



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.  
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**IMPLEMENTACIÓN DE MANUALES PARA EL USO DE EQUIPOS  
DE CALIBRACIÓN EN LOS INSTRUMENTOS DEL REACTOR DE  
LA PLANTA DE POLIETILENO SWING EN EL COMPLEJO  
PETROQUÍMICO MORELOS, VER.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**ROSA ISABEL ARMAS RODRÍGUEZ**

**ASESOR DE TESIS:**

**ING. RAÚL ORTEGA DANTES**

**COATZACOALCOS, VER.**

**ENERO 2018**



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.

# AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a dios por darme la fuerza en los momentos de debilidad y la paciencia para terminar con este proyecto, con esto termino la época de estudiante, que sin duda es de las más bonitas de la vida, llena de aprendizaje, desde el kínder hasta la universidad.

A mis padres por darme la oportunidad de tener estudios, de ayudarme moral y económicamente, por creer en mí, por sacrificarse para que yo tuviera lo mejor quedándose ellos a un lado, gracias por los valores y enseñanzas hacia mí. Sin ustedes no hubiera hecho nada.

A mis abuelos, el Dr. Jorge Herrera López de Llergo e Isabel Cantillo de Herrera, que me dieron tanto amor, por tener la dicha de ser de su nieta. Pensar en ustedes hace que quiera ser mejor en todos los aspectos. Siempre están conmigo.

Ankara, Grecia, Olga, Estephania, Edna, desde que las conocí me han apoyado siempre, y que la distancia no impide esta amistad que se conserva hasta ahorita.

A ustedes Stephanie, Janet, Guadalupe, Hugo, Ángel & José Ángel, por crecer y creer, hacerme fuerte en diferentes maneras, considerarme su amiga y hermana.

Daniel, Cindy, Ana Karen, Monserrat, Alfredo, Alejandro, Elizabeth, Cristian & Adrián, con ustedes aprendí de la vida cosas que no sabía, y sigo aprendiendo con cada uno.

Antonio, Beksy, Ana & Alejandra, nadie como ustedes me han soportado en esta etapa, y me han alentado a seguir adelante.

Todos ustedes pusieron su granito de arena en este trabajo, quizá sin darse cuenta, son los hermanos que no tuve de sangre, que mejor regalo le pude pedir a la vida, si me los regalo.

## **TÍTULO:**

Implementación de los manuales para el uso de equipos de calibración en los instrumentos del Reactor de la planta de Polietileno Swing en el Complejo Petroquímico Morelos, Ver.

## **HIPOTESIS**

La implementación del manual de procedimientos para utilizarlos en los equipos de calibración, evitará fallas que podrían dañar al instrumento a un plazo corto y paros no programados o inesperados por la falla de alguno.

## **JUSTIFICACIÓN**

La implementación de los manuales con procedimientos operativos, dará buenos resultados para el manejo adecuado de los procedimientos, algunos operarios no realizan la calibración de los instrumentos siguiendo el procedimiento correspondiente, lo que se espera es que todos apliquen los procedimientos operativos que contiene el manual y el margen de error sea menor o en su defecto, no haya errores.

Cuando un operario va a realizar algún trabajo tiene que tener conocimiento de cómo se realiza así como del área de proceso, para no provocar algún incidente y/o accidente, y que eso provoque daños así mismo, a terceras personas, instalaciones o al medio ambiente, teniendo en cuenta que también puede dañar al proceso de elaboración de producto y provocar pérdidas del mismo ya sea material o económicamente.

## **OBJETIVO GENERAL**

Facilitar el mantenimiento y calibración de los instrumentos a todos los operarios que realizan el trabajo en los talleres de mantenimiento o directamente en el área de proceso, aplicando correctamente los procedimientos operativos para calibrar los instrumentos.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Evaluar el conocimiento actual de los procedimientos de calibración en los operarios que realizan el mantenimiento.
- ✓ Revisar y modificar el manual de procedimientos de calibración de instrumentos del reactor de la Planta de Polietileno Swing.
- ✓ Implementación de los procedimientos de calibración de instrumentos.
- ✓ Elaboración de un programa de capacitación para las diferentes categorías de Operarios y Ayudantes.
- ✓ Beneficios del uso de los procedimientos operativos.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPITULO I GENERALIDADES</b>	
1.1 Descripción histórica .....	3
1.2 Instrumentos de medición .....	13
1.3 Normalización.....	35
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Planteamiento del problema.....	43
2.2 Métodos actuales de mantenimiento en la planta de Polietileno Swing. 44	
2.3 Equipos actuales en la planta de Polietileno Swing .....	48
<b>CAPITULO III IMPLEMENTACIÓN DE LOS MANUALES DE CALIBRACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS</b>	
3.2 Mantenimiento a Manómetros tipo Bourdon.....	62
3.2 Mantenimiento a indicador de nivel óptico (LG). .....	68
3.3 Mantenimiento a Transmisores .....	73
<b>CAPITULO IV BENEFICIOS DE IMPLEMENTACIÓN</b>	
4.1 Programa de capacitación.....	87
4.2 Costo - Beneficio. ....	90
<b>CONCLUSIÓN .....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>93</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene por objetivo inducir a los trabajadores operarios instrumentistas a usar un manual para revisar y calibrar adecuadamente los instrumentos que operan en la Planta de Polietileno Swing del Complejo Morelos, los datos recabados vienen de manuales obsoletos a los que se les añadieron mejoras con la práctica diaria del personal de mantenimiento.

Cuando se inició el Complejo Morelos, producía etileno, pellet, energía, vapor y oxígeno, en los años 80's, la apertura de su primera planta y las primeras producciones de materia, pero todo esto es posible gracias a la instrumentación y la intervención de los trabajadores, siempre que usen correctamente los instrumentos. Existen diversos tipos de instrumentos, desde el más fácil, hasta el complicado, entre ellos destacan los diferentes tipos de manómetros, de transmisores, válvulas y medidores ópticos, por mencionar algunos.

Cada uno de ellos se rige por normas muy conocidas como la ISA, donde da a conocer como son nombrados para su localización y uso en la planta de proceso, así como la simbología de cada uno para localizarlos en un panel o en el interior de la planta de procesos, una vez que están identificados si los ingenieros lo solicitan, estos instrumentos se pueden intervenir para su mantenimiento, desde mantenimientos, predictivos, preventivos y correctivos, los dos primeros son rutinas para verificar el funcionamiento de los mismos, el ultimo es para corregir las fallas presentadas en el instrumento, es un poco más complicado dado que en la corrección puede involucrar líneas de proceso, alturas, trabajar con alto voltaje, pero para esto existe una serie de procedimientos que salvan vidas, donde especifica que hacer en cada caso si se presenta.

Al hacer una corrección así, el trabajador que intervenga el instrumento debe saber hacerla correctamente, tal y como lo marcan sus manuales de mantenimiento.

# **CAPITULO I**

# **GENERALIDADES**

## 1.1 Descripción histórica

Petróleos Mexicanos es la mayor empresa de México y de América Latina, y el mayor contribuyente fiscal del país.

Es de las pocas empresas petroleras del mundo que desarrolla toda la cadena productiva de la industria, desde la exploración, hasta la distribución y comercialización de productos finales.

Es una empresa pública paraestatal mexicana petrolera, creada en 1938, que cuenta con un régimen constitucional para la explotación de los recursos energéticos (principalmente petróleo y gas natural) en territorio mexicano, aunque también cuenta con diversas operaciones en el extranjero.

Al sur del estado de Veracruz se encuentra la sede del Emporio Petroquímico más importante de México, integrado por Pemex Petroquímica Organismo Subsidiario de Petróleos Mexicanos, el cual tiene ubicadas sus oficinas centrales en la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz.

Pemex Petroquímica cuenta actualmente con: el Complejo Petroquímico Cangrejera, Complejo Petroquímico Cosoleacaque, Complejo Petroquímico Morelos, Complejo Petroquímico Pajaritos, ubicados al sur del estado de Veracruz, asimismo, Complejo Petroquímico Independencia, el Complejo Petroquímico Tula, el Complejo Petroquímico Escolín y la Unidad Petroquímica Camargo, se localizan al centro y norte del país.

Estos se dedican a la elaboración, comercialización y distribución de productos, tales como: Acetaldehído, Amoníaco, Benceno, Etileno, Óxido de Etileno, Glicoles, Ortóxileno, Paraxileno, Propileo, Tolueno, Xilenos, Acetronitrilo, Ácido Cianhídrico, Acrilonitrilo, Polietileno de baja y alta densidad, Metanol y Cloruro de Vinilo, para satisfacer la demanda del mercado nacional y una parte del mercado Internacional. Su actividad fundamental son los procesos petroquímicos no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, etano, propano y naftas de Petróleos Mexicanos.

Pemex Petroquímica guarda una estrecha relación comercial con empresas privadas nacionales dedicadas a la elaboración de plásticos, fibras y hules sintéticos, fármacos, refrigerantes, aditivos entre otros.

## **Complejo Morelos**

Es una empresa filial de PEMEX Petroquímica, se localiza en la parte sur del estado de Veracruz, al Este de la ciudad de Coatzacoalcos a una distancia aproximada de 7 Km. de la carretera Coatzacoalcos - Villahermosa.

Sus instalaciones ocupan un área total de 475 hectáreas, localizadas en la importante región industrial conformada por los municipios de Minatitlán, Cosoleacaque y Coatzacoalcos, en donde se localizan las empresas: Petroquímica Pajaritos, Petroquímica Cangrejera y Terminal Marítima Pajaritos entre otras.

Petroquímica Morelos S.A. de C.V. se encuentra integrada por ocho plantas, así como instalaciones para proporcionar los servicios auxiliares. Inicia oficialmente sus operaciones en el año 1988 y cuenta con las cadenas productivas del Etileno y Polipropileno, cuenta con las Plantas de:

- ✓ Servicios Auxiliares (Generación de vapor y Energía Eléctrica)
- ✓ Óxido de Etileno
- ✓ Etileno
- ✓ Oxígeno
- ✓ Polietileno Asahi
- ✓ Polietileno Mitsui
- ✓ Polietileno Swing

### 1.1.1 Servicios Auxiliares

La planta de servicios auxiliares o calderas como se le conoce, es la planta más importante del Complejo Morelos, ya que suministra vapor y energía para que las demás plantas de proceso se mantengan operando.



*Imagen 1: Casa de fuerza, en la planta de Servicios Auxiliares.*

Como se muestra en la imagen 1 la casa de fuerza de la planta de servicios auxiliares o de la caldera cuenta con una capacidad de 180 MVA (Megavoltiamperio), que suministra:

✓ VAPOR DE ALTA PRESIÓN ( $44.8 \text{ Kg/cm}^2$  y  $399^\circ\text{C}$ ):  
Es la fuerza motriz que es aprovechada en la planta de oxígeno, por su energía calorífica y de presión, que es convertida en energía mecánica por las turbinas que a su vez mueven los compresores de aire y de oxígeno.

✓ VAPOR DE MEDIA PRESIÓN ( $19.4 \text{ Kg/cm}^2$  y  $272^\circ\text{C}$ ):  
Es la fuerza motriz que es aprovechada por la planta, por su energía calorífica en el calentador de gas de regeneración de los Multi absorbedoras y por su energía de presión en los eyectores en el área de compresores para aumentar la eficiencia de las turbinas.

✓ VAPOR DE BAJA PRESIÓN (4.57 Kg/cm<sup>2</sup> y 165°C):

Es la fuerza motriz que es generada en la planta de oxígeno como parte del vapor agotado. Este recurso es de exportación a otras empresas.

✓ ENERGÍA ELÉCTRICA (4160 V en tres fases) (TURBOS):

Fuerza eléctrica utilizada en la planta de oxígeno para mover motores de diferentes capacidades, alumbrado, instrumentación y equipos de oficina.

✓ AGUA DE ENFRIAMIENTO (4.22 Kg/cm<sup>2</sup> y 32°C):

Es el fluido que es utilizado para abatir el calor en los equipos de los procesos en las diferentes plantas del complejo, que por su trabajo mecánico y de compresión lo generan.

✓ AGUA DE SERVICIOS:

Fluido que es utilizado en las diferentes plantas del complejo para los servicios de higiene y usos múltiples en las áreas.

✓ AIRE DE INSTRUMENTOS (5.5 Kg/cm<sup>2</sup>):

Gas seco, generado y utilizado en la Planta de Oxígeno para manipular la instrumentación neumática. Este se obtiene del aire de proceso que sale de los multi adsorbedores.

✓ RETORNO DE CONDENSADOS (48°C):

Es el vapor condensado que sale de las turbinas de vapor y se regresa a la planta de servicios auxiliares. Este servicio también es de exportación.

En la imagen 2 se observa el área de bombas de la planta de servicios auxiliares, aquí se suministra agua que se vuelve vapor para suministrar a las demás plantas que lo requieran para sus procesos.



*Imagen 2: Área de bombas de servicios auxiliares.*

### **1.1.2 Óxido de etileno**

El óxido de etileno es un gas inflamable de aroma fuerte. Se disuelve fácilmente en agua.

Se trata de una sustancia química usada principalmente para fabricar glicol de etileno (una sustancia química usada como anticongelante y poliéster).

