Tres alcoholímetros cuyas escalas indican directamente el porcentaje por peso de alcohol en el agua.

Grados Twaddle. Para licores industriales más pesados que el agua. El intervalo de densidades relativas de 1.000 a 2.000 está dividido en 200 partes iguales. Por lo tanto, un grado Twaddle equivale a 0.005 de densidad relativa.

2.5.2 Métodos para la medición de densidad.

Areómetros.

Areómetro de tipo manual. Este dispositivo consiste en un flotador con un lastre de un peso determinado que en la parte superior tiene un vástago de diámetro menor, calculado en tal forma, que una graduación de su escala quedará sumergida durante el curso de la medición. La longitud de la escala sumergida representa entonces la densidad relativa del líquido en el cual se colocó el aparato. Los areómetros pueden calibrarse a cualquiera de las escalas mencionadas anteriormente y son utilizados ampliamente donde no se requieren operaciones de manejo automáticas. Sin embargo, pueden localizarse en un tubo

de alimentación de agua, equipado con un derramador al nivel del lugar donde se toman las lecturas, permitiendo que esto sea posible a medida que el líquido fluye en forma continua.

Areómetros con puente de inductancia. En este dispositivo, el líquido que se analiza se mantiene a un nivel constante por medio de un tubo de desbordamiento. Un areómetro de vidrio emerge o se sumerge en el líquido a medida que varía la densidad relativa. La armadura de una bobina de inductancia está unida al extremo inferior de una barra que se extiende desde el areómetro. Esta armadura móvil y las bobinas de inductancia constituyen el transmisor del areómetro. El instrumento receptor está formado por un conjunto semejante, sin el areómetro. Cuando este sistema se utiliza, generalmente se registra la temperatura del líquido junto con el valor de la densidad relativa, de tal manera que sí se requiere, pueden efectuarse correcciones en la temperatura.

Areómetro con flotador cadenomático. En este dispositivo se utiliza un flotador areométrico que se centra automáticamente y que esencialmente trabaja sin fricción y está libre de los efectos de la superficie. El volumen del “flotador” es fijo y permanece por completo bajo la superficie del líquido. A medida que el bulbo se desplaza hacia arriba o hacia abajo, varía el peso efectivo de la cadena que actúa sobre el mismo. Para cada densidad dentro de los límites del conjunto, el bulbo tiene un punto de equilibrio definido

Con el objeto de transmitir estas variaciones en la densidad, el flotador está conectado a un transformador diferencial cuya diferencial de tensión, como función relativa al desplazamiento del bulbo, representa la medida de la densidad relativa. Para compensar un cambio de densidad debido a la temperatura, un puente con un termómetro de resistencia interpreta y detecta el cambio de temperatura e imprime un voltaje a través del registrador, de un valor igual y opuesto al voltaje transmitido por la bobina captadora, debido al cambio de densidad inducido por la temperatura.

Métodos de presión diferencial.

Método de purga con líquidos. Se instalan dos canillas o derivaciones a un lado de un tanque, o bien, a niveles diferentes en una tubería vertical. Estas derivaciones se llevan hasta un aparato determinador de diferencias en las presiones, y se purgan con un líquido de referencia, por lo general agua. En esta forma se obtiene un intervalo de contracción, así como la independencia de las canillas tapadas. Efectivamente, la diferencia de presiones que se ha determinado se crea por dos columnas iguales, una de agua y otra que corresponde al líquido de la muestra. La relación de la purga es muy pequeña, y la dilución puede despreciarse.

Este sistema se utiliza con frecuencia en la industria de la pulpa y el papel para medir y controlar la densidad del licor verde, el licor negro pesado, las lechadas de arcilla, almidón o cal, y las de lodos de cal.

Columnas de referencia y tubos de burbujas. En este método se desplaza una carga conocida de la muestra y otra de agua de sus respectivos tubos generadores de burbujas, y después se hace una comparación de los dos con un dispositivo para medir la diferencia de las presiones. El instrumento puede calibrarse directamente en unidades de densidad relativa.

Cuando es necesario corregir la densidad relativa a una temperatura normal, deben conocerse las temperaturas de las dos columnas. Sin embargo, si puede lograrse disponer las columnas de tal manera que la muestra del líquido fluya alrededor de la columna de referencia, será suficiente con una sola determinación de la temperatura.

Generador de burbujas de aire y un recipiente solo. Este es uno de los métodos más sencillos y que se utilizan más ampliamente para determinar la densidad. Consiste en instalar dos tubos generadores de burbujas en el líquido de muestra, de tal manera que el extremo de uno de los tubos quede a un nivel inferior que el del extremo del otro tubo.

La presión que se requiere para inyectar aire en el líquido es igual a la

presión del líquido en los extremos de los tubos. Como la salida de uno de los tubos se encuentra a un nivel inferior que el de la salida del otro, la diferencia de las presiones será igual al peso de una columna del líquido de una altura constante. Por lo tanto, la diferencia de presiones es directamente proporcional a la densidad del líquido.

Con frecuencia se analizan por este método el licor negro ligero, el licor blanco y las disoluciones de hipoclorito de calcio.

Para efectuar determinaciones comparativas, se conecta una cámara de referencia continua en serie con el lado de baja presión.

Método de desplazamiento. En este sistema se emplea un instrumento de desplazamiento o barra de torsión parecido al utilizado en la medición del nivel de líquidos. El flotador está totalmente sumergido en el líquido y está equilibrado exteriormente para que el par de torsión desarrollado presente directamente la densidad del líquido.

Refractómetro. Se utilizan en los fluidos limpios. Consiste en una fuente luminosa de filamento de tungsteno que incide en el líquido con un ángulo determinado tal que la reflexión de luz pase a refracción. El haz luminoso se enfoca en un prisma rotativo que barre el líquido del proceso. La refracción que se presenta cuando el rayo luminoso incide con el ángulo crítico se detecta con una célula fotoeléctrica y la señal es amplificada para su registro o control correspondiente.

El índice de refracción puede relacionarse con la concentración de sólidos del líquido, es decir, inferencialmente con la densidad.

Una variante de este modelo barre el líquido del proceso con un haz luminoso transmitido a través de fibras ópticas sumergidas en el líquido. La luz que sale de la fibra es tanto mayor, y tanto menor la que alcanza el detector, cuanto más próximo sea el índice de refracción del líquido al de la fibra.

Se emplea en evaporadores, en la concentración de licor negro en la industria papelera, etc.

Indicador de densidad de rayos gama. La emisión de rayos gama proveniente de la fuente de un radioisótopo pasa a través del líquido. La cantidad de radiación que llega al detector varía inversamente con la densidad de la corriente. Las terminales eléctricas del detector se conectan a un registrador electrónico, el cual puede equiparse con un instrumento para su control. Su lectura viene influida por el aire o por los gases disueltos en el líquido.

Elevación del punto de ebullición. En este método la temperatura de una disolución en ebullición, se compara con la correspondiente al agua en ebullición con la misma presión. Para una disolución en especial, la elevación del punto de ebullición (diferencia en la temperatura) puede calibrarse en términos de la densidad a la temperatura ambiente. Este método en el cual se emplean termómetros de resistencia, constituye una técnica de medición de gran precisión, muy conveniente para determinar el punto final de la evaporación. Puede utilizarse para las disoluciones con un componente disuelto, o bien para mezclas de composición establecida.

Medidores de ultrasonido. Mide la velocidad del sonido dentro del fluido e inferencialmente calcula su densidad. La medida se realiza disponiendo el conjunto emisor - receptor de ultrasonidos inmerso dentro del líquido o exterior al tanque o a la tubería. Las variaciones de la velocidad del sonido son provocadas por cambios en la densidad, que varían el acoplamiento acústico entre los transductores y el fluido, pero además pueden ser factores perturbadores, los cambios en la temperatura, que debe ser compensada, y las variaciones en la viscosidad y en la compresibilidad, por lo que la medida queda restringida a una familia de líquidos de similares características. Por otro lado, si

la velocidad de flujo del fluido es importante, las dos velocidades opuestas del sonido desde el emisor al receptor y del receptor al emisor son distintas, y aparece como complicación adicional las variaciones de frecuencia debidas al efecto Doppler. Para compensar debidamente este efecto, es necesario efectuar una medida adicional de la velocidad en otra dirección.

Medidores de balanza.

Balanza con flotador de gas. En este instrumento, un flotador está montado sobre un brazo de balanza dentro de un tanque. El flotador se balancea por aire y la lectura manométrica se toma en el punto de la presión balanceada exacta. A continuación se desaloja el aire por medio de un gas y la presión se ajusta hasta lograr nuevamente el equilibrio. La relación de la presión al aire con la presión al gas es la densidad del gas relativa al aire. Este instrumento se utiliza principalmente para determinaciones en el laboratorio y su precisión aproximada llega a las cuatro cifras decimales.

Balanza para densidad relativa de los gases. El peso de una columna alta del gas que va a analizarse se balancea o equilibra por medio de aire a presión, actuando contra el fondo flotante del recipiente de gas en equilibrio, que se indica sobre una escala. Por medio de este método puede determinarse cualquier intervalo de gravedades específicas en los gases con un grado satisfactorio de precisión. Puede destinarse para el registro y control de valores.

Balanza para la densidad de los gases. Este método utiliza un potenciómetro electrónico balanceable a cero. La densidad del gas se determina por la sustentación hidráulica de una esfera pesada recubierta de rodio, la cual está sujeta en su centro por una fibra de cuarzo. La esfera en el otro extremo del halterio está puncionada de tal modo que no está sujeta a los efectos de flotabilidad. El movimiento de giro del halterio que se debe a las variaciones en la densidad del gas, produce una fuerza electrostática entre los electrodos y la suspensión de fibra de cuarzo. Se balancea el potencial y se mide por la cantidad

de luz que reciben los bulbos fotoeléctricos. Este potencial necesario para balancear el circuito representa una medida de la gravedad relativa al aire. El método es continuo si se hace la compensación referente a las variaciones de la presión barométrica, y además tiene un intervalo amplio de 0 a 2000 con relación al aire.

Recipiente para flujo en equilibrio. El líquido se hace pasar a través de conexiones flexibles al interior de un tanque o recipiente de muestreo que está en equilibrio por medio de pesos o bien por un transmisor neumático balanceador. El hecho de pasar un volumen determinado de un líquido en el tanque constituye un método para medir la densidad. Cualquier medida de densidad relativa o densidad puede trabajarse en forma continua; el método puede utilizarse para control automático instalando un dispositivo de control en el receptor neumático.

Medidores inerciales. Estos medidores se basan en aprovechar la variación de la masa inercial de una masa inmersa en el fluido al entrar la misma en vibración dentro de una cámara de volumen constante. Las variaciones de la densidad del fluido contribuyen a una carga inercial de la masa, variando su masa efectiva. Como la frecuencia natural de un elemento depende de su masa efectiva, midiendo la frecuencia natural o resonancia de la masa inmersa, se tendrá una medida correlacionada de la densidad del fluido. La temperatura medida del fluido debe compensarse.

La fórmula de cálculo correspondiente es:

$$\rho_o = K_o + K_1 * T + K_2 * T_2$$

en donde: ρ_o = Lectura de densidad del aparato.

K_o, K_1, K_2 = Constantes de calibración de cada aparato.

T = Período natural (inverso de la frecuencia natural).

El circuito de medida incorpora un cristal piezoeléctrico para detectar la frecuencia natural en el estado de resonancia de la masa, y ésta se mantiene continuamente en dicho estado gracias a un circuito de control.

El sistema sirve tanto para la medición de la densidad en líquidos como en gases.

Existen varios tipos de medidores inerciales:

Medidor de torsión. Consiste en dos cilindros huecos dispuestos en una tubería donde circula el fluido. La excitación y la detección de la frecuencia de resonancia son proporcionadas por activadores y sensores piezoeléctricos.

Método de horquilla. La masa en vibración tiene forma de horquilla y la aspiración del fluido (líquido o gas) tiene lugar mediante una bomba auxiliar a través de un by - pass. El sistema debe aislarse perfectamente para que las condiciones de servicio de temperatura correspondan exactamente a las del fluido.

Método de tubo en U. Consiste en un tubo que tiene forma de U que incorpora una armadura rígida situada dentro del campo de una bobina excitadora alimentada por una corriente pulsante. La vibración que el tubo experimenta es función de la masa del fluido contenida en el tubo y, por lo tanto, de su densidad.

La excitación electromagnética correspondiente hace que el tubo vibre a su frecuencia natural:

$$f = 2 * [C / (M_o + V_o * \rho)]^{1/2}$$

en donde: f = Frecuencia de la vibración.

M_o = Masa del tubo.

V_o = Volumen en vibración.

C = Constante de elasticidad.

ρ = Densidad a medir.

La medida es compensada según la temperatura real del fluido a su paso a través del tubo.

La vibración induce una corriente alterna en una bobina receptora y esta corriente es convertida a una señal de corriente continua y enviada a un controlador o registrador.

Principales características de los sistemas de densidad.

Sistema	Precisión % amplitud medida	Amplitud mínima	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones	Temperaturas y presiones max. de operación
Areómetros	1-3	0.5-4	Sencillos		Líquidos limpios	120-230 °C 6-8 bares
Presión diferencial	0.5-1	0.01	Tanques a presión		Líquidos	170 °C 300 bares
Desplazamiento	1	0.005	Tanques a presión	No puede usarse en fluidos que recubran el flotador	Líquidos limpios	200 °C 40 bares
Refractómetro	—	0.004	Insensible a sólidos y aire	No puede usarse en fluidos que recubran el prisma	Líquidos	—
Radiación	2	0.05	Sin contacto con el proceso	Influido por aire o gases disueltos. Caro, inspecciones, seguridad radiación	Lechadas, líquidos, disoluciones	—
Punto de ebullición	—	—	Simple montaje en línea	Necesita vapor a la misma presión que el proceso	Líquidos en evaporadores, disoluciones, mezclas de composición establecida	—
Ultrasonidos	1	—	Simple montaje en línea	Compensación de temperatura y viscosidad	Líquidos	—
Medidor de balanza	0.25-1	0.005	Respuesta rápida simple	Medida indirecta	Líquidos y gases	200 °C 9 bares
Medidores inerciales	0.2-3	0.05	Simple montaje en línea, medida en línea a alta presión	Compensación temperatura y viscosidad. Posible recubrimiento del tubo por algunos fluidos	Líquidos y gases	150 °C 50 bares

2.6 DETECCIÓN DE MEZCLAS EXPLOSIVAS Y DE FUEGO.

Los *detectores de fuego* son dispositivos ideados para dar la alarma, hacer girar un sistema aspersor o activar alguna otra medida preventiva a las primeras señales de fuego. Los sistemas aspersores están generalmente equipados con conexiones de metal fusible, y éstos son quizá los aparatos detectores de incendios más corrientes. Prácticamente desempeñan una doble función, puesto que perciben la elevación de temperatura debida al fuego y ponen en movimiento los medios de defensa.

Sistemas indicadores de incendios más complicados utilizan detectores parecidos a termostatos. A menudo son accionados eléctricamente. Aunque algunos tipos llegan a ser accionados simplemente cuando la temperatura se eleva por encima de un valor mínimo determinado, otros pueden ser dispuestos para que funcionen cuando el porcentaje de aumento de temperatura excede un cierto valor. Sistemas aún más complejos implican efectos debidos a una combinación del porcentaje de aumento y del nivel de temperatura.

Los *detectores de humo* son instrumentos corrientes en ciertas aplicaciones especiales. Estos detectores son accionados cuando el humo interrumpe un haz luminoso que ilumina una célula fotoeléctrica. La conservación de este equipo en las condiciones seguras de funcionamiento constituye un problema más grave que con la mayor parte de los otros detectores.

En la actualidad se presentan en el mercado aparatos fotosensibles que responden a un estímulo en la parte infrarroja del espectro y pueden detectar así la elevación en temperatura en el origen del propio incendio.

Los *detectores de gases* son importantes dentro de la industria, ya que es de interés determinar la concentración de gases tales como CO_2 , $\text{CO} + \text{H}_2$, O_2 u

otros, bien en el análisis de humos de salida de las calderas de vapor para comprobar su combustión correcta, o bien en el análisis de concentración de gases desde el punto de vista de seguridad ante una eventual explosión, etc.

Los analizadores se basan en general en propiedades características de los gases, tales como la conductividad térmica, el paramagnetismo del oxígeno y el coeficiente de absorción infrarroja.

– *Conductividad térmica.* Esta determinación se basa en las diferentes conductividades térmicas de los gases cuando se comparan en una célula con el aire u otros posibles constituyentes del gas de combustión.

– *Paramagnetismo del oxígeno.* Esta es una propiedad que poseen varios materiales, entre ellos el oxígeno; se magnetizan cuando se exponen a la acción de un campo magnético. De este modo una bola suspendida en equilibrio en un campo magnético variará de posición al pasar el gas a analizar ya que el oxígeno del gas absorberá parte de la energía magnética disponible en el campo.

– *Analizador de infrarrojos.* La radiación infrarroja es sólo una pequeña porción del espectro electromagnético, y es absorbida en cantidades distintas por varios gases. Algunos gases tales como el oxígeno, el nitrógeno, el hidrógeno, el cloro y otros elementales no absorben prácticamente radiaciones infrarrojas. Otros, sin embargo, como el CO_2 , CO , CH_4 , C_3H_8 , SO_2 , NH_3 o vapor de agua lo absorben en cantidades detectables.

2.6.1 Generalidades.

Selección del tipo de detector. Los detectores seleccionados de la siguiente lista deben ser especificados dependiendo de sus propiedades específicas y los campos recomendados de aplicación.

Entre otros podemos encontrar:

Detectores de calor:

- a) Tubing de detección de fuego.
- b) Bulbos de cuarzo.

- c) Fusibles de cadena de aleación o de tapones.
- d) Cable sensible al calor.
- e) Detectores de calor elevado de proporción compensada.
- f) Detectores de calor elevado con arreglo combinado de temperatura y proporción compensada.

Detectores de flama:

- a) Detector de rayos infrarrojos (IR).
- b) Detector de rayos ultravioleta (UV).

Detectores de humo:

- a) Detectores de luz intermitente.
- b) Detector tipo HCl / humo.

Detector de gases flamables:

- a) Detectores de H₂S.

Detectores de calor. Estos detectores son aplicados para la detección de fuego que se expanden rápidamente generando altos niveles de calor. Tienen un gradiente de alarma pequeño y son lentos en detectar el fuego. Se utilizan como respaldo de detectores de fuego en turbinas cerradas.

Detectores de flama. Los detectores de flama de rayos infrarrojos solamente son aplicados para la detección de fuegos de hidrocarburos, o para otros productos flamables con alto contenido de hidrocarburos, no resultando apropiados para la detección de fuegos sin llama.

Los detectores de flama de rayos ultravioleta son extremadamente rápidos en detectar fuego, pero no deben ser usados en ambientes con alto contenido de tierra, o cuando se espera que el fuego produzca humos pesados que pueden ensuciar las lentes. Estos detectores deben tener un dispositivo de auto diagnóstico automático, y son empleados normalmente dentro de las camisas de las turbinas de gas.

Detectores de humo. Los detectores tipo luz intermitente son empleados para la detección de fuegos sin llama en edificios.

Los detectores del tipo HCl / humo son aplicados para detectar fuegos en desarrollo en espacios cerrados con una alta densidad de cableado, por ejemplo en cuartos de control y gabinetes eléctricos.

Detectores de gas flamable y tóxico. En una planta de proceso abierto, el equipo esta normalmente diseñado de tal forma que una fuga de material flamable se producirá en forma no deseada generándose un peligro dentro de los límites de la planta. Sin embargo una detección temprana de acumulación de gas/vapor/líquido es esencial para prevenir el desarrollo de una nube de gas/vapor favorecedora de peligro al dirigirse esta nube a una fuente de ignición.

Los tipos de detectores de gas flamable más comúnmente usados son:

- a) Tipo combustión catalítica.
- b) Tipo semi conductor.
- c) Tipo de absorción infrarroja.

Mientras que los detectores de gas tóxico (H₂S) más comúnmente usados son:

- a) Tipo combustión catalítica.
- b) Tipo semi conductor.

Localización de los detectores y alarmas. Los sensores deben ser localizados donde más fácilmente puedan detectar el peligro, y en forma tal que se permita el acceso para el mantenimiento y calibración.

Las fuentes de poder y los circuitos de medición electrónico deben ser localizados en el cuarto de control central.

Las cabezas de los sensores deberán colocarse solo después de que se halla terminado todos los trabajos de soldadura y pintura, esto para proteger al

sensor de posibles daños.

Deben considerarse pantallas protectoras para los sensores según sea el caso durante el diseño detallado.

Detectores de calor. Los tubings para detección de fuego deben ser localizados cerca de la fuente potencial de fuego del equipo que se protegerá.

El aire de instrumentos en el tubing es mantenido a 2.2 kg / cm^2 , y es conectado a switches de presión fijados a 1.6 kg / cm^2 , los cuales actúan la alarma y / o el sistema de protección.

– *Otros detectores de calor.* Los detectores de calor reaccionan a la cantidad de calor transferido de la fuente de fuego a el detector, por lo que se tiene que tomar en cuenta los siguientes factores en la localización de los mismos:

- 1.- La altura de los techos y la profundidad desde la cual los detectores se proyectaran por abajo de ellos.
- 2.- Los patrones de ventilación del edificio.
- 3.- Los objetos que pudieran bloquear el flujo de calor al detector.
- 4.- Los detectores pueden ser instalados arriba de techos falsos o bajo pisos elevados.
- 5.- Los detectores de calor deben ser instalados en edificios administrativos, cuartos de control y áreas de almacenamiento en donde el peligro de fuego es muy propagable.
- 6.- Los detectores deben ser espaciados de acuerdo a los estándares NFPA como mínimo, tomando en consideración las recomendaciones del proveedor y los requerimientos. Espacios más cercanos deberán aplicarse cuando las características del área de peligro a proteger pudiera de otra manera afectar la efectividad del diseño.

Detectores de flama. Los detectores de flama son dispositivos de línea de detección inmediata, debiendo ser colocados de tal forma que cubran el área entera o la sección a proteger. Estos detectores tienen que ser montados libres de los efectos de la vibración y de los golpes, tomando en cuenta el espaciamiento recomendado por el vendedor.

Los detectores ultravioleta deben ser protegidos de posibles ensuciamientos de su ventana / lente mientras no se degrade su funcionamiento.

Las lentes de los detectores infrarrojos deben ser protegidos contra los efectos del agua.

Detectores de humo. Los detectores de tipo luz intermitente deben ser localizados en espacios cerrados y en edificios tales como oficinas, archivos, cuartos de control, cuartos de computadoras y cuartos auxiliares de instrumentos.

Lo siguiente debe ser tomado en consideración cuando se localicen los detectores seleccionados:

- 1.- Patrones de ventilación de los cuartos y aire acondicionado.
- 2.- Los efectos de dilución del aire acondicionado y de los sistemas de ventilación.
- 3.- Los detectores del tipo HCl / humo deben ser localizados como siguen:
 - a) Bajo pisos elevados en cuartos de control y computadoras y dentro de cuartos eléctricos y auxiliares.
 - b) Sobre las charolas de los cables en los edificios.

La construcción típica de un detector tipo HCl / humo emplea un gabinete detector, que contiene múltiples sensores conectados a los puntos de muestreo por líneas de venteo de muestra. Los detectores comparten un ventilador común, el cual drena aire a través de las líneas a los detectores.

Detectores de gas flamable. Los detectores de gas flamable deben ser localizados cerca de la más probable fuente de escape, tomando en consideración su proximidad a áreas de acumulación, posibles fuentes de ignición y áreas de trabajo.

La localización de estos detectores debe ser definida sobre la base de un cuidadoso estudio para cada una de las aplicaciones. Una serie de directrices generales y requerimientos mínimos son listados a continuación:

- a) Variables tales como la dirección de los vientos reinantes, la velocidad de los mismos, etc.
- b) Los detectores que poseen acción de cierre deben ser localizados donde el aire deba de estar libre de gases flamables como los siguientes:
 - 1.- Entradas de aire a casas de analizadores.
 - 2.- En el interior de las casas de analizadores.
 - 3.- En la succión de compresores de aire de instrumentos.
 - 4.- Entrada a hornos.
 - 5.- Entrada a compresores.
 - 6.- Entrada a las respiraciones de los sistemas de aire.
- c) Los detectores de gases flamables deben de ser dotados con arrestadores de flama.

La detección de gases flamables en ductos deberá llevarse a cabo suministrando un sistema de muestreo confiable dentro del ducto, el cual fuerza a un flujo continuo del gas pasar por la cabeza del detector, localizado fuera del ducto. El sistema de muestreo deberá tener un tiempo de retardo que no exceda los 20 segundos.

El método preferido de instalación, consiste en instalar tubos de impacto en el ducto, los que fuerzan a un paso de flujo continuo hacia la cabeza del detector.

Los detectores de gas se localizan en lugares los cuales no son de fácil

acceso, por lo que deben de estar equipados con conexiones permanentes de calibración / monitoreo a un nivel aceptable.

Estos detectores deben ser montados de tal manera que queden protegidos de las influencias adversas que afectan su funcionamiento tales como arena / polvo, agua pulverizada, lluvia directa, de lo que pueda bloquear el arrestador de flama o de vientos fuertes que puedan causar una falla en la lectura del detector.

Los detectores de gas deben ser instalados aterrizados, o al nivel de plataformas cerca de los sellos de los compresores centrífugos y bombas, manifolds, válvulas de control, válvulas operadas remotamente, válvulas de bloqueo y en la mezcla de LPG e hidrocarburos si la temperatura del fluido se encuentra por arriba del punto de inflamación.

La elevación a la que los detectores de gas serán montados, debe ser tal que refleje la existencia de gases mas pesados o ligeros que el aire. Por lo tanto los detectores deben ser localizados arriba o abajo de la fuente potencial como consecuencia. Conos colectores pueden ser considerados donde sea apropiado.

2.6.2 Aplicaciones típicas para la detección de fuego, humo y gases.

Áreas de aplicación	Flama	Calor lineal	Calor de punto	Humo de punto	Humo de área	Gas	
Bombas de selección de hidrocarburos.		X					t.s.c/b.c
áreas de retención de hidrocarburos.		X					t.s.c
Equipos de retención de hidrocarburos.		X					t.s.c
Casas de analizadores.						X	
Turbinas de gas y compartimientos.	X		X			X	d.c.i
Laboratorios.			(X)	X			
Cuarto de instrumentos.					X		HCl/hum
Pisos de computadora falsos.				X	X		HCl/hum
Cuartos de control y de computadoras.			(X)		X		
Cuartos de acumuladores.					X		
Oficinas generales.			(X)	X			
Almacenes.			(X)	X			
Almacenes de hidrocarburos.		X					
Central telefónica.			(X)	X			
Subestación.				X	X		

Nota: (X) = Los detectores de humo de punto son preferiblemente del tipo con detección integral de calor.

t.s.c = Tubing sensible al calor.

b.c = Bulbo de cuarzo.

d.c.i = Detector de calor por incrementos.

HCl/hum = Detector combinado HCl / humo.

2.7 VÁLVULAS DE CONTROL.

La interfase con el proceso en el extremo del lazo de control, esta hecho por el elemento final de control. En una gran mayoría de sistemas el elemento final de control es una válvula de control automática, la que convierte al flujo en una variable manipulable.