Una pequeña cantidad (menos de 1%) es usada para controlar insectos en ciertos productos agrícolas almacenados, y una cantidad muy pequeña se usa en hospitales para esterilizar equipo y abastecimientos médicos.

Respirar bajos niveles de óxido de etileno por meses o años ha producido irritación de los ojos, la piel y las vías respiratorias, ha afectado el sistema nervioso y el aparato reproductor (dolor de cabeza, náusea, vómitos, pérdida de la memoria, adormecimiento, etc.). Las exposiciones a niveles más altos por períodos más breves han causado efectos más severos.

Hay cierta evidencia de que la exposición al óxido de etileno puede inducir abortos en mujeres embarazadas.

La inhalación puede causar: tos, mareo, somnolencia, dolor de cabeza, náusea, dolor de garganta, vómito. En contacto con la piel puede causar: piel seca, enrojecimiento, sensación de quemarse, dolor, ampollas. Al contacto con líquidos causa congelación.

El contacto con los ojos puede causar: enrojecimiento, dolor, visión borrosa.

Estudios en animales indican que además de irritación de las vías respiratorias, efectos al sistema nervioso y al sistema reproductivo, la exposición de larga duración al óxido de etileno también puede afectar los riñones, las glándulas y los músculos esqueléticos.

La sustancia si cayera al mar es peligrosa para los organismos acuáticos, porque envenenaría su flora y fauna.



*Imagen 3. Planta de Óxido de Etileno.*

La parte frontal de la planta de Óxido de Etileno con capacidad de producción de 280,000 toneladas al año, en el fondo se ven sus torres de procesos, como se muestra en la imagen 3.

### 1.1.3 Etileno

El etileno o eteno es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace. Es uno de los productos químicos más importantes de la industria química, siendo el compuesto orgánico más utilizado en todo el mundo.



*Imagen 4: Planta de Etileno.*

En la imagen 4 se muestra una parte de la planta de etileno del Complejo Morelos donde gran parte de su producción industrial se utiliza para obtener polietileno. El etileno es también una hormona natural de las plantas, usada en la agricultura para forzar la maduración de las frutas.

Como estadística la producción mundial de etileno fue de 107 millones de toneladas en 2005, 109 millones de toneladas en 2006, 138 millones de toneladas en 2010 y 141 millones de toneladas en 2011. Para 2016 el etileno fue producido por al menos 117 empresas en 32 países.

La mayor parte del etileno producido mundialmente se obtiene por la ruptura mediante vapor (*steam cracking*) de hidrocarburos de refinería (etano, propano, nafta y gasóleo, principalmente). También se obtiene el etileno a partir del reformado de naftas o a partir de gas natural. También puede obtenerse en laboratorios de Química Orgánica mediante la oxidación de Alcoholes.

### 1.1.4 Oxígeno

El oxígeno es un gas no tóxico incoloro e inodoro. En ausencia de oxígeno la combustión es imposible. En altas concentraciones de oxígeno la combustión es más rápida e intensa. Muchas sustancias incluyendo metales, los cuales no se incendian en aire normal, son combustibles en presencia de altas concentraciones de oxígeno o de oxígeno puro.



*Imagen 5: Planta de Oxígeno.*

Podemos observar en la imagen 5, la planta de oxígeno del Complejo Morelos que tiene una capacidad para producir de 32,000 mil toneladas por año, es una de las plantas más limpias que hay, su único defecto es el ruido.

Estas sustancias combustibles en presencia de altas concentraciones de oxígeno producen una combustión intensa y explosiones. Este fenómeno se intensifica en presencia de oxígeno bajo presión o de oxígeno en forma líquida. Otro punto importante para evitar accidentes es la protección contra concentraciones elevadas de oxígeno. Un aumento de la concentración de oxígeno en el aire lleva a una aceleración fuerte de todos los procesos de combustión. Es por esto que debe exigirse que las ropas de trabajo estén libres de aceite y grasa. El uso de gasas para el cabello y otros tipos de cosméticos han conducido a accidentes durante el manejo de oxígeno líquido o gaseoso.

Durante el purgado de oxígeno líquido se puede producir un incendio espontáneo en la ropa de trabajo cuando los vapores fríos cubren el piso del área de trabajo.

El encendido se produce como consecuencia de cargas eléctricas de la persona o de los vapores de oxígeno. A un encendido le sigue generalmente un incendio que se propaga rápidamente si la ropa de trabajo se encuentra saturada de oxígeno gaseoso.

Como medida de seguridad contra estos incendios se deberá tratar en primer lugar que la atmósfera donde aparece el oxígeno, se mezcle inmediatamente con mucho aire y segundo como medida de seguridad contra la inflamación de la vestimenta se recomienda el uso de las duchas de agua que deberán ser rápidamente alcanzables y fáciles de manejar. Es mucho más difícil de quitar las cargas de electricidad estática de las personas. Aquí se recomienda solamente evitar el uso de zapatos aislantes.

### 1.1.5 Polietileno alta densidad

El polietileno de alta densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos (como el polipropileno), o de los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno



*Imagen 6. Planta de Polietileno Asahi.*

La imagen 6 muestra la zona fría de la planta de polietileno asahi, esta se encarga de producir bolitas pequeñas blancas llamadas PET, que sirven para hacer plásticos, como botellas o tapas de refresco.



*Imagen 7. Micro localización del Complejo Morelos.*

La vista de la imagen 7 es una toma área del Complejo Petroquímico Morelos y sus áreas futuras.

El Complejo Petroquímico Morelos se encuentra en los alrededores de Rabón Grande, el Municipio de Villa Allende, la Colonia Pajaritos Dentro del Complejo se encuentran las Plantas de Óxido de Etileno, Etileno, Servicios Auxiliares, Polietileno Swing, Polietileno Asahi, Acrilonitrilo, Oxígeno, Tratamiento de efluentes, Movimiento de Productos, Polietileno Mitsui, el Almacén, la estación de bomberos, el servicio médico y el edificio administrativo.

## 1.2 Instrumentos de medición

Es un instrumento para la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases

### 1.2.1 Manómetros

#### a) Manómetro de Tubo Bourdon:

Consiste en un tubo de bronce o acero, doblada en circunferencia. La presión interior del tubo tiende a enderezarlo. Como un extremo del tubo está fijo a la entrada de la presión, el otro extremo se mueve proporcionalmente a la diferencia de presiones que hay entre el interior y el exterior del tubo. Este movimiento hace girar la aguja indicadora por medio de un mecanismo de sector y piñón; para amplificar el movimiento, el curvado del tubo puede ser de varias vueltas formando elementos en "C", torcido, espiral, o helicoidal.

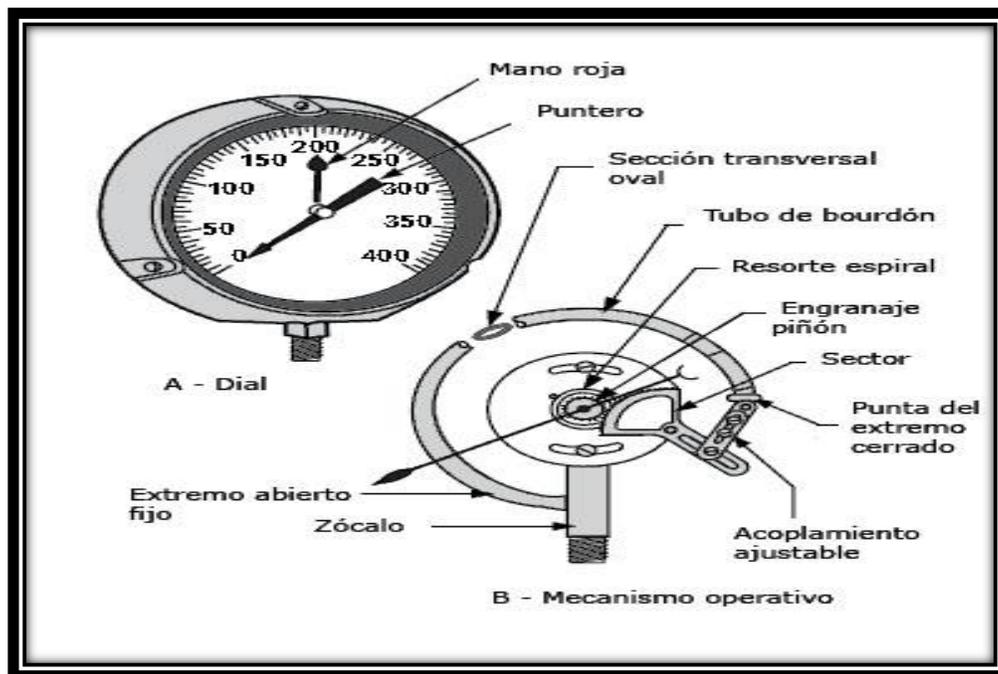


Imagen 8. Componentes externos e internos de un Manómetro tipo bourdon.

Las partes del manómetro, como el puntero o aguja (error de cero), la carcasa, el tubo bourdon, la espiral, el acoplamiento ajustable (error angular), el piñón se observan en la imagen 8.



*Imagen 9: Manómetro tipo Bourdon.*

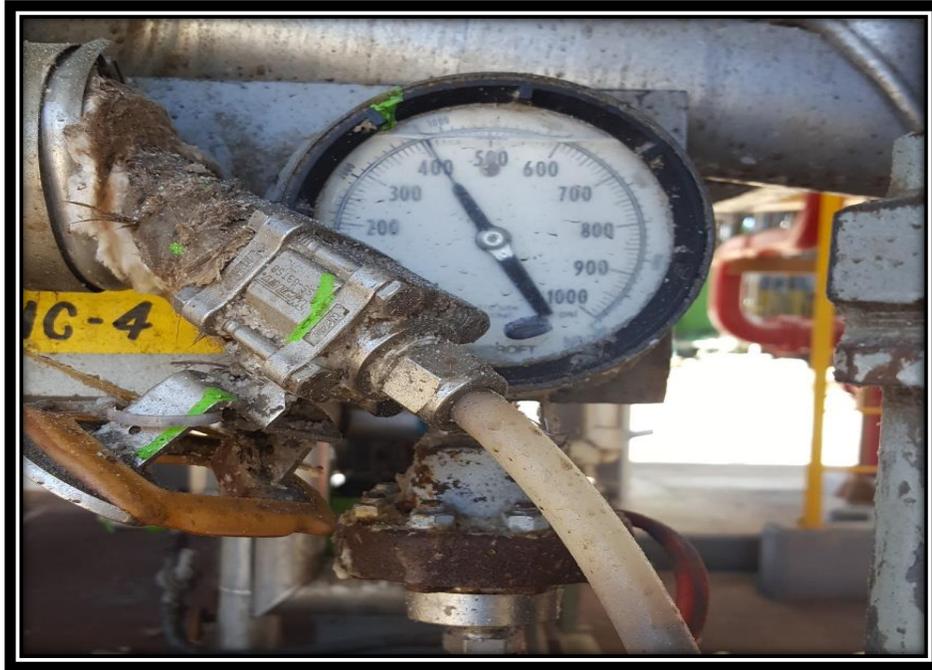
Hay dos indicadores de presión en el área de proceso en unidades de Mega Pascal (MPa) de rangos diferentes, el primero de 0-2 MPa y el segundo de 0-0.6 MPa, se pueden observar en la imagen 9.

### **b) Manómetro glicol**

El uso de gases o vapor a más de 25 Kg/cm<sup>2</sup> de presión suele representar un gran peligro en caso de ruptura del bourdon del manómetro.

Para minimizar este peligro los manómetros empleados en estas aplicaciones deberán tener caja frente sólido, cristal inastillable y un dispositivo de desfogue para que la presión sea liberada por la parte superior del manómetro.

Aunque en realidad no existe riesgo alguno en el uso de manómetros para indicar presión de gas o vapor a menos de 25 Kg/cm<sup>2</sup> se deberá considerar el tipo de gas, posibles contaminantes y las condiciones de instalación, para en su caso ordenar un manómetro de frente.



*Imagen 10. Manómetro bourdon con Glicol.*

Como se observa en la imagen 10 hay manómetro con un líquido en su interior llamado glicol, este líquido es espeso y se usa generalmente para que la vibración producida por el proceso no dañe el mecanismo interior del instrumento. El líquido cuando se pone en contacto con la piel tiene una sensación gelatinosa.

### **c) Manómetro bimetalico**

Este instrumento contiene pocas partes móviles, sólo la aguja indicadora sujeta al extremo libre de la espiral o de la hélice y el propio elemento bimetalico.

Los termómetros bimetalicos muestran la magnitud de la temperatura por medio de la aguja y la escala en la carátula, esta aguja se desplaza a lo largo de la escala al enrollarse o desenrollarse el metal localizado en el vástago. La caja herméticamente sellada ofrece protección al medio ambiente y al polvo, eliminando los problemas creados por la entrada de humedad a la caja; cuenta con ajuste externo a cero en la parte posterior de la caja. La longitud estándar del vástago puede ser de 2.5" hasta 36".



*Imagen 11. Termómetro Bimetálico.*

La imagen 11 se trata de un termómetro bimetalico o también conocido como manómetro de temperatura instalado en una tubería para medir la temperatura del producto que pasa por ella, marcando 36°C de los 100°C alcanzables.

Este tipo de manómetros son desechables, cuando ya no funcionan correctamente se reemplazan por otros, no tiene punto de ajuste para repararlos.