Las válvulas de control son el regulador básico en cualquier proceso en que se manejen corrientes de fluidos, por lo mismo, son consideradas como el accesorio más importante en la tubería pudiéndose conseguir en una variedad ilimitada de materiales y diseños. Si embargo, se simplifica el mantenimiento y almacenaje en una planta si se conserva al mínimo el número de tipos de válvula en existencia. Puede resultar muy económico tratándose de válvulas pequeñas, seleccionar uno o dos diseños que satisfagan a todos los servicios. Se tienen estandarizadas las condiciones de muchos de los tipos más comunes de válvulas, así como también las dimensiones de las bridas de las válvulas bridadas. Sin embargo, debe de hacerse referencia a los catálogos de los fabricantes a fin de determinar las especificaciones y descripciones de cada válvula en particular. Estas descripciones junto con las especificaciones de los códigos y los estándares de válvulas ayudan a la selección de la válvula más apropiada para un servicio específico. Por ello hay que conocer a fondo los diferentes tipos de estas válvulas y sus características de flujo. Esto permite satisfacer las condiciones del proceso y tener la instalación correcta en el sistema para fluidos.

El grupo principal de válvulas de control esta fundamentalmente integrado por válvulas de globo. Se fabrican en todos los materiales en que se encuentran las válvulas de globo ordinarias, pero el asiento, el vástago y el cuerpo tienen especificaciones de mejor calidad. Además se emplea un actuador en lugar del volante para mover el vástago y el macho para abrir y cerrar la válvula. El actuador usual es neumático con una cubierta que tiene un diafragma que la divide en dos compartimentos. El diafragma y el vástago conectado con él

están en posición equilibrada por un resorte en un lado y el aire a presión en el otro. En control de flujo, la presión del aire cambia como respuesta a una señal proveniente de la medición de la presión diferencial en un orificio u otro aparato detector de flujo.

En el otro grupo de válvulas de control que ha logrado gran aceptación en los últimos años, el actuador hace girar una mariposa, macho o disco en torno a su eje. En igualdad de tamaños estas válvulas tienen mayores capacidades y menor resistencia al flujo que la de macho configurado. En general estas válvulas son adecuadas para muchas aplicaciones de control de flujo.

Existe una gran cantidad de características y conceptos involucrados en los estudios referentes a válvulas de control, como son; los diferentes tipos de válvulas, conexiones, interiores, características de flujo, cavitación, nivel de ruido, caída de presión permisible, etc., que son necesarios conocer para lograr un buen dimensionamiento y selección de la misma.

2.7.1 Generalidades.

Importancia de las válvulas de control. El empleo de la válvula de control significa que el proceso tiene algún tipo de sistema automático de control. Puede ser por nivel, flujo, presión, temperatura o de otra índole. Suele incluir los componentes típicos de un sistema de control con retroalimentación de lazo cerrado, que son sensor (detector), transmisor, controlador, válvula de control y el proceso en sí. La selección de la válvula de control requiere el conocimiento de todos estos factores, en especial del proceso.

Una válvula seleccionada como óptima para un sistema de control por nivel, quizá no sea la mejor para un sistema de control de flujo.

Las válvulas de control se utilizan en muchas aplicaciones que incluyen control de líquidos, reducción de presión de gases, etc.

Una válvula de control consiste en dos partes principales: el cuerpo y el actuador. El líquido en flujo pasa por el cuerpo. La función del actuador es

responder a la señal del controlador automático y mover las guarniciones de la válvula para variar el flujo.

Como ya se mencionó el cuerpo de la válvula sirve para el paso del fluido entre el tubo y las conexiones. Por tanto, debe servir como recipiente de presión y esta sometido a las mismas condiciones de temperatura, presión y corrosión que el resto del sistema de tubería.

Hay una gran variedad de estilos de cuerpos de válvulas. Se clasifican, en general como de movimiento lineal y de movimiento rotatorio del vástago. El primer grupo incluye las válvulas de globo de asiento sencillo, válvulas de globo de asiento doble, de cuerpo dividido, de tres vías, cuerpo en ángulo, válvulas de diafragma y sus muchas variantes. El segundo grupo incluye a las válvulas de mariposa, las de bola y sus variantes.

Hay muchas configuraciones especiales de cuerpo para aplicación con caudales muy pequeños, temperaturas criogénicas y reducción de ruido.

Aunque el cuerpo de la válvula tiene la función primaria de contener el fluido, también debe alojar los componentes internos y servir de soporte mecánico para el actuador y los accesorios, etc. Por ello, es importante que el cuerpo se pueda desmontar de la tubería o que sus componentes internos estén accesibles para mantenimiento. Por lo general, el cuerpo tiene conexiones de extremo con bridas, las que están disponibles en especificaciones estandarizadas para que concuerden con las de las tuberías.

Además existen normas para las dimensiones entre cara y cara del cuerpo de la válvula. La norma ISA RP4.1 se aplica a válvulas de hasta 8 pulgadas, mientras que la norma 65-2 del Instituto de Control de Fluidos es para tamaños de 10 hasta 16 pulgadas y ambas incluyen capacidades desde 125 hasta 600 libras. Otra norma para las dimensiones entre cara y cara que se utiliza a veces es ANSI B16.10.

Las válvulas de control también están disponibles con extremos roscados y soldados, aunque también se producen con conexiones de extremo sin bridas.

En este tipo, el extremo de la válvula coincide con la cara realzada de la brida en la tubería para tener una superficie para juntas; la válvula se sujeta entre el par de bridas con tornillos largos, y se logran economías debido a que el cuerpo de la válvula requiere menos material. Sin embargo las normas para dimensiones entre cara y cara no se aplican en este tipo.

El actuador de la válvula de control responde a una señal del controlador automático y mueve el elemento de control. El actuador es el amplificador de potencia entre el controlador y la circulación de líquido. Estos pueden ser de tipo neumático, eléctrico o hidráulico. Si bien se emplean los dos primeros por ser los más simples, de actuación rápida y tener una gran capacidad de esfuerzo, puede afirmarse que el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente. Hay dos actuadores neumáticos básicos; en uno se utiliza un resorte y un diafragma, y en el otro un pistón y un cilindro. Hay muchas variantes de actuadores neumáticos.

El actuador de resorte y diafragma suele ser menos costoso que el de pistón y cilindro, en especial cuando no se requiere un posicionador para la válvula; éste es un accesorio con un mecanismo de retroalimentación del movimiento en el recorrido del vástago del actuador, un sistema emisor desde la salida del controlador y una salida de aire al actuador.

Condiciones de funcionamiento. Las válvulas de control suelen ser del mismo o un tamaño menor que el tubo de corriente arriba, pero nunca más grande. Las válvulas de control son de menor diámetro que el tubo cuando hay que absorber grandes diferencias de presión.

Las válvulas de control pueden funcionar en una amplia gama de capacidades y presiones diferenciales. Los volúmenes de flujo y condiciones del proceso suelen estar bien determinados para establecer el tamaño de la tubería y componentes. Al determinar el tamaño de las válvulas, se deben estudiar las capacidades opcionales, el cambio periódico en la capacidad y las presiones

diferenciales relacionadas. El control de capacidad en una gama muy amplia puede requerir dos válvulas en paralelo, una para volumen alto y otra para el pequeño. En casos intermedios o para futuros aumentos en la capacidad puede ser deseable un cuerpo más grande con guarniciones pequeñas.

En la mayor parte de los casos, las presiones diferenciales son parte de la resistencia total del sistema de tubería. Cuando se determina una presión diferencial total, por ejemplo, entre dos recipientes del proceso, la tercera parte de la caída total de presión se puede atribuir a la válvula de control y 2/3 a pérdidas por fricción en la tubería y el equipo. Con presiones diferenciales altas, la mayor parte de la pérdida la absorberá la válvula de control. Cuando hay que minimizar las presiones diferenciales, la válvula debe ser del mismo tamaño que la tubería.

Una válvula de control (excepto las de mariposa) sólo puede regular el flujo si controla la caída de presión en el sistema. La economía para el uso de válvulas de control requiere menores caídas de presión. Sin embargo, la capacidad y el alcance del control disminuyen con rapidez cuando se trabaja con presiones diferenciales muy bajas.

Los cambios en la densidad relativa o los cálculos inexactos de la densidad tienen poco efecto en la capacidad de la válvula, pues son valores pequeños, o sea, funciones de raíz cuadrada del coeficiente calculado de flujo.

Cuando ocurre flujo crítico en el líquido, hay que determinar con cuidado el tamaño de la tubería después de la válvula de control (y de la válvula de derivación). La vaporización aumenta mucho la resistencia del tubo. Para mantener velocidades razonables cuando ocurre vaporización en la válvula de control, la tubería y la válvula de corte de corriente abajo deben ser más grandes que el tubo de corriente arriba.

En algunos casos de flujo de líquido saturado, se puede evitar la vaporización en la válvula o después de ella si se provee una carga estática de líquido corriente arriba de la válvula.

Con presiones, temperaturas o presiones diferenciales elevadas, la válvula no debe funcionar cerca de su asiento, pues las altas velocidades pueden desgastar el asiento y el macho, lo que causará control incorrecto del caudal y fugas cuando se cierre la válvula.

Posición de la válvula de control. La mejor posición para la válvula de control es con el vástago vertical hacia arriba. Pueden funcionar en posición angular, horizontal o vertical hacia abajo, pero estas posiciones no son aceptables. Las válvulas grandes en ángulo son la excepción y lo más práctico puede ser la posición horizontal.

Una sola válvula de control sin válvulas de cierre ni de derivación suele bastar para líquidos limpios o cuando se instala equipo en paralelo que tiene válvulas de control con válvulas de cierre en los cabezales del tubo. Cuando se esperan, de vez en cuando líquidos sucios o con sólidos, se instala un colador temporal corriente arriba de la válvula de control. Las válvulas sencillas se accionan con volante.

La mayor parte de las especificaciones para tubería requieren que las válvulas de control estén más arriba del piso o de la plataforma y en el borde de los pasillos de acceso.

Para el mantenimiento, se requiere espacio libre debajo y encima de la válvula para desmontar el asiento, macho, tapa de actuador, resorte y yugo.

La válvula automática de control es parte de los instrumentos. Los detectores de flujo, presión, temperatura y nivel deben estar cerca de la válvula, al igual que el transmisor, y se conectan con el alambrado y tubos para instrumentos. Los tubos de aire van desde el transmisor a la cubierta del diafragma y desde el transmisor al cabezal de aire para instrumentos.

Derivación para la válvula de control. Se utiliza una derivación (bypass) para facilitar el mantenimiento de estas válvulas, sobre todo en

servicios con materiales tóxicos o de alta viscosidad, manejo de líquidos que contienen sólidos abrasivos y en servicios de reducción de presiones (más de 100 psi.), entre otros que originen desgaste excesivo en los componentes de las mismas.

Para que concuerde con el diseño de la tubería, el coeficiente de flujo de la válvula de derivación debe de ser más o menos el mismo que el de la válvula de control. Debido a los diversos tipos de asiento y macho, estos coeficientes no son iguales en las válvulas de todos los fabricantes.

Conceptos básicos de las válvulas de control. La capacidad, las características de flujo y la rangabilidad, son tres aspectos muy importantes de las válvulas de control que requieren de una especial atención para poder hacer una buena selección.

Capacidad: Los fabricantes de las válvulas han adoptado una base común para definir los rangos de capacidad de las mismas. La norma aceptada para este propósito es el *coeficiente de flujo "Cv"*, el cual es definido como el número de galones por minuto de agua a temperatura ambiente que pasan a través de un orificio, dado como una caída de presión de 1lb/plg².

Los fabricantes han desarrollado curvas características de las válvulas en las que se muestra como varía el flujo a través de ellas, conforme se modifica la apertura de las mismas. Estas curvas sirven como guía en la selección del porcentaje de apertura en el cual debemos situar nuestro flujo normal y máximo para aprovechar toda la capacidad de control de las válvulas.

Características de flujo: Es la relación entre la apertura de la válvula y el porcentaje de flujo que pasa por ella. El propósito de la caracterización es proporcionar estabilidad al circuito de control bajo los diferentes cambios de las condiciones de operación.

La relación entre el porcentaje de flujo y la apertura depende de la forma del cuerpo de la válvula, la forma del tapón y del maquinado del asiento. A

continuación se presentan los tres tipos de características de flujo más usadas y sus modificaciones.

– *Apertura rápida*: Esta característica permite grandes flujos desde el principio de la carrera del vástago. Mantiene una relación lineal hasta el 30% de apertura, alcanzándose hasta este punto el 90% de la capacidad de la válvula.

Esta característica se usa para servicios de cierre y apertura, en válvulas de control auto operadas o en reguladores.

– *Lineal*: En esta característica se pretende que para cada porcentaje de apertura se tenga el mismo porcentaje de flujo. Esta relación produce una pendiente constante. Se especifica para aplicaciones de control que requieren una ganancia constante.

– *Igual porcentaje*: Es aquella en la cual, un incremento en la carrera del vástago produce un cambio igual en el porcentaje del flujo existente. Por ejemplo cuando el flujo es pequeño el cambio en el flujo es pequeño. El cambio es siempre proporcional a la cantidad de flujo antes del cambio. Esta característica es usada en control de presión donde sólo un porcentaje pequeño de la caída de presión del sistema es provocada por la válvula de control.

– *Parabólica modificada*: Este tipo de característica se encuentra entre el tipo lineal y de igual porcentaje. Se usa en donde la mayor parte de la caída de presión del sistema es producida por la válvula de control.

– *Lineal modificada*: Se encuentra entre el tipo lineal y apertura rápida. En los rangos de flujo por abajo de 20 y arriba de 80 la sensibilidad es baja, en donde un cambio grande en la apertura produce un cambio pequeño en el flujo.

A estas características se les llama características inherentes de la válvula; pero las válvulas al instalarse cambian su característica inherente a una característica instalada, donde la curva inherente se modifica debido a los cambios que sufre la caída de presión.

Rangeabilidad: Llamada también relación gama, es la relación de los rangos de flujo mayor y menor a través de los cuales la válvula puede tener un

control estable. Se entiende como rango de flujo controlable al intervalo de flujo que sigue una característica bien definida.

La rangeabilidad de las válvulas de control varían dependiendo del tipo de cuerpo.

Para la válvula de globo la rangeabilidad varía generalmente de 30:1 ó 50:1; las válvulas de bola pueden tener una rangeabilidad mayor de 100:1; las válvulas de mariposa tienen una rangeabilidad entre 10:1 y 20:2 y las de diafragma 5:1.

Glosario de términos. A continuación se da la definición de los términos más comúnmente utilizados, relacionados con las válvulas de control.

– *Actuador:* Es la parte de la válvula de control que responde a una señal y origina un cambio en la apertura de la misma..

– *Ancho de banda:* Gama de frecuencias dentro de la cual es exacto el funcionamiento de un componente y abarca por lo general desde cero hasta alguna frecuencia de corte.

– *Anillo de asiento:* Es una pieza que se inserta en el cuerpo de la válvula para formar el puerto de la misma.

– *Asiento:* Es la parte del cuerpo de la válvula que contiene al anillo en el que el tapón de la válvula asienta para cerrar.

– *Balanceadas:* Son las válvulas que por su diseño reciben la acción de la presión del fluido tanto arriba como abajo del tapón, reduciendo la fuerza requerida por el actuador para abrir o cerrar la válvula. Esta característica es inherente en el diseño de válvulas de doble puerto, pero pueden ser también suministradas en válvulas de puerto sencillo.

– *Bonete:* Parte superior de la válvula que proporciona un medio de montaje para el actuador, además de contener los empaques para el sello del vástago.

– *Bonete de extensión*: Es el bonete que cuenta con una extensión entre los empaques y la brida, se utiliza en servicios muy fríos o muy calientes.

– *Bonete con aletas de radiación*: Este tipo de bonete reduce la transferencia de calor entre el cuerpo de la válvula y los empaques del vástago.

– *Bonete con sello de fuelle*: Este evita las posibles fugas que puedan existir por el vástago.

– *Brida inferior*: Es la brida que sella el cuerpo de la válvula por la parte inferior; en una válvula de tres vías puede utilizarse para una conexión de flujo, una guía o incluir un asiento.

– *Buje Guía*: Es el elemento de la válvula con el cual el tapón es alineado sobre el anillo de asiento, esta guía debe de resistir los esfuerzos de empuje sobre el tapón de la válvula.

– *Caída de presión*: Se produce a través de la válvula y se obtiene por la diferencia de la presión de entrada menos la presión de salida.

– *Caja guía*: Es un dispositivo que se utiliza para guiar al tapón, además de proporcionar las características de flujo deseadas.

– *Capacidad*: Es el rango de flujo que pasa a través de la válvula bajo ciertas condiciones.

– *Capacidad de cierre*. Relación entre el flujo máximo y el mínimo dentro de la cual se mantienen todas las características de flujo dentro de los límites prescritos.

– *Característica de flujo*: Es la relación que existe entre el flujo que pasa a través de la válvula y el valor del porcentaje de la carrera del vástago, considerando que este último varía de 0 a 100%.

– *Característica de flujo inherente*: Es la característica de flujo cuando la caída de presión se mantiene constante a través de la válvula.

– *Característica de flujo instalada*: Es la característica de flujo cuando la caída de presión varía a través de la válvula a causa de los cambios de flujo y

las condiciones del sistema donde esta instalada.

– *Carrera*: Es la distancia que hay entre el tapón y el asiento cuando se tiene la máxima apertura.

– *Cuerpo de válvula*: Es la caja que contiene las partes internas de la válvula y las conexiones de entrada y salida del flujo.

– *Desbalanceadas*: La presión actúa solo en un sentido en el tapón dando un mejor cierre que las válvulas balanceadas, pero requieren una mayor fuerza de actuación.

– *Diafragma*: Elemento flexible que responde a una presión, la cual se transmite al plato de diafragma, al vástago y al tapón de la válvula.

– *Disco*: Es el elemento de las válvulas tipo mariposa utilizado para presentar una restricción variable al flujo.

– *Flecha*: Es el elemento de las válvulas tipo rotatorio que produce el desplazamiento del disco o bola de la válvula.

– *Flujo en espacio libre*: Cantidad finita de flujo cuando la válvula apenas empieza a abrir. La válvula no puede mantener un volumen menor a la capacidad de flujo en espacio libre, porque su funcionamiento inherente en esta gama es de apertura y cierre.

– *Fuga*: Cantidad de fluido que pasa a través de la válvula cuando esta se encuentra cerrada, bajo una fuerza de cierre indicada con una presión diferencial y una temperatura determinada.

– *Interiores*: Son las partes (sin incluir el cuerpo) de la válvula que están en contacto con el fluido.

– *Límite de velocidad*: Límite que no puede exceder el régimen de cambio de una variable especificada.

– *Normalmente abierta*: Término que define una válvula de control que esta diseñada para permanecer en la condición de abierta a menos que se le suministre una fuerza para que cierre.

– *Normalmente cerrada*: Término que define una válvula de control que esta diseñada para permanecer en la condición de cerrada (a menos que se le suministre una fuerza para su apertura), cuando la presión en el actuado es reducida a la atmosférica.

– *Posición a falla*: Se refiere a la posición a cierre o apertura cuando se cancela la fuerza que nos da la posición del tapón de la válvula.

– *Posicionador*: Neumático del tipo servo; recibe aire para señal y para potencia. Funciona con el actuador para hacer que las piezas movibles de una válvula sigan con precisión la señal de salida del controlador.

– *Puerto*: Es el orificio de la válvula por el cual se comunica la entrada y salida del cuerpo.

– *Reducción*: Relación entre el flujo máximo normal y el flujo mínimo controlable.

– *Reforzador*: Reforzador de volumen que incrementa la velocidad de la válvula al aumentar el volumen de aire en un actuador. Un reforzador de presión es un relevador multiplicador que amplifica proporcionalmente una señal neumática.

– *Regulador*: Un lazo completo de control integrado con sensor, controlador y válvula.

– *Señales de rango dividido*: Señal común del controlador que envía órdenes a dos o más válvulas de control en secuencia.

– *Tapón*: Es una parte móvil de la válvula que produce una restricción variable al flujo. A veces se le llama macho.

– *Trim de válvula*: Componentes internos de la válvula expuestos al fluido del flujo. En el caso de una válvula de globo, al vástago, macho, asiento y al buje guía, se les conoce en conjunto con este nombre.

– *Vástago*: Varilla o eje que se extiende a través del bonete y que conecta al tapón de la válvula con el actuador.

Válvula piloto: Válvula para controlar el paso de un fluido auxiliar utilizado para amplificar la potencia de un controlador en un sistema grande. Es una válvula pequeña que requiere poca potencia y se utiliza para accionar una válvula más grande.

– *Yugo:* Estructura sobre la cual va montada la caja del diafragma.

2.7.2 Tipos de válvulas de control. En forma general, como se menciono anteriormente, se puede considerar que una válvula de control consta de dos partes principales, que son el cuerpo y el actuador. Sin embargo existen varias configuraciones en cuanto al cuerpo de la válvula, por lo que estas pueden ser divididas en tres grandes grupos que son: válvulas de globo, válvulas de tipo rotatorio y las válvulas de tipo especial.

A continuación se presenta una descripción general de los tipos de válvulas más frecuentemente usados para control de procesos industriales.

Válvulas de globo

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Globo, puerto sencillo	Muy disponible en los tamaños más pequeños.	Baja presión de recuperación.	Alto costo/Cv.
	Tamaños estándar hasta 16 plg.	Dimensiones cara - cara estándares.	Requiere operadores grandes.
	Todas las características disponibles.	Disponible con trim reducido.	Los tamaños arriba de 4 plg. pueden no ser competitivos (check vs. mariposa, etc.)
	Rangos estándar de 1500 ó 2500 psig y 450 °F.	Se puede invertir el flujo.	Rangeabilidad limitada.
	Útil en muchos servicios.	Cierre hermético.	Corrosión en los asientos de los tornillos, difícil de desmontar.
	Gradualmente ha empezado a ser reemplazada por las válvulas de jaula.		Diseño pobre para mezclas pastosas
Globo, doble puerto	Igual que para la de puerto sencillo.	Fuerzas desequilibradoras más bajas, requiere operadores más pequeños que la de puerto sencillo.	Rangeabilidad limitada, sin embargo es ligeramente mejor que la de puerto sencillo.
		Igual que la de puerto sencillo, excepto que no tiene cierre hermético.	Tamaños arriba de 4 plg. pueden no ser competitivos (check - vs mariposa etc.)
		Mejor control con flujos grandes.	No tiene cierre hermético.
Globo, jaula, guiada, balanceada	Buena disponibilidad.	Se puede cambiar el trim en la línea rápidamente	Trim no reversible.
	Todas las características disponibles.	Dimensiones cara - cara estandarizadas.	El cierre hermético requiere de un trim especial.
	Tamaños estándar hasta 6 plg.	Mayor capacidad, menor costo/Cv, mucha mayor rangeabilidad que la de globo.	El trim de bajo ruido reduce la capacidad.
	Rangos estándar hasta 2500 psig, 450 °F.	Su mayor superficie en la guía provee un movimiento del tapón más suave.	
	Trim endurecido y con reducción de ruido.	Se dispone de trim de bajo ruido	

Válvulas de globo (continuación)

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Globo, jaula, guiada, desbalanceada	Igual que la balanceada.	Igual que la balanceada, mayor hermeticidad.	Trim no reversible.
		Trim de bajo ruido disponibles.	El trim de bajo ruido reduce la capacidad.
Cuerpo dividido	Modificación de la de globo de puerto sencillo.	Construcción simple y económica.	Diseño disponible sólo para válvulas de puerto sencillo.
	No tiene espacios muertos.	Fácil sustitución del asiento.	
	Se fabrica en acero inoxidable y otras aleaciones para servicios corrosivos.	Facilita el flujo suave.	
		Maneja fluidos viscosos, con partículas en suspensión.	
		No presenta acumulación de partículas.	
Válvula de ángulo	Se usa en aplicaciones especiales: cokizado de hidrocarburos y catálisis erosiva.	Muy alta capacidad.	Alto costo.
	Ideal para fluidos que vaporizan (flashing), para fluidos con sólidos en suspensión y en servicios donde se requiere alta caída de presión	El cuerpo de la válvula previene la erosión.	Alta presión de recuperación.
	Disponible en acero inoxidable, hierro fundido, hierro dúctil, bronce, acero fundido.	Auto desagüe.	Cavitación, ruido y corriente abajo erosión. Los Cv's son algo impredecibles y se requiere de tubería especial.
	Rangos estándar de 125 a 2500 psig.	Soportan altos rangos de presión y temperatura.	

Válvulas de globo (continuación)

TIPO	CARACTERÍSTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tres vías combinada	Aplicaciones especiales: control de temperatura en torno a los intercambiadores de calor, etc.	Disponible en todos los tamaños.	Alto costo (check vs dos válvulas de mariposa).
	Se emplea para mezclar dos corrientes o derivar una corriente en dos.		El operador requiere un dimensionamiento especial.
			Características lineales solamente.
			Rangeabilidad limitada.
			Altos esfuerzos dentro del cuerpo cuando la temperatura de la corriente varía mucho.

Válvulas de tipo rotatorio

TIPO	CARACTERÍSTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mariposa, aleta estándar	Muy disponible en tamaños grandes y cuerpos sin brida estilo wafer.	Muy bajo costo/Cv.	Control limitado a 60° de apertura.
	Tamaños estándar hasta 36 plg. y 2500 psig.	Razonable rangeabilidad.	Presión de recuperación alta.
	Tamaños especiales hasta 60 plg. y 2500 psig.	Alta capacidad.	Susceptible a estrangular el flujo, cavitación y ruido.
	Características normales aproximadamente de igual porcentaje.	Buen control en bajas caídas de presión.	El cierre hermético requiere de revestimientos especiales.
	Otras características disponibles con posicionadores caracterizados.	Pequeñas y ligeras.	El rango de temperatura esta limitado a la composición de los empaques (cuando se requieren).
		Partes de repuesto para mantenimiento.	Alto torque o alto corte de presión requiere de palancas y operadores de mayor dimensión.
			Un cierre rápido puede causar golpeteo por el fluido.
			Tienen que ser instaladas con la palanca horizontal.

Válvulas de tipo rotatorio (continuación)

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mariposa, cola de pescado y aleta de bajo torque	Aleta diseñada para reducir el torque.	Igual que la de aleta estándar.	Igual que la de aleta estándar, excepto por el control a 90° y el torque más bajo permite palancas y operadores más pequeños que la de aleta estándar.
		Buen control a 90° de apertura.	
		Incremento de capacidad. Operadores y palancas más pequeñas.	
Válvula de bola	Características de igual porcentaje.	Puede manejar materiales fibrosos y mezclas pastosas.	Alta presión de recuperación, golpeteo por flujo, y cavitación.
	Bridas incluidas en los estándares ANSI / Bridas.	Muy alta capacidad.	Temperatura limitada por los materiales del asiento.
	Disponibles en acero inoxidable, hierro dúctil, bronce, acero fundido, acero forjado.	Cierre hermético.	El cierre lateral produce desgaste.
		Bajo costo.	Se remueve de la línea para mantenimiento.
	Alta rangeabilidad.	El volante tiene un alto costo.	
Válvula de bola caracterizada	Tamaños estándar hasta 2 plg. y 600 psig. ANSI.	Bajo costo.	Alta presión de recuperación.
	Tamaños estándar hasta 12 plg. 300 psig. ANSI.	Alta rangeabilidad.	Golpeteo del fluido y cavitación.
	Tamaños estándar hasta 24 plg. y 150 psig. ANSI.	Alta capacidad.	Trim no reducido.
	Todas las características.	Maneja mezclas pastosas, fibrosas y fluidos de alta viscosidad.	Necesita un operador de pistón grande, posicionadores y alta presión de aire.
	Bridas incluidas entre los estándares ANSI para bridas.		Ingeniería adicional para los manifolds.
			Dimensiones cara – cara no estándares.
			Tornillos largos.
		Se remueve de la línea para mantenimiento.	
		Volante de alto costo.	

Válvulas de tipo especial

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Tapón rotatorio excéntrico	Tamaños estándar hasta de 12 plg. y 600psig.	Alta rangeabilidad.	Se tiene que remover de la línea para mantenimiento.
	Bridas incluidas en los estándares ANSI / Bridas, 150, 300 y 600 psig.	Costo competitivo/Cv.	Presión limitada a 600 psig.
	Rango de temperatura estándar de -320 a +750 °F.	Bajo peso/Cv.	
	Disponible en características de igual porcentaje y lineales.	Buena capacidad a bajo de las condiciones promedio.	
		Alta capacidad bajo condiciones de flujo crítico.	
		Cierre hermético.	
Válvula de control de velocidad		Volante estándar.	
	Una variedad de multietapas, orificios múltiples. Válvulas de trayectoria difícil se encuentran ahora en el mercado.	Corta el ruido y la vibración desde el origen.	Aplicaciones especiales.
		Util en servicios de caída de presión severas.	Alto costo.
		Limitada cavitación y erosión.	Requiere de accesorios para el ruido.
			Tubería especial.
			Tendencia a taparse fácilmente.
		Necesita cálculos especiales de Cv. y de rangeabilidad.	

Válvulas de tipo especial (continuación)

TIPO	CARACTERISTICAS GENERALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Saunders	Muy usada en servicios corrosivos y erosivos con el revestimiento apropiado (fluidos negros, con sólidos en suspensión, tóxicos, inflamables y explosivos).	Cierre hermético.	Línea de presión extremadamente limitada (50-150 psig).
	Tamaños hasta 14 plg.	Construcción simple.	Temperatura de operación limitada al uso de revestimientos.
	Usada en torres de enfriamiento y en servicios de vacío.	El fluido no entra en contacto con las partes de trabajo.	Los revestimientos están sujetos al deterioro.
		Auto limpiado.	Alto mantenimiento en el revestimiento.
		Alta capacidad.	Control razonable arriba del 50% de apertura, de lo contrario no es predecible.
			Se recomienda sólo para control de dos posiciones.
Lo - db	Disponible en muchos estilos: 1.-Estilo ángulo con tapón de tornillo expansible. 2. - Cuerpo de ángulo con barra y tapón multietapas guiado. 3. - Cuerpo estándar con multipasos.	Util en servicios de alta caída de presión.	Características lineales solamente.
		A menudo corta el ruido desde el origen.	Tubería especial por ángulo de construcción.
		Limita y algunas veces elimina la cavitación, erosión y la vibración.	Debido al alto costo de la válvula tiene que ser revisado el costo total del sistema.
		Alta rangeabilidad. Cierre hermético.	A menudo requiere corriente abajo de charolas de expansión como silenciadores. Estas charolas pueden limitar la rangeabilidad de la válvula.
Wisper I	Múltiples orificios ranurados.	El trim se ajusta a muchos cuerpos de trim de jaula estándar.	A menudo requiere de accesorios para reducir el ruido.
		Corta el ruido y la vibración.	

CAPÍTULO 3:

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL

Capítulo 3

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL

Derivado de la necesidad de convertir a la terminal de almacenamiento y distribución de gas licuado en Tula, Hgo. en un centro estratégico para el control y distribución de gas en la zona centro del país, y con el fin de mostrar la importancia y magnitud de los trabajos de instrumentación y control, se decidió tomarla como ejemplo para la elaboración de una propuesta de operación automatizada, misma que se describe en este capítulo, así como los equipos e instrumentos necesarios para la elaboración del proyecto, referidos más adelante en los requerimientos generales del sistema automático de control y en los requerimientos de los grupos funcionales.

En la descripción de los elementos del sistema de control se indican las marcas de los equipos e instrumentos propuestos que cumplen con los alcances indicados en las secciones ya mencionadas, además se incluye una lista de instrumentos en donde se encuentra la localización de cada uno de ellos y los rangos en que se seleccionaron, junto con su número de identificación, designados a partir de la función de cada instrumento.

Las secciones de cálculos de saturación, cálculos de las fuentes de 24 VCD y cálculos de las unidades de potencia ininterrumpible presentan los porcentajes de utilización de cada dispositivo, con el fin de cumplir con lo requerido.

3.1 BASES DE DISEÑO DEL PROCESO.

3.1.1 Localización geográfica. La terminal de recibo y distribución de LPG de Tula, se encuentra situada en el municipio de Tula perteneciente al estado de Hidalgo, en una zona sísmica tipo "C", a una altura de 1589 m sobre el nivel del mar y a una presión barométrica media de 752 mmHg.

Las condiciones climatológicas que se registran en esta terminal son:

Temperatura:

Mínima extrema registrada:	0 °C.
Máxima extrema registrada:	31 °C.
Bulbo húmedo:	13 °C.

Humedad relativa:

Máxima:	65%.
Mínima:	20%.

Precipitación pluvial:

Máxima medida en 24 h:	35 mm.
------------------------	--------

Vientos:

Reinantes dirección:	NE a SO.
Velocidad media anual:	3.9 Km / h.

3.1.2 Suministro y capacidad. La terminal de almacenamiento y distribución de LPG, está diseñada para manejar una capacidad de 60,000 barriles / día para recibo y envío, pudiéndose almacenar el gas licuado en sus diferentes composiciones comerciales, así como únicamente propano.

Para abastecer de gas licuado a la terminal, se toma del LPG - ducto Cactus - Guadalajara y de la producción de refinería " Miguel Hidalgo ". Se cuenta con dos patines para la medición de ambos recibos y uno para envío directo al LPG - ducto Cactus - Guadalajara.

Recibo de producto.

LPG - ducto: Para la indicación y control de las variables más importantes, como son: *flujo, temperatura, presión, densidad, detección de mezclas explosivas y fuego*, se cuenta con un patín de medición formado por dos trenes para recibo del LPG diseñados para una temperatura de 30 °C, y controlar la presión de salida del gas a 12 Kg / cm².

Alimentación en límites de batería del ducto Cactus - Guadalajara:

Presión:	40 Kg / cm ²
Temperatura normal:	21 °C
Flujo:	60000 barriles

Refinería: Al igual que para el LPG - ducto, para la indicación de las variables más importantes (*flujo, temperatura, presión, densidad, concentración de mezclas explosivas y fuego*) se cuenta con un patín de medición formado por un tren para recibo del LPG, diseñado para una temperatura de 30 °C y una presión de 14 Kg / cm².

Alimentación en límites de batería de la producción de refinería:

Presión:	14 Kg / cm ²
Temperatura normal:	12 °C
Flujo:	60000 Barriles

Envío de productos. El envío de LPG, será exclusivamente por el LPG - ducto Cactus - Guadalajara, por lo que se cuenta con un patín de medición y regulación de envío del LPG.

Envío en límites de batería del producto al LPG - ducto.

Presión:	50 Kg / cm ²
Temperatura normal:	21.1 °C
Flujo:	60000 barriles

Condiciones de almacenamiento. Las condiciones de presión y temperatura requeridas para el producto en los tanques de almacenamiento de la terminal son:

Presión:	9.5 Kg / cm ²
Temperatura normal:	21.1 °C

3.1.3 Instalaciones. Las instalaciones con que cuenta esta terminal son el área de almacenamiento, el sistema de bombeo y la red de agua contra incendio.

Almacenamiento: Esta área cuenta con 10 tanques esféricos, cada uno con capacidad de 20000 barriles de gas LP.

Sistema de bombeo: Se cuenta con tres bombas centrifugas horizontales multietapas con capacidad de 729 GPM, con motores eléctricos de 350 HP.

Red de agua contra incendio: La terminal cuenta con una red contra incendio de 18" de diámetro que comprende hidrantes-monitores, hidrantes y sistemas de aspersión para protección de las instalaciones.

Sistemas de desfogues: Los desfogues de las instalaciones se envían a dos de las esferas del área de almacenamiento, y de ser necesario se enviarán directamente al quemador elevado existente.

3.1.4 Servicios. Los servicios requeridos para la terminal, se mencionan a continuación:

Agua de servicios: Este suministro se toma de la red existente del área de Refinación, mediante un ramal de distribución.

Aire de instrumentos: Este servicio se suministra de la red de aire propia de la terminal.

3.2 FILOSOFÍA DE OPERACIÓN AUTOMATIZADA DE LA TERMINAL.

3.2.1 Recibo y medición de gas licuado (diagrama A-401).

Recibo de gas licuado del LPG-ducto. El gas licuado se recibe del ducto a través de la válvula motorizada VOE-2001, el operador podrá abrir o cerrar el ducto de acuerdo a esta filosofía de operación desde la consola de operación. La línea de recibo contará con las siguientes protecciones:

Alarma por baja presión	PAL-2005
Alarma por muy baja presión	PALL-2005
Alarma por alta presión	PAH-2005
Alarma por muy alta presión	PAHH-2005

En el caso de que se registre baja presión a la entrada del ducto, el sistema señalará al área de operación en condición de alarma. El operador informará a la oficina de control de ductos de esta situación; y en el caso de

presentarse muy baja presión cerrará la válvula mencionada, pudiendo ser abierta sólo desde la consola de operación cuando se restablezca la condición de presión normal.

En caso de alta presión en el ducto de recibo, se contará con un arreglo de tres etapas para desfogar la presión hacia las esferas TE - 119 / 120. Mediante el interruptor PSH-2000 y / o PIT-2001 se accionará la válvula solenoide VOS-2001A la cual a su vez abrirá la PV-2001A, siendo esta la primera etapa en la regulación, la segunda etapa se realiza con el orificio de restricción RO-2000, mientras que la tercera se logra con la PV-2002A controlándose de esta manera la presión hacia las esferas de desfogue. El sistema contará con la alarma para este evento. El flujo desfogado se cuantifica mediante una placa de orificio y transmisor de flujo (FT-2001), el cual se integrará al sistema de control. Mediante los transmisores de presión PIT-2001/2002/2003/2004 el sistema monitoreará las distintas etapas de la regulación.

La medición y control de presión del gas se realiza por medio de un patín formado por dos trenes de medición, con los cuales se controla la presión de salida en dos etapas a través de las válvulas PV-20011A/B y PV-2012A/B. Se deberá trabajar con un tren en el caso de recibir hasta 32,000 BPD. En el caso de que se reciba mayor cantidad el sistema alarmará, teniendo el operador la posibilidad de poner en operación el segundo tren; así mismo al llegar a los 36000 BPD el sistema alineará automáticamente una segunda esfera para continuar con el recibo, para esto se contará con el controlador multivariable (FIC-2004) que enviará su señal al PLC de proceso 1 P/R, siendo el flujo máximo a manejar de 60,000 BPD. Para cuantificar y registrar la cantidad y condiciones del gas alimentado por el ducto se contará con los transmisores de flujo másico (MFM - 2004A / 2004B) y sus señales de temperatura y densidad asociadas, mismas que son transmitidas al PLC de proceso 1 P/R a través del FIC-2004.

El monitoreo de la presión en el patín de medición se realizará con los transmisores de presión PIT-2005/2011A/2011B/2100/2101/2009 enviando sus señales al sistema.

El operador en cualquier instante podrá seleccionar o cambiar de tren de medición desde la consola de operación dependiendo de las condiciones de recibo establecidas por la oficina de control de ductos, mediante las válvulas FV-2004A y 2004B, así como seleccionar el estado del tren (activo o mantenimiento), manipular cualquier válvula conectada al sistema y elegir el estado de mantenimiento para toda la instrumentación que se integrará al mismo.

Para realizar el cambio de tren de medición, primero se alineará el segundo tren abriendo la válvula de control de flujo (FV-2004B) en forma manual, la válvula FV-2004A deberá estar en manual, se cierra gradualmente la válvula FV-2004A y se abre la FV-2004B manteniendo el flujo constante. Estabilizadas las condiciones se pasará a automático la FV-2004B.

Si se presentara alguna condición anormal de alta presión (PSH-2009A y 2009B), el sistema de control lo indicará mediante una alarma y se habilitará manualmente al siguiente tren para continuar con la condición de recibo.

En la línea de recibo se cuenta para cada tren con un filtro tipo canasta al que se le asignará un interruptor de presión diferencial, éste alarmará cuando se tenga una presión diferencial de 5 psi. Cuando esto suceda se procederá a efectuar el cambio de filtro.

La estación maestra mostrará a través de los mímicos operativos las variables en la operación indicando:

- a) Las últimas cinco alarmas registradas.
- b) Gasto instantáneo en Bls / hr.
- c) Gasto instantáneo en Ton / hr.
- d) Volumen acumulado en barriles y en toneladas a condiciones de PEMEX / naturales.

- e) Total acumulado.
- f) Acumulado mensual.
- g) Acumulado diario.
- h) Acumulado diario por tren.
- i) Temperatura instantánea en °C .
- j) Presión de llegada en Kg / cm².
- k) Presiones de la regulación en Kg / cm².
- l) Condición en la que se encuentra el tren de medición y los instrumentos de recibo y medición, (activo, inactivo, manual, automático, en calibración o mantenimiento).
- m) Estado operativo de válvulas motorizadas (local, remoto, fuera).
- n) Densidad en Kg / l.

Además de las funciones supervisoras de la operación de recibo de producto por ducto, el sistema efectuará las funciones de identificación de los componentes del sistema de medición y actualización de base de datos para realizar las operaciones de totalización de volumen y peso, cálculo de gasto instantáneo, compensación de volumen por temperatura, temperatura, presión, cálculo de volumen, alarmas, acción de apertura y cierre de válvulas motorizadas y gráficas históricas de presión de entrada y regulada, temperatura, densidad y flujo.

Bombeo de gas licuado al LPG ducto (diagrama A-405). El gas licuado que se envía será cuantificado a través del medidor de flujo másico (MFM - 2005), monitoreandose además las condiciones de operación (presión, temperatura y densidad), mediante la recepción de estas señales en el sistema de control de la terminal (PLC de proceso 1 P/R).

La línea de envío al LPG-ducto, contará mediante el PIT-2028 con las siguientes protecciones en el sistema:

Alarma por baja presión

PAL-2028

Alarma por alta presión

PAH-2028

El envío se efectuará a presión regulada de acuerdo a las disposiciones de la oficina de control de ductos. La VOE - 2002 será abierta y cerrada por operador desde la consola de operación. El control de flujo se realizará mediante el FIC-2005 y la válvula de control de flujo FV-2005 a partir del PLC de proceso 1 P/R.

Al inyectar hacia el LPG-ducto se deberán considerar los siguientes puntos:

- 1.- Debe entrar en operación la bomba de acuerdo a su número consecutivo (BA-15/16/17).
- 2.- Normalmente entrará en operación la BA-15, y arriba de 1100 BPH entrara en operación una segunda bomba, (BA-16 ó BA-17).
- 3.- Dependiendo del flujo de inyección programado se seleccionará la cantidad de bombas en operación.

BA-15	Flujo de 1000 a 1100 BPH.
-------	---------------------------

BA-16	Flujo de 1100 a 2000 BPH.
-------	---------------------------

BA-17	Flujo de 2000 a 2500 BPH.
-------	---------------------------

- 4.- Solo trabajará una bomba de bostereo (BA-10/11/12/13/14) con una o las tres bombas de inyección.

- 5.- La VOE - 2001 debe de permanecer cerrada.

Recibo de gas licuado de refinería. Esta operación se efectúa de acuerdo al programa de trasposos de este producto y se realizará enviando la producción almacenada en las esferas de refinación mediante bombas de transferencia (BA-

10/11/12/13/14) hacia las esferas TE -125 / 128 / 129 / 130.

La medición de esta transferencia se realizará con el medidor de flujo másico MFM-2006 enviando sus señales al PLC de proceso 1 P/R.

Tanto para esta operación, como para la del envío al LPG - ducto, la estación maestra mostrará a través de los mímicos operativos las mismas variables de operación indicadas en la sección de Recibo de Gas Licuado del LPG - Ducto.

La secuencia de procedimiento para este recibo debe ser:

- 1.- El sistema seleccionará la esfera de más bajo nivel (TE – 125 / 128 / 129 / 130).
- 2.- Abrir VOE – 125C, 128C, 129C, 130C y cerrar VOE – 125A/B, 128A/B, 129A/B, 130A/B correspondientes.
3. – Seleccionar bomba BA-13/14, si BA-10/11/12 están operando o viceversa.
- 4.- Cuando una esfera este recibiendo del LPG-ducto (VOE - 125A, 128A, 129A, 130A, abierta), el sistema no permitirá seleccionar las VOE- 125C, 128C, 129C, 130C, exceptuando la VOE-XXXX correspondiente a la esfera que no esté recibiendo del LPG-ducto, y no permitirá que entren en operación las bombas BA-15/16/17.
- 5.- Cuando una esfera este recibiendo de refinación (VOE - 125C, 128C, 129C, 130C abierta) el sistema no permitirá abrir las VOE - 125A/B, 128A/B, 129A/B, 130A/B, de la esfera que esta recibiendo de refinación.
- 6.- Cuando una esfera no esté recibiendo de refinación (VOE - 125C, 128C, 129C, 130C cerrada) permitirá abrir VOE - 125A/B, 128A/B, 129A/B, 130A/B.

3.2.2 Almacenamiento de producto (diagrama A-403A, 403B, 404).

El gas se envía como condición operativa normal, directamente del LPG ducto a las esferas de almacenamiento, TE - 121 / 122 / 123 / 125 / 127 / 128 / 129 / 130.

El sistema deberá mantener en todo momento alineada a una de las esferas de almacenamiento, válvula de entrada abierta (VOE – 121A / 122A / 123A / 125A / 127A / 128A / 129A / 130A) y válvula de salida cerrada (VOE – 119B / 120B / 121B / 122B / 123B / 125B / 127B / 128B / 129B / 130B), a fin de recibir las variaciones de presión de la línea.

Por condiciones de seguridad, al rebasarse un flujo de 1500BPH, el sistema alineará una segunda esfera bajo las mismas condiciones de selección de tanque. Cuando el flujo se normalice el sistema deshabilitará a la esfera que tenga el nivel más alto.

El sistema seleccionará en forma automática el tanque de almacenamiento disponible, bajo las siguientes condiciones:

- a) Aquel que no registre señal de alto nivel.
- b) Que no se encuentre marcado como tanque en mantenimiento.
- c) Que no, esté descargando gas a llenaderas.
- d) Que no este recibiendo de refinación.
- e) Y que presente el menor nivel de gas.

Al efectuar el cambio de un tanque de almacenamiento a otro, con el fin de mantener el flujo constante en todo momento, primero se deberá abrir la válvula de entrada del nuevo tanque antes de cerrar la del tanque anterior.

Si al estar recibiendo el producto en alguno de los tanques se llegara a la máxima capacidad de almacenamiento prevista para éste (80 % del nivel de acuerdo al LTT - 121 / 122 / 123 / 125 / 127 / 128 / 129 / 130, los cuales por medio de la RTU-1 envían sus señales al PLC de proceso 1 P/R), aparecerá en consola la señal de alarma por alto nivel que indique el evento y al mismo tiempo el sistema ejecutará las siguientes acciones:

a) Asignación en forma automática del otro tanque de almacenamiento disponible para que continúe con el recibo mediante la apertura / cierre de las válvulas correspondientes, si al realizar esta acción el tanque con nivel disponible se encuentra descargando a llenaderas, el sistema cambiará automáticamente la posición de las válvulas de entrada y salida de los tanques a fin de continuar recibiendo producto en el tanque vacío, bajo la siguiente secuencia:

- 1.- Abrir válvula de entrada del tanque que estaba en despacho.
- 2.- Abrir válvula de salida del tanque que estaba recibiendo.
- 3.- Cerrar la válvula de entrada del tanque que recibía y la salida del tanque que despachaba.

A fin de disponer en todo momento de la máxima capacidad de almacenamiento, y de tener más tiempo de recepción de gas en tanques, es necesario realizar las siguientes acciones:

a) Se buscará en todo momento tener los tanques de almacenamiento vacíos, descargando el gas acumulado cada vez que se tenga suficiente producto para llenar auto tanques.

b) Al llegar al 33 % de capacidad del último tanque de almacenamiento disponible, el sistema de control alarmará.

c) Se tendrá una nueva alarma de llenado cuando el último tanque llegue al 66 % en previsión del cierre del ducto principal y se avisará a control de esta situación.

d) Al llegar al nivel máximo de llenado (80 %), el sistema de control realizará automáticamente el cierre del ducto principal, alarmando la condición y ejecutando las acciones siguientes:

- 1.- Cierre de la válvula motorizada VOE - 2001 de recibo.
- 2.- Cierre de las válvulas de entrada de los tanques de almacenamiento VOE - 121A / 122A / 123A / 125A / 127A / 128A / 129A / 130A.

3.- Cierre de las válvulas de control de flujo en el área de recibo FV - 2004A / 2004B.

El sistema contará también con la indicación de la presión y temperatura de cada esfera (PIT – 119 a 130; TT – 119 a 130) a través del PLC de proceso 1 P/R. En caso de falla de los transmisores de nivel, el control de apertura y cierre de válvulas de esferas podrá realizarse automáticamente a partir de estas señales bajo la misma secuencia que para el nivel.

Se podrá si así se requiere cerrar el ducto en cualquier instante a través de comandos desde la consola de operación como ya se mencionó, y se podrá además seleccionar el estado de mantenimiento de los tanques de almacenamiento.

El sistema considerará que el operador pueda ejecutar a través de la consola de operación, y en cualquier momento, las acciones siguientes para el llenado de auto tanques desde tanques de almacenamiento.

- a) Asignación de llenadera a auto tanque en turno de espera.
- b) Apertura de la válvula de salida del tanque de almacenamiento disponible para el llenado de auto tanques (VOE – 119B / 120B / 121B / 122B / 123B / 125B / 127B / 128B / 129B / 130B).
- c) Control de paro / arranque de las bombas de suministro a llenaderas (BA – 10 / 11 / 12 / 13 / 14).
- d) Cuando se este entregando a ventas con las bombas BA-13/14, no entrarán en operación las BA-10/11/12 para entrega a ventas, pero si podrán entrar en operación para el recibo de refinación o inyección al LPG-ducto y viceversa, lo anterior será seleccionado de forma manual.

La consola de operación mostrará la condición en que se encuentran los tanques de almacenamiento, indicando en su despliegue los siguientes parámetros:

- 1.- Número de tanques de almacenamiento.
- 2.- Capacidad nominal en barriles y toneladas.
- 3.- Nivel del producto en metros y porcentaje de llenado.
- 4.- Temperatura del producto en °C.
- 5.- Presión del tanque en Kg / cm².
- 6.- Hora y fecha de inicio y duración del recibo
- 7.- Volumen almacenado en barriles (líquido / líquido + vapor).
- 8.- Volumen a condiciones Pemex / Naturales.
- 9.- Peso almacenado en toneladas (líquido / líquido + vapor).
- 10.- Volumen disponible en barriles (líquido / líquido + vapor).
- 11.- Alarmas por nivel (alto - alto, alto, bajo - bajo, bajo) y presión (alto y bajo).
- 12.- Condiciones en que se encuentra cada tanque: activo, recibo, despacho y mantenimiento.
- 13.- Estado y operación de válvulas de entrada / salida de los tanques.
- 14.- Densidad del producto.

Se contará con la posibilidad de solicitar el mínimo de un tanque de almacenamiento en particular en el que se indique:

- 1.- Identificación del tanque.
- 2.- Niveles de alarma bajo, bajo - bajo, alto, alto - alto.
- 3.- Nivel mostrado con cursor y metros.
- 4.- Indicación del nivel del producto mostrado con cursor y porcentaje de llenado.
- 5.- Capacidad nominal en barriles.
- 6.- Volumen total al natural y neto (volumen fase líquida y volumen fase líquida + fase vapor) en barriles a condiciones de PEMEX.
- 7.- Peso en fase líquida / fase vapor en toneladas.
- 8.- Factor de corrección de volumen por temperatura.

- 9.- Volumen disponible del producto al natural y neto en barriles a condiciones PEMEX.
- 10.- Temperatura del producto en °C.
- 11.- Cupo disponible en barriles.
- 12.- Cupo disponible en toneladas.
- 13.- Alarmas baja y alta presión.
- 14.- Densidad.
- 15.- Estado operativo del tanque (recibo, despacho, disponible o mantenimiento).

Las alarmas por nivel serán como se indica a continuación:

Bajo – bajo	20 %
Bajo	25 %
Alto	75 %
Alto - alto	80 %

En esta misma pantalla el mímico del tanque de almacenamiento mostrará con unas flechas el movimiento ascendente y / o descendente que marque el nivel del producto sobre la pared del tanque.

Para el tanque que se encuentre en mantenimiento, el sistema no reconocerá sus variables para la operación automática dejando disponibles las acciones de control del mismo para el operador.

La medición de densidad la mandará a ejecutar el sistema automáticamente cada 4 hrs., actualizando el valor de esta medición en pantalla; así mismo, cuando se esté ejecutando la medición de la densidad, el sistema a través de la pantalla indicará esta operación.

Cada esfera contará con un interruptor de baja presión del sistema

hidráulico (PSL), mismo que alarmará cuando se detecte baja presión en este sistema y contará además con la posibilidad de actuar la UHP – 1 a solicitud del operador.

Cuando se detecte baja presión en el cabezal del sistema hidráulico a través del transmisor de presión PIT - 1, se tendrá otra alarma en el sistema.

Selección de esferas de despacho. El sistema seleccionará cualquiera de las esferas TE-119/120/121/122/123/125/127/128/129/130, bajo las siguientes condiciones:

- a) Aquella con mayor nivel.
- b) Que no estén en mantenimiento.
- c) Que no este recibiendo.
- d) Que no tenga bajo nivel.

Desde la consola de operación será posible la selección de la esfera de despacho.

En el área de almacenamiento se localizan las esferas TE - 119 / 120 cada una con una capacidad de 20,000 barriles. Las cuales se utilizarán para el recibo de desfogues de la terminal. El sistema controlará la apertura y cierre de las válvulas motorizadas VOE - 119A/B y 120A/B (donde las VOE -XXXA de permanecerán abiertas y las VOE-XXXB permanecerán cerradas) de estos tanques, y recibirá las señales de presión, temperatura, densidad y nivel de los mismos.

La forma de operar del sistema de desfogue (esferas TE-119/120) se describe a continuación:

- 1.- Alarmará por alta presión y relevará por muy alta presión al desfogue.
- 2.- VOE-119A / 120A siempre deben de estar abiertas, y cerradas VOE-119B / 120B.
- 3.- PV-2001A operará accionada con el PC-2001A y a través de la

solenoides el sistema permite la apertura de la válvula manteniéndose el control en el cabezal de desfogue.

4.- PV-2002 calibrada y ajustada (set-point) localmente.

Al despachar desde estas esferas, se considerarán los siguientes puntos:

- a) Una esfera quedará alineada hacia el desfogue.
- b) Cerrar la VOE – 119A / 120A y abrir la VOE - 119B / 120B según corresponda.
- c) Seleccionar BA – 10 / 11 / 12 / 13 / 14.

3.2.3 Llenado de auto tanques (diagrama A-406). La asignación de llenadera la realizará en forma automática el sistema, sin embargo, el operador tendrá la posibilidad de seleccionar una de las llenaderas activas por medio de la consola de operación, para asignarla a un auto tanque que se encuentre por entrar a las mismas.

Para llenar el auto tanque el conductor se dirige a la llenadera que se le asignó, a través del desplegado en la pantalla luminosa (Display) que se ubicará en la caseta del estacionamiento interior de auto tanques.

En la llenadera se localizará una unidad de control local (UCL) que se, con la cual, mediante una clave se controlará el despacho de gas al auto tanque. Esta UCL tendrá comunicación con el PLC de proceso I P/R.

Si el auto tanque se encuentra en la llenadera correcta el sistema autorizará el inicio de las operaciones de llenado. En caso contrario se le informará al conductor mediante un mensaje en la UCL que se encuentra en posición equivocada no permitiéndole cargar.

En caso de que la llenadera asignada a un auto tanque tenga algún problema, y no esté en condiciones de operación, se podrá reprogramarla mediante la consola de operación.