#### **d) Manómetro digital**

Manómetros digitales con sensor integrado o independiente.

Rangos de 0 – 30 mbar a 0 – 2000 bar ó -1+2 bar a -1 +20 bar.

Precisiones del  $\pm 0.2 \%$ ,  $\pm 0.1 \%$  o 0.05% sobre el fondo de escala.

Opciones con selección de unidades, valor máximo y mínimo, tiempo de funcionamiento, puesta a cero, salida vía RS232 para volcado de datos y software.



*Imagen 12. Manómetro Digital.*

Se puede observar en la imagen 12 se trata de un manómetro digital que está marcando 1000 Psi, este modelo es diferente al manómetro bourdon, es más precisión, sin las manijas y los números a su alrededor que le dan un aspecto de reloj.

### **1.2.2 Tipos de Válvulas**

Las válvulas son los equipos que nos sirven para dar paso o cortar el paso de material en un proceso. Las válvulas son esenciales en cualquier sistema de tubería y para que este opere en forma continua, 24 horas al día y por lo tanto debe haber una selección y localización apropiada de las mismas. Esto es que su operación y mantenimiento se efectúe sin interrumpir lo más posible, la continuidad del proceso.

La función de las válvulas es el sellado o estrangulación de corrientes de gas. Dependiendo del tipo de sellado es el tipo de válvula a emplear.

Las válvulas montadas en la sección de baja temperatura son llamadas válvulas frías, estas difieren del tipo normal de válvulas ya que están hechas con materiales para baja temperatura y tienen largos vástagos.

Las válvulas se pueden operar de varias formas entre los cuales se encuentran:

- ✓ Operadas manualmente
- ✓ Operadas neumáticamente
- ✓ Operadas hidráulicamente
- ✓ Operadas eléctricamente

Todas las válvulas montadas en la sección de baja temperatura o directamente conectadas y todas las válvulas reguladoras de oxígeno estarán libres de aceite o grasa, especial cuidado deberá tenerse durante el mantenimiento y reparación de tales válvulas para que sean limpiadas y queden libres de aceites y grasas. Similarmente el empaque debe estar libre de aceite o grasa y ser incombustible

#### **a) Válvula en ángulo**

La válvula en ángulo presenta un flujo de salida de perpendicular al flujo de la entrada con un recorrido menos curvilíneo que en una válvula de globo como se muestra en la imagen 13, lo que permite obtener un flujo de regular sin excesiva turbulencias, es adecuada para sustituir a una válvula de globo.



*Imagen 13. Válvula de ángulo*

El diseño de la válvula es idóneo para el control de fluidos que evaporizan, es decir para los fluidos que dentro del estrechamiento existen en las partes internas (entre el obturador y el asiento) y debido a una alta presión diferencial, han aumentado su velocidad y se encuentran a una presión inferior al punto de vaporización. En estas condiciones, el fluido está en estado líquido a la entrada y salida de la válvula y en estado de vapor/liquido dentro de la misma. Las burbujas de vapor formadas pasan a líquido y pueden provocar daños mecánicos graves al chocar contra las partes internas o contra el cuerpo de la válvula.

**b) Válvula de tres vías o multi vía.**

La válvula de tres vías se emplea generalmente para mezclar fluidos o bien para derivar, de un flujo de entrada, dos de salida, válvulas diversas. Normalmente se clasifican por el número de vías de que disponen, por ejemplo:

**Válvula de dos vías:** En general, las válvulas o llaves de paso, tienen siempre una salida y una entrada, es decir, dos vías, muy normalmente se consideran llaves multi vía, cuando el accionamiento de la válvula no se hace manualmente, sino mediante mecanismos eléctricos, neumáticos o mecánicos de otro tipo.

**Válvula de tres vías:** En este caso tiene tres entradas y/o salidas, como se observa en la imagen 14:



*Imagen 14. Válvula de tres vías.*

Los mecanismos de actuación de la válvula pueden, bien dirigir el flujo del fluido por una u otra salida, según convenga; tomar fluido de una u otra entrada, también según convenga.

También mezclar, o separar, fluidos de dos direcciones o de dos procedencias, en proporciones determinadas. Cuando mezclan fluidos de dos entradas en una sola salida, se llaman mezcladoras, cuando separan fluidos entre dos salidas, se llaman partidoras.

**Válvula de cuatro vías:** Tiene cometidos parecidos a la anterior, pero con cuatro vías, de modo que, tanto puede conmutar las entradas y las salidas entre las vías, como mezclar fluidos provenientes de las entradas hacia las salidas.

**Válvulas de más vías.** En este caso suelen ser válvulas de manejo manual y sirven para dirigir entradas y salidas en distintos usos.

### c) Válvula de jaula

La válvula de jaula recibe esta denominación por la forma de jaula que tiene, bien con los orificios dispuestos en una jaula fija en cuyo interior desliza el obturador, en cuyo caso se denomina válvula de jaula fija o bien con los orificios en el obturador, en cuyo caso se denomina válvula de jaula móvil, la imagen 15 es una muestra de ello.



Imagen 15. Válvula de Jaula.

Las válvulas de jaula fija pueden tener los orificios mecanizados de tal modo que la relación carrera caudal, obtenida por moverse el obturador, proporciona las características de caudal deseada. Permiten un fácil desmontaje del obturador y favorecen la estabilidad de funcionamiento al incorporar orificios que permiten eliminar prácticamente el desequilibrio de fuerzas producidos por la presión diferencial del fluido. Este tipo de obturador equilibrado, se emplea en válvulas de gran tamaño o bien cuando deba trabajarse con una alta presión diferencial. Como el obturador esta contenido dentro de la jaula, la válvula es muy resistente a las vibraciones y al desgaste. El obturador puede disponer de aros grafitados que asientan contra la jaula y permiten lograr un cierre, sin embargo, no es la válvula adecuada cuando el fluido es pegajoso, viscoso o contiene sólidos en suspensión ya que entonces el fluido tiende a colocarse entre el obturador y la jaula puede dar lugar a obstrucciones y agarrotamientos.

#### **d) Válvula de compuerta**

Es como lo indica su nombre, una compuerta o tajadera sobre la línea. Normalmente trabaja toda abierta o toda cerrada y su área de paso es del mismo tamaño del área de la tubería, como se muestra en la imagen 16.

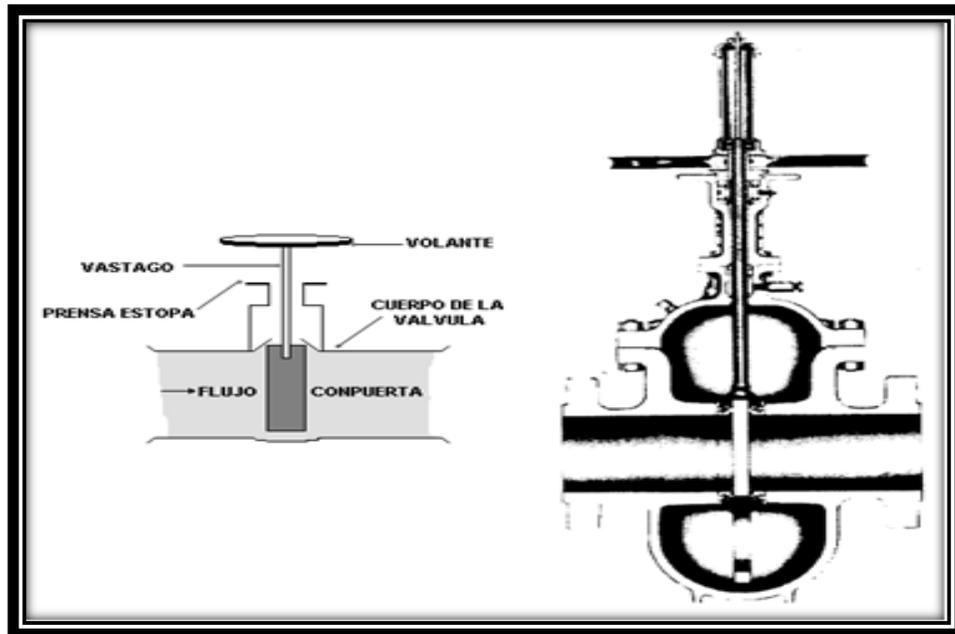


*Imagen 16. Válvula de Compuerta.*

Se usan en las líneas de succión y descarga de bombas, como válvulas de bloqueo en toda clase de líneas de cualquier servicio, agua, vapor, hidrocarburos, etc.

Son operadas manualmente por medio de un volante que actúa sobre un vástago que levanta la compuerta que atraviesa seccionalmente la línea de flujo de la válvula.

Este tipo de válvula no tiene sentido de entrada y salida, cualquiera de sus dos lados sirven para estos propósito.



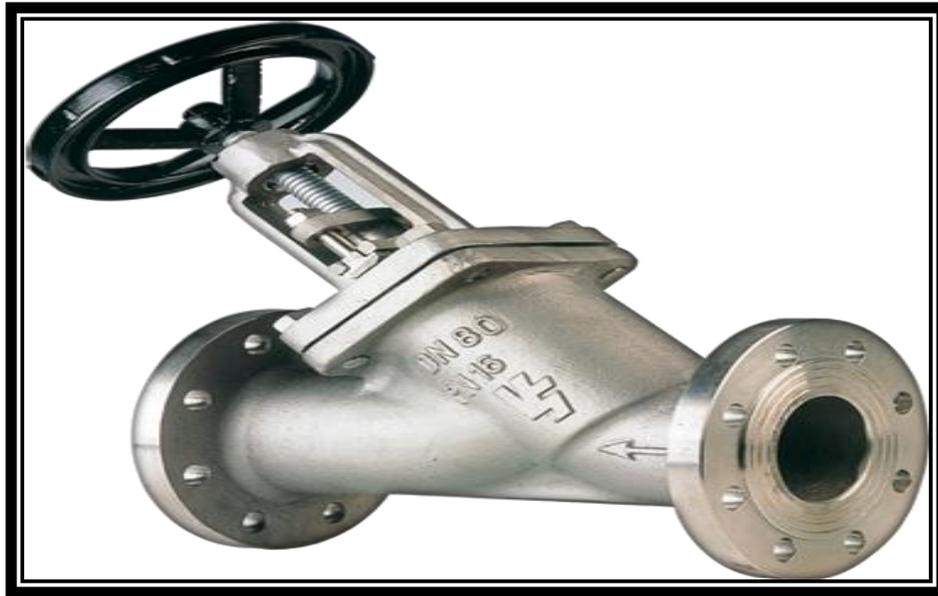
*Imagen 17: Válvula de compuerta.*

En la imagen 17 se muestra como está compuesta internamente, estas son las partes de la válvula de compuerta, desde el vástago, volante, cuerpo de la válvula, prensa estopa, flujo y compuerta.

### e) Válvula en Y

Es adecuada como válvula de cierre y de control, como válvula toda – nada, se caracteriza por su baja pérdida de carga y como válvula de control posee una gran capacidad de caudal.

La válvula en “y” tiene el asiento y el obturador inclinados a 45 grados respecto al flujo del fluido, como se muestra en la imagen 18, es difícil desmontar las partes internas inclinadas en 45 grados con relación a la horizontal.



*Imagen 18. Válvula en Y.*

Posee una característica de auto drenaje cuando esta inclinada con un cierto ángulo. Se emplea usualmente en instalaciones criogénicas

### f) Válvula de bola.

Son de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola a 90 grados y cierra el conducto.

Como se puede observar en la imagen 19, la válvula con su respectiva entrada, una palanca sostenida con una tuerca y un tornillo, compuesta por un cuerpo sostenido de cuatro tornillos, la palanca se girara en el sentido requerido según sea para bloquear o para alinear, esto significa que le dará paso al fluido o al material con el cual este trabajando la válvula.



*Imagen 19. Válvula de Bola*

Este tipo de válvulas es recomendada para:

- \*Servicio de conducción y corte sin estrangulación.
- \*Cuando se requiere apertura rápida.
- \*Para las temperaturas moderadas.
- \*Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

#### **Aplicaciones:**

Servicio general, altas temperaturas y pastas semilíquidas.

#### **g) Válvula de Globo.**

Así llamadas por la apariencia de su cuerpo, su característica principal es que tiene abertura y orificio por donde pasa el flujo de material, que es perpendicular al sentido del flujo o sea que está a lo largo del cuerpo de la válvula. Para dejar pasar el flujo por este orificio se cuenta con un disco o en casos especiales con una "aguja" que es una sección cilíndrica de metal terminada en punta. Este disco o aguja es levantado por medio del vástago, accionado por un volante y según sea la separación o abertura deja pasar cierta cantidad de flujo. Esta válvula tendrá entonces un derecho y un revés, siempre deberá instalarse de tal manera que la presión mayor esté bajo la abertura u orificio. Todas las válvulas de globo traen la indicación gráfica para colocarlas siempre en el sentido correcto.



Imagen 20: Válvula de globo

Este tipo de válvulas se usa para controlar un flujo determinado, son operadas manualmente, se les llama válvulas de apertura lenta por necesitar varias vueltas del volante para abrirlas, ejemplo mostrado en la imagen 20. Se usan para todos los servicios y productos y en donde haya que controlar una cantidad de material. Según se abre esté obstruida por el disco o la aguja será la cantidad de material que pase por la misma.