El llenado de los auto tanques se realiza normalmente desde alguno de

los tanques de almacenamiento. La selección de dicho tanque y de la bomba se efectuará ya sea en forma automática o manual desde la consola de operación.

A continuación se describen los pasos a realizar para el llenado de auto tanques:

Para iniciar el llenado se abrirá la válvula motorizada de salida del tanque de almacenamiento (VOE – 119B / 120B / 121B / 122B / 123B / 125B / 127B / 128B / 129B / 130B) seleccionado, y se arranca la bomba disponible para ello (BA – 10 / 11 / 12 / 6 13 / 14) en el momento en que se inicie la apertura de válvulas de la llenadera y abierta completamente la válvula de succión del tanque seleccionado.

De los dos grupos de bombas anteriormente mencionados, solo entrará en operación uno de ellos, quedando el otro disponible para realizar el recibo de refinería o el bombeo a LPG-ducto.

La secuencia de arranque será como se indica a continuación:

Grupo	Bomba	Flujo (bph)
Primero	BA-13	0 a 2500
	BA-14	2500 en adelante
Segundo	BA-10	0 a 2000
	BA-11/12	2000 en adelante

Cada bomba contará con acción de paro a través de interruptores de baja y alta presión, que actuarán para su protección:

El sistema tendrá la capacidad de indicar mediante mensajes y alarmas cuando una bomba ha cumplido con 350 hrs. de trabajo, lo anterior con el objeto de tener un programa de mantenimiento de las mismas.

La operación de llenado se realizará siguiendo las indicaciones que la

UCL desplegará en forma sucesiva cambiando de una a otra a la confirmación de cada operación realizada mediante una tecla en la UCL.

Las operaciones que se deberán realizar, con sus mensajes correspondientes son los siguientes:

- 1.- Teclear clave del auto tanque.
- 2.- Conectar detector de tierra.
- 3.- Conectar manguera de llenado.
- 4.- Abrir válvula de llenado.
- 5.- Teclee start.

Al iniciarse el llenado del auto tanque, la UCL abrirá en primer lugar la válvula de dos pasos e iniciará el llenado a bajo flujo, Al alcanzarse el volumen predeterminado de esta manera, se iniciará el llenado a flujo normal, en caso contrario la UCL cerrará la válvula de control de flujo e informará al sistema de esta situación. Al alcanzar el 95 % del volumen total a suministrar (90 % del autotanque a llenar), cambiará a flujo bajo, y cuando se alcance el 99% del volumen total predeterminado, la UCL cerrará la válvula de dos pasos.

Una vez terminada la operación de llenado, la UCL desplegará los siguientes mensajes; indicándole al operador las acciones que tendrá que realizar para desconectar el auto tanque de la llenadera, realizándose el cambio de mensaje después de que se oprima una tecla para confirmar que se ha efectuado la operación correspondiente.

- 1.- Fin de llenado, cerrar válvula de llenado.
- 2.- Cerrar y desconectar manguera de llenado.
- 3.- Desconectar detector de tierra.

Terminadas las acciones la UCL desplegará “ Fin de Operación ” y transmitirá los datos al sistema y dejará disponible la llenadera para ser asignada nuevamente.

Si durante el despacho de los autotanques la esfera llega a bajo nivel, el

sistema alineará automáticamente la siguiente esfera sin parar la bomba de despacho. La bomba parará automáticamente cuando el último tanque llegue a nivel bajo - bajo.

Por medio de las consolas de operación se podrá asignar el estado operativo de las UCL de llenado, (local, automático y mantenimiento) y de las bombas de llenado (operador / automático); indicándose a través de las pantallas correspondientes dicho estado.

Control de información de llenaderas. Al término de la operación de llenado, la UCL efectuará los cálculos para la totalización del flujo compensado por temperatura y densidad, además del valor al natural que también deberá desplegar, calculando el sistema la totalización del peso y volumen, el gasto promedio de la carga en Bls / h. y la temperatura promedio en °C medida durante la operación.

En caso de que se presente alguna falla o anomalía durante el llenado, el sistema lo reconocerá y se indicará en pantalla.

- a) Paro por bajo flujo.
- b) Despacho no terminado.
- c) Falla de instrumentos.
- d) No hubo reconocimiento en la base de datos del sistema del número económico del auto tanque en la UCL.
- e) Volumen de despacho menor al programado.
- f) Problema en el paso de la válvula de dos pasos.

En caso de detenerse el llenado por alguna de las razones expuestas, para continuar con la carga del auto tanque, la UCL deberá mostrar en pantalla el siguiente mensaje, solicitando la confirmación para reiniciar la carga.

- a) Reinicio preparado.
- b) Tecleé clave de inicio de llenado.

Para el cálculo de peso en llenaderas se considerará la densidad que medirá el densímetro ($TD / TT - 1$), el cual enviará su valor al sistema compensado por presión (PIT - 3) y temperatura (RTD - del mismo instrumento) a través del PLC de proceso I P/R, integrándose todas las señales en sus pantallas correspondientes.

Una vez terminada la carga del auto tanque, la información será almacenada en la base de datos del sistema administrativo de PEMEX (SITEDI).

3.2.4 Sistema contra incendio y agua de servicios.

Sistema contra incendio. El software considerará para el sistema contra incendio las siguientes acciones en caso de presentarse detección de mezclas explosivas y flama:

Detección de mezclas explosivas. Este sistema contará con indicación del nivel detectado por cada uno de los medidores instalados en la planta. La medición se tomará en una escala del 0 al 100 % y se contará con la indicación del nivel de cada una de las zonas en diferentes pantallas del sistema de control, así como la alarma sonora en las áreas respectivas (dos en almacenamiento y una en patín de medición).

Cuando se habilite el nivel alto - alto de alguno de los detectores de mezclas explosivas, el sistema efectuará en forma automática la apertura de las válvulas del sistema contra incendio de los puntos alarmados sin afectar las demás áreas de la terminal.

Se contará en el área de recibo y medición con los DG-101 al 108, que al registrar un nivel alto de gases explosivos enviarán su señal al PLC contra incendio 2 P/R alarmando el evento. Si se detectaran niveles alto-alto el PLC ordenará la apertura de las VAC-1/2 en forma automática, activará las alarmas AS-3 y AL-3A/B/C/D, y al mismo tiempo se comunicará con el PLC de proceso para que de ser necesario, el operador pueda seleccionar el paro de

emergencia de la zona desde la consola de operación ya sea en forma manual o automática.

En el área de recibo de refinería se contará con el DG-109 que al registrar un nivel alto de gases explosivos enviarán su señal al PLC contraincendio 2 P/R alarmando el evento. Si se detectaran niveles alto-alto el PLC ordenará la apertura de las VAC-4/7 en forma automática, activará las alarmas AS-3 y AL-3A/B/C/D, y al mismo tiempo se comunicará con el PLC de proceso para que de ser necesario, el operador pueda seleccionar el paro de emergencia de la zona desde la consola de operación ya sea en forma manual o automática.

En el área de llenaderas y en la casa de bombas 3 se contará con los DG-15 al 20 y los DG-110 al 117 respectivamente, que al registrar un nivel alto de gases explosivos enviarán su señal al PLC contraincendio 2 P/R alarmando el evento. Si se detectaran niveles alto-alto el PLC ordenará la apertura de las VAC-5/6 ó la VAC-3 según corresponda en forma automática, y al mismo tiempo se comunicará con el PLC de proceso para que de ser necesario, el operador pueda seleccionar el paro de emergencia de la zona desde la consola de operación ya sea en forma manual o automática.

Se contará en el dique sur del área de almacenamiento con los DG-119 al 124 y en el dique norte con los DG-125 al 130 que al igual que en las zonas anteriores al detectar la presencia de mezclas explosivas enviarán sus señales al PLC contraincendio 2 P/R alarmando el evento. Si se alcanzaran niveles alto-alto el PLC ordenará la apertura en forma automática de las VAC-119 al 124 ó las VAC-125 al 130, activará las alarmas AS-1 y AL-1A/B/C/D o AS-2 y AL-2A/B/C/D según corresponda, y al mismo tiempo se comunicará con el PLC de proceso para que de ser necesario, el operador pueda seleccionar el paro de emergencia de la zona desde la consola de operación ya sea en forma manual o automática.

A continuación se muestran los niveles de alarma (nivel alto), y disparo (alto - alto) que se requerirán para la detección de mezclas explosivas para las diferentes áreas de la planta. Se muestran también las válvulas de agua contra incendio asociadas con cada detector, y las acciones que el sistema debe tomar en cada caso.

Área de recibo y medición

Tag.	Válvula asociada	Nivel alto	Acciones tomadas	Nivel alto-alto	Acciones tomadas
DG-101	VAC-1/2	15%	Alarma	25%	Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona Inicia paro de emergencia de recibo, medición y almacenamiento
DG-102	VAC-1/2	15%		25%	
DG-103	VAC-1/2	15%		25%	
DG-104	VAC-1/2	15%		25%	
DG-105	VAC-1/2	15%		25%	
DG-106	VAC-1/2	15%		25%	
DG-107	VAC-1/2	15%		25%	
DG-108	VAC-1/2	15%		25%	

Área de recibo de refinería

Tag.	Válvula asociada	Nivel alto	Acciones tomadas	Nivel alto-alto	Acciones tomadas
DG-109	VAC-4 y VAC-7	15%	Alarma	25%	Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona Inicia paro de emergencia de recibo, medición y almacenamiento

Área de llenaderas de auto tanques

Tag.	Válvula asociada	Nivel alto	Acciones tomadas	Nivel alto-alto	Acciones tomadas
DG-15	VAC-5/6	20%	Alarma	30%	Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona Inicia paro de emergencia de bombas y ventas
DG-16	VAC-5/6	20%		30%	
DG-17	VAC-5/6	20%		30%	
DG-18	VAC-5/6	20%		30%	
DG-19	VAC-5/6	20%		30%	
DG-20	VAC-5/6	20%		30%	

Área casa de bombas de LPG

Tag.	Válvula asociada	Nivel alto	Acciones tomadas	Nivel alto-alto	Acciones tomadas
DGI-110	VAC-CB-3	15%	Alarma	25%	Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona Inicia paro de emergencia de bombas y ventas
DGI-111	VAC-CB-3	15%		25%	
DGI-112	VAC-CB-3	15%		25%	
DGI-113	VAC-CB-3	15%		25%	
DGI-114	VAC-CB-3	15%		25%	
DG-115	VAC-CB-3	15%		25%	
DG-116	VAC-CB-3	15%		25%	
DG-117	VAC-CB-3	15%		25%	

Área de tanques de almacenamiento (dique sur)

Tag.	Válvula asociada	Nivel alto	Acciones tomadas	Nivel alto-alto	Acciones tomadas
DGS-119	VAC -119	15%	Alarma	25%	Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona Inicia paro emergencia de recibo, medición y almacenamiento
DGI-119	VAC -119	15%		25%	
DGC-119A	VAC -119	15%		25%	
DGC-119B	VAC -119	15%		25%	
DGC-120	VAC -119	15%		25%	
DGC-121	VAC -119	15%		25%	
DGS-120	VAC -120	15%		25%	
DGI-120	VAC -120	15%		25%	
DGS-121	VAC -121	15%		25%	
DGI-121	VAC -121	15%		25%	
DGO-121	VAC -121	15%		5%	
DGS-122	VAC -122	15%		25%	
DGI-122	VAC -122	15%		25%	
DGP-122	VAC -122	15%		25%	
DGC-122	VAC -122	15%		25%	
DGC-123	VAC -122	15%		25%	
DGC-124A	VAC -122	15%		25%	
DGC-124B	VAC -122	15%		25%	
DGS-123	VAC -123	15%		25%	
DGI-123	VAC -123	15%		25%	
DGP-123	VAC -123	15%		25%	
DGS-124	VAC -124	15%		25%	
DGI-124	VAC -124	15%		25%	
DGP-124	VAC -124	15%		25%	

Área de tanques de almacenamiento (dique norte)

Tag.	Válvula asociada	Nivel alto	Acciones tomadas	Nivel alto-alto	Acciones tomadas
DGS-125	VAC -125	15%	Alarma	25%	Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona Inicia paro emergencia de recibo, medición y almacenamiento
DGI-125	VAC -125	15%		25%	
DGC-125A	VAC -125	15%		25%	
DGC-126A	VAC -125	15%		25%	
DGC-126	VAC -125	15%		25%	
DGC-127	VAC -125	15%		25%	
DGS-126	VAC -126	15%		25%	
DGI-126	VAC -126	15%		25%	
DGS-127	VAC -127	15%		25%	
DGI-127	VAC -127	15%		25%	
DGS-128	VAC -128	15%		5%	
DGI-128	VAC -128	15%		25%	
DGP-128	VAC -128	15%		25%	
DGC-128	VAC -128	15%		25%	
DGC-129	VAC -128	15%		25%	
DGC-130A	VAC -128	15%		25%	
DGC-130B	VAC -128	15%		25%	
DGS-129	VAC -129	15%		25%	
DGI-129	VAC -129	15%		25%	
DGP-129	VAC -129	15%		25%	
DGS-130	VAC -130	15%		25%	
DGI-130	VAC -130	15%		25%	
DGP-130	VAC -130	15%		25%	
DGO-130	VAC -130	15%		25%	

Detección de flama. Al actuar alguno de estos detectores, el sistema considerará la apertura en forma automática de las válvulas del sistema contra incendio de los puntos alarmados y al mismo tiempo automáticamente cerrará la válvula de entrada del LPG - ducto (VOE - 2001). El cierre de esta válvula solo se hará cuando se activen los detectores de las áreas de almacenamiento y de recibo. Cuando el despacho a llenaderas se este realizando y se presenten las

condiciones de detección de flama descritas anteriormente, el sistema deberá parar las bombas de llenado al igual que las de bostereo (BA – 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15 / 16 / 17) y cerrará las válvulas motorizadas de salida de los tanques de almacenamiento, exceptuando las VOE-119A/B y 120A/B.

En el área de recibo, inyección y desfogue se encontrarán los DF-101 al 104, mientras que en el área de almacenamiento se encontrarán los DF-119 al 124 en el dique sur, y los DF-125 al 130 en el dique norte; al detectar la presencia de fuego en alguna de estas áreas el PLC contraincendio 2 P/R en forma automática abrirá las VAC-1/2 o las VAC-119 a 130 según corresponda, establecerá comunicación con la UCL-100 a través del PLC de proceso 1 P/R para cerrar automáticamente la VOE-2001 y dará al operador la posibilidad de seleccionar desde consola de operación el paro de emergencia de dichas áreas.

Para el área de recibo de refinería, el DF-109 al enviar su señal por fuego al PLC contraincendio 2 P/R; éste en forma automática alarmará y abrirá las VAC-4 / 7, parará las bombas BA-10 a 14, cerrará a través del PLC de proceso y la UCL-100 las VOE-125C a 130C dando de esta manera al operador la posibilidad de iniciar el paro de emergencia.

En la casa de compresoras se encontrará el DF-301 y en la casa de bombas criogénicas el DF-300, mismos que al detectar presencia de fuego enviarán sus señales al PLC contraincendio 2 P/R y darán la alarma correspondiente en el sistema.

Los DF-15 al 20 localizados en el área de llenaderas y los DF-110 al 117 ubicados en la casa de bombas 3 al actuar por presencia de fuego enviarán sus señales al PLC contraincendio 2 P/R, el cual dará en forma automática la alarma correspondiente y abrirá las VAC-5/6 o VAC-CB-3 según corresponda. También establecerá comunicación con el PLC de proceso 1 P/R para que en forma automática pare las BA-10 a 17, cierre la VOE-2002 y de al operador la posibilidad de solicitar el paro de emergencia del área.

A continuación se muestran los diferentes detectores de flama con los que deberá contar la planta y las válvulas del sistema contra incendio asociadas:

Detectores de fuego

Área	Tag.	Válvula asociada	Acciones tomadas
Recibo, inyección y Desfogue	DF-101	VAC-1 Y VAC-2	Alarma Apertura de la válvula de contra incendio de la zona Cierre de VOE-2001 Inicia paro emergencia de recibo y medición
	DF-102		
	DF-103		
	DF-104		
Recibo de refinería	DF-109	VAC-4 Y VAC-7	Alarma Apertura de la válvula de contra incendio de la zona Paro de bombas 10 a 14 Cierre de VOE's - C Inicia paro emergencia de recibo y medición
Casa de compresoras	DF-301		Alarma
Casa de bombas criogénica	DF-300		Alarma
Tanques de Almacenamiento (dique sur)	DF-119	VAC's 119, 120, 121, 122, 123, y 124	Alarma Apertura de la válvula de contra incendio de la zona Cierre de VOE-2001 Inicia paro emergencia de recibo y medición
	DF-119A		
	DF-120		
	DF-121		
	DF-122		
	DF-122A		
	DF-123		
DF-124			

Detectores de fuego (continuación)

Área	Tag.	Válvula asociada	Acciones tomadas
Tanques de almacenamiento (dique norte)	DF-125	VAC's	Alarma
	DF-125A	125,	Apertura de la válvula de contra incendio de la zona
	DF-126	126,	Cierre de VOE-2001
	DF-127	127,	Inicia paro emergencia de recibo y medición
	DF-128	128,	
	DF-128A	129,	
	DF-129	y	
	DF-130	130	
Llenaderas de auto tanques	DF-15	VAC-5 y VAC-6	Alarma
	DF-16		Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona
	DF-17		Cierre de válvulas de gas de todas las llenaderas
	DF-18		Paro bombas
	DF-19		Inicia paro de emergencia de bombas y ventas
	DF-20		
Casa de bombas de LPG	DF-110	VAC-CB-3	Alarmas
	DF-113		Apertura de válvula del sistema contra incendio de la zona
	DF-114		Cierre VOE-2002, paro bombas
	DF-117		Inicia paro de emergencia de bombas y ventas (cierre de VOE's B/C)

Desde la consola de operación se tendrá la opción de seleccionar bombas, esferas, y válvulas motorizadas después del paro de emergencia, afín de efectuar trasiegos o desfogues.

El arranque de actividades del área afectada, después de todo paro de emergencia, será por operador desde el cuarto de control, una vez que se han restablecido las condiciones normales de operación.

Detectores de humo. Se ubicarán dos sensores en cuarto de control y uno en el edificio administrativo, desde donde enviarán su señal al sistema de

control en donde se tendrá la alarma correspondiente.

Red contra incendio. El flujo para esta red será operado por válvulas de diluvio (VAC) desde el sistema de control o a solicitud del operador.

Las áreas que contarán con sistema automático de agua contra incendio son las siguientes:

VAC - 1 / 2	Recibo y medición.
VAC - CB - 3	Casa de bombas LPG.
VAC - 4 / 7	Recibo de refinería.
VAC - 5 / 6	Llenaderas.
VAC-119/120/121/122/123/124 /125/126 /127/128/129/130	Tanques de almacenamiento.

Cuando el sistema registre la presencia de fuego o mezclas explosivas en una área determinada ordenará la apertura de la válvula de diluvio VAC del área en siniestro.

La red de agua contra incendio estará presurizada, cuando se abra(n) la(s) VAC del área del siniestro la presión en la red baja, al bajar la presión en línea, el transmisor de presión PTT - 2 enviará su señal al sistema, el cual la recibirá y alarmará. En el área de refinación es donde se encuentran las bombas para el sistema, las cuales serán activadas por dicha área.

Simultáneamente habrá indicación en pantalla por desplegados dinámicos de las válvulas VAC que se encuentren en operación en el momento del evento.

El cierre de las válvulas VAC será desde el cuarto de control y cuando el operador lo determine, una vez que se han restablecido las condiciones normales de operación.

El paro de las bombas será en orden jerárquico al cerrar las válvulas VAC de la red, y se realizará en el área de refinación; quedando así nuevamente

presurizada y lista para operar nuevamente.

El software estará diseñado de tal forma que cuando el fuego sea sofocado se emitan reportes con los siguientes datos: Área del evento o equipo, No. Tag. VAC que se operó, Hora de inicio y final del evento.

El software además tendrá la capacidad de auto diagnosticar cualquier falla del hardware, indicándolo en pantalla para su rápido restablecimiento (mantenimiento).

También el software deberá estar diseñado de forma que presente niveles de acceso mediante claves con el fin de cambiar o modificar parámetros de proceso o del mismo software y registrar al usuario con fecha, hora y nombre.

Paro de emergencia. El sistema contará con esta posibilidad si se solicita, tanto en forma automática como manual, indicando en pantalla los pasos que se van efectuando cuando es operación automática; en el caso manual el sistema deberá indicarle al operador los pasos a seguir.

Paro de emergencia de recibo medición, inyección y almacenamiento:

- a) Sacar de operación bombas BA-10/11/12/13/14/15/16/17.
- b) Cerrar VOE-2001.
- c) Cerrar VOE-2002.
- d) Cerrar VOE - 121A/B, 122A/B, 123A/B, 125A/B/C, 127A/B, 128A/B/C, 129A/B/C, 130A/B/C.
- e) Cerrar FV-2005.
- f) Cerrar FV-2004A/B.

Paro de emergencia bombeo y ventas.

- a) Sacar de operación bombas BA-10/11/12/13/14/15/16/17.
- b) Cerrar VOE - 121B,122B, 123B, 125B/C, 127B, 128B/C, 129B/C, 130B/C y 2002.

Arranque después de un paro de emergencia. El sistema contará con acción de arranque después de paro de emergencia si se solicita, tanto en forma automática como manual, indicando en pantalla los pasos que se van efectuando cuando es operación automática; en el caso manual el sistema le indicará al operador los pasos a seguir.

Secuencia de arranque en automático de recibo – medición, inyección y almacenamiento:

- a) Verificar condiciones de equipo y operación en el sistema:
 - 1.- Detectores de mezclas, flama y VAC asociadas.
 - 2.- Verificar presiones de recibo del LPG-ducto PIT-2005, 2001, 2011A/B, 2100, 2101.
 - 3.- Verificar disponibilidad de válvula de control de flujo FV-2004A/B y 2005.
- b) Verificar movimientos operativos de esferas:
 - 1.- Recibo de refinación en TE – 125/128/129/130 (no alinear).
 - 2.- Entrega a ventas de TE – 119/120/121/122/123/125/127/128/129/130 (no alinear).
- c) Verificar nivel, presión y temperatura.
- d) Tener permisible para abrir VOE-119A/120A/121A/122A/123A/125A/127A/128A/129A/130A/2001.
- e) Seleccionar esfera de recibo.

Secuencia de arranque en automático de bombeo y ventas:

- a) Verificar condiciones de equipo y operación en el sistema:
 - 1.- Detectores de mezclas, flama y VAC asociadas.
 - 2.- Disponibilidad de bombas.

3.-Disponibilidad de llenaderas (UCL, válvula de dos pasos, detector de tierra e instrumentación).

b) Condiciones de operación:

1.-Verificar que esfera esta recibiendo de refinación, LPG-ducto y preparando mezclas.

2.- Verifica nivel, presión y temperatura.

3.- Si es correcto lo anterior, permisible para abrir VOE-119B,120B, 121B, 122B; 123B, 125B/C, 127B, 128B/C, 129B/C, 130B/C, 2002.

c) Permisible para meter en operación BA-10/11/12/13/14/15/16/17.

3.2.5 Comunicación con el equipo administrativo. Esta terminal de distribución de gas licuado cuenta con un equipo *Sun*, el que trabajará en base al sistema operativo *Solaris 2.3 Release 5.3* y tiene implantado un sistema de facturación desarrollado en *Oracle V 7.1 (CDE)*.

El protocolo de comunicación soportado por estos equipos es TCP / IP y cumple con el estándar IEEE 802.3. Debido a que en la terminal de distribución las operaciones diarias son facturadas por el sistema administrativo, se contará con una comunicación local en línea con el sistema de control de la terminal para enviar cada uno de los atributos que conforman la factura de cada operación.

Al término de la operación, la información correspondiente a la misma (peso cargado, temperatura, gasto, hora de entrada y salida) se registrará en la base de datos del sistema de control de la terminal (área administrativa) y simultáneamente se almacenará en un archivo con toda la información de los eventos ocurridos durante el día, el cual podrá ser accesado cuando el equipo administrativo así lo requiera, esto sin afectar condiciones de operación y tiempo de respuesta del sistema de control de la terminal. Además este sistema incluirá:

Software de comunicación local en línea del equipo administrativo *Sun* al sistema de control de la terminal y viceversa.

Software de validación de archivos transferidos a la base de ambos sistemas para que estos puedan ser explotados sin dificultad por ambos sistemas.

Elementos necesarios para la comunicación (cableados y puertos).

Este sistema se compondrá de dos partes principales, la primera hace referencia al control de auto tanques, su manejo y filosofía de operación, y la segunda a la comunicación con SITEDI propiamente, de acuerdo a un procedimiento ya establecido.

3.3 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL.

Para cubrir el alcance para la operación automatizada, el control, la medición, la adquisición de datos y la supervisión inteligente del recibo, almacenamiento y salida del LPG que se comercializa en la terminal, se tendrá que suministrar el equipo y materiales necesarios, tomándose en consideración la seguridad del sistema.

Equipo y materiales. Incluye los siguientes aspectos:

- 1.- Instrumentos de medición y control de campo.
- 2.- Equipo de supervisión, adquisición de datos y control.
- 3.- Materiales para la instalación de instrumentos y equipo de mencionados en los puntos 1 y 2.

Seguridad. Se considera para garantizar la seguridad y confiabilidad del sistema:

1.- Redundancia. Se requiere para el respaldo de los componentes vitales que integrarán al sistema para garantizar la disponibilidad de éste.

Con este fin se considera redundancia en los siguientes puntos:

- a) Canal de comunicaciones de red entre los grupos funcionales del sistema, desde el grupo funcional de control secuencial y de medición hasta el grupo funcional de interface con el usuario.
- b) Tarjetas de interfaces de comunicación de los grupos funcionales del sistema conectados a las redes locales redundantes
- c) Grupo funcional de operación y control de válvulas motorizadas.
- d) Grupo funcional de control secuencial y de medición y del grupo funcional de control secuencial del sistema contraincendio (procesador, entradas/salidas, fuente de alimentación y canales de comunicación).
- e) Grupo funcional de enlace y control maestro.
- f) Fuentes de alimentación para instrumentación en gabinetes.

Para cualquier nivel de redundancia, la transferencia será en forma automática, indicándose a través de la interface con el usuario; tanto en pantalla como en forma audible, así como a través de un mensaje en la impresora.

2.- Auto diagnóstico. Se refiere a las rutinas con las que el sistema en forma continua y automática verificará la operación correcta y confiable, indicando en pantalla a través de desplegados de auto diagnóstico cualquier condición anormal o de falla en el mismo, así como indicar por medio de diodos de luz en el frente de las tarjetas el estado operativo de las mismas.

Estos desplegados de auto diagnóstico, proporcionarán información del estado de operación y funcionalidad de:

- a) La red de comunicaciones.
- b) Los módulos y/o tarjetas de cada uno de los grupos funcionales.
- c) Los periféricos de los grupos funcionales.
- d) Las UPS's del sistema.

- e) Las fuentes de alimentación en rack's de los grupos funcionales y fuentes de alimentación para instrumentos en gabinetes.

3.- *Alarmas.* Se requieren tanto para el proceso como para el propio sistema, considerando los siguientes aspectos:

- a) Todas las alarmas generadas serán visuales en pantalla y audibles, detectables dentro del cuarto de control. En caso de falla de las tarjetas electrónicas además de lo anterior, la falla se indicará mediante luces sobre las mismas.
- b) Todas las alarmas de proceso, así como las generadas por falla del sistema, se imprimirán automáticamente, y a la vez ser almacenarán en la memoria de la computadora de interface con el usuario, cada vez que sucedan.

4.- *Seguridad en el software.* Se requiere para evitar el acceso a los diferentes niveles de programación por personal no autorizado. Por lo que se considerarán los siguientes aspectos:

- a) La operación de la computadora será configurada con palabras de control de acceso (password).
- b) El sistema contará para la comunicación de datos, con rutinas de verificación de datos, con rutinas de verificación de errores en la transmisión y recepción de datos; detectando el tipo de error y reportándolo en pantalla, en la impresora y en el grupo funcional de interface con el usuario, asimismo tendrá la posibilidad de corregir automáticamente los errores detectados en la comunicación.
- c) A cualquier falla del suministro eléctrico, los archivos abiertos serán detectados y cerrados, para garantizar una reiniciación completa y consistente.

5.- Alimentación eléctrica. Cada dispositivo del sistema tendrá que contar con detección de falla en las fuentes de alimentación. En caso de falla de alimentación al sistema, la fuente ininterrumpible de energía deberá estar en on-line, para evitar que la información almacenada en memorias volátiles se pierda.

3.4 REQUERIMIENTOS DE LOS GRUPOS FUNCIONALES.

3.4.1 Grupo funcional de operación y control de válvulas motorizadas. Este grupo funcional incluye la instrumentación y equipo que permite controlar la apertura y cierre de las válvulas operadas por actuadores eléctricos a la entrada y salida de las esferas de almacenamiento, a la entrada del área de recibo y a la salida del área de inyección en la terminal de distribución, así como establecer comunicación en forma seriada y protocolizada de las señales requeridas al grupo funcional de control secuencial y de medición.

Se cumplirá con las siguientes especificaciones para este grupo funcional, considerando también el suministro de la unidad de control, los actuadores eléctricos y la válvula macho correspondiente:

Unidad de control local (UCL): Esta será redundante y comunicará a todos los actuadores en forma seriada, así como también a la interface de comunicación con el grupo funcional de control secuencial y de medición a través de protocolo de comunicación *Modbus*.

Esta unidad cumplirá con las siguientes especificaciones:

1.- La comunicación entre la unidad de control y los actuadores de válvula y otros elementos de campo, debe efectuarse a través de un lazo de dos hilos.

2.- La *UCL* debe ser integral en un mismo gabinete (hardware y software) que por diseño permita el monitoreo y el control de los actuadores eléctricos.

3.- El sistema debe estar compuesto por:

a) Unidad de control local, que debe contar con una memoria no volátil programada y dedicada al monitoreo y control de los actuadores, así como un dispositivo de despliegue y teclado de control integrado.

b) Unidades de campo dedicadas que efectúen la comunicación de los actuadores de campo con la unidad de control local.

c) Lazo de control a dos hilos, redundante, que soporte fallas de circuito abierto, corto circuito y puestas a tierra, sin perder la integridad del control.

4.- La unidad de control local debe contar con teclado y pantalla integrados para la operación y monitoreo en manual y remoto de todos los elementos de campo incluidos en el lazo de control.

5.- Las unidades de campo deben ser parte integral del actuador y estar alojados en un compartimento hermético independiente de las borneras terminales para su cableado exterior.

6.- La unidad de control local y las unidades de campo deben estar protegidas contra descargas eléctricas.

7.- La unidad de control local debe efectuar la comunicación con niveles superiores de supervisión y control a través de puertos RS485. El protocolo de comunicación debe ser Modbus con velocidad de comunicación seleccionable entre 2400 hasta 19200 bauds.

8.- La unidad de control local redundante debe asumir el control automáticamente en caso de falla de la unidad que funcione como principal. Este respaldo debe consistir de dos estaciones gemelas que operan en modo respaldo en caliente (hot - standby).

9.- El lazo de control a dos hilos debe ser de corriente.

10.- El sistema debe efectuar un barrido continuo identificando estados, alarmas y diagnósticos de cada uno de los elementos de campo, los que estarán disponibles en la unidad principal.

11.- La longitud del lazo de control a dos hilos debe ser hasta de 20 Km. sin la utilización de repetidores de señal.

Actuadores eléctricos. Se cumplirá con las siguientes especificaciones:

1.- El encapsulado cumplirá con las normas NEMA 7, adecuados para operar en áreas clase 1, división 1, grupos C y D, a prueba de explosión.

2.- El motor del actuador contará con protección térmica mediante termostato, que desconectará el circuito de control en el embobinado cuando la temperatura máxima haya sido alcanzada. Esta protección será independiente a las variaciones ambientales de temperatura.

3.- El actuador tendrá la capacidad para ser alimentado a un rango de voltaje trifásico de corriente alterna, 440 VCA, 60Hz, 3 F y a 24 volts de corriente directa para control y monitoreo remoto.

4.- El actuador será una unidad compacta que por diseño garantiza una operación confiable, para operar en ambientes húmedos, corrosivos y / o áreas clasificadas.

5.- El actuador poseerá un compartimento de bornas terminales para su cableado exterior, completamente independiente del compartimento de elementos eléctricos, mecánicos y de control, necesarios para su funcionamiento a fin de no exponer al medio ambiente sus componentes.

6.- El actuador indicará a nivel local y de manera continua la posición de la válvula.

7.- El actuador contará con señalización remota y continua del torque de operación.

8.- El actuador garantizará el giro correcto del motor independientemente de la secuencia de su conexionado trifásico.

9.- El actuador efectuará ajustes de torque y final de carrera, sin exponer ningún elemento de control a medio ambiente.

10.- El motor del actuador se desenergizará al ocurrir las siguientes condiciones:

- a) Válvula atascada.
- b) Alta temperatura en el embobinado.
- c) Inversión instantánea de giro.
- d) Pérdida de fase de su alimentación trifásica.

11.- El actuador contará con las siguientes alarmas:

- a) Contactores (arrancadores) no se han energizado.
- b) Contactores (arrancadores) no se han desenergizado.
- c) Válvula atascada.
- d) Alta temperatura en el embobinado (termostato abierto).
- e) Pérdida de fase de su alimentación trifásica.
- f) Recorrido incompleto de la válvula.
- g) Operación manual.
- h) El relevador de monitoreo esta abierto.
- i) El motor continúa energizado después de que la válvula ha llegado a su final de recorrido.
- j) Selector de control local ha sido movido.

12.- El actuador permitirá el montaje y desmontaje del motor sin necesidad de drenar el lubricante ni desmontar ningún engrane del actuador.

13.- Los selectores locales para operación local / remota / paro y abrir / cerrar, serán del tipo no intrusivo.

14.- El actuador llevará la válvula a posición segura ante el comando de emergencia ("ESD"), inhibiendo todas sus protecciones.

15.- Operación manual por medio de voltaje que entrará en funcionamiento cuando se desembrague el motor mediante una placa manual.

16.- El accionamiento manual será mecánicamente independiente del motor, de modo que este no pueda nunca arrastrar el volante.

3.4.2 Grupo funcional de medición de producto en área de recibo LPG ducto. Se refiere a la instrumentación para medición y control de flujo y presión, medición de densidad y temperatura del producto que se recibe por ducto, así como la transmisión de estas señales al grupo funcional de control secuencial y de medición.

Para este grupo se considera la siguiente instrumentación:

- a) Computador totalizador de flujo: 1
- b) Elemento de medición de flujo másico, densidad y temperatura integrados así como su transmisor correspondiente: 2
- c) Transmisor indicador de presión manométrica: 5
- d) Transmisor indicador de presión diferencial: 2
- e) Válvula de control de flujo: 2
- f) Interruptores de presión: 3
- g) Válvula macho de doble sello no lubricada operada eléctricamente: 1

3.4.3 Grupo funcional de medición del producto en área de recibo de refinería. Se refiere a la instrumentación y equipo para la medición de flujo másico, densidad, temperatura y presión del gas licuado que se recibe del almacenamiento de la refinería , así como la transmisión de estas señales al grupo funcional de control secuencial y de medición. Esta instrumentación comprende:

- a) Computador totalizador de flujo: 1
- b) Elemento de medición de flujo másico, densidad y temperatura integrados, así como el transmisor correspondiente: 1

- c) Transmisor indicador de presión diferencial: 1
- d) Transmisor indicador de presión manométrica 1

3.4.4 Grupo funcional de medición de producto en área de envío al LPG ducto. Se refiere a la instrumentación, equipo y programas necesarios para la medición y control de flujo, densidad, temperatura y presión del producto que se envía al LPG ducto, así como la transmisión de las señales al grupo funcional de control secuencial y de medición.

La instrumentación mencionada comprende:

- a) Computador totalizador de flujo: 1
- b) Elemento de medición de flujo másico, densidad y temperatura integrados, así como el transmisor correspondiente: 1
- c) Transmisor indicador de presión manométrica: 1
- d) Válvula de control de flujo: 1
- e) Transmisor indicador de presión diferencial: 1
- f) Válvula macho de doble sello no lubricada operada eléctricamente: 1

3.4.5 Grupo funcional de medición en área de almacenamiento. Se refiere a toda la instrumentación necesaria para medir presión, temperatura, densidad y nivel de las esferas de almacenamiento, así como la transmisión de estas señales al grupo funcional de control secuencial y de medición. Por lo tanto este grupo incluye:

- a) Transmisor de nivel / densidad / temperatura: 10
- b) Elemento de temperatura: 10
- c) Transmisor indicador de presión: 15
- d) Interface de interconexión: 1
- e) Transmisor indicador de presión diferencial: 1
- f) Válvula esférica manual 10

Las señales enviadas por los instrumentos de los incisos a y b serán acondicionadas a través de una interface que permita concentrarlas y enviarlas en forma seriada y protocolizada para ser procesadas por el grupo funcional de control secuencial y de medición.

3.4.6 Grupo funcional del sistema de bombeo. Este grupo contempla toda la instrumentación, equipo y accesorios necesarios para el monitoreo y control de todas las bombas involucradas, incluyendo además la transmisión de estas señales al grupo funcional de control secuencial y de medición.

Este sistema esta compuesto por dos grupos de bombas, uno de ellos lo componen las bombas de llenado BA - 13 y 14, otro es el de bombas Booster BA-10, 11 y 12, las cuales descargan a un cabezal común, del que succiona el grupo de bombas principales BA - 15, 16 y 17. El sistema considerará la lógica de control de bombeo al LPG - ducto en base a la presión de descarga de las bombas principales BA - 15, 16 y 17, para recircular el producto a las bombas Booster.

Este grupo requiere la integración al sistema de:

- a) Accesorios, equipo y materiales necesarios para controlar desde el sistema de control el arranque y paro de todas las bombas de proceso.
- b) Equipo, accesorios y materiales necesarios para la supervisión desde el sistema de control del estado operativo (manual, automático, fuera, mantenimiento) de todas las bombas de proceso.
- c) Interruptores de alta y baja presión: 16

3.4.7 Grupo funcional de control secuencial y de medición del sistema contra incendio. Este grupo integra la instrumentación, equipo y programas necesarios para la detección y señalización de mezclas explosivas,

fuego, supervisión de la operación del sistema hidráulico de seguridad (válvulas Vickers) y la supervisión y control de la red contra incendio del área de gas, además todas las señales generadas por los detectores serán conectadas directamente al grupo funcional de control secuencial contra incendio, con el objeto de procesar la información generada y transmitirla a la red de área local (LAN) con el grupo funcional de enlace y control maestro.

Los equipos y funciones que componen a este grupo funcional deben ser redundantes (procesador, comunicación, entradas/salidas y fuente de alimentación). Además para este grupo se debe considerar como mínimo un 20% de espacios libres en rack así como en tarjetas de señales de entradas y salidas para ampliaciones futuras.

Para cubrir el objetivo, este grupo funcional requiere de la siguiente instrumentación:

a) Detectores de mezclas explosivas.

Esferas:	48
Casa de bombas (1 por bomba principal):	8
Patines de medición:	9
Llenaderas:	6

b) Detectores de fuego (UV / IR).

Almacenamiento:	16
Recibo y medición:	5
Casa de bombas:	4
Casa de bombas criogénico:	1
Casa de compresores:	1
Llenaderas:	6

c) Detectores de humo.

Oficinas administrativas: 1

Cuarto de control: 2

Red contra incendio.

a) Aquí se requiere la instalación de 4 válvulas operadas por solenoide, e incluye la integración de 15 válvulas existentes al grupo funcional de control secuencial y de medición del sistema contra incendio.

b) Un transmisor de presión: 1

Sistema hidráulico. Para este sistema se requiere:

a) Sistema hidráulico para la operación de las válvulas *Vickers* de todas las esferas de almacenamiento.

b) Interruptores de presión del sistema hidráulico ubicados en cada esfera: 10

c) Transmisor indicador de presión en el cabezal de descarga del sistema hidráulico: 1

d) Transmisor indicador de presión en el cabezal del sistema contraincendio: 1

Conjuntamente con las partes que integran al grupo funcional de control secuencial y de medición del sistema contra incendio se incluirá el suministro completo de lo siguiente:

a) Gabinetes de integración y protección.

b) Conectores y su alumbrado para la interconexión de módulos.

c) Cables de interconexión.

d) Fuentes de alimentación.

e) Accesorios y materiales para su instalación.

Procesador del sistema contraincendio. Este cumplirá con las siguientes características técnicas que se indican a continuación:

Velocidad del procesador	16 Mhz.
Longitud de palabra	16 bits.
Tiempo de ejecución por programa	1.3 mS.
Capacidad de memoria ram	1,024 Kbytes.
Respaldo de memoria ram por baterías	Batería para seis meses.

Entradas / Salidas. En este aspecto se considerarán las siguientes especificaciones:

Entrada analógica de alto nivel:

Rango:	4-20 mA, 0-5v, $\pm 5v$, $\pm 10v$.
Resolución:	12 bits
Exactitud:	$\pm 0.1\%$ del espan máximo
Frecuencia de muestreo por canal:	250 mS para todos los canales
Capacidad max. de señales de entrada por tarjeta:	8

Entrada digital:

Rango:	79 a 132 VCA
Tipo de aislamiento:	Optoacoplados
Retardo max. de respuesta:	6 mS min. 30 mS max.
Capacidad max. de señales de entrada por tarjeta:	32

Salida digital:

Rango:	85 a 256 VCA
Intensidad de carga (continua) requerida:	2 amperes
Capacidad max. de señales de salida por tarjeta:	16
Tipo:	Triac (con relevador de interposición)

3.4.8 Grupo funcional de control de llenado. Este grupo integra a la instrumentación y equipo requeridos para la medición y control del producto a despachar a los auto tanques, asimismo contempla los materiales y accesorios finales para su conexión eléctrica y montaje a proceso, toda la información procesada se transmitirá al grupo funcional de control secuencial y de medición.

Este grupo esta integrado por:

a) Unidad de control local:	6
b) Medidores de flujo tipo desplazamiento positivo:	6
c) Elemento de temperatura:	6
d) Sensor transmisor de densidad con convertidor de señales, para indicación de densidad, temperatura y presión:	1
e) Válvula de control a llenaderas. Esta válvula será de cierre y apertura en varios pasos:	6
f) Detectores de tierra:	6
g) Indicador de presión manométrica:	1
h) Válvula esférica manual:	12
i) Indicador de presión:	6
j) Válvula de seguridad roscada:	6

3.4.9 Grupo funcional de control secuencial y de medición. Se refiere al equipo y programas de software que permiten el control secuencial de las

lógicas de operación, proceso y protección de la terminal de distribución, así como el enlace de comunicación a través de interfaces de comunicación entre todos y cada uno de los grupos funcionales que integran el sistema (Operación y control de válvulas motorizadas, Medición de producto en área de recibo y envío, Medición en área de almacenamiento, Sistema contra incendio y Control de llenado), con el objeto de procesar la información generada por cada uno de ellos y transmitirla a la red de área local (LAN) con el grupo funcional de enlace y control maestro.

Los equipos y funciones que componen a este grupo funcional serán redundantes (procesador, comunicación, entradas/salidas y fuente de alimentación). Además para este grupo se considerará como mínimo un 20% de espacios libres en rack así como en tarjetas de señales de entradas y salidas para ampliaciones futuras.

Conjuntamente con las partes que integran al grupo funcional de control secuencial y de medición se incluye el suministro completo de lo siguiente:

- a) Gabinetes de integración y protección.
- b) Conectores y su alumbrado para la interconexión de módulos.
- c) Cables de interconexión.
- d) Fuentes de alimentación.
- e) Accesorios y materiales para su instalación.

Procesador de control secuencial. Este cumple con las siguientes características técnicas que se indican a continuación:

Velocidad del procesador	16 Mhz.
Longitud de palabra	16 bits.
Tiempo de ejecución por programa	1.3 mS.
Capacidad de memoria ram	1,024 Kbytes.
Respaldo de memoria ram por baterías	Batería para seis meses.

Entradas / Salidas. En este aspecto se consideran las siguientes especificaciones:

Entrada analógica de alto nivel:

Rango:	4-20 mA, 0-5v, <u>±</u> 5v, <u>±</u> 10v.
Resolución:	12 bits
Exactitud:	<u>±</u> 0.1% del espan máximo
Frecuencia de muestreo por canal:	250 mS para todos los canales
Capacidad max. de señales de entrada por tarjeta:	8

Entrada digital:

Rango:	79 a 132 VCA
Tipo de aislamiento:	optoacoplados
Retardo max. de respuesta:	6 mS min. 30 mS max.
Capacidad max. de señales de entrada por tarjeta:	32

Salida digital:

Rango:	85 a 256 VCA
Intensidad de carga (continua) requerida:	2 amperes
Capacidad max. de señales de salida por tarjeta:	16
Tipo:	Triac (con relevador de interposición)

Salida analógica:

Rango:	4-20 mA, 1-5 VCD
Resolución:	12 bits
Exactitud:	<u>±</u> 0.1% del espan máximo
Capacidad max. de señales de salida por tarjeta:	8
Frecuencia de muestreo por canal:	56 mS

3.4.10 Grupo funcional de enlace y control maestro. Se refiere al equipo y programas que permitan establecer la comunicación y el enlace del grupo funcional de control secuencial y de medición de proceso y el grupo funcional de control secuencial de contra incendio a la red principal de área local (LAN), la que comunica al grupo funcional de interface con el usuario y al grupo funcional de interface con el equipo de computo del área administrativa. Así como también soporta las bases de datos, programas y el procesamiento de datos necesario que cubren el alcance que se indica en la "Filosofía de Operación". Este equipo se localizará en el cuarto de control.

Además este grupo funcional cumple con las siguientes especificaciones:

Procesador:

Tipo de procesador:	RISC
Velocidad:	433 Mhz.
Desempeño mínimo:	
<i>SPECint92</i>	116
<i>SPECfp92</i>	131
<i>SPECint95</i>	4.27
<i>SPECfp95</i>	5.09
Memoria ram:	128 MB.
Interface serie:	1 puerto para teclado, 1 puerto para mouse, 2 puertos seriales
Interface SCSI:	Para manejo de disco, DAT, CD Rom.
Interface de comunicación:	1 puerto ethernet 10-base T.
Terminal de operación.	
<i>Monitor:</i>	Cromático de 21" y 64 colores distinguibles
<i>Memoria cache:</i>	2 MB
<i>Teclado</i>	Tipo QWERTY y mouse

Periféricos de almacenamiento magnético:

Capacidad de formateo de disco duro:	4 Gb.
Cantidad de discos duros:	1.
Unidad de cinta SCSI:	8 Gb.
Unidad de disco óptico:	3 1/2 ", 1.44 Mb.

Comunicación:

Controlador de comunicación:	LAN ETHERNET.
Software de comunicación:	TCP / IP
Puerto de comunicación externa:	WAN Router.
Longitud de palabra del procesador:	32 bits.

Periféricos para impresión rígida. Se refiere a las impresoras de matriz de 600 LPM (trabajo pesado) para red, que se utilizarán para la generación de reportes y alarmas, mismas que cumplirán con las siguientes especificaciones:

Motor de impresión:	Matriz de punto por impacto lineal con 24 agujas.
Velocidad de impresión:	480 cps.
Ancho de papel:	3-17.5 pulgadas.
Lenguaje:	DEC ANSI PPL2, IBM Propinter XL24E, Epson ESC/P2
Impresión de caracteres:	8 tipos de fuentes.
Ram:	32 Kb.
Resolución gráfica:	360 * 360 dpi
Tarjeta de red:	Capacidad de conexión a la red mediante puerto serial.
Manejar formas continuas:	Por tractor.
Tamaños de papel soportado:	Carta, oficio, legal, etc.
Funciones especiales para manejo de papel:	Posicionamiento automático de la cabeza de acuerdo al grosor del papel, regreso automático, etc.

Pedestal:		Si.
Puertos:	DEC 423 serial, paralelo bitronics.	
Capacidad de impresión de código de barras:		Si.
Ruido:		56 decibeles típico.
Ancho de carro:		15"
Paso de impresión:	10,12,15,17.1,20 y 24 cpi.	
Capacidad de impresión:		6 tantos.

Software. Se considerará el software necesario para garantizar la funcionalidad de la unidad, tomando en cuenta lo siguiente:

- 1.- Sistema operativo.
- 2.- Drivers de comunicación con el sistema.
- 3.- Librerías para aplicaciones en tiempo real con el sistema.
- 4.- Paquetes de aplicación.
- 5.- Paquetes para programación por usuario.

Software para generación de bases de datos. Aquí se considerará al software que cubra el alcance especificado en la filosofía de operación para la generación de las bases de datos necesarias, así como la elaboración de los reportes administrativos necesarios para la operación y funcionalidad de la terminal de distribución.

Software de control. Este apartado se refiere a los programas necesarios para ejecutar las siguientes funciones:

- a) Configuración en línea.
- b) Configuración fuera de línea.
- c) Operación de la terminal de distribución.
- d) Autodiagnóstico del sistema (software / hardware).
- e) Comunicación.

Software de configuración para:

- a) Asignación de entradas / salidas.
- b) Estrategias de control secuencial.
- c) Generación de gráficos dinámicos.
- d) Generación de sumarios.
- e) Generación de reportes.
- f) Generación de balances.
- g) Generación de índices.

3.4.11 Grupo funcional de interface con el usuario. Se refiere a la unidad electrónica que se ubicará en el edificio administrativo en la oficina del jefe de operación, a los programas (software), y a los periféricos requeridos como medios de comunicación, para que el personal operativo lleve a cabo el monitoreo de la terminal de distribución, al igual que el procesamiento de la información, de acuerdo a las especificaciones indicadas en los siguientes puntos:

Unidad electrónica:

Tipo de procesador:	RISC.
Velocidad:	433 Mhz.
Desempeño:	
<i>SPECint92:</i>	116.
<i>SPECfp92:</i>	131.
<i>SPECint95:</i>	4.27.
<i>SPECfp95:</i>	5.09.
Memoria ram.	128 Mb.
Interface serie:	1 puerto para teclado, 1 puerto para mouse, 2 puertos seriales
Interface SCSI:	Para el manejo de discos DAT, CD Rom.

Terminal de operación:

Monitor. Cromático 21" y 64 colores distinguibles.

Memoria cache: 2 Mb.

Teclado: Tipo QWERTY y mouse.

Interface de comunicación a la red con

los demás grupos funcionales: 2 puertos ethernet.

Periféricos de almacenamiento magnético:

Capacidad de formateo de disco duro: 4 Gb.

Cantidad de discos duros: 1.

Unidad de cinta SCSI: 8 Gb.

Unidad de disco óptico: 3 1/2 ", 1.44 Mb.

Software. Se considerará los programas necesarios para ejecutar las siguientes funciones:

- a) Operación de la terminal de distribución.
- b) Autodiagnóstico del sistema (hardware y software).
- c) Comunicación.
- d) Procesamiento de información.
- e) Generación de la documentación de facturación y reportes administrativos de acuerdo a la filosofía de operación.

Este software debe incluir además:

- 1.- Sistema operativo.
- 2.- Software de configuración para:
 - a) Asignación de entradas / salidas.
 - b) Estrategias de control secuencial.
 - c) Generación de gráficos dinámicos.
 - d) Generación de sumarios.

- e) Generación de reportes.
 - f) Generación de balances.
 - g) Generación de índices.
- 3.- Software para desplegados estándar:
- a) Desplegados de vista general.
 - b) Desplegados de grupo.
 - c) Desplegados de controladores secuenciales.
 - d) Desplegados de tendencias.
 - e) Desplegados de alarmas.
- 4.- Software para autodiagnóstico del sistema.
- 5.- Software para procesamiento de datos.

3.4.12 Grupo funcional de interface con el equipo de computo del área administrativa. Se refiere al hardware y software requeridos para la conexión y funcionalidad de un servidor y una estación de trabajo existentes en el área administrativa con el sistema de control, con el objeto de compartir y transferir información entre la base de datos de ambos sistemas, con las siguientes especificaciones:

Servidor:	Sun esparc server 10.
Sistema operativo:	Sun os 5.3 (Solaris 2.3)
Ram:	96 Mb.
HDD:	2 Gb.
Workstation:	Sparc classic.
Sistema operativo:	Sun os 4.1 Openwin 3.0 (Solaris 1.1).
Ram:	32 Mb.
HDD:	400 Mb.

El software que maneja es Oracle 7.0 RDBMS, Tuxedo 4.2 Transaction manager, CDE de Oracle front end software.

El modo de ejecución será por red con una LAN workstation con protocolo TCP/IP.

En esta área se ubicarán además dos impresoras de matriz de 600 LPM (trabajo pesado) para red, mismas que deben cumplir con las siguientes especificaciones:

Motor de impresión:	Matriz de punto por impacto lineal con 24 agujas.
Velocidad de impresión:	480 cps.
Ancho de papel:	3-17.5 pulgadas.
Lenguaje:	DEC ANSI PPL2, IBM Propinter XL24E, Epson ESC/P2
Impresión de caracteres:	8 tipos de fuentes.
Ram:	32 Kb.
Resolución gráfica:	360 * 360 dpi
Tarjeta de red:	Capacidad de conexión a la red mediante puerto serial.
Manejar formas continuas:	Por tractor.
Tamaños de papel soportado:	Carta, oficio, legal, etc.
Funciones especiales para manejo de papel:	Posicionamiento automático de la cabeza de acuerdo al grosor del papel, regreso automático, etc.
Pedestal:	Si.
Puertos:	DEC 423 serial, paralelo bitronics.
Capacidad de impresión de código de barras:	Si.
Ruido:	56 decibeles típico.
Ancho de carro:	15"
Paso de impresión:	10,12,15,17.1,20 y 24 cpi.
Capacidad de impresión:	6 tantos.

Dentro del edificio administrativo, en la oficina del super intendente, se instalará una unidad electrónica con las siguientes especificaciones:

Tipo de procesador:	RISC.
Velocidad:	433 Mhz.
Desempeño:	
<i>SPECint92:</i>	116.
<i>SPECfp92:</i>	131.
<i>SPECint95:</i>	4.27.
<i>SPECfp95:</i>	5.09.
Memoria ram.	128 Mb.
Interface serie:	1 puerto para teclado, 1 puerto para mouse, 2 puertos seriales
Interface SCSI:	Para el manejo de discos DAT, CD Rom.
Terminal de operación:	
Monitor.	Cromático 21" y 64 colores distinguibles.
<i>Memoria cache:</i>	2 Mb.
<i>Teclado:</i>	Tipo QWERTY y mouse.

3.5 EQUIPO AUXILIAR.

3.5.1 Requerimientos para los gabinetes de integración y protección.

Los gabinetes son las estructuras metálicas que soportan, integran y protegen a todos los dispositivos, unidades, tarjetas electrónicas, ranuras con conectores de interconexión en rack's, fuentes de alimentación y tablillas terminales de interconexión que conforman al sistema.

Estos gabinetes estarán distribuidos por el tipo de servicio que ofrecerán, en la siguiente forma:

Gabinetes de módulos. Los que integrarán las siguientes partes:

- 1.- Unidades del sistema de control secuencial.
- 2.- Tarjetas de entrada/salida.
- 3.- Tarjetas de acondicionamiento de señales.
- 4.- Tarjetas terminales.
- 5.- Tarjetas o módulos de interface de comunicación.
- 6.- Fuentes de alimentación.