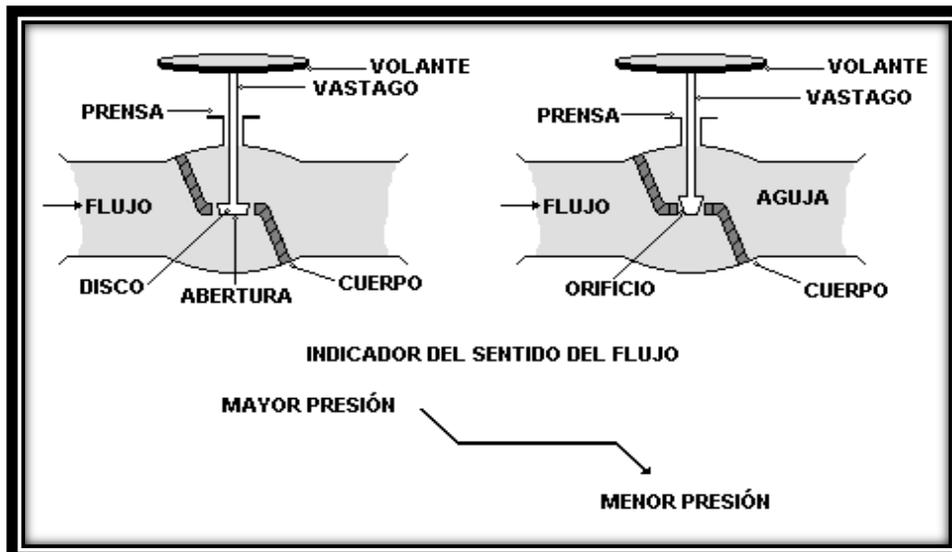


Imagen 21. Válvula de globo de forma interna.

Se muestran las partes internas de una válvula de globo y su comportamiento interno en la imagen 21, por ejemplo cómo funciona la válvula de globo cuando se está girando el volante para cortar el paso al flujo.

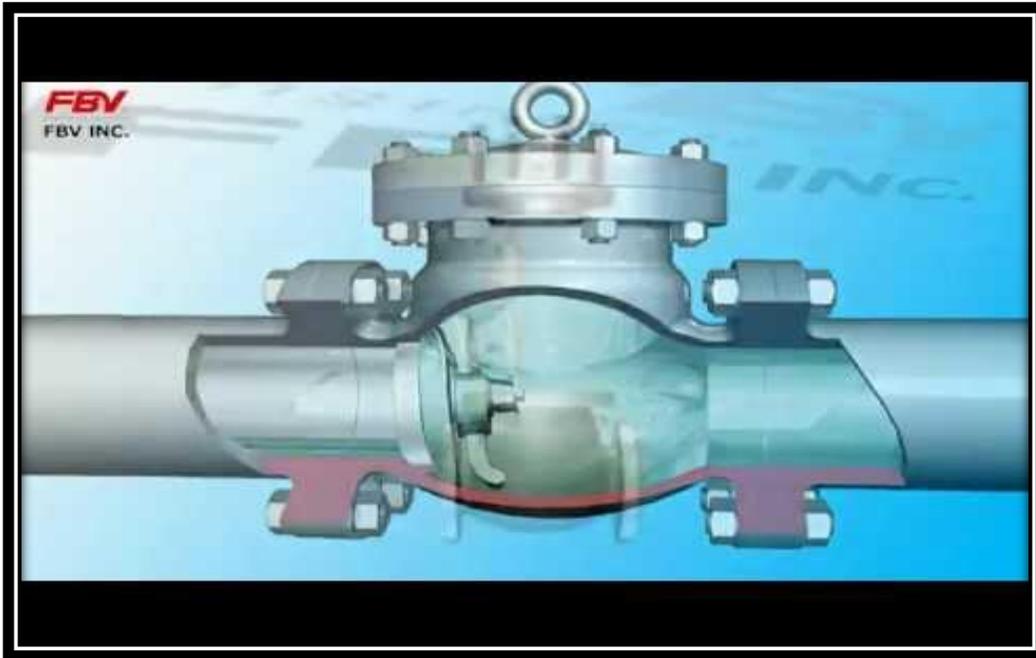
#### **h) Válvula Check.**

También llamadas válvulas de retención, su característica principal es dejar pasar el flujo de material en un sentido y evitar que regrese en sentido contrario. Para este fin cuenta con una abertura.

Que puede ser obstruida por un disco, una placa o una esfera metálica, cuando la presión en la abertura es mayor que el peso de los cuerpos que obstruyen la abertura, desplaza a las mismas y hay flujo de material, en caso contrario, cuando la presión es menor, el cuerpo obstruye el orificio y no hay flujo evitando que se regrese el material que estaba después del cuerpo.

Como se puede notar en la imagen, este tipo de válvula se debe colocar en el sentido correcto y para evitar confusiones también cuentan con una marca en el sentido de flujo.

Se usan en la descarga de las bombas, si la bomba se para, evitará que se regrese material de la línea de descarga a la bomba también en sistemas combinados en que se desea evitar lo más posible una contaminación, en sistemas donde se requiere asegurar un solo sentido de flujo.



*Imagen 22: Válvula check*

Las válvulas check tipo de bola trabajan adecuadamente en posición vertical, nunca horizontal como ejemplo de la imagen 22.

En los sistemas junto a las válvulas check van válvulas de compuerta o machos al dejar de trabajar el sistema es conveniente bloquear perfectamente bien con la válvula de compuerta o macho para asegurar el sistema pues el check puede fallar.

### **i) Válvula de control**

Son válvulas de tipo especial usadas para controlar las variables de proceso, presión, temperatura, nivel, flujo, sin acción manual, sino en forma automática, en la imagen 24 tenemos una válvula de control.

Pueden clasificarse de acuerdo con su complejidad decreciente:

- ✓ Controladores o válvulas de control
- ✓ Reguladores operados por señal
- ✓ Reguladores operados por si mismos



*Imagen 24: Válvula de control.*

Estas válvulas pueden ser operadas por medio de señal, pesas o resorte. Las válvulas operadas por señal son operadas al admitir aire de un instrumento de control al diafragma de la válvula de esta manera abre o cierra.

Las válvulas operadas por resorte abren cuando la presión en la parte inferior de la válvula es mayor que la fuerza del resorte y en caso contrario cierra. Las válvulas de pesas emplean en vez de un resorte una pesas siendo más común las de resorte. Estas válvulas tienen también sentido de flujo, el cual viene por lo general marcado en el cuerpo

#### **j) Válvula de Seguridad.**

Las válvulas de relevo o de seguridad sirven como lo sugiere su nombre para la protección del equipo y personal. Estas construidas para abrir una presión ajustada específicamente y cerrar por medio de un resorte cuando disminuye la presión a la de ajuste.



*Imagen 25. Válvula de Seguridad.*

Se observa una válvula de seguridad en la imagen 25, cuando son probadas para verificar su funcionamiento se le inyectan 72 kilos aproximadamente, el golpe que desprende puede dañar el oído, generalmente las válvulas de seguridad están pintadas de color rojo.

Todos los equipos a presión, recipientes, torres, líneas etc., cuentan con este tipo de válvulas.

Los sistemas de vapor, agua y aire relevan a la atmósfera, los hidrocarburos pesados relevan a un recipiente de recuperación y los gases y ligeros al sistema de quemadores en donde se quema por seguridad. Si no se usaran esta válvulas existiría la posibilidad de una ruptura, explosión y sus terribles consecuencias.

### 1.2.3 Tipos de Transmisores

#### a) Transmisor de Caudal

La cabeza medidora consta de una tubería medidora y dos bobinas magnéticas. Cuando se aplica una corriente eléctrica a las bobinas, se produce un campo magnético a ángulo recto con respecto a la tubería medidora.



*Imagen 26. Transmisor de Caudal.*

Se aprecia en la imagen 26 un ejemplo de un transmisor de caudal, tiene una cámara más que los transmisores de presión.

Cuando fluye un líquido conductor a través de la tubería medidora, se induce un voltaje eléctrico que es medido por dos electrodos instalados en la tubería medidora. Este voltaje es proporcional a la velocidad de flujo y en consecuencia al caudal que fluye.

El transmisor de caudal utiliza una cámara de medición cuadrada. La forma de la cámara de medición reduce significativamente la influencia de la viscosidad, el tipo de líquido y los perfiles de flujo (consulte la sección siguiente, Reducción de la influencia de perfiles variando de flujo). Las pruebas prácticas del PD 340 confirman que no es necesario recalibrar el medidor al cambiar de producto, por ejemplo de agua a leche. Esto sería normalmente necesario cuando se usan medidores magnéticos con las tradicionales cámaras de medición redondas.

El microprocesador en el transmisor controla el generador de corriente, manteniendo constante el campo magnético. La tensión entre los electrodos es amplificada y convertida en un valor digital en base al cual el microprocesador calcula el caudal de flujo.

## **b) Transmisor de presión**

Los transmisores de presión se utilizan para el control de sistemas de presión, como por ejemplo, una instalación de presión de aire. Por otro lado, los transmisores de presión también se pueden usar para controlar presiones en calderas y dirigirlas mediante un sistema de regulación y control.

Los transmisores de presión se usan también para el control de sistemas de filtro. En caso que se genere una presión en una de las dos entradas de un transductor de presión diferencial, se indicará un valor.



*Imagen 27. Transmisor de Presión.*

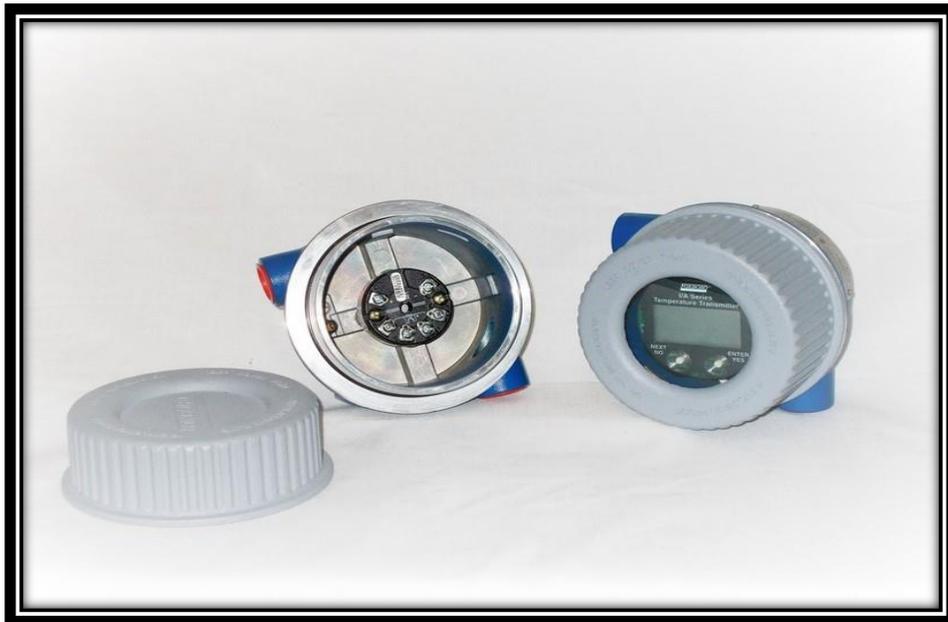
En la imagen 27 se muestra un Transmisor de presión, donde se observan las entradas para la energía eléctrica, un display con dos botones y en la parte inferior es donde va conectado al proceso del área.

### c) Transmisor de Temperatura

Los transmisores de temperatura son equipos que permiten alinear y acondicionar una señal. Con un transmisor de temperatura es posible que señales provenientes de termopares y RTD se extiendan longitudes más allá de las que los sensores por sí solos permiten, garantizando una señal altamente estable y confiable, la salida 4 a 20 mA es uno de los medios más populares para la transmisión de señal y control eléctrico en la industria aunque también existen salidas a Voltaje directo e incluso con protocolo de comunicación como lo es HART.

Las funciones que cumple un transmisor de temperatura son aislar, amplificar, filtrar ruido, alinear y convertir la señal de entrada a una señal estandarizada de control. La salida más común es la de corriente 4 - 20 Ma. Las siguientes aplicaciones frecuentemente requieren el uso de un transmisor de temperatura:

- Extensiones de señal superiores a 30 metros
- Controladores modulantes
- PLC de varias familias de fabricantes
- Variadores de velocidad
- Visualizadores



*Imagen 28: Transmisor de Temperatura.*

Un ejemplo del interior y exterior de un transmisor de temperatura lo tenemos en la imagen 28, se pueden apreciar sus conexiones, y su display, es un poco más pequeño que los otros tipos de transmisores.

#### d) Transmisor de Flujo



*Imagen 29: Transmisor de Flujo.*

Se señalan con números y unas líneas las partes del Transmisor de Flujo y a continuación sus nombres según se muestra en la imagen 29.

- 1) Cubierta de Plástico como acceso a las teclas de entrada
- 2) Tornillo de cubierta con panel de des visualización.
- 3) Display Digital
- 4) Tornillo de Bloqueo
- 5) Conexión a Proceso
- 6) Tornillo de cubierta con panel de visualización.
- 7) Placa de Características.
- 8) Entrada de la conexión eléctrica.