Estos gabinetes cumplirán con las siguientes especificaciones:

Tipo de gabinete:	Vertical.
Clasificación:	NEMA 1.
Acceso a gabinetes:	Puertas de acceso frontal y posterior.
Entrada para ductos de alambrado:	Por la parte inferior.
Condiciones ambientales:	
<i>Temperatura:</i>	27 °C.
<i>Humedad:</i>	50 %.

Mobiliario para consola de operación. Este mobiliario integrará y / o soportará las siguientes partes:

- 1.- Unidades electrónicas (procesadores, memoria, periféricos de almacenamiento masivo e interfaces de comunicación).
- 2.- Monitores.
- 3.- Teclados.
- 4.- Impresoras.
- 5.- Dispositivos de control de cursor.
- 6.- Fuente de alimentación.

Este mobiliario cumplirá con las siguientes especificaciones:

Tipo:	Modular.
Clasificación:	NEMA 1.
Condiciones ambientales:	
<i>Temperatura:</i>	27 °C.
<i>Humedad relativa:</i>	50 %.

3.5.2 Requerimientos para el sistema ininterrumpible de energía.

Este sistema será el adecuado para soportar la carga requerida del sistema, por lo que cumplirá con las siguientes especificaciones:

Alimentación:	Entrada a 240 VAC, salida 120 VCA.
Banco de baterías:	30 minutos de respaldo.
Norma de fabricación de gabinete:	NEMA 1.
Acceso para servicio:	Si.
Condiciones ambientales:	
Temperatura:	38 °C.
Humedad relativa:	50 %.
Interruptor estático de transferencia:	Sí.
Interruptor de desvío para mantenimiento:	Sí.
Panel de indicación para voltaje, corriente y frecuencia:	Digital.
Tipo de batería:	Libre de mantenimiento (gel o similar).
Puerto de comunicación hacia el sistema:	RS-232.

3.5.3 Requerimientos para las fuentes de alimentación. El conjunto de gabinetes que forme un subsistema tendrá su fuente de alimentación independiente y soportará la carga requerida por el equipo conectado a los gabinetes.

Estas fuentes serán redundantes y cada una de ellas soportará la carga total, en caso de falla de la fuente principal.

Estas fuentes de alimentación cumplirán con las siguientes especificaciones:

Alimentación: La suministrada por UPS, (120 VAC), con salida de 24VDC.

Protección a corto circuito: Si.

Condiciones ambientales:

Temperatura: 27 °C.

Humedad relativa: 50 %.

3.6 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL.

3.6.1 Grupo funcional de operación y control de válvulas motorizadas, Grupo funcional de medición en área de almacenamiento.

Descripción	Cantidad	Unidad
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M41.	11	pza
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M51.	4	pza
Sensor de temperatura RTD modelo SR5H con termopozo 132B marca Sandelius.	10	pza
Transmisor de nivel tipo servo-operado marca Whessoe Verec modelo 770.	10	pza
Cámara de calibración para transmisor de nivel Whessoe Verec modelo 770.	10	pza
Convertidor de interface de campo Whessoe Verec modelo 8130 RTU con módulos SPC 8203 - RS 485.	1	pza
Transmisor de presión diferencial marca Smar modelo LD301D21.	1	pza
Válvula esférica marca Grove modelo B4, de 6" de diámetro, clase ANSI 300#, extremos bridados RF, trim WSB5.	10	pza
Actuador eléctrico marca Rotork, modelo IQ10B4/IW4R.	4	pza
Actuador eléctrico marca Rotork, modelo IQ12B4/IW8R.	5	pza
Actuador eléctrico marca Rotork, modelo IQ12B4/IW7R.	10	pza
Actuador eléctrico marca Rotork, modelo IQ12B4/IW8R.	5	pza
Actuador eléctrico marca Rotork, modelo IQ10B4/IW5R.	1	pza
Actuador eléctrico marca Rotork, modelo IQ10B4/IW4R.	2	pza
Estación maestra Pakscan marca Rotork.	1	pza

3.6.2 Grupo funcional de medición de producto en área de recibo del LPG ducto

Descripción	Cantidad	Unidad
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M51.	5	pza
Medidor de flujo másico Micrimotion modelo CMF300M356 de 3" ANSI 300#, con transmisor electrónico modelo RFT9739.	2	pza
Computador totalizador de flujo másico Syber Trol modelo STD marca Smith Meter, con módulo de I/O s.	1	pza
Transmisor de presión diferencial marca Smar modelo LD301D21.	2	pza
Válvula de control de flujo marca Fisher 6"-ET-667.	2	pza
Válvula macho no lubricada de doble sello hermético y purga, marca General Valve, diseño Twin Seal, de 10" 600# ANSI RTJ.	1	pza
Interruptor de presión modelo 9L marca Presostei.	1	pza
Interruptor de presión modelo 5L marca Presostei.	2	pza

3.6.3 Grupo funcional de medición de producto en área de envío LPG ducto

Descripción	Cantidad	Unidad
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M51.	1	pza
Transmisor de presión diferencial marca Smar modelo LD301D21.	1	pza
Medidor de flujo másico Micrimotion modelo CMF300M999 de 3" ANSI 600#, con transmisor electrónico modelo RFT9739.	1	pza
Computador totalizador de flujo másico Syber Trol modelo STD marca Smith Meter, con módulo de I/O s.	1	pza
Válvula de control de flujo marca Fisher 4"-ET-667.	1	pza
Válvula macho no lubricada de doble sello hermético y purga, marca General Valve, diseño Twin Seal de 8" 600# ANSI RF.	1	pza

3.6.4 Grupo funcional de medición de producto en área de recibo de refinería

Descripción	Cantidad	Unidad
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M51.	1	pza
Medidor de flujo másico Micrimotion modelo DS600S166, de 6" ANSI 300# RTJ, con transmisor electrónico modelo RFT9739.	1	pza
Computador totalizador de flujo másico Syber Trol modelo STD marca Smith Meter, con módulo de I/O s.	1	pza
Transmisor de presión diferencial marca Smar modelo LD301D21.	1	pza

3.6.5 Grupo funcional del sistema de bombeo

Descripción	Cantidad	Unidad
Interruptor de presión modelo 9L marca Presostei.	3	pza
Interruptor de presión modelo 5L marca Presostei.	13	pza
Selector de tres posiciones (arranque/paro/auto) marca Crouse Hinds modelo MC21273.	6	pza
CHD condulets marca Crouse Hinds.	3	lote
Cable Belden.	2	lote
Cable monopolar THWN marca Latincasa.	1	lote

3.6.6 Grupo funcional de control de llenado

Descripción	Cantidad	Unidad
Válvula de dos pasos operada por solenoide marca Smith Meter modelo 210.	6	pza
Medidor de flujo tipo desplazamiento positivo marca Smith Meter modelo E3-S5.	6	pza
Sensor de temperatura RTD modelo SR5H con termopozo FP432EB 300# RF marca Sandelius.	6	pza
UCL Accuload II modelo ALII marca Smith Meter.	6	pza
Detector de conexión a tierra marca S.T.S modelo G2-25.	6	pza
Indicador de presión marca Ashcroft modelo 45 0/21 Kg / cm ² .	6	pza
Válvula de seguridad ¾"×1" roscada marca Vasesa modelo 80DAAO, con orificio "D" (0.110 plg ²).	6	pza
Válvula esférica de 3" de diámetro, clase ANSI 300# RF, marca Grove modelo B4.	12	pza
Manguera flexible Wilcox No. 4094 de 2" de dia. por 3 m. de long. acoplada con nipples hexagonales machos A1-316 en ambos extremos.	6	pza
Transmisor de densidad marca Solatron modelo 7845; con convertidor Solatron 7945 y barreras de seguridad MTL.	1	pza
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M41.	1	pza
Panel luminoso incandescente marca Visconm modelo 2000.	1	pza

3.6.7 Grupo funcional de control secuencial y de medición del sistema contra incendio

Descripción	Cantidad	Unidad
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M41.	1	pza
Transmisor de presión manométrica marca Smar modelo LD301M51.	1	pza
Detector de mezclas explosivas marca MSA.	64	pza
Detector de flama modelo 20/20LB marca Spectrex.	33	pza
Detector de humo, modelo 7051 y base marca Fenwal.	3	pza
Válvula de control de flujo operada por solenoide (diluvio) de 8", 150# marca Cla-Val modelo 136.	2	pza
Válvula de control de flujo operada por solenoide (diluvio) de 3", 150# marca Cla-Val modelo 136.	2	pza
Interruptor de presión modelo 9L marca Presostei.	10	pza
Unidad hidráulica de potencia marca Flow-Quip modelo DWG.	1	pza
Alarmas sonoras marca Federal Signal modelo 302X, 30 watts.	3	pza
Alarmas luminosas marca Edwards modelo 94, con focos ámbar, rojo, azul y verde.	3	pza
PLC redundante (kit) SIMATIC 565 marca Siemens, que incluye dos bastidores para PLC 560, dos fuentes de alimentación 560 (110/220 VAC, 112.5 W, 1 A de batería de respaldo), dos CPU 560, dos SFCPU 565de 32 bits, dos RCC 560.	1	kit
Kit de tarjeta Hot Backup que incluye dos tarjetas 560 y cable de comunicación de fibra óptica marca Siemens.	1	kit
Bastidor para base remota serie TI505 con 11 slots, redundante, marca Siemens.	6	pza
Fuente de alimentación para base remota, redundante, AC110/220v, N/P 505 marca Siemens.	12	pza
Controlador de base remota (RBC), 505 marca Siemens.	12	pza
Unidad de entrada analógica de 8 canales, 12 bits (DC 0-5v \pm 5v) 0-20 mA N/P 505 marca Siemens.	34	pza
Unidad de entrada digital AC 110v, 32 entradas, N/P 505 marca Siemens.	2	pza
Unidad de salida digital AC 220v, DC24v, 2 amperes, 16 salidas de TRIAC N/P 505 marca Siemens.	6	pza
Módulo de comunicación Nim-Tiway con 2 interfaces redundantes (local line) para TI505, marca Siemens.	2	pza
Módulo basic 28 Kbytes de memoria con N/P 505 marca Siemens.	1	pza

3.6.8 Grupo funcional de control secuencial y de medición

Descripción	Cantidad	Unidad
PLC redundante (kit) SIMATIC 565 marca Siemens, que incluye dos bastidores para PLC 560, dos fuentes de alimentación 560 (110/220 VAC, 112.5 W, 1 A de batería de respaldo), dos CPU 560, dos SFCPU 565 de 32 bits, dos RCC 560.	1	kit
Kit de tarjeta Hot Backup que incluye dos tarjetas 560 y cable de comunicación de fibra óptica marca Siemens.	1	kit
Módulo de expansión de memoria 256 Kw N/P 560.	2	lote
Bastidor para base remota serie TI505 con 11 slots, redundante, marca Siemens.	6	pza
Fuente de alimentación para base remota, redundante, AC110/220v, N/P 505 marca Siemens.	12	pza
Controlador de base remota (RBC), 505 marca Siemens.	12	pza
Unidad de entrada analógica de 8 canales, 12 bits (DC 0-5v/ \pm 5v) 0-20 mA N/P 505 marca Siemens.	20	pza
Unidad de entrada digital AC 110v, 32 entradas, N/P 505 marca Siemens.	6	pza
Unidad de salida digital AC 220v, DC24v, 2 amperes, 16 salidas de TRIAC N/P 505 marca Siemens.	2	pza
Unidad de salida analógica de 8 canales, 12 bits (DC 0-5v/ \pm 5v) 0-20 mA N/P 505 marca Siemens.	2	pza
Módulo de comunicación Nim-Tiway con 2 interfaces redundantes (local line) para TI505, marca Siemens.	2	pza
Módulo basic 28 Kbytes de memoria N/P 505 marca Siemens.	1	pza
Módulo 386/ATM con H.D. de 120 Mb, N/P 505-ATM marca Siemens.	4	pza
Módulo Unilink Host Adapter (UHA) N/P 505 marca Siemens.	2	pza

3.6.9 Grupos funcionales de enlace y control maestro, de interface con usuario y de interface con el equipo de computo del área administrativa (SITEDI)

Descripción	Cantidad	Unidad
Estación de trabajo personal Workstation 433 NT, marca Digital, Procesador RISC 433Mhz, 128 Mb de ram, HD Ultra de 4.03Gb, monitor de 21" SVGA 1600x1200, acelerador gráfico Power Storm 3D, CD Rom de 600 MB 12 X, tarjeta de red 107100 Base t, mouse, floppy 1.44 MB, kit Windows NT 4.0, adaptador ultra wide, 2 puertos seriales y 1 paralelo, controlador de audio, fuente de poder 300W, unidad de cinta DAT interna 4/8 Gb, fax modem 28.8 Kbps.	4	pza
Impresora de matriz marca Digital modelo LA400-A2.	4	pza
Accesorios de comunicación:		
Line Share RS-232 marca Black Box (difusor de modem).	2	pza
Concentradores de red 8 puertos UTP, 1 F.O. marca Black Box.	6	pza
Fibra óptica marca Siecor.	600	metros
Conectores de fibra óptica marca Siecor.	24	pza
Cables y conectores.	1	lote
WAN Router modelo 10 Base-T, marca Black Box.	2	pza
Convertidor de medio F.O./UTP marca Black Box.	2	pza
Convertidores RS-232/485 marca B&B modelo 485.	3	pza
Tarjeta multipuertos marca Black Box.	2	pza
Switch de impresión inteligente marca Black Box.	1	pza
Licencias de software :		
Windows NT workstation 4.0	4	licencia
S/3 Server 500.	1	licencia
S/3 1KDB.	6	licencia
S/3 Console AXP.	2	licencia
S/3 Server 500RT.	1	licencia
Software para configuración del PLC, TISOFT para 500/505.	1	licencia
Oracle.	1	licencia

3.6.10 Equipo auxiliar

Descripción	Cantidad	Unidad
Gabinetes verticales marca GCNH, para rack de 19".	1	lote
Materiales y accesorios implicados para el armado y conexionado de gabinetes y consolas:		
Clemas y accesorios Legrand.	2	lote
Termocontráctil.	2	lote
Relevador marca Potter & Brumfield.	1	lote
Aisladores para barra de tierra y accesorios.	2	lote
Cable para transmisión de datos.	1	lote
Interruptores termomagnéticos.	1	lote
Resistores Dale ¼ w.	1	lote
Placas de Lamicoid diferentes textos.	1	lote
Consola para operadores marca Amco.	1	lote
Sillones ejecutivos marca PM Steele.	4	pza
Mesas para impresora marca DEC.	2	pza
Fuente de alimentación marca Sitop modelo 6EP1334.	2	pza
Fuente de alimentación marca Lambda modelo LFS-47.	2	pza
UPS marca Best Power Ferrups modelo FE10KVA.	1	pza
UPS marca Best Power Ferrups modelo FE12.5KVA.	1	pza
UPS marca Best Power Ferrups modelo FE2.1KVA.	1	pza
Materiales y accesorios para los instrumentos y equipos a suministrar, así como para los existentes:		
Empaques marca Flexitallic.	3	lote
Niples.	1	lote
Ángulos y placas.	1	lote
Conectores de acero inoxidable marca Swagelock.	2	lote
Espárragos.	2	lote
Barrenanclas marca Hilti.	1	lote
Válvulas de compuerta y aguja marca Walworth.	1	lote
Tubing marca Parker.	1	lote
Tees, bridas, reducciones y tapones, manifold, coples, codos, sockolets, thredolets, tubería, y tapón cachucha.	2	lote
Abrazaderas tipo "U" para tubería de 3"	4	pza
Brida cuello soldable de 4" ced, 80 600 R.F.	3	pza
Laminas de acero al carbón cal. 14.	1	lote
Materiales y accesorios eléctricos para instrumentos y equipos:		
Cable marca Belden.	1	lote
Cable monopolar THWN marca Latincasa	1	lote
Tubería conduit, tuercas unión, codos, condulets.	1	lote

3.7 LISTA DE INSTRUMENTOS

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
1	LTT-119	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-119	0-20 m
2	LTT-120	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-120	0-20 m
3	LTT-121	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-121	0-20 m
4	LTT-122	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-122	0-20 m
5	LTT-123	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-123	0-20 m
6	LTT-125	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-125	0-20 m
7	LTT-127	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-127	0-20 m
8	LTT-128	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-128	0-20 m
9	LTT-129	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-129	0-20 m
10	LTT-130	Medidor transmisor de nivel.	Whessoe-Varec 770	Esfera TE-130	0-20 m
11	PI-15	Indicador de presión.	Ashcroft 45-0/21 Kg/cm ² .	Llenadera 15 3"-LPG-015-TIC	0-21 Kg/cm ²
12	PI-16	Indicador de presión.	Ashcroft 45-0/21 Kg/cm ² .	Llenadera 16 3"-LPG-016-TIC	0-21 Kg/cm ²
13	PI-17	Indicador de presión.	Ashcroft 45-0/21 Kg/cm ² .	Llenadera 17 3"-LPG-017-TIC	0-21 Kg/cm ²
14	PI-18	Indicador de presión.	Ashcroft 45-0/21 Kg/cm ² .	Llenadera 18 3"-LPG-018-TIC	0-21 Kg/cm ²
15	PI-19	Indicador de presión.	Ashcroft 45-0/21 Kg/cm ² .	Llenadera 19 3"-LPG-019-TIC	0-21 Kg/cm ²

16	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
17	PI-20	Indicador de presión.	Ashcroft 45-0/21 Kg/cm ² .	Llenadera 20 3"-LPG-020-T1C	0-21 Kg/cm ²
18	PIT-119	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-119	0-25 Kg/cm ²
19	PIT-120	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-120	0-25 Kg/cm ²
20	PIT-122	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-122	0-25 Kg/cm ²
21	PIT-123	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-123	0-25 Kg/cm ²
22	PIT-125B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-125	0-25 Kg/cm ²
23	PIT-121B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-121	0-25 Kg/cm ²
24	PIT-127B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-127	0-25 Kg/cm ²
25	PIT-128B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-128	0-25 Kg/cm ²
26	PIT-129B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-129	0-25 Kg/cm ²
27	PIT-130B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Esfera TE-130	0-25 Kg/cm ²
28	PIT-2001	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Cabezal de desfogue 10"-RE-2003-T1D	6-253 Kg/cm ²
29	PIT-2002	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Cabezal de desfogue reg. 1 10"-RE-2008-T1D	6-253 Kg/cm ²
30	PIT-2003	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Cabezal de desfogue reg. 2 10"-RE-2008-T1D	6-253 Kg/cm ²
31	PIT-2004	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Cabezal de desfogue reg. 3 10"-RE-2008-T1D	6-253 Kg/cm ²
32	PIT-2005	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Recibo/envío del LPG-ducto 10"-LPG-2001-T1D	6-253 Kg/cm ²

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
33	PIT-2009	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Cabezal almacenamiento 10"-LPG-2002-T1C	0-25 Kg/cm ²
34	PIT-2011A	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Recibo del LPG-ducto 1a Reg. tren 1 10"-LPG-2004-T1D	6-253 Kg/cm ²
35	PIT-2011B	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Recibo del LPG-ducto 1a Reg. tren 2 10"-LPG-2008-T1D	6-253 Kg/cm ²
36	PIT-2100	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Recibo del LPG-ducto 2 Reg. tren 1 10"-LPG-2005-T1C	6-253 Kg/cm ²
37	PIT-2101	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Recibo del LPG-ducto 2 Reg. tren 2 10"-LPG-2009-T1C	6-253 Kg/cm ²
38	PIT-2028	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Envío al LPG-ducto. 8"-LPG-2059-T1D	6-253 Kg/cm ²
39	PIT-2029	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Recibo de refinería. 8"-P-5191-T1C	6-253 Kg/cm ²
40	PIT-1	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M51	Sistema hidráulico (Cabezal)	6-253 Kg/cm ²
41	PIT-2	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Sistema contraincendio	0-25 Kg/cm ²
42	PIT-3	Transmisor indicador de presión	Smar LD301M41	Área de llenaderas Cabezal llenaderas	0-25 Kg/cm ²
43	PDIT-2006A	Transmisor indicador de presión diferencial	Smar LD301D21	Recibo del LPG-ducto (filtro de carga de LPG FD-200A) 10"-LPG-2001-T1D	5-200 in H ₂ O
44	PDIT-2006B	Transmisor indicador de presión diferencial	Smar LD301D21	Recibo del LPG-ducto (filtro de carga de LPG FD-200B) 10"-LPG-2006-T1D	5-200 in H ₂ O
45	PDIT-2007	Transmisor indicador de presión diferencial	Smar LD301D21	Recibo de refinería (filtro de carga de LPG FA-201A) 8"-RE-2058-T1C	5-200 in H ₂ O
46	PDIT-2008	Transmisor indicador de presión diferencial	Smar LD301D21	Envío al LPG-ducto (filtros de carga FD-2008A/B) 8"-LPG-2011-T1D	5-200 in H ₂ O

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
47	FT-2001	Transmisor presión diferencial	Smar LD301D21	Medición de flujo de desfogue 10"-RE-2001-T1B	5-200 in H ₂ O
48	TT-119	Transmisor de temperatura		Esfera TE-119	0-100 °C
49	ET-119	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-119	0-100 °C
50	TT-120	Transmisor de temperatura		Esfera TE-120	0-100 °C
51	ET-120	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-120	0-100 °C
52	TT-122	Transmisor de temperatura		Esfera TE-122	0-100 °C
53	ET-122	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-122	0-100 °C
54	TT-123	Transmisor de temperatura		Esfera TE-123	0-100 °C
55	ET-123	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-123	0-100 °C
56	TT-125A	Transmisor de temperatura		Esfera TE-125	0-100 °C
57	ET-125A	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-125	0-100 °C
58	TT-121A	Transmisor de temperatura		Esfera TE-121	0-100 °C
59	ET-121	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-121	0-100 °C
60	TT-127B	Transmisor de temperatura		Esfera TE-127	0-100 °C
61	ET-127A	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-127	0-100 °C
62	TT-128A	Transmisor de temperatura		Esfera TE-128	0-100 °C
63	ET-128A	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-128	0-100 °C
64	TT-129A	Transmisor de temperatura		Esfera TE-129	0-100 °C
65	ET-129A	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-129	0-100 °C
66	TT-130A	Transmisor de temperatura		Esfera TE-130	0-100 °C
67	ET-130A	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandelius SR5H	Fondo esfera TE-130	0-100 °C

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
68	FV-2004A	Válvula de control de flujo en el tren de medición 1	Fisher 6"-ET-667	Área de recibo del LPG-ducto 10"-LPG-2005-T1C	1460 GPM
69	FV-2004B	Válvula de control de flujo en el tren de medición 2	Fisher 6"-ET-667	Área de recibo del LPG-ducto 10"-LPG-2009-T1C	1460 GPM
70	FV-2005	Válvula de control de flujo en línea de envío	Fisher 4"-ET-667	Área de envío del LPG-ducto 8"-LPG-2011-T1D	1460 GPM
71	MFM-2004A	Medidor de flujo masico	Micromotion CMF300M356	Recibo LPG-ducto tren 1 10"-LPG-2005-T1C	_____
72	FT-2004A	Transmisor	Micromotion RFT9739	Área de recibo de LPG-ducto	_____
73	MFM-2004B	Medidor de flujo masico	Micromotion CMF300M356	Recibo LPG-ducto tren 2 10"-LPG-2009-T1C	_____
74	FT-2004B	Transmisor	Micromotion RFT9739	Área recibo de LPG-ducto	_____
75	MFM-2005	Medidor de flujo masico	Micromotion CMF300M999	Área envío al LPG-ducto 8"-LPG-2059-T1D	_____
76	FT-2005	Transmisor	Micromotion RFT9739	Área de envío de LPG-ducto	_____
77	MFM-2006	Medidor de flujo masico	Micromotion DS600S166	Área de recibo de refinera 8"-RE-2052-T1C	_____
78	FT-2006	Transmisor	Micromotion RFT9739	Área de recibo de refinera	_____
79	TD/TT-1	Densidad de LPG en cabezal de llenaderas	Solatron 7845	Área de llenaderas 1"-300#	0-3 g/cm ³
80		Convertidor	Solatron 7945	Cuarto de control	_____
81	VOE-2001	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ10B4/IW5R	Recibo LPG-Ducto 10"-LPG-2001-T1D	_____
82	VOE-2002	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ10B4/IW4R	Inyección LPG-Ducto 8"-LPG-2011-T1D	_____
83	VOE-119A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-119 18"-RE-5012A-T1B	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
84	VOE-120A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-120 18"-RE-5012B-T1B	_____
85	VOE-121A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-121 18"-P-5136-T1C	_____
86	VOE-122A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-122 18"-P-5114-T1C	_____
87	VOE-123A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-123 18"-P-5121-T1C	_____
88	VOE-125A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-125 16"-P-5302-T1C	_____
89	VOE-127A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-127 16"-P-5321-T1C	_____
90	VOE-128A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-128 16"-P-5345-T1C	_____
91	VOE-129A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-129 16"-P-5337-T1C	_____
92	VOE-130A	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW8R	Entrada de esfera TE-130 16"-P-5329-T1C	_____
93	VOE-119B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-119 20"-P-5151-T1C	_____
94	VOE-120B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-120 20"-P-5142-T1C	_____
95	VOE-121B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-121 20"-P-5135-T1C	_____
96	VOE-122B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-122 20"-P-5117-T1C	_____
97	VOE-123B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-123 20"-P-5124-T1C	_____
98	VOE-125B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-125 20"-P-5303-T1C	_____
99	VOE-127B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-127 20"-P-5319-T1C	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
100	VOE-128B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-128 20"-P-5342-T1C	_____
101	VOE-129B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-129 20"-P-5334-T1C	_____
102	VOE-130B	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ12B4/IW7R	Salida de esfera TE-130 20"-P-5328-T1C	_____
103	VOE-125C	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ10B4/IW4R	Entrada esfera TE-125 8"-P-5298-T1C	_____
104	VOE-128C	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ10B4/IW4R	Entrada esfera TE-128 8"-P-5341-T1C	_____
105	VOE-129C	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ10B4/IW4R	Entrada esfera TE-129 8"-P-5333-T1C	_____
106	VOE-130C	Válvula operada eléctricamente	Rotork IQ10B4/IW4R	Entrada esfera TE-130 8"-P-5325-T1C	_____
107	VOS-15	Válvula de control de flujo operada por solenoides	Smith Meter 210	Llenadera 15 3"-LPG-015-T1C	0-300 GPM
108	VOS-16	Válvula de control de flujo operada por solenoides	Smith Meter 210	Llenadera 16 3"-LPG-016-T1C	0-300 GPM
109	VOS-17	Válvula de control de flujo operada por solenoides	Smith Meter 210	Llenadera 17 3"-LPG-017-T1C	0-300 GPM
110	VOS-18	Válvula de control de flujo operada por solenoides	Smith Meter 210	Llenadera 18 3"-LPG-018-T1C	0-300 GPM
111	VOS-19	Válvula de control de flujo operada por solenoides	Smith Meter 210	Llenadera 19 3"-LPG-019-T1C	0-300 GPM
112	VOS-20	Válvula de control de flujo operada por solenoides	Smith Meter 210	Llenadera 20 3"-LPG-020-T1C	0-300 GPM
113	EFDP/TF-15	Medidor transmisor de flujo de desplazamiento positivo	Smith Meter E3-S5	Llenadera 15 3"-LPG-015-T1C	50-425 GPM
114	EFDP/TF-16	Medidor transmisor de flujo de desplazamiento positivo	Smith Meter E3-S5	Llenadera 16 3"-LPG-016-T1C	50-425 GPM
115	EFDP/TF-17	Medidor transmisor de flujo de desplazamiento positivo	Smith Meter E3-S5	Llenadera 17 3"-LPG-017-T1C	50-425 GPM

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
116	EFD/TF-18	Medidor transmisor de flujo de desplazamiento positivo	Smith Meter E3-S5	Llenadera 18 3"-LPG-018-T1C	50-425 GPM
117	EFD/TF-19	Medidor transmisor de flujo de desplazamiento positivo	Smith Meter E3-S5	Llenadera 19 3"-LPG-019-T1C	50-425 GPM
118	EFD/TF-20	Medidor transmisor de flujo de desplazamiento positivo	Smith Meter E3-S5	Llenadera 20 3"-LPG-020-T1C	50-425 GPM
119	ET-15	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandeliuss SR5H	Llenadera 15 3"-LPG-015-T1C	0-100 °C
120	ET-16	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandeliuss SR5H	Llenadera 16 3"-LPG-016-T1C	0-100 °C
121	ET-17	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandeliuss SR5H	Llenadera 17 3"-LPG-017-T1C	0-100 °C
122	ET-18	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandeliuss SR5H	Llenadera 18 3"-LPG-018-T1C	0-100 °C
123	ET-19	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandeliuss SR5H	Llenadera 19 3"-LPG-019-T1C	0-100 °C
124	ET-20	Elemento sensor de temperatura tipo RTD	Sandeliuss SR5H	Llenadera 20 3"-LPG-020-T1C	0-100 °C
125	PSH-2000	Interruptor de alta presión	Presosteis 9L	Recibo/envío LPG-ducto 10"-LPG-2001-T1D	14-105 Kg/cm ²
126	PSH-2009A	Interruptor de alta presión tren 1	Presosteis 5L	Recibo del LPG-ducto 10"-LPG-2005-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
127	PSH-2009B	Interruptor de alta presión tren 2	Presosteis 5L	Recibo/envío LPG-ducto 10"-LPG-2009-T1D	1.75-42 Kg/cm ²
128	PSH-10	Interruptor de alta presión en BA-10	Presosteis 5L	Casa de bombas 12"-P-5238-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
129	PSL-10	Interruptor de baja presión en BA-10	Presosteis 5L	Casa de bombas 12"-P-5238-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
130	PSH-11	Interruptor de alta presión en BA-11	Presosteis 5L	Casa de bombas 12"-P-5240-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
131	PSL-11	Interruptor de baja presión en BA-11	Presosteis 5L	Casa de bombas 12"-P-5240-T1C	1.75-42 Kg/cm ²

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
132	PSH-12	Interruptor de alta presión en BA-12	Presostei 5L	Casa de bombas 12"-P-5242-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
133	PSL-12	Interruptor de baja presión en BA-12	Presostei 5L	Casa de bombas 12"-P-5242-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
134	PSH-13	Interruptor de alta presión en BA-13	Presostei 5L	Casa de bombas	1.75-42 Kg/cm ²
135	PSL-13	Interruptor de baja presión en BA-13	Presostei 5L	Casa de bombas	1.75-42 Kg/cm ²
136	PSH-14	Interruptor de alta presión en BA-14	Presostei 5L	Casa de bombas	1.75-42 Kg/cm ²
137	PSL-14	Interruptor de baja presión en BA-14	Presostei 5L	Casa de bombas	1.75-42 Kg/cm ²
138	PSH-15	Interruptor de alta presión en BA-15	Presostei 9L	Casa de bombas 8"-LPG-2011-T1C	14-105 Kg/cm ²
139	PSL-15	Interruptor de baja presión en BA-15	Presostei 5L	Casa de bombas 6"-LPG-2012-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
140	PSH-16	Interruptor de alta presión en BA-16	Presostei 9L	Casa de bombas 8"-LPG-2013-T1C	14-105 Kg/cm ²
141	PSL-16	Interruptor de baja presión en BA-16	Presostei 5L	Casa de bombas 6"-LPG-2014-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
142	PSH-17	Interruptor de alta presión en BA-17	Presostei 9L	Casa de bombas 8"-LPG-2015-T1C	14-105 Kg/cm ²
143	PSL-17	Interruptor de baja presión en BA-17	Presostei 5L	Casa de bombas 6"-LPG-2016-T1C	1.75-42 Kg/cm ²
144	PSL-119	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 119	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5194C-T1D	14-105 Kg/cm ²
145	PSL-120	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 120	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5194C-T1D	14-105 Kg/cm ²
146	PSL-121	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 121	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5194B-T1D	14-105 Kg/cm ²
147	PSL-122	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 122	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5194D-T1D	14-105 Kg/cm ²

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
148	PSL-123	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 123	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5364-T1D	14-105 Kg/cm ²
149	PSL-125	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 125	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-----T1D	14-105 Kg/cm ²
150	PSL-127	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 127	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5382-T1D	14-105 Kg/cm ²
151	PSL-128	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 128	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5391-T1D	14-105 Kg/cm ²
152	PSL-129	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 129	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5400-T1D	14-105 Kg/cm ²
153	PSL-130	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 130	Presostei 9L	Área de almacenamiento 1"-ASP-5409-T1D	14-105 Kg/cm ²
154	DT-15	Detector de conexión a tierra	S.T.S G2-25	Llenadera 15	5 amperes
155	DT-16	Detector de conexión a tierra	S.T.S G2-25	Llenadera 16	5 amperes
156	DT-17	Detector de conexión a tierra	S.T.S G2-25	Llenadera 17	5 amperes
157	DT-18	Detector de conexión a tierra	S.T.S G2-25	Llenadera 18	5 amperes
158	DT-19	Detector de conexión a tierra	S.T.S G2-25	Llenadera 19	5 amperes
159	DT-20	Detector de conexión a tierra	S.T.S G2-25	Llenadera 20	5 amperes
160	UCL-1	UCL para medidor de flujo masico tipo coriolis recibo LPG-ducto	Smith Meter STD	Cuarto de control	_____
161	UCL-2	UCL para medidor de flujo masico tipo coriolis envío LPG-ducto	Smith Meter STD	Cuarto de control	_____
162	UCL-3	UCL para medidor de flujo masico tipo coriolis recibo refinería	Smith Meter STD	Cuarto de control	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
163	UCL- 15	UCL para llenaderas de autotanques	Smith Meter ALII	Llenadera- 15	_____
164	UCL- 16	UCL para llenaderas de autotanques	Smith Meter ALII	Llenadera- 16	_____
165	UCL- 17	UCL para llenaderas de autotanques	Smith Meter ALII	Llenadera- 17	_____
166	UCL- 18	UCL para llenaderas de autotanques	Smith Meter ALII	Llenadera- 18	_____
167	UCL- 19	UCL para llenaderas de autotanques	Smith Meter ALII	Llenadera- 19	_____
168	UCL-20	UCL para llenaderas de autotanques	Smith Meter ALII	Llenadera- 20	_____
169	DG-110	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
170	DG-111	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
171	DG-112	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
172	DG-113	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
173	DG-114	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
174	DG-115	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
175	DG-116	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
176	DGS-125	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
177	DGI-125	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
178	DG-117	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Casa de bombas	0-100% L.E.L
179	DGC-125A	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
180	DGC-126	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
181	DGC-126*	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
182	DGC-127	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
183	DGS-126	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
184	DGI-126	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
185	DGS-127	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
186	DGI-127	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
187	DGS-128	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
188	DGI-128	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
189	DGP-128	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
190	DGC-128	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
191	DGC-129	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
192	DGC-130*	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
193	DGC-130B	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
194	DGS-129	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
195	DGI-129	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
196	DGP-129	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
197	DGS-130	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
198	DGI-130	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
199	DGP-130	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
200	DGO-130	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique norte	0-100% L.E.L
201	DGS-119	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
202	DGI-119	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
203	DGC-119A	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
204	DGC-119B	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
205	DGC-120	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
206	DGC-121	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
207	DGS-120	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
208	DGI-120	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
209	DGS-121	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
210	DGI-121	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
211	DGS-122	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
212	DGI-122	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
213	DGP-122	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
214	DGC-122	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
215	DGC-123	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
216	DGC-124A	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
217	DGC-124B	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
218	DGS-123	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
219	DGI-123	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
220	DGP-123	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
221	DGS-124	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
222	DGI-124	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
223	DGP-124	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
224	DGO-121	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Almacenamiento dique sur	0-100% L.E.L
225	DG-101	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Recibo y medición	0-100% L.E.L
226	DG-102	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Recibo y medición	0-100% L.E.L
227	DG-103	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Recibo y medición	0-100% L.E.L
228	DG-104	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Recibo y medición	0-100% L.E.L
229	DG-105	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Cabezal de desfogue del LPG-ducto	0-100% L.E.L
230	DG-106	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Cabezal de desfogue del LPG-ducto	0-100% L.E.L

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
231	DG-107	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Envío a LPG-ducto	0-100% L.E.L
232	DG-108	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Envío a LPG-ducto	0-100% L.E.L
233	DG-109	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Recibo de refinería	0-100% L.E.L
234	DG-15	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Llenadera 15	0-100% L.E.L
235	DG-16	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Llenadera 16	0-100% L.E.L
236	DG-17	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Llenadera 17	0-100% L.E.L
237	DG-18	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Llenadera 18	0-100% L.E.L
238	DG-19	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Llenadera 19	0-100% L.E.L
239	DG-20	Detector de mezclas explosivas	M.S.A 487815	Llenadera 20	0-100% L.E.L
240	DF-110	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Casa de bombas 3	_____
241	DF-113	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Casa de bombas 3	_____
242	DF-114	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Casa de bombas 3	_____
243	DF-117	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Casa de bombas 3	_____
244	DF-125	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique norte Esfera TE-125	_____
245	DF-125*	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Rack de líneas norte	_____
246	DF-126	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique norte Esfera TE-126	_____
247	DF-127	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique norte Esfera TE-127	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
248	DF-128	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique norte Esfera TE-128	_____
249	DF-128A	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Rack de líneas norte	_____
250	DF-129	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique norte Esfera TE-129	_____
251	DF-130	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique norte Esfera TE-130	_____
252	DF-119	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique sur Esfera TE-119	_____
253	DF-119A	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Rack de líneas sur	_____
254	DF-120	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique sur Esfera TE-120	_____
255	DF-121	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique sur Esfera TE-121	_____
256	DF-122	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique sur Esfera TE-122	_____
257	DF-122A	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Rack de líneas sur	_____
258	DF-123	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique sur Esfera TE-123	_____
259	DF-124	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Almacenamiento dique sur Esfera TE-124	_____
260	DF-101	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Recibo y medición	_____
261	DF-102	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Recibo y medición	_____
262	DF-103	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Envío a LPG-ducto	_____
263	DF-104	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Envío a LPG-ducto	_____
264	DF-109	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Recibo de refinería	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
265	DF-15	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Llenadera 15	_____
266	DF-16	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Llenadera 16	_____
267	DF-17	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Llenadera 17	_____
268	DF-18	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Llenadera 18	_____
269	DF-19	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Llenadera 19	_____
270	DF-20	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Llenadera 20	_____
271	DF-300	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Casa de bombas criogénicas	_____
272	DF-301	Detector de fuego	Spectrex 20/20LB	Casa de compresoras	_____
273	DH-2000	Detector de humo	Fenwal 7051	Cuarto de control	_____
274	DH-2001	Detector de humo	Fenwal 7051	Cuarto de control	_____
275	DH-2002	Detector de humo	Fenwal 7051	Oficina administrativa	_____
276	VAC-1	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Recibo y medición	_____
277	VAC-2	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Recibo y medición	_____
278	VAC-3	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Casa de bombas	_____
279	VAC-4	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Recibo de refinería	_____
280	VAC-5	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Llenaderas de auto tanques	_____
281	VAC-6	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Llenaderas de auto tanques	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
282	VAC-7	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Recibo de refinera	_____
283	VAC-119	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique sur	_____
284	VAC-120	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique sur	_____
285	VAC-121	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique sur	_____
286	VAC-122	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique sur	_____
287	VAC-123	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique sur	_____
288	VAC-124	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique sur	_____
289	VAC-125	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique norte	_____
290	VAC-126	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique norte	_____
291	VAC-127	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique norte	_____
292	VAC-128	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique norte	_____
293	VAC-129	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique norte	_____
294	VAC-130	Válvula de agua contraincendio	Claval 136	Almacenamiento dique norte	_____
295	VS-15	Válvula de seguridad	Vasesa 80DAAO	Llenadera 15 3"-LPG-015-T1C	_____
296	VS-16	Válvula de seguridad	Vasesa 80DAAO	Llenadera 16 3"-LPG-016-T1C	_____
297	VS-17	Válvula de seguridad	Vasesa 80DAAO	Llenadera-17 3"-LPG-017-T1C	_____
298	VS-18	Válvula de seguridad	Vasesa 80DAAO	Llenadera-18 3"-LPG-018-T1C	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
299	VS-19	Válvula de seguridad	Vasesa 80DAAO	Llenadera-19 3"-LPG-019-TIC	_____
300	VS-20	Válvula de seguridad	Vasesa 80DAAO	Llenadera-20 3"-LPG-020-TIC	_____
301	VM-119	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 119 6"-300#	_____
302	VM-120	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 120 6"-300#	_____
303	VM-121	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 121 6"-300#	_____
304	VM-122	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 122 6"-300#	_____
305	VM-123	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 123 6"-300#	_____
306	VM-125	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 125 6"-300#	_____
307	VM-127	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 127 6"-300#	_____
308	VM-128	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 128 6"-300#	_____
309	VM-129	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 129 6"-300#	_____
310	VM-130	Válvula esférica manual	Grove BA-6"-300#	Esfera 130 6"-300#	_____
311	VM-15A	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.15 3"-LPG-015-TIC	_____
312	VM-16A	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.16 3"-LPG-016-TIC	_____
313	VM-17A	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.17 3"-LPG-017-TIC	_____
314	VM-18A	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.18 3"-LPG-018-TIC	_____
315	VM-19A	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.19 3"-LPG-019-TIC	_____

#	Tag	Descripción	Marca Modelo	Ubicación	Rango
316	VM-20A	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.20 3"-LPG-020-T1C	_____
317	VM-15B	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.15 3"-LPG-015-T1C	_____
318	VM-16B	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.16 3"-LPG-016-T1C	_____
319	VM-17B	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.17 3"-LPG-017-T1C	_____
320	VM-18B	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.18 3"-LPG-018-T1C	_____
321	VM-19B	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.19 3"-LPG-019-T1C	_____
322	VM-20B	Válvula esférica manual	Grove BA-3"-300#	Llenadera No.20 3"-LPG-020-T1C	_____
323	AS-1	Alarma sonora	Federal Signal 302-X	Almacenamiento dique sur	_____
324	AS-2	Alarma sonora	Federal Signal 302-X	Almacenamiento dique norte	_____
325	AS-3	Alarma sonora	Federal Signal 302-X	Recibo y medición	_____
326	AL-1	Alarma visible	Edwards 94DV2A, 94DV2R, 94DV2B, 94DV2G	Almacenamiento dique sur	_____
327	AL-2	Alarma visible	Edwards 94DV2A, 94DV2R, 94DV2B, 94DV2G	Almacenamiento dique norte	_____
328	AL-3	Alarma visible	Edwards 94DV2A, 94DV2R, 94DV2B, 94DV2G	Recibo y medición	_____
329	UHP-1	Unidad hidráulica de potencia	Flow-Quip DWG	Sistema hidráulico	_____

3.8 ASIGNACIÓN DE ENTRADAS Y SALIDAS.

3.8.1 Unidades de entradas y salidas de proceso.

Entradas analógicas de proceso

Tag	Descripción	Ubicación	E.A.
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 1		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 1	
TD/TT-1	Densidad de LPG en cabezal de llenaderas	Area de llenaderas	1
PIT-3	Presión cabezal de llenaderas	Area de llenaderas	1
PIT-119	Presión en esfera TE-119	Area de almacenamiento	1
PIT-120	Presión en esfera TE-120	Area de almacenamiento	1
PIT-121B	Presión en esfera TE-121	Area de almacenamiento	1
PIT-122	Presión en esfera TE-122	Area de almacenamiento	1
PIT-123	Presión en esfera TE-123	Area de almacenamiento	1
PIT-125B	Presión en esfera TE-125	Area de almacenamiento	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 2		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 2	
PIT-127B	Presión en esfera TE-127	Area de almacenamiento	1
PIT-128B	Presión en esfera TE-128	Area de almacenamiento	1
PIT-129B	Presión en esfera TE-129	Area de almacenamiento	1
PIT-130B	Presión en esfera TE-130	Area de almacenamiento	1
TT-119	Domo de la esfera TE-119	Area de almacenamiento	1
TT-120	Domo de la esfera TE-120	Area de almacenamiento	1
TT-121	Domo de la esfera TE-121	Area de almacenamiento	1
TT-122	Domo de la esfera TE-122	Area de almacenamiento	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 3		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 3	
TT-123	Domo de la esfera TE-123	Area de almacenamiento	1
TT-125A	Domo de la esfera TE-125	Area de almacenamiento	1
TT-127A	Domo de la esfera TE-127	Area de almacenamiento	1
TT-128A	Domo de la esfera TE-128	Area de almacenamiento	1
TT-129A	Domo de la esfera TE-129	Area de almacenamiento	1
TT-130A	Domo de la esfera TE-130	Area de almacenamiento	1
PIT-2001	Presión cabezal de desfogue	Area de recibo/envío del LPG-ducto	1
PIT-2002	Presión cabezal de desfogue reg. 1	Area de recibo/envío del LPG-ducto	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 4		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 4	
PIT-2003	Presión cabezal de desfogue reg. 2	Area de recibo/envío del LPG-ducto	1
PIT-2004	Presión cabezal de desfogue reg. 3	Area de recibo/envío del LPG-ducto	1
FT-2001	Flujo desfogue	Area de recibo/envío del LPG-ducto	1
PIT-4	Presión de aire de instrumentos	Suministro de aire	1
FV-2004A	Válvula de control de flujo tren 1	Area de recibo de LPG-ducto	1
FV-2004B	Válvula de control de flujo tren 2	Area de recibo de LPG-ducto	1
FV-2005	Válvula de control de flujo	Area de envío de LPG-ducto	1
PIT-2005	Presión LPG en patín de medición	Area recibo/envío LPG-ducto	1

Tag	Descripción	Ubicación	E.A.
UNIDAD ACTIVA: base 0. slot 5		UNIDAD DE RESPALDO: base 1. slot 5	
PIT-2009	Presión cabezal de almacenamiento	Area almacenamiento	1
PDIT-2006A	Presión diferencial en filtro de carga FC-2000A	Area recibo LPG-ducto	1
PDIT-2006B	Presión diferencial en filtro de carga FC-2000B	Area recibo LPG-ducto	1
PIT-2011A	Presión en tren 1 regulación 1	Area recibo LPG-ducto	1
PIT-2011B	Presión en tren 2 regulación 1	Area recibo LPG-ducto	1
PDIT-2008	Presión diferencial en filtro de carga de LPG	Area de envío de LPG-Ducto	1
PDIT-2007	Presión diferencial en filtro de carga	Area de recibo de refineria	1
TD/TT-1	Temperatura de LPG en cabezal llenaderas	Area de llenaderas	1
UNIDAD ACTIVA: base 0. slot 6		UNIDAD DE RESPALDO: base 1. slot 6	
Reserva	Entradas analógicas de reserva	Proceso	8
UNIDAD ACTIVA: base 0. slot 7		UNIDAD DE RESPALDO: base 1. slot 7	
Reserva	Entradas analogicas de reserva	Proceso	8
UNIDAD ACTIVA: base 2. slot 1		UNIDAD DE RESPALDO: base 5. slot 1	
Reserva	Entradas analogicas de reserva	Proceso	8
UNIDAD ACTIVA: base 2. slot 2		UNIDAD DE RESPALDO: base 5. slot 2	
Reserva	Entradas analogicas de reserva	Proceso	8
UNIDAD ACTIVA: base 2. slot 3		UNIDAD DE RESPALDO: base 2. slot 4	
Reserva	Entradas analogicas de reserva	Proceso	8
Cantidad de señales utilizadas =			40
Cantidad de señales de reserva =			32
% Reserva =			44,44

Salidas analógicas de proceso

Tag	Descripción	Ubicación	S.A
UNIDAD ACTIVA: base 2. slot 5		UNIDAD DE RESPALDO: base 2. slot 6	
FV-2004A	Control de flujo en el tren de medición 1	Area de recibo del LPG-ducto	1
FV-2004B	Control de flujo en el tren de medición 2	Area de recibo del LPG-ducto	1
FV-2005	Control de flujo en línea de envío al LPG-ducto	Area de envío al LPG-ducto	1
Reserva	-		
Reserva			
Cantidad de señales utilizadas =			5
Cantidad de señales de reserva =			5
% Reserva =			60,00

Entradas digitales de proceso

Tag	Descripción	Ubicación	E.D.
UNIDAD ACTIVA: base 3, slot 1		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 1	
PSH-10	Interruptor de alta presión en bomba BA-10	Casa de bombas	1
PSL-10	Interruptor de baja presión en bomba BA-10	Casa de bombas	1
PSH-11	Interruptor de alta presión en bomba BA-11	Casa de bombas	1
PSL-11	Interruptor de baja presión en bomba BA-11	Casa de bombas	1
PSH-12	Interruptor de alta presión en bomba BA-12	Casa de bombas	1
PSL-12	Interruptor de baja presión en bomba BA-12	Casa de bombas	1
PSH-13	Interruptor de alta presión en bomba BA-13	Casa de bombas	1
PSL-13	Interruptor de baja presión en bomba BA-13	Casa de bombas	1
PSH-14	Interruptor de alta presión en bomba BA-14	Casa de bombas	1
PSL-14	Interruptor de baja presión en bomba BA-14	Casa de bombas	1
PSH-15	Interruptor de alta presión en bomba BA-15	Casa de bombas	1
PSL-15	Interruptor de baja presión en bomba BA-15	Casa de bombas	1
PSH-16	Interruptor de alta presión en bomba BA-16	Casa de bombas	1
PSL-16	Interruptor de baja presión en bomba BA-16	Casa de bombas	1
PSH-17	Interruptor de alta presión en bomba BA-17	Casa de bombas	1
PSL-17	Interruptor de baja presión en bomba BA-17	Casa de bombas	1
BA-10S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-10A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-10M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-11S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-11A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-11M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-12S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-12A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-12M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-13S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-13A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-13M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-14S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-14A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-14M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-15S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1

Tag	Descripción	Ubicación	E.D.
UNIDAD ACTIVA: base 3, slot 2		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 2	
BA-15A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-15M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-16S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-16A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-16M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
BA-17S	Bomba en servicio	Casa de bombas	1
BA-17A	Bomba en automático	Casa de bombas	1
BA-17M	Bomba en manual	Casa de bombas	1
PSH-2000	Interruptor de alta presión recibo de LPG-ducto	Área de recibo/envío del LPG-ducto	1
PSH-2009A	Interruptor de alta presión tren 1 recibo de LPG-ducto	Área de recibo/envío del LPG-ducto	1
PSH-2009B	Interruptor de alta presión tren 2 recibo de LPG-ducto	Área de recibo/envío del LPG-ducto	1
Edo. Fte. (P)	Estado fuente de alimentación principal		1
Edo. Fte. (R)	Estado fuente de alimentación respaldo		1
-----	Monitoreo de paro de emergencia C.I.	Cuarto de control	1
Reserva	Entradas digitales de reserva	Proceso	18
UNIDAD ACTIVA: base 3, slot 3		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 3	
Reserva	Entradas digitales de reserva	Proceso	32
Cantidad de señales utilizadas =			44
Cantidad de señales de reserva =			50
% Reserva =			52.08

Salidas digitales de proceso

Tag	Descripción	Ubicación	S.D.
UNIDAD ACTIVA: base 3, slot 4		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 4	
VOS-2001*	Válvula solenoide desfogue	Área de recibo/envío del LPG-ducto	1
BA-10	Arranque/paro de bomba 10	Casa de bombas	1
BA-11	Arranque/paro de bomba 11	Casa de bombas	1
BA-12	Arranque/paro de bomba 12	Casa de bombas	1
BA-13	Arranque/paro de bomba 13	Casa de bombas	1
BA-14	Arranque/paro de bomba 14	Casa de bombas	1
BA-15	Arranque/paro de bomba 15	Casa de bombas	1
BA-16	Arranque/paro de bomba 16	Casa de bombas	1
BA-17	Arranque/paro de bomba 17	Casa de bombas	1
Reserva			
Cantidad de señales utilizadas =			9
Cantidad de señales de reserva =			7
% Reserva =			43.75

3.8.2 Unidades de entradas y salidas del sistema contra incendio.

Entradas analógicas sistema contraincendio

Tag	Descripción	Ubicación	E.A.
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 1		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 1	
PIT-2	Presión cabezal del sistema de agua contraincendio	Sistema contraincendio	1
DG-110	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DG-111	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DG-112	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DG-113	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DG-114	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DG-115	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DG-116	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 2		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 2	
DG-117	Detector de mezclas explosivas	Casa de bombas	1
DF-110	Detector de fuego	Casa de bombas	1
DF-113	Detector de fuego	Casa de bombas	1
DF-114	Detector de fuego	Casa de bombas	1
DF-117	Detector de fuego	Casa de bombas	1
DGS-125	Detector de mezclas explosivas	Almacen dique norte	1
DGI-125	Detector de mezclas explosivas	Almacen dique norte	1
DGC-125 ^a	Detector de mezclas explosivas	Almacen dique norte	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 3		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 3	
DGC-126 ^a	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGC-126	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGC-127	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGS-126	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGI-126	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGS-127	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGI-127	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGS-128	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 4		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 4	
DGI-128	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGP-128	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGC-128	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGC-129	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGC-130 ^a	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGC-130B	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGS-129	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGI-129	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 5		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 5	
DGP-129	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGS-130	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGI-130	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGP-130	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DGO-130	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique norte	1
DF-125	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DF-125 ^a	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DF-126	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1

Tag	Descripción	Ubicación	E.A.
UNIDAD ACTIVA: base 0, slot 6		UNIDAD DE RESPALDO: base 1, slot 6	
DF-127	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DF-128	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DF-128 ^a	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DF-129	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DF-130	Detector de fuego	Almacenamiento dique norte	1
DGS-119	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGI-119	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-119 ^a	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 1		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 1	
DGC-119B	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-120	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-121	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGS-120	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGI-120	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGS-121	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGI-121	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGS-122	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 2		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 2	
DGI-122	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGP-122	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-122	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-123	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-124 ^a	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGC-124B	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGS-123	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGI-123	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 3		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 3	
DGP-123	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGS-124	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGI-124	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGP-124	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DGO-121	Detector de mezclas explosivas	Almacenamiento dique sur	1
DF-119	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DF-119 ^a	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DF-120	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 4		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 4	
DF-121	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DF-122	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DF-122 ^a	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DF-123	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DF-124	Detector de fuego	Almacenamiento dique sur	1
DG-101	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DG-102	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DG-103	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1