### e) Transmisor de Nivel

Este tipo de transmisor capta la variable de proceso a través del elemento primario y la transmite a una distancia en forma receptor indicador, registrador, controlador o una combinación de estos, la función primordial de este dispositivo es tomar cualquier señal para convertirla en una señal estándar adecuada para el instrumento receptor, es así como capta señales tanto de un sensor como de un transductor, aclarando siempre que todo transmisor es transductor más no un transductor puede ser un transmisor.

Rango de la señal estándar neumático: 3 – 15 psi para el campo de medida o a 100%. Rango de presión eléctrico 4-20 mA. Dicha señal tienen un nivel suficiente y de compromiso entre la distancia de transmisión y la robustez del equipo.

Al ser de continua y no alterna, elimina la posibilidad de captar perturbaciones. El elemento primario puede formar o no parte integral del transmisor. La transmisión de datos puede ser analógica y digital, como se muestra en la imagen 30 a continuación:



*Imagen 30. Transmisor de nivel*

## 1.3 Normalización

### 1.3.1 Sociedad de instrumentos de América (ISA).

La palabra norma, proviene del latín “normun” que significa etimológicamente. “Regla a seguir para llegar a un determinado”

SubISA nació oficialmente como Instrument Society of América (Sociedad de Instrumentos de América) el 28 de abril de 1945, en Pittsburg, Pennsylvania, EEUU. En el otoño del 2000, el consejo de delegados de la sociedad de ISA, aprobó legalmente el cambio de nombre ISA- The instrumentation, Systems and automation Society (ISA – Sociedad de instrumentación, Sistemas y automatización) en inglés.

Al realizar un plano de instrumentación a cada instrumento se le asigna un icono consistente en un círculo que contiene un código alfanumérico llamado “**TAG NUMBER**”, el cual debe cumplir con ciertas características que se señalan a continuación en el punto “Identificación funcional de instrumentos”.

ISA recomienda utilizar ciertas clases de líneas para representar flujos de proceso y señales de instrumentos en un DTI.

Las Normas más difundidas a nivel mundial son las siguientes:

#### **ISA-S5.1 Simbología de Instrumentos y conexiones.**

Esta norma establece de manera uniforme y estándar los medios de representación, la identificación y funciones propias de los instrumentos o dispositivos, sistemas de instrumentación utilizados para la medición, seguimiento y control, presentando un sistema de designación que incluye sistemas de identificación y símbolos gráficos. Esta norma tiene por objeto satisfacer los distintos procedimientos de los diversos usuarios que necesitan para identificar y representar gráficamente equipos de medición y control y sistemas.

Es conveniente para el uso en diferentes sectores de la industria, ya que esta requiere el uso de esquemas de sistemas de control, diagramas funcionales y esquemas eléctricos para describir la relación con el equipo de procesamiento y la funcionalidad de equipos de medida y control.

En un lazo, las partes se identifican con una etiqueta generalmente común a todos los instrumentos o funciones pertenecientes al lazo. Se puede agregar un sufijo o un prefijo para completar la identificación, según se requiera.

Cada instrumento o identificación o función a ser identificado es designado por un código alfanumérico o un número de etiqueta, como se indica en el contenido de la Tabla 1 que se muestra a continuación:

<b>T</b>	<b>R</b> <b>C</b> -	<b>2</b>	<b>A</b>
Primera letra	Letras sucesivas	Numero de lazo	Sufijo
Variable	Función		

*Tabla 1: Identificación de un registrador/controlador.*

- \* Primera letras: variable.
- \* Letras sucesivas: función (controlador, convertidor, transmisor, etc.)
- \* Número de lazo: indica el lazo de control del diagrama.
- \*Sufijo: se usa para diferenciar dos o más instrumentos en un mismo lazo de control.

### **Identificación funcional.**

La identificación funcional de un instrumento o su equivalente funcional consiste de letras tomadas de la tabla 1 , que incluye una primera letra la cual es para designar la edición o variable inicial, y una o más letras sucesivas las cuales designan las funciones ejecutadas, ejemplo:

- FCV: válvula control de flujo
- PI: indicador de presión
- LI: indicador de nivel
- LIC: controlador indicador de nivel

1era Letra		2da Letra		
Variable Medida	Letra de Modificacion	Funcion de lectura pasiva.	Funcion de salida.	Letra de Modificacion.
A) Analisis		Alarma		
B) Quemador		Libre	Libre	Libre
C) Conductividad			Control	
D) Densidad o peso especifico	Diferencial			
E) Tension		Elemento Primario		
F) Caudal	Relacion			
G) Calibre		Vidrio		
H) Manual				Alto
I) Corriente Electrica		Indicacion o indicador		
J) Potencia	Exploracion			
K) Tiempo			Estacion de control	
L) Nivel		Luz piloto		Bajo
M) Humedad				Medio
N) Libre		Libre	Libre	Libre
O) Libre		Orificio		
P) Presion o vacio		Punto de Prueba		
Q) Cantidad	Integracion			
R) Radiactividad		Registro		
S) Velocidad o frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T) Temperatura			Transmisor o Transmision	
U) Multivariable		Multifuncion	Multifuncion	Multifuncion
V) Viscosidad			Valvula	
W) Peso o Fuerza		Vaina		
X) Sin Clasificar		Sin Clasificar	Sin Clasificar	Sin Clasificar
Y) Libre			Compensador	Sin Clasificar
Z) Posicion			Elemento final de control sin clasificar	

*Tabla 2. Letras para identificación de variables.*

En la primera letra de la tabla 2 podemos tomar la variable y en la segunda letra tomamos la función que realiza, por ejemplo: Un registrador de radiactividad.

Función Variable		Registrador	Indicador	Controlador	Registrador/ Control	Indicador/ Controlador	Integrador/ Totalizador	Alarma	Rele	Transmisor	Elemento primario	Válvula
		A	AR	AI	AC	ARC	AIC		AA	AY	AT	AE
Análisis	A	AR	AI	AC	ARC	AIC		AA	AY	AT	AE	AV
Llama	B	BI	BC		BIC			BA	BY	BT	BE	BV
Conductividad	C	CR	CI	CC	CRC	CIC		CA	CY	CT	CE	CV
Densidad	D	DR	DI	DC	DRC	DIC		DA	DY	DT	DE	DV
Voltaje	E	ER	EI	EC	ERC	EIC		EA	EY	ET	EE	EV
Flujo	F	FR	FI	FC	FRC	FIC	FQ	FA	FY	FT	FE	FV
Corriente	I	IR	II	IC	IRC	IIC	IQ	IA	IY	IT	IE	IV
Tiempo	K	KR	KI	KC	KRC	KIC	KQ	KA	KY	KT	KE	KV
Nivel	L	LR	LI	LC	LRC	LIC		LA	LY	LT	LE	LV
Humedad	M	MZ	MI	MC	MRC	MIC		MA	MY	MT	ME	MV
Presión	P	PR	PI	PC	PRC	PIC		PA	PY	PT	PE	PV
Frecuencia	S	SR	SI	SC	SRC	SIC		SA	SY	ST	SE	SV
Velocidad	S	SR	SI	SC	SRC	SIC	SQ	SA	SY	ST	SE	SV
Temperatura	T	TR	TI	TC	TRC	TIC		TA	TY	TT	TE	TV
Viscosidad	V	VR	VI	VC	VRC	VIC		VA	VY	VT	VE	VV
Vibración	Y	YR	YI	YC	YRC	YIC		YA	YY	YT	YE	YV
Peso	W	WR	WI	WC	WRC	WIC	WQ	WA	WY	WT	WE	WV
Indefinido	X	XR	XI	XC	XRC	XIC		XA	XY	XT	XE	XV
Posición *	Z	ZR	ZI	ZC	ZRC	ZIC		ZA	ZY	ZT	ZE	ZV
Manual	H			HC		HIC						HV

Tabla 3: Identificación de instrumentos.

En la tabla 3 se encuentran las combinaciones posibles de las variables con los diferentes tipos de instrumentos un ejemplo es la variable *NIVEL*, su función como *INDICADOR*, quedaría como *LI*, a esta combinación se le puede añadir uno de los siguientes sufijos:

H – Alto

L - Bajo

HH – Muy alto

LL – Muy bajo

Si al *LI* le agregamos *C*, quedaría como *LIC*, Control indicador de nivel, el color amarillo en la tabla anterior es de las combinaciones que no se podrían, mientras el color azul es de las posibles combinaciones.

Ejemplo: Una Alarma por Alto Nivel (LHA)

<b>ISA-S5.2 Símbolos de sistemas lógicos y secuenciales.</b>	<b>ISA-S5.3 Representación gráfica de lazos de control y otras conexiones.</b>	<b>ISA-S5.4 Documentación de conexiones</b>
<p>Esta Norma lista los símbolos lógicos que representan operaciones con enclavamientos binarios y sistemas secuenciales para el arranque, operación, alarma y paro de procesos y equipos en un ambiente industrial. Estas operaciones binarias pueden ser realizadas por cualquier clase de hardware, ya sea eléctrico, electrónico, neumático, hidráulico, mecánico, manual u otros.</p>	<p>El propósito de esta norma es documentar los instrumentos formados por ordenadores, Controladores programables, miniordenadores y sistemas de microprocesador que Disponen de control compartido, visualización compartida y otras características de Interface. Esta norma es complementaria a la norma <b>ISA-S5.1</b></p>	<p>Esta Norma presenta en una hoja toda la información necesaria para la instalación, Comprobación, puesta en marcha y mantenimiento de los instrumentos.</p>

*Tabla 4. Norma ISA.*

En la tabla número 4 se describe brevemente la información relacionada con la norma ISA-S5, y su información para operar con más detalle los instrumentos y sus símbolos, así como su mantenimiento. También hace referencia a ISA-S5.3 que informa de las representaciones gráficas, conexiones y lazos de control y ordenadores. ISA-S.5.4 es la encargada de documentar las conexiones, prácticamente es el manual que tiene paso por paso los procedimientos a seguir cuando se instala un instrumento o algún mantenimiento.

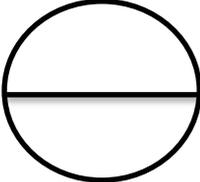
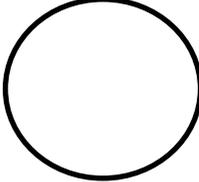
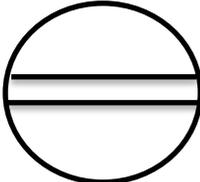
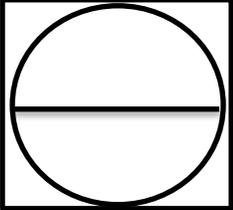
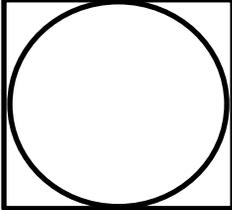
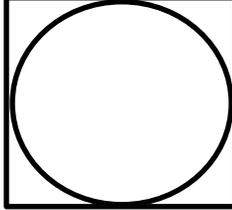
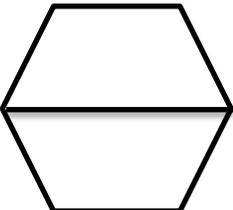
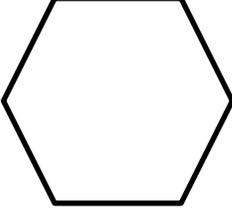
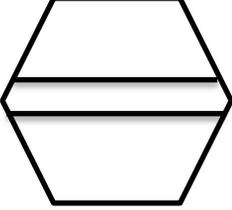
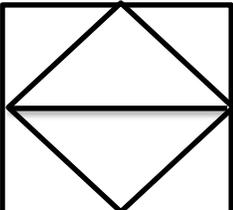
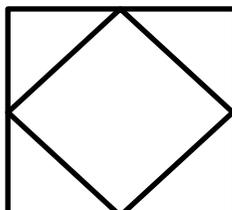
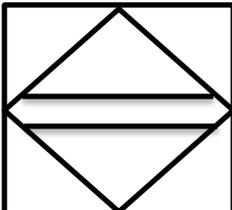
	Montado en Tablero, normalmente accesible.	Montado en Campo	Ubicación Auxiliar. Normalmente accesible para el operador.
<b>Instrumento Discreto o Aislado</b>			
<b>Display compartido, Control compartido.</b>			
<b>Función de Computadora</b>			
<b>Control Lógico Programable</b>			

Tabla 5. Simbología de instrumentación en el campo.

En la tabla número 5 se muestran los símbolos de los instrumentos interpretados en un DTI, como su ubicación, ya sea que este en el tablero, montado en campo y que puede ser intervenido por los operadores y operarios, o que este compartido con otros instrumentos y solo se pueda ver o intervenir a través de un display o del PLC.

En el DTI se muestra cómo está compuesto el área de procesos en una planta, que instrumentos deben ir y en qué orden, cada uno se distingue por un símbolo distinto, a continuación el nombre de cada uno en la lista y el símbolo en la imagen 31 que se presenta a continuación:

1. Válvula de bloqueo
2. Dispositivo Diferencial de Presión
3. Filtro y/o eliminador de aire
4. Elemento acondicionador de flujo
5. Medidor de Flujo Ultrasónico
6. Tramo de tubería recto
7. Dispositivo medidor de presión
8. Dispositivo Medidor de Temperatura
9. Termo pozo de Temperatura
10. Válvula de doble sello y purga
11. Válvula de control
12. Válvula Check
13. Densitómetro

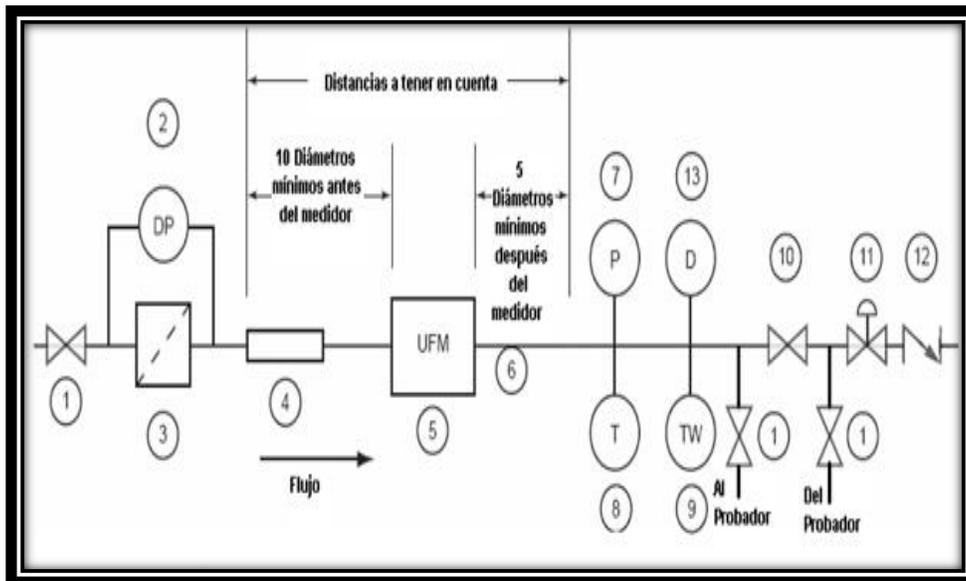


Imagen 31. Diagrama de tubería e instrumentación

# **CAPITULO II**

## **MARCO TEORICO**

## 2.1 Planteamiento del problema.

A consecuencia de que los operarios no realizan las calibraciones adecuadas a los instrumentos de acuerdo a su procedimiento operativo, esto provoca el mal funcionamiento o daños en el instrumento, así como errores al proceso o daño al medio ambiente irreparable, por ejemplo: un derrame de líquido en el mar, la exposición al aire de un gas o el desperdicio del material lo cual significaría que se perderían miles de pesos o millones.

Al corroborarse el error o daño el equipo tiene que ser intervenido con un permiso de mantenimiento correctivo, que significa sacar fuera de operación el equipo solo para intervenir al instrumento dañado, esto implica que se detendrá la producción del material si no se tiene un instrumento que sirva como relevo para que funcione en lugar del instrumento original, a su vez el trabajo por reparar el instrumento será prioritario y si no hay personal suficiente se detendrán otros trabajos para enfocarse en uno solo, los días que estará fuera de operación el equipo depende de la magnitud del daño del instrumento, si se puede reparar el mismo día o por falta de piezas puede tardar, días, semanas y hasta meses según sea el caso, hasta que se consigan piezas nuevas o de otro instrumento que le puedan servir o en su defecto comprar otro instrumento lo que saldría en miles de pesos, sin contar la pérdida de dinero por el paro de producción.

Algunos casos suceden cuando se pierden los datos exactos de transmisores, manómetros los operadores están a ciegas sin saber la indicación real del instrumento y esta situación puede provocar un disparo de planta por alta o baja presión, en caso de una válvula puede estar pasando producto de más y así afectaría el proceso que está planificado para kilos específicos para la elaboración de la materia o bien se puede tapar la toma que lleva a una válvula o el mismo producto si sobrepasa la cantidad permitida.

## **2.2 Métodos actuales de mantenimiento en la planta de Polietileno swing.**

Los métodos actuales para la revisión de los equipos en una orden preventiva, esta orden significa que tienen que revisar el equipo según lo marca el procedimiento solo para corroborar que esté trabajando correctamente y evitar su mal funcionamiento a futuro. Si el operario pregunta al operador si el equipo está trabajando sin ningún problema o si está marcando correctamente, a veces el operario no le hace ninguna revisión como lo marca el procedimiento, simplemente se realiza una limpieza externa, que significa quitarle el polvo y a veces darle mantenimiento de pintura al instrumento y a los pedestales o cajas, según sea el caso.

El no hacerle nada al equipo, ni la más mínima revisión, lleva a que el equipo trabaje como lo ha estado haciendo, sin saber si tiene algún error que en ese momento se pueda corregir para que no se complique de más su reparación.

### **2.2.1 Mantenimiento a manómetros tipo Bourdon.**

- 1.- Ir al área a buscar el instrumento y dirigirse con el operador
- 2.- El operador le entrega el instrumento al operario
- 3.- Si el manómetro cae a 0 mientras lo están des presionando, el operario toma su funcionamiento como bueno.
- 4.- El operario limpia las partes externas del manómetro sin haberlo corroborado correctamente con su equipo de calibración

NOTA: Al manómetro ya no se le revisa con el equipo de calibración correspondiente, y así deja entre dicho que su funcionamiento sea el correcto y que no presente alguna falla a futuro

### **2.2.2 Mantenimiento a Medidor de Nivel Óptico.**

- 1.- Se hace una revisión visual al instrumento para saber que llaves usar, siempre y cuando se requiera desmontarlo.
- 2.- Si en la revisión el operario decide no desmontarlo porque considera que esta "limpio" solo limpia los cristales por fuera.
- 3.- Se tira el producto que contiene el medidor óptico para echarle un poco de agua y jabón.
- 4.- Se le entrega a operación.

NOTA: Cuando un medidor óptico está sucio y el operario nada más limpia por fuera los cristales, le está dando un mal mantenimiento al instrumento, ya que cada mantenimiento requiere de un desmontaje completo para retirarle los cristales y limpiarlos de los dos lados.

### 2.2.3 Mantenimiento a válvulas de control.

- 1.- Se va al área con la orden de trabajo a buscar al operador.
- 2.- El operador indica al operario el instrumento a intervenir.
- 3.- El operario le indica al operador manejar la válvula directamente del cuarto de control.
- 4.- Si la válvula abre o cierra según sea su función en 25%, 50%, 75% y 100% el operario la toma como que el instrumento está funcionando bien.

NOTA: Cuando se interviene una válvula, no solamente es pedirle a operación que la manipule directamente del cuarto de control, si se hace pero cuando ya se verifico la carrera de la válvula con el respectivo equipo de calibración.

### 2.2.4 Perdidas por mal mantenimiento.

Se toman en cuenta los precios de los instrumentos de la planta, cuando se dañan, generan una cuantiosa perdida a la empresa, tomemos en cuenta que por las fallas que puedan existir, se tiene que detener la planta de improviso, a continuación una relación de los costos de los equipos que se manejan.

Instrumento	Marca	Costo
Válvula de control	Fisher	\$300,000.
Transmisor	Honeywell	\$45,000.
Transmisor	ABB	\$40,000.
Manómetro	Ashcroft	\$10,000.
Manómetro	WIKA	\$8,000.
Vidrios (LG)		\$4,500.

Tabla 6. Costos de los diferentes instrumentos de la planta

En la tabla número 6 se muestran los instrumentos, válvulas, transmisores, manómetros y vidrios para LG de sus diferentes marcas y su costo en pesos por equipo según la marca.

La planta de polietileno swing tiene un ingreso de 10 millones de pesos al día y esto es lo que genera por cada hora perdida:

$$\$10,000,000 \text{ millones} / 24 \text{ horas} = \$416,666.66$$

A continuación en la tabla número 7 se desglosan por mes el número de fallas, las horas por cada una, después se recuentan el total de fallas por horas en todo el año, y así poder observar la pérdida de ingresos por cada hora perdida.

MES	FALLAS	HORAS FALLAS X	TOTAL FALLAS X HORA	PERDIDA HORA EN \$416,666.66
Enero	2	1 hora	2 horas	\$833,333.32
Febrero	1	2 horas	2 horas	\$833,333.32
Marzo	1	3 horas	3 horas	\$1,249,999.98
Abril	3	1 hora	3 horas	\$1,249,999.98
Mayo	1	1 hora	1 hora	\$416,666.66
Junio	2	2 horas	4 horas	\$1,666,666.64
Julio	2	2 horas	4 horas	\$1,666,666.64
Agosto	1	2 horas	2 horas	\$833,333.32
Septiembre	2	2 horas	4 horas	\$1,666,666.64
Octubre	1	3 horas	3 horas	\$1,249,999.98
Noviembre	3	1 hora	1 hora	\$416,666.66
Diciembre	1	3 horas	3 horas	\$1,249,999.98
Total	20	27 horas	33 horas	\$13,333,333.14

*Tabla 7. Ingreso perdido por mal mantenimiento*

Costo de perdida por mal mantenimiento en un año por equipo, se describe en la tabla 8, los costos que se muestran en la tabla tienen relación con la tabla 6, que es el nombre del equipo, su valor, su marca y su costo.

Equipo	Transmisor	Manómetro	Vidrios de Nivel Óptico	Válvula	Costo de equipo	Total
Enero						
Febrero	1				\$45,000.	\$45,000.00
Marzo		1			\$8,000.	\$8,000.00
Abril				3	\$300,000.	\$900,000
Mayo			1		\$4,500	\$4,500.00
Junio		2				
Julio						
Agosto		2			\$8,000	\$16,000.00
Septiembre	2				\$45,000	\$90,000.00
Octubre		1			\$8,000	\$8,000.00
Noviembre				3	\$300,000	\$900,000.0
Diciembre		1			\$4,500.00	\$4,500.00
Total	3	7	1	6		\$1,118,000.

*Tabla 8. Perdida en ingresos por fallas de equipo al año*

### 2.3 Equipos actuales en la planta de polietileno swing

Instrumento	Marca
Transmisores	Foxboro Fieldbus Yokogawa Honeywell ABB Siemens
Manómetros	Wika Hyoda Ashcroft Metrón
Válvulas	Fisher

*Tabla 9. Marca de instrumentos que se encuentran en la planta de polietileno swing.*

En la tabla 9 hacen mención las diferentes marcas de los transmisores, manómetros y válvulas, cada marca tiene diferente característica a las otras, desde su precio hasta su funcionamiento.

**CAPITULO III**  
**IMPLEMENTACIÓN DE LOS**  
**MANUALES DE**  
**CALIBRACIÓN DE LOS**  
**INSTRUMENTOS**

### **3.1 Procedimientos críticos.**

Son una serie de documentos que establecen los requisitos previos y medidas preventivas de seguridad, medio ambiente y salud, para realizar diversos trabajos de tuberías, accesorios y equipos de proceso de manera consistente y disciplinada, con el propósito de evitar incidentes y lesiones durante la ejecución de las actividades, así como la integridad de las instalaciones, estas se presentan en la ejecución de las actividades no rutinarias y programadas del área de mantenimiento y operación.

En estas actividades siempre debe estar todo el personal involucrado, empezando por el ingeniero responsable del trabajo, el ingeniero responsable del área, el mando medio, el personal de operación, personal de contra incendio, y los operarios con sus ayudantes.

Estos procedimientos es de aplicación general y obligatoria para todo el personal de los centros de trabajo del Complejo Morelos y contratistas que planeen, programen, autoricen, supervisen y ejecuten trabajos de apertura de líneas y equipos de proceso. Sin ser limitativos, para las siguientes actividades:

- Procedimiento crítico para la apertura de líneas y equipos de proceso.
- Procedimiento crítico para el bloqueo de energía y de materiales.
- Procedimiento crítico de seguridad eléctrica
- Procedimiento crítico para trabajos de fuego abierto.
- Procedimiento crítico para la delimitación de áreas de riesgo.
- Procedimiento crítico para la entrada segura a espacios confinados
- Procedimiento crítico para la prevención de caídas.
- Procedimiento crítico para la selección de equipos de protección personal específico.
- Procedimiento crítico para protección contra incendio.

### 3.1.1 PO-08 Procedimiento Crítico para la apertura de líneas y equipos de proceso.

Todo trabajo que involucra una apertura de líneas y equipos debe considerarse que posee el riesgo de una emisión inesperada de materiales en estado líquido o gaseoso bajo presión durante la “Apertura Inicial” también llamada “Primera Apertura y si ocurre una liberación inesperada de materiales peligrosos”



*Imagen 32. Apertura de líneas.*

Se puede observar en la imagen 32 personas trabajando sobre unas líneas de proceso que fueron destapadas para mantenimiento, se les puede observar que portan su equipo de protección personal

A continuación una lista del equipo requerido para realizar la actividad:

- Casco con barbiquejo
- Ropa de trabajo
- Guantes de carnaza
- Lentes o googles
- Andamios (Altura)
- Personal de contraincendio disponible
- Cinturón de seguridad ( Arnés o Cable de vida)

### 3.1.2 PO-09 Procedimiento Critico para el bloqueo de energía y materiales peligrosos.

Este procedimiento se utiliza para la eliminación de energía acumulada. Toda la energía acumulada o residual debe ser eliminada, disipada o frenada por alguno de estos métodos, puesta a tierra, inmovilizada por partes rotatorias, drenado, venteado, inertizado o vaporizados de tuberías.