Tag	Descripción	Ubicación	E.A.
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 5		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 5	
DG-104	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DG-105	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DG-106	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DG-107	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DG-108	Detector de mezclas explosivas	Recibo y medición	1
DF-101	Detector de fuego	Recibo y medición	1
DF-102	Detector de fuego	Recibo y medición	1
DF-103	Detector de fuego	Recibo y medición	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 6		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 6	
DF-104	Detector de fuego	Recibo y medición	1
DG-109	Detector de mezclas explosivas	Recibo de refinería	1
DF-109	Detector de fuego	Recibo de refinería	1
DG-15	Detector de mezclas explosivas	Llenaderas de autotanques	1
DG-16	Detector de mezclas explosivas	Llenaderas de autotanques	1
DG-17	Detector de mezclas explosivas	Llenaderas de autotanques	1
DG-18	Detector de mezclas explosivas	Llenaderas de autotanques	1
DG-19	Detector de mezclas explosivas	Llenaderas de autotanques	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 7		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 7	
DG-20	Detector de mezclas explosivas	Llenaderas de autotanques	1
DF-15	Detector de fuego	Llenaderas de autotanques	1
DF-16	Detector de fuego	Llenaderas de autotanques	1
DF-17	Detector de fuego	Llenaderas de autotanques	1
DF-18	Detector de fuego	Llenaderas de autotanques	1
DF-19	Detector de fuego	Llenaderas de autotanques	1
DF-20	Detector de fuego	Llenaderas de autotanques	1
DF-300	Detector de fuego	Casa de bombas criogénicas	1
UNIDAD ACTIVA: base 2, slot 8		UNIDAD DE RESPALDO: base 3, slot 8	
DF-301	Detector de fuego	Casa de compresoras	1
PIT-1	Presión cabezal del sistema hidráulico	Sistema hidráulico	1
Reserva			
UNIDAD ACTIVA: base 4, slot 1		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 4	
Reserva	Unidades analógicas de reserva	Contraincendio	8
UNIDAD ACTIVA: base 4, slot 2		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 5	
Reserva	Unidades analógicas de reserva	Contraincendio	8
UNIDAD ACTIVA: base 4, slot 3		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 6	
Reserva	Unidades analógicas de reserva	Contraincendio	8
Cantidad de señales utilizadas =			106
Cantidad de señales de reserva =			30
% Reserva =			22.05

Asignación de entradas digitales sistema contraincendio

Tag	Descripción	Ubicación	E.D.
UNIDAD ACTIVA: base 4, slot 7		UNIDAD DE RESPALDO: base 4, slot 8	
DH-2000	Detector de humo	Cuarto control	1
DH-2001	Detector de humo	Cuarto control	1
DH-2002	Detector de humo	Oficina administrativa	1
UHP-1	Unidad hidráulica de potencia (bajo nivel)	Sistema hidráulico	1
PSL-119	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 119	Area almacenamiento	1
PSL-120	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 120	Area almacenamiento	1
PSL-121	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 121	Area almacenamiento	1
PSL-122	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 122	Area almacenamiento	1
PSL-123	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 123	Area almacenamiento	1
PSL-125	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 125	Area almacenamiento	1
PSL-127	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 127	Area almacenamiento	1
PSL-128	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 128	Area almacenamiento	1
PSL-129	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 129	Area almacenamiento	1
PSL-130	Interruptor de baja presión sistema hidráulico esfera 130	Area almacenamiento	1
Edo. Ftc. (P)	Estado fuente de alimentación principal		1
Edo. Ftc. (R)	Estado fuente de alimentación respaldo		1
Reserva	Entradas digitales de reserva	Contraincendio	16
Cantidad de señales controladas =			16
Cantidad de señales de reserva =			16
% Reserva =			50.00

Sensores digitales sistema contraincendio

Tag	Descripción	Ubicación	S.D.
UNIDAD VAC-1	Válvula de diluvio operada por solenoide	UNIDAD DE RESPALDO: base 5, slot 4	1
VAC-2	Válvula de diluvio operada por solenoide	Recibo y medición	1
VAC-CB-3	Válvula de diluvio operada por solenoide	Casa de bombas	1
VAC-4	Válvula de diluvio operada por solenoide	Recibo de refinería	1
VAC-5	Válvula de diluvio operada por solenoide	Llenaderas de autotanques	1
VAC-6	Válvula de diluvio operada por solenoide	Llenaderas de autotanques	1
VAC-119	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique sur	1
VAC-120	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique sur	1
VAC-121	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique sur	1
VAC-122	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique sur	1
VAC-123	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique sur	1
VAC-124	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique sur	1
VAC-125	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique norte	1
VAC-126	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique norte	1
VAC-127	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique norte	1
VAC-128	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique norte	1
UNIDAD VAC-129	Válvula de diluvio operada por solenoide	UNIDAD DE RESPALDO: base 5, slot 5	1
VAC-130	Válvula de diluvio operada por solenoide	Almacenamiento dique norte	1
AS-1		Almacenamiento dique sur	1
		Almacenamiento dique sur	1
		Almacenamiento dique sur	1
AS-2		Almacenamiento dique norte	1
		Almacenamiento dique norte	1
		Almacenamiento dique norte	1
AS-3		Recibo y medición	1
		Recibo y medición	1
		Recibo y medición	1
AL-1		Almacenamiento dique sur	1
		Almacenamiento dique sur	1
		Almacenamiento dique sur	1
AL-2		Almacenamiento dique norte	1
UNIDAD VAC-131	Válvula de diluvio operada por solenoide	UNIDAD DE RESPALDO: base 5, slot 6	1
AL-2		Almacenamiento dique norte	1
		Almacenamiento dique norte	1
		Almacenamiento dique norte	1
AL-3		Recibo y medición	1
		Recibo y medición	1
		Recibo y medición	1
		Recibo y medición	1
VAC-7	Válvula de diluvio operada por solenoide	Recibo de refinería	1
Reserva	Sensores digitales de reserva	Contraincendio	8
Cantidad de sensores			40
Cantidad de sensores de reserva			8
% Reserva			16.66

3. ASIGNACIÓN DE COMUNICACIONES DIGITALES

ROTORK		UCL-100	
Tag	Descripción	Ubicación	C.D.
UNIDAD: base 5, slot 3,4,5			
VOE-2001	Conectores desenergizados	Área de recibo de LPG-ducto	1
	Relayador de monitoreo abierto		1
	Termostato abierto		1
	Válvula detenida		1
	Operación manual		1
	Motor energizado		1
	Control local accionado		1
VOE-2002	Conectores desenergizados	Área de envío a LPG-ducto	1
	Relayador de monitoreo abierto		1
	Termostato abierto		1
	Válvula detenida		1
	Operación manual		1
	Motor energizado		1
	Control local accionado		1
VOE-119 ^A a la VOE-130 ^A	Conectores desenergizados	Área de almacenamiento, exceptuando TE-124 y 126	10
	Relayador de monitoreo abierto		10
	Termostato abierto		10
	Válvula detenida		10
	Operación manual		10
	Motor energizado		10
	Control local accionado		10
VOE-119B a la VOE-130B	Conectores desenergizados	Área de almacenamiento, exceptuando TE-124 y 126	10
	Relayador de monitoreo abierto		10
	Termostato abierto		10
	Válvula detenida		10
	Operación manual		10
	Motor energizado		10
	Control local accionado		10
VOE-125C a la VOE-130C	Conectores desenergizados	Área de almacenamiento, exceptuando TE-126 y 127	4
	Relayador de monitoreo abierto		4
	Termostato abierto		4
	Válvula detenida		4
	Operación manual		4
	Motor energizado		4
	Control local accionado		4

WELLSO VAREC		RTU-100	
Tag	Descripción	Ubicación	C.D.
UNIDAD: base 4, slot 5,6,7			
LTT-119	Nivel de LPG en esfera	Esferas TE-119 a la TE-130 excepto TE-124 y TE-126	10
al	Temperatura de LPG en esfera		10
LTT-130	Densidad de LPG en esfera		10
ACUIDAD		UCL-15	
UNIDAD: base 5, slot 6,7,8			
UCL-15	Unidad de control local	Llenadera 15	1
EFDPTF-15	Flujo neto instantaneo de LPG	Llenadera 15	1
EFDPTF-15	Flujo neto totalizado de LPG	Llenadera 15	1
ET-15	Temperatura de LPG	Llenadera 15	1
DT-15	Detección de tierra	Llenadera 15	1
VOS-15	Válvula abierta de bajo flujo	Llenadera 15	1
VOS-15	Válvula abierta de alto flujo	Llenadera 15	1
ACUIDAD		UCL-16	
UCL-16	Unidad de control local	Llenadera 16	1
EFDPTF-16	Flujo neto instantaneo de LPG	Llenadera 16	1
EFDPTF-16	Flujo neto totalizado de LPG	Llenadera 16	1
ET-16	Temperatura de LPG	Llenadera 16	1
DT-16	Detección de tierra	Llenadera 16	1
VOS-16	Válvula abierta de bajo flujo	Llenadera 16	1
VOS-16	Válvula abierta de alto flujo	Llenadera 16	1
ACUIDAD		UCL-17	
UCL-17	Unidad de control local	Llenadera 17	1
EFDPTF-17	Flujo neto instantaneo de LPG	Llenadera 17	1
EFDPTF-17	Flujo neto totalizado de LPG	Llenadera 17	1
ET-17	Temperatura de LPG	Llenadera 17	1
DT-17	Detección de tierra	Llenadera 17	1
VOS-17	Válvula abierta de bajo flujo	Llenadera 17	1
VOS-17	Válvula abierta de alto flujo	Llenadera 17	1
ACUIDAD		UCL-18	
UCL-18	Unidad de control local	Llenadera 18	1
EFDPTF-18	Flujo neto instantaneo de LPG	Llenadera 18	1
EFDPTF-18	Flujo neto totalizado de LPG	Llenadera 18	1
ET-18	Temperatura de LPG	Llenadera 18	1
DT-18	Detección de tierra	Llenadera 18	1
VOS-18	Válvula abierta de bajo flujo	Llenadera 18	1
VOS-18	Válvula abierta de alto flujo	Llenadera 18	1

ACUPLADO		UCL-19	
UCL-19	Unidad de control local	Llenadera 19	1
EFD/TF-19	Flujo instantaneo de LPG	Llenadera 19	1
EFD/TF-19	Flujo totalizado de LPG	Llenadera 19	1
ET-19	Temperatura de LPG	Llenadera 19	1
DT-19	Deteccion de tierra	Llenadera 19	1
VOS-19	Válvula abierta de bajo flujo	Llenadera 19	1
VOS-19	Válvula abierta de alto flujo	Llenadera 19	1
ACUPLADO		UCL-20	
UCL-20	Unidad de control local	Llenadera 20	1
EFD/TF-20	Flujo instantaneo de LPG	Llenadera 20	1
EFD/TF-20	Flujo totalizado de LPG	Llenadera 20	1
ET-20	Temperatura de LPG	Llenadera 20	1
DT-20	Deteccion de tierra	Llenadera 20	1
VOS-20	Válvula abierta de bajo flujo	Llenadera 20	1
VOS-20	Válvula abierta de alto flujo	Llenadera 20	1
SYBERCONTROL		UCL-1	
UNIDAD: base 3, slot 5,6,7			
UCL-1	Unidad de control local	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004A	Flujo instantaneo de LPG en tren A	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004A	Flujo totalizado de LPG en tren A	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004A	Temperatura de LPG en tren A	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004A	Densidad de LPG en tren A	Recibo de LPG-ducto	1
PIT-2100	Presión de LPG en tren A	Recibo de LPG-ducto	1
UCL-1	Unidad de control local	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004B	Flujo instantaneo de LPG en tren B	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004B	Flujo totalizado de LPG en tren B	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004B	Temperatura de LPG en tren B	Recibo de LPG-ducto	1
FT/MFM-2004B	Densidad de LPG en tren B	Recibo de LPG-ducto	1
PIT-2101	Presión de LPG en tren B	Recibo de LPG-ducto	1

SYBERTROL		UCL-2	
UCL-2	Unidad de control local	Envío a LPG-ducto	1
FT/MFM-2005	Flujo neto instantáneo de LPG en patín de envío	Envío a LPG-ducto	1
FT/MFM-2005	Flujo neto totalizado de LPG en patín de envío	Envío a LPG-ducto	1
FT/MFM-2005	Temperatura de LPG en patín de envío	Envío a LPG-ducto	1
FT/MFM-2005	Densidad de LPG en patín de envío	Envío a LPG-ducto	1
PIT-2028	Presión de LPG en patín de envío	Envío a LPG-ducto	1
SYBERTROL		UCL-3	
UCL-3	Unidad de control local	Recibo de refinería	1
FT/MFM-2006	Flujo neto instantáneo de LPG en patín de recibo	Recibo de refinería	1
FT/MFM-2006	Flujo neto totalizado de LPG en patín de recibo	Recibo de refinería	1
FT/MFM-2006	Temperatura de LPG en patín de recibo	Recibo de refinería	1
FT/MFM-2006	Densidad de LPG en patín de recibo	Recibo de refinería	1
PIT-2029	Presión de LPG en patín de recibo	Recibo de refinería	1
BEST		UPS-1	
UNIDAD: base 2, slot 11			
UPS-1	Unidad de potencia ininterrumpible	Proceso	1
	Voltaje de entrada	Proceso	1
	Voltaje de salida	Proceso	1
	Corriente de entrada	Proceso	1
	Corriente de salida	Proceso	1
	Carga en vatios	Proceso	1
	Corriente de la batería	Proceso	1
	Voltaje de la batería	Proceso	1
	Frecuencia en Hz.	Proceso	1
	Tiempo de respaldo	Proceso	1
Temperatura	Proceso	1	
BEST		UPS-2	
UNIDAD: base 5, slot 11			
UPS-2	Unidad de potencia ininterrumpible	Proceso	1
	Voltaje de entrada	Contraincendio	1
	Voltaje de salida	Contraincendio	1
	Corriente de entrada	Contraincendio	1
	Corriente de salida	Contraincendio	1
	Carga en vatios	Contraincendio	1
	Corriente de la batería	Contraincendio	1
	Voltaje de la batería	Contraincendio	1
	Frecuencia en Hz.	Contraincendio	1
	Tiempo de respaldo	Contraincendio	1
Temperatura	Contraincendio	1	

3.10 MEMORIAS DE CALCULO DEL SISTEMA DE CONTROL

3.10.1 Cálculos de saturación.

Computadora Host o servidor, con disco duro tipo SCSI de 43.3 GB y 128 MB de memoria Ram:

Software en disco duro:	Cálculo de saturación en disco duro:	Cálculo de saturación de Ram:
Windows NT:	80 MB	16 MB
S/3 Scada NT:	300 MB	32 MB
Base de datos:	600 MB	24 MB
Históricos:	200 MB	2 MB
Memoria virtual:	100 MB	N/A
Reportes:	60 MB	2 MB
Gráficos:	75 MB	16 MB
Interfases:	15 MB	N/A
Utilerías:	50 MB	8 MB
Datos históricos:	200 MB	N/A
Datos de reportes:	200 MB	N/A
Archivos de usuario:	10 MB	N/A
Suma total =	1890 MB	100 MB
Porcentaje de saturación =	43.95%	78.12%

Terminal (consola); con disco duro tipo SCSI de 4.3 GB y 128 MB de memoria Ram:

Software en disco duro:	Cálculo de saturación en disco duro:	Cálculo de saturación de Ram:
Windows NT:	80 Mb	16 MB
S/3 Scada NT:	250 MB	24 MB
Memoria virtual:	100 MB	N/A
Interfases:	15 MB	N/A
Utilerías:	50 MB	N/A
Suma total =	495 MB	40 MB
Porcentaje de saturación =	11.51%	31.25%

Terminal (consola) interfase con SITEDI, con disco duro tipo SCSI de 4.3GB y 128 MB de memoria Ram:

Software en disco duro:	Cálculo de saturación en disco duro:	Cálculo de saturación de Ram:
Windows NT:	80 MB	16 MB
S/3 Scada NT:	250 MB	24 MB
Memoria virtual:	100 MB	N/A
Base de datos:	600 MB	32 MB
Reportes:	50 MB	2 MB
Interfaces:	200 MB	16 MB
Utilerías:	80 MB	N/A
Suma total =	1360 MB	90 MB
Porcentaje de saturación =	31.63%	70.31%

3.10.2 CALCULO DEL % DE UTILIZACIÓN DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

3.10.1 Grupo funcional de Control Secuencial y de Medición del Proceso.

Base remota 0	Slot No.														Consumo				
	Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W
RBC	505-6851		/	/													2	5	10
8 entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/	/	/					7	4	28
Consumo total =																		38	
Fuente de alimentación	505-6660-A	/															Capacidad	55	
% Utilización =																		69.09	

Base remota 1	Slot No.														Consumo				
	Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W
RBC	505-6851		/	/													2	5	10
8 entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/	/	/					7	4	28
Consumo total =																		38	
Fuente de alimentación	505-6660-A	/															Capacidad	55	
% Utilización =																		69.09	

Base remota 2 Módulo	Slot No.														Consumo		
	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W
RBC	505-6851		/	/											2	5	10
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/							4	4	16
8 Salidas analógicas	505-6208-A								/	/					2	5	10
BASIC	505-7101													/	1	6	6
Consumo total =																	42
Fuente de alimentación	505-6660-A	/													Capacidad		55
% Utilización =																	76.36

Base remota 3 Módulo	Slot No.														Consumo		
	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W
RBC	505-6851		/	/											2	5	10
32 Entradas digitales	505-6108-A				/	/	/								3	2	6
16 Salidas digitales	505-6208-A						/								1	5	5
ATM								/	/	/					1	11	11
NIM	505-7339												/	1	8	8	8
Consumo total =																	40
Fuente de alimentación	505-6660-A	/													Capacidad		55
% Utilización =																	72.73

Base remota 4 Módulo	Slot No.														Consumo		
	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W
RBC	505-6851		/	/											2	5	10
32 Entradas digitales	505-6108-A				/	/	/								3	2	6
16 Salidas digitales	505-6208-A						/								1	5	5
ATM								/	/	/					1	11	11
NIM	505-7339												/	1	8	8	8
Consumo total =																	40
Fuente de alimentación	505-6660-A	/													Capacidad		55
% Utilización =																	72.73

Base remota 5	Slot No.														Consumo					
	Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W	
RBC	505-6851		/	/													2	5	10	
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/											2	4	8	
ATM						/	/	/	/	/	/	/	/				2	11	22	
Consumo total																				40
Fuente de alimentación	505-6660-A	/															Capacidad		55	
% Utilización																				72.73

3.10. Grupo funcional de Control Secuencial y de Medición del Sistema Contra incendio.

Base remota 0	Slot No.														Consumo					
	Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W	
RBC	505-6851		/	/													2	5	10	
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/							6	4	24	
NIM	505-7339														/	1	8	8		
Consumo total																				42
Fuente de alimentación	505-6660-A	/															Capacidad		55	
% Utilización																				76.36

Base remota 1	Slot No.														Consumo					
	Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W	
RBC	505-6851		/	/													2	5	10	
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/							6	4	24	
NIM	505-7339														/	1	8	8		
Consumo total																				42
Fuente de alimentación	505-6660-A	/															Capacidad		55	
% Utilización																				76.36

Base remota 2		Slot No.														Consumo		
Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W
RBC	5-6851		/	/												2	5	10
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/	/	/	/			8	4	32
Consumo total =																42		
Fuente de alimentación	505-6660-A	/														Capacidad		55
% Utilización																76.36		

Base remota 3		Slot No.														Consumo		
Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W
RBC	505-6851		/	/												2	5	10
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/	/	/	/			8	4	32
Consumo total =																42		
Fuente de alimentación	505-6660-A	/														Capacidad		55
% Utilización																76.36		

Base remota 4		Slot No.														Consumo		
Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W
RBC	505-6851		/	/												2	5	10
8 Entradas analógicas	505-6108-A				/	/	/	/	/	/	/	/	/			6	4	24
32 Entradas digitales	505-4232										/	/				2	2	4
Consumo total																38		
Fuente de alimentación	505-6660-A	/														Capacidad		55
% Utilización																69.09		

Base remota 5		Slot No.														Consumo		
Módulo	Modelo	PS	RBC	RBC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Cant	W	Sum W
RBC	5-6851		/	/												2	5	10
16 Salidas digitales	05-4816				/	/	/	/	/	/	/	/	/			6	5	30
BASIC	05-7101													/	1	6	6	
Consumo total																46		
Fuente de alimentación	6660-A	/														Capacidad		55
% Utilización																83.64		

3.11 MEMORIAS DE CÁLCULO ELÉCTRICO.

3.11.1 Cálculo de la fuente de alimentación de 24 v.c.d.

Grupo funcional de Control Secuencial y Medición.

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	
		Unitario	Total
Transmisor de presión manométrica	23	0.48	11.04
Transmisor de presión diferencial	5	0.48	2.40
Transmisor de temperatura	10	0.48	4.80
Transmisor de densidad	1	0.48	0.48
Unidad de campo Sybertrol	3	12	36.00
Unidad de control local Sybertrol	3	24	72.00
Convertidor de señal 7945	1	23	23.00
Relevadores de control	2	2.4	2.40
Potencia total (PT) =			152.12
Corriente total (CT) =			6.338 amp
Fuente Sitop modelo 6EP1334-IAL11			
Potencia nominal (PN) =			240
Corriente de operación (CO) =			10 amp.
% de utilización (CT/CO) =			63.38

Grupo funcional de Control Secuencial y Medición del Sistema Contra Incendio.

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	
		Unitario	Total
Detector de mezclas explosivas	71	8.40	596.40
Detector de flama	33	3.00	99.00
Transmisor de presión manométrica	2	0.48	0.96
Relevadores de control	2	2.4	4.80
Potencia total (PT) =			701.16
Corriente total (CT) =			29.21 Amp.
Fuente marca Lambda modelo LFS-47-24			
Potencia nominal (PN) =			1103.00
Corriente de operación (CO) =			35.50 Amp.
% de utilización (CT/CO) =			82.29

3.1. Cálculo de la unidad de potencia ininterrumpible.

Grupo funcional de Control Secuencial y Medición.

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	
		Unitario	Total
Impresora de matriz	2	250	500
Unidades de cinta	2	55	110
Estación de trabajo	2	200	400
Monitor 21"	2	300	600
Convertidor RS 32 485	1	3	3
UCL Pakscan (Motor)	1	30	30
Modulo U.I.V.	2	17	34
Válvula de dos usos	6	60	360
Detector de tierra	6	5	30
Unidad de control local (Accuload)	6	100	600
Controlador lógico programable (PLC)	2	300	600
Base remota	6	200	1200
770 Servomotor (LTT)	10	18.7	187
Iluminación par interior de gabinete	8	15	120
Ventilación	4	80	320
Contactos de servicio	3	180	540
Fuente de 24VDC	2	240	480
Unidad de control local (Whessoe V.)	1	100	100
Medidor de flujo masico	4	15	60
Potencia total (W)			6274
Potencia real (KVA) = KW/0.85 =			7.381 KVA
Potencia seleccionada = R X 1.25 =			9.226 KVA
UPS marca Best Power Ferrups modelo FE10KVA			
Potencia seleccionada			10 KVA

Grupo funcional de Control Secuencial y Medición del Sistema Contra Incendio.

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	
		Unitario	Total
Impresora de matriz	2	250	500
Unidades de cinta	1	55	55
Estación de trabajo	1	200	200
Monitor 21"	1	300	300
Controlador lógico programable (PLC)	2	300	600
Base remota	6	200	1200
Fuente de 24VCD	2	1103	2206
Convertidor RS-232 / 485	1	3	3
SITEDI (potencia estimada)	1	1000	1000
Iluminación para interior de gabinete	6	15	90
Ventilación	3	80	240
Contactos de servicio	1	180	180
Válvula de agua contra incendio	19	19	361
Alarma sonora	3	24	72
Alarma luminosa	12	12	144
Potencia total (PT) =			7151
Potencia requerida (PR) = KW/0.85 =			8.412 KVA
Potencia solicitada PR X 1.25 =			10.516 KVA
UPS marca Best Power Ferrups modelo FE12.5KVA			
Potencia =			12.50 KVA

Jefatura de operación.

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	
		Unitario	Total
Unidades de cinta	1	55	55
Estación de trabajo	1	200	200
Monitor 21"	1	300	300
Convertidor RS-232 / 485	1	3	3
Potencia total (PT) =			558
Potencia requerida (PR) = KW/0.85 =			0.656 KVA
Potencia solicitada PR X 1.25 =			0.821 KVA
UPS marca Best Power Ferrups modelo FE2.1KVA			
Potencia =			2.10 KVA

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1.- Los instrumentos al igual que los equipos seleccionados para la implementación y la operación del sistema automático de control cubren los alcances descritos en la filosofía de operación propuesta, siendo necesaria la realización de las pruebas tanto en fábrica como en sitio para la calibración y ajuste de todos los componentes para la correcta configuración del sistema y el desarrollo de los programas requeridos.

2.- Los trabajos en instrumentación y control son tan extensos que el ingeniero dedicado a esta área, requiere del apoyo de especialistas en otras ramas de la ingeniería como son, ingenieros de procesos, ingenieros en computación y programación, ingenieros eléctricos y electrónicos, los que le proporcionan información indispensable para la especificación y selección de los instrumentos y equipos que conformarán el sistema de control, al igual que para su futura puesta en marcha.

3.- La facultad requiere desarrollar para nuestra carrera un programa de especialidades en donde se incluya a la instrumentación y al control, debido a que es un área en la que se requiere personal con un alto grado de capacitación y que en la actualidad tiene un gran auge, generando con esto grandes oportunidades de desarrollo profesional; y al no estar contemplado dentro de los programas de estudio de la mayoría de las universidades, nos pondría a la vanguardia elevando el prestigio de la universidad y de nuestra facultad.

BIBLIOGRAFÍA

Dally, J. "Instrumentation for engineering measurements", editorial John Wiley and Sons, Singapore 1984.

Díaz, R. "Cursos de instrumentación y control", editorial IPN-ESIQUH.

Doebelin, E. "Diseño y aplicación de sistemas de medición", editorial Diana, México 1980.

Dorf, R. "Sistemas modernos de control", editorial Iberoamericana, México 1989.

Harrison, H. "Controles automáticos", 2 ed. editorial Trillas, México 1981.

Holzbock W. "Instrumentos para la medición y control", 2 ed. editorial Continental. México 1977.

"Hombre Ciencia y Tecnología". Enciclopedia Británica. Vol 3. México 1983.

Honeywell, "Product catalog industrial automation and control", 10-00-30-11, 1997.

Horta, J. "Técnicas de automatización industrial", editorial Limusa, México 1982.

I A Flour Daniel. "Fire and gas detection and alarm system", specification SP-449111-70-4. 3 june, 1997.

I A Flour Daniel. "General instrumentation", specification SP-449111-70-1, 5 may. 1997.

IMIQ. "Perspectivas y oportunidades de desarrollo de la Ing. Química en México", reporte IMIQ - 2000, octubre, 1989.

Jacob, J. "Industrial control electronics", editorial Prentice Hall, USA 1988.

Kern R. "Control valves in process plants" Chemical Engineering, april 14, 1975

Liptak, B. " Control valves in optimized systems " Chemical Engineering, september 5, 1983.

Liptak, B. " Instrument engineers handbook ", editorial Chilton book, USA 1982.

Liptak, B. " Instrumentation in the processing industries ", editorial Chilton book, USA 1973.

Luyben, W. " Process modeling, simulation and control for chemical engineers ", editorial McGraw - Hill, USA 1973.

Nacif, J. " Ingeniería de control automático ", vol. 1 y 2, editorial AMIC, México 1981.

Ogata, K. " Ingeniería de control moderna ", editorial Prentice-Hall, México 1993.

ELMEX, " Manual de ingeniería de instrumentos ", MI-01, MI-05, México, 1982.

Butt, M. " Instrumentation and automation in process control ", Series Ellis Horwood, USA 1990.

Kase, H. " Ingeniería de proyectos para plantas de proceso ", editorial Continental, México 1981.

Samson, " Control valves for industrial processes ", catálogos Samson 1996.

Sanchez de León, J. "Control de procesos industriales por computador", editorial Paraninfo, España 1987.

Smith, C. " Control automático de procesos ", editorial Limusa, México 1991.

Stousson, H. " Instrumentación industrial ", Tercera reimpresión, editorial Limusa, Mexico 1990.

Strobel, H. " Instrumentación química ", Tercera reimpresión, editorial Limusa, Mexico 1982.

ANEXO