Imagen 33. Bloqueo de accesos.

En la imagen 33 se muestran varios métodos para bloquear el acceso a la energía a personas que no estén relacionadas con el trabajo que se está realizando y así evitar un accidente o incidente que involucren su estado físico de las personas o sus alrededores.

Equipo de requerido de protección para realiza la actividad:

- Casco con barbiquejo
- Ropa de algodón
- Calzado industrial dieléctrico
- Guantes dieléctricos
- Traje de switchero
- Lentes o googles

### 3.1.3 PO-10 Procedimiento Crítico de Seguridad Eléctrica.

Las tecnologías que eliminan la exposición a los riesgos eléctricos, son la primera línea de defensa para evitar incidentes y accidentes eléctricos.

Reducen la frecuencia de exposiciones potenciales usadas conjuntamente con prácticas seguras del trabajo se deben considerar como la segunda defensa.

El uso del EPP (equipo de protección personal) se debe considerar como la última línea de defensa.



*Imagen 34. Trabajos con energía*

En la imagen 34, se muestra a dos personas trabajando con la energía eléctrica con trajes especiales para cualquier eventualidad que se presente.

Esos trajes aíslan la electricidad y tienen cierres herméticos para evitar el paso de la energía al cuerpo y a su vez evitar una descarga en el mismo.

Equipo de requerido de protección para realiza la actividad:

- Casco con barbiquejo
- Ropa de algodón
- Calzado industrial dieléctrico
- Guantes dieléctricos
- Traje de switcheo
- Lentes o googles

### 3.1.4 PO-11 Procedimiento Critico para trabajos con fuego abierto (TFA).

Se refiere a trabajos que implican la generación de calor por medios mecánicos o eléctricos que rebasan los 50°C, así como la generación de chispas o flama abierta, así como los equipos o vehículos de combustión interna.



*Imagen 35. Trabajo con fuego abierto.*

Como se observa en la imagen 35, se está trabajando con fuego abierto, se le llama así por la chispa que nace, el trabajador porta un equipo de protección personal, mandil, guantes de carnaza, peto y mascarilla de cara completa.

Este tipo de trabajos son de riesgo, se tiene que verificar que en sus alrededores no haya alguna fuga o material con el que pueda entrar en contacto y reaccionar de forma violenta, el personal de seguridad debe estar presente con el equipo adecuado por si se sale de control la actividad, el personal de operación debe estar atento por si se necesita bloquear algún equipo de ser necesario, a su vez los ingenieros responsables del área y del trabajo.

Equipo de requerido de protección para realiza la actividad:

- Casco con barbiquejo
- Ropa de algodón
- Calzado industrial con casquillo
- Guantes de carnaza
- Mandil
- Lentes o googles
- Peto (Mascara)

### 3.1.5 PO-12 Procedimiento Critico para la delimitación de áreas de riesgo (barricadas).

Se refiere al personal responsable de realizar un trabajo de equipo, reparación, excavación, apertura de líneas, maniobras, construcción, entre otras. Deberá utilizar barreras de seguridad para identificar los riesgos.

En la imagen 36 se observa una cinta roja con la leyenda de “Peligro” se usa para cercar un área en donde están trabajando y hay cierto riesgo de lastimar a terceras personas, ya sea por trabajo de piso o algún trabajo que se esté realizando en las alturas, este último para evitar que algún material que se esté utilizando caiga al vacío y a su vez lesione a alguien.



*Imagen 36. Cinta de “Peligro”.*

Se puede utilizar en trabajos de altura, purgas y venteos, excavaciones, aperturas de líneas, extracción de catalizador, colocación y retiro de juntas ciegas, fugas o derrames, maniobras con montacargas o grúas, y situaciones de emergencia.

Equipo de requerido de protección para realiza la actividad:

- Personal de seguridad
- Calzado industrial con casquillo
- Conos
- Letreros de precaución

### 3.1.6 PO-13 Procedimiento Crítico para la Entrada Segura a Espacios Confinados.

Es un lugar diseñado de manera que una persona puede desempeñar una determinada tarea en su interior, que tiene medios limitados o restringidos para su acceso o salida, que no esté diseñado para ser ocupado por una persona en forma continua y en el cual se realizan trabajos específicos ocasionalmente.



*Imagen 37: Espacio Confinado.*

En esta imagen 37 se muestra un tanque de almacenamiento, ejemplo de espacio confinado con la entrada hombre en la parte inferior, solo puede entrar una persona por el espacio reducido en el interior del tanque, cuenta con unas escaleras marinas para llegar a la parte superior, donde se encuentran instalados varios instrumentos para medir el nivel y la presión cuando el tanque se encuentra ocupado por algún material.

### 3.1.7 PO-14 Procedimiento Critico para la prevención de caídas.

Todo trabajo de altura debe considerarse como trabajo potencialmente peligroso y como tal para su ejecución deberá elaborarse un Análisis de Seguridad del Trabajo (AST) para identificar los riesgos.

**Trabajo en altura:** Los trabajos que se realicen a partir de 1.8 metros o más a partir del nivel de piso terminado y el trabajador tiene que utilizar cable de vida obligatorio.

Cuando el piso lo constituya una plataforma, dicha distancia se contara a partir de la misma siempre y cuando tenga barandales adecuados u otro medio de protección para que el trabajador no tenga riesgos de caer fuera.



*Imagen 38: Grupo de trabajadores en un andamio*

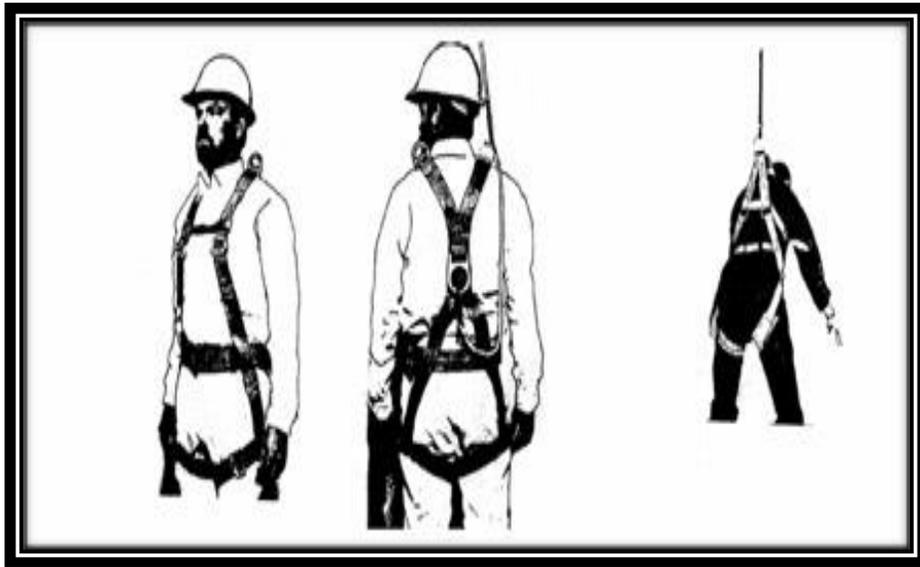
Como podemos observar en la imagen 38 hay un grupo de personas trabajando en alturas, portando correctamente su equipo de protección personal, incluido su cable de vida con su arnés.

Equipo de requerido para realiza la actividad:

- Personal con Equipo de Protección Personal Completo
- Cable de vida o Arnés
- Guantes
- Andamios

**Cinturón de seguridad o arnés:** Es un dispositivos de bandas sencillas o compuestas que puede ser asegurado alrededor del cuerpo del trabajador en tal forma que la fuerza de detención de la caída pueda ser distribuida uniformemente por los muslos, glúteos, pechos y hombros con medios para conectar un cable de sujeción como lo podemos observar en la imagen a continuación.

El arnés debe quedar en forma de “H” en el pecho y en forma de “X” en la espalda, el cable de vida debe quedar fuera para su uso en las vigas donde se vaya a insertar, como se observa en la imagen número 39 que se observa a continuación:



*Imagen 39. Ejemplo del uso correcto del arnés.*

### 3.1.8 PO-15 Procedimiento Crítico para la Selección de Equipo de Protección Personal Específico.

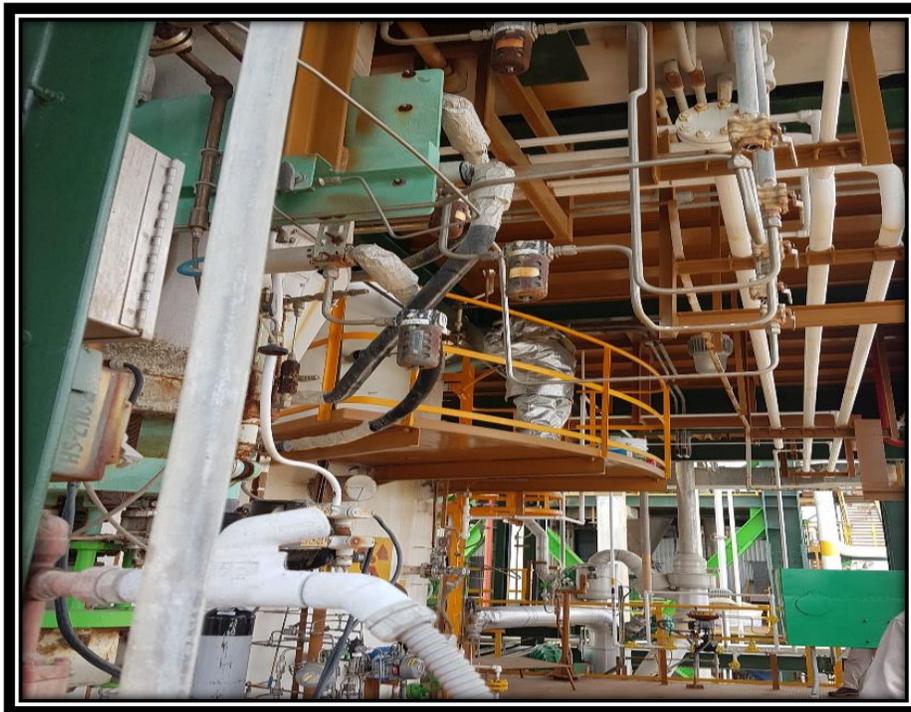
Es el conjunto de elementos y dispositivos de uso personal diseñados específicamente para proteger al trabajador contra los efectos derivados de la exposición de los agentes químicos, biológicos o físicos. Comprende la protección personal para trabajos de altura, trabajos eléctricos, corte y soldadura, radiaciones, apertura de líneas y equipos o espacios confinados.



*Imagen 40: Equipo de traje Aluminizado.*

En la imagen 40, se observa un equipo aluminizado que consta de una chamarra, un pantalón y unas botas especiales para soportar la temperatura y que este a su vez protege a la persona que lo porta si llega a dispersarse la flama.

Este traje se utiliza como precaución y protector del cuerpo cuando el trabajador va a realizar un trabajo donde se involucra el fuego, como en la imagen 41, que muestra al operador de la planta de procesos a punto de barrer (limpiar) una línea con nitrógeno, el equipo aluminizado lo usa como protección al fuego, dicha línea trabaja con catalizador que reacciona de forma inflamable y violenta al contacto con el medio ambiente.



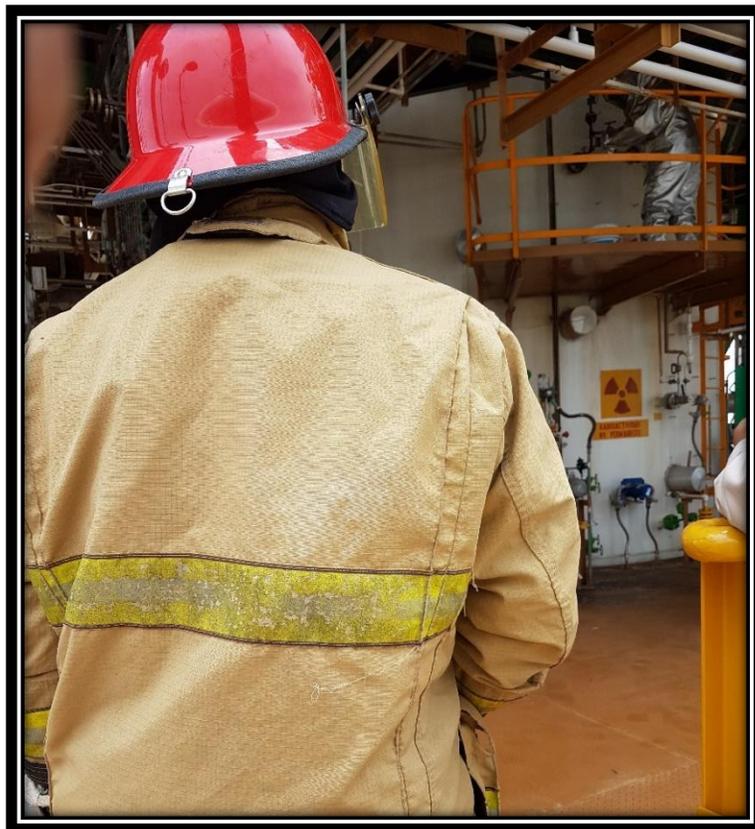
*Imagen 41. Personal trabajando con una línea de catalizador.*

### 3.1.9 PO-16 Procedimiento Critico para protección contra incendio.

Estos son los requisitos para la prevención de incendios que se deben observar antes, durante y después de la ejecución.

#### Clases de fuego:

- A) Involucra materiales solidos combustibles.
- B) Involucra líquidos y gases inflamables.
- C) Involucra equipo eléctrico energizado.
- D) Involucra metales combustibles.



*Imagen 42: Personal de Contra Incendio*

En la ilustración 42 podemos observar a personal capacitado de contra incendio con su equipo de Protección Personal, pendiente del trabajo y listo para contrarrestar algún incidente o accidente que se pudiese dar el realizar la actividad del compañero que usa el traje aluminizado.

Cada equipo de protección personal es diferente según el trabajo y las materias con las que se relacione.

### **3.2 Mantenimiento a Manómetros tipo Bourdon.**

#### **Objetivo:**

Establecer un instructivo de calibración de manómetros indicadores de presión tipo bourdon.

Los manómetros de tubo bourdon consisten de un tubo ovalado en sección, rolado para formar un arco de círculo, estando sujeto un extremo a un cuadrante o sector que se engrana con un piñón sobre el eje del puntero del indicador.

El extremo del tubo bourdon fijado al árbol de conexión, está abierto para admitir fluido, y el otro extremo está cerrado, un aumento de presión de fluido en el tubo, tiende a desdoblarse el tubo, moviéndose en esta forma el extremo libre.

El movimiento del extremo libre se transmite al sector el cual hace girar al piñón y el puntero.

#### **Equipo necesario:**

- Manómetro patrón (Imagen 42)
- Desarmadores planos (pequeño y mediano)
- Extractor de plumillas
- Bomba Hidráulica
- Diésel
- Estopa
- Arreglos de Tubing
- Conectores de  $\frac{1}{4}$  o  $\frac{1}{2}$  (según sea a medida de entrada del manómetro)
- Teflón

### **Pasos para mantenimiento de manómetro tipo Bourdon:**

- a) Colocar el manómetro patrón con el conector indicador y ponerle teflón alrededor del conector para enroscarlo en la entrada de la bomba Hidráulica.
- b) Colocar el manómetro a calibrar en el arreglo de tubing que conecta con la bomba hidráulica, echarle agua a la bomba. Ver imagen 43.
- c) Simular presión correspondiente al 25 % del rango de medición y en ese valor ajustar el tornillo de cero del manómetro.
- d) Colocar la variable en el valor máximo de medición del manómetro, y en este valor ajustar el tornillo de multiplicación (rango), hasta que el indicador señale el valor máximo de la variable.
- e) Repetir los puntos anteriores sucesivamente, hasta que la lectura sean correctas en los valores mínimo y máximo.
- f) Colocar la variable en el 50% del intervalo de medición, y en este punto checar el error de angularidad, si existe este efectúe el ajuste con el tornillo de angularidad, mueva el indicador hasta 5 veces el valor del error en la dirección del mismo.
- g) Es de interés señalar que puede prescindirse de este paso, procediendo previamente al escuadrado de las palancas para el 50% de la variable.
- h) Reajustar sucesivamente el tornillo de cero y el de multiplicación (rango) hasta conseguir la exactitud deseada o requerida. Si fuera necesario efectuar una nueva corrección de angularidad.



*Imagen 43: Manómetro tipo bourdon.*



*Imagen 44. Manómetro patrón.*

La imagen 43 muestra un tubing de acero inoxidable de  $\frac{1}{4}$  conectado al manómetro, por donde va a fluir el agua que hará que levante la presión que viene de la bomba hidráulica, ahí podemos apreciar que el puntero marca 30 kg/cm<sup>2</sup>, siendo su límite de 110kg/cm<sup>2</sup>

Se observa un manómetro patrón marca WIKAI en la imagen 44 que se usara como referencia para calibrar al manómetro, el rango va de 0 a 70 Kg/cm o de 0 a 1000 psi. El manómetro patrón tiene será de un rango mayor o igual al que se va a calibrar.



*Imagen 45: Bomba Hidráulica.*

Una bomba hidráulica es la que se observa en la imagen 45, se utiliza en la calibración del manómetro patrón, suministrando el agua cada que apretamos las patas de adentro hacia afuera, y esto hace que la presión suba para que llegue hasta el manómetro patrón y al manómetro que se está comparando, el resultado correcto se reflejara en el manómetro patrón.

En la imagen 46 como se comparan los dos manómetros cuando se están calibrando, se muestra a los dos en una escala rebasando los 30 kg, así es cuando se confirma que el manómetro a calibrar está trabajando correctamente.



*Imagen 46: Calibración del Manómetro Patrón.*

**CENTRO PETROQUIMICO MORELOS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTOS**

**BITACORA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACION A EQUIPOS NO CRITICOS DE MEDICION**  
**REPORTE DE ACTIVIDADES DIARIAS**

No. OT: \_\_\_\_\_ TAG: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 UBICACIÓN: \_\_\_\_\_ PROCEDIMIENTO UTILIZADO: **430-DIMI-PO-04**  
 EQUIPO DE CALIBRACION: \_\_\_\_\_

**ANTES DEL MANTENIMIENTO**  
 DISPONIBLE     FUERA DE OPERACION     EN FALLA     OTRO    ¿CUÁL? \_\_\_\_\_

**CONDICIONES FISICAS PARA RECEPCION**  
 NO REQUERIDO     AISLADO     DEPRESIONADO     PURGADO     LAVADO

**REVISION DE VALORES ENCONTRADOS (VOLTAJE Y SUMINISTRO DE AIRE), FUGAS DE AIRE Y CONEXIONES ELECTRICAS**

SUMINISTRO ELECTRICO:     CORREGIDO VALOR: \_\_\_\_\_  
 VOLTAJE: \_\_\_\_\_  
 REAPRIETE DE CONEXIONES ELECTRICAS     SI     NO  
 REAPRIETE DE TABILLAS DE TERMINALES     SI     NO  
 COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

SUMINISTRO NEUMATICO:     CORREGIDO VALOR: \_\_\_\_\_  
 PSI: \_\_\_\_\_  
 FUGAS DE AIRE EN:     SI     NO    ¿CORREGIDO?     SI     NO  
 TOMAS DE PROCESO:     SI     NO    ¿CORREGIDO?     SI     NO  
 CONEXIONES:     SI     NO    ¿CORREGIDO?     SI     NO  
 COMENTARIOS: \_\_\_\_\_

**EQUIPO**  
 LIMPIEZA     PARTES INTERNAS     PARTES EXTERNAS  
 REEMPLAZO DE PIEZAS, INDIQUE CUALES: \_\_\_\_\_

**ACTIVIDADES GENERALES**  
 REVISION DE TORNILLERIA     SI     NO    REEMPLAZO     SI     NO  
 REVISION DE SOPORTERIA     SI     NO    APLICACION DE PINTURA     SI     NO  
 OTRAS: \_\_\_\_\_

**CALIBRACION Y AJUSTE DEL INSTRUMENTO**  
 CALIBRACION:     APLICA     NO APLICA  
 CRITERIO DE ACEPTACION: ERROR DE INDICACION < ERROR LIMITE  
 (ERROR DE INDICACION = INDICACION DEL EQUIPO DE MEDICION - INDICACION DEL EQUIPO PATRON)  
 ALCANCE DEL EQUIPO: \_\_\_\_\_ A \_\_\_\_\_

VALORES ENCONTRADOS				VALORES CALIBRADOS				Error Máximo Encontrado:
%	mA / Psi	ASCENDENTE		DESCENDENTE		%	mA / Psi	
		INSTTO	PATRON	INSTTO	PATRON			
100			0			100		
75			25			75		25
50			50			50		50
25			75			25		75
0			100			0		100

REQUIRIO AJUSTE:     SI     NO  
 CUMPLE:     SI     NO

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

OPERARIO RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD: \_\_\_\_\_ AYUDANTE: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE Y FIRMA: \_\_\_\_\_ NOMBRE Y FIRMA: \_\_\_\_\_

Imagen 47: Bitácora para reportes.

Este formato que se muestra en la imagen 47 se usa para los mantenimientos preventivos NO críticos de la planta, aquí se anota la fecha, el TAG del equipo, la ubicación, el número de orden de trabajo, y lo que se realizó con el equipo, así como los valores encontrados y los valores alcanzados al revisar y/o verificar el equipo.

### **3.2 Mantenimiento a indicador de Nivel Óptico (LG).**

#### **Objetivo**

Establecer un instructivo de limpieza a indicadores de nivel (LG).

Este es el método más simple y usado por su sencillez y confiabilidad. Se conectan al recipiente en forma de vasos comunicantes, estos pueden ser de gran variedad y tamaño, pueden colocarse en casi todos los recipientes que se utilizan en los procesos industriales y su rango de presión varía entre bajas presiones hasta aproximadamente 180 a 200 kg/cm<sup>2</sup>.

Como el cristal debe resistir la presión de operación lo que significa que el espesor de su pared, el material y su tamaño deben ser adecuados para las condiciones de operación para presiones altas, los niveles ópticos se montan en marcos metálicos y el tamaño del cristal va disminuyendo en área así como la presión aumenta.

#### **Pasos para mantenimiento de Indicador de Nivel Óptico**

1. El personal manual debe verificar que el nivel óptico se encuentre bloqueado, despresionado y purgado por personal de operación. Si el instrumento contiene otro líquido en su interior que sea Acido, Catalizador o algún otro producto peligroso, operación lo debe entregar lavado con un 1 de anticipación. A sí mismo el personal que lo va a retirar debe de portar su equipo de protección personal adecuado al producto que contenga y un personal de contra incendio deberá estar presente con su equipo y el extintor correspondiente por cualquier siniestro que se presente con el personal que está interviniendo el equipo.
2. Desmontar el nivel óptico para su mantenimiento en banco.
- 3.- Realizar el mantenimiento preventivo bajo la siguiente secuencia:
  - a) Retirar las tuercas de todas las abrazaderas de los cristales que lo constituyen.
  - b) Retirar las diferentes partes del mismo como (abrazaderas, espárragos, cristales, y empaques del cuerpo).
  - c) Verificar el estado físico de los cristales; si observa que presenta fisura o partes en mal estado que pudieran disminuir la confiabilidad del cristal, sustituirlos por nuevos.

d) Si el cristal se encuentra sucio y si existe la posibilidad de recuperarlo mediante limpieza general siga lo siguiente pasos:

1.- Mezcle jabón en polvo y agua.

2.- Con lija del nº 600 y la solución jabonosa, haga limpieza del cristal hasta eliminar en su totalidad la suciedad. Si no logra limpiar el cristal, deberá dar aviso a su mando medio o al Ingeniero a cargo quien considerara reemplazar el cristal.

e) Limpiar con la carda o cepillo de alambre el cuerpo del Instrumento, tuercas, espárragos, abrazaderas y aplicar protección anticorrosiva.

f) Fabricar los empaques (el material dependerá del tipo de producto con que trabaja el LG)

g) Armar adecuadamente el nivel óptico, colocando sus empaques, cristales, abrazaderas y tuercas al cuerpo.

h) Apretar las tuercas con torqui metro o su equivalente en forma de diagonal.

La imagen 48 se observa como está compuesto el interior de un Medidor de nivel (LG), sus vidrios y su empaquetadura, los vidrios se limpian con agua y jabón, a veces se tiene que utilizar una lija o un líquido especial para que queden correctamente visibles y sin rastros de suciedad pegados, para estar verificando su nivel correctamente.



*Imagen 48. Interior de un Medidor de Nivel*

Hay un Indicador de nivel sucio como en el ejemplo de la imagen 49, con una navaja se retira el óxido podrido y lo que se pegó a los cristales y tuercas, se retiraran para lavar los cristales, que queden visibles para el personal de operación.



*Imagen 49. Indicador de Nivel Sucio. .*

A las tuercas se le puede dar mantenimiento poniéndolas a la carda, la carda es un círculo con pelos de alambre que van raspando lo oxidado debido a su fuerza, cuando se realiza esta actividad es necesario usar guantes de carnaza, y lentes contra impacto para evitar que alguna basura ingrese al ojo.

Se recomienda limpiar los espárragos y las tuercas también, engrasarlas para que con el tiempo no se quede pegada al instrumento.



*Imagen 50. Indicador de Nivel.*

Se observa en la imagen 50 como luce un indicador de nivel sin cristales, sin tornillería (tuerca y espárragos) y sin los birlos, recién raspados donde se le quitan los residuos de pintura y oxido que se queda pegada al cuerpo del instrumento.

#### **Instalación y puesta en operación de un nivel óptico.**

- a) Colocar el nivel óptico en la posición adecuada sobre las tomas del equipo, muchas veces se necesita la ayuda de dos o más personas para cargar el instrumento, según sea su tamaño.
- b) Apretar tuercas unión o bridas dependiendo de que parte lo hayan retirado, si fue desde el cople o con todo y brida.
- c) Una vez instalado y ya apretado se abren las válvulas de paso que van del proceso al instrumento.
- d) Con las válvulas abiertas se verifica que el nivel de la sustancia se haga notar a través de los cristales.
- e) Si el equipo no será utilizado o si operación lo requiere, se cierran las válvulas de paso y la válvula donde se purga el líquido.
- f) Finalmente se entrega a operación y ellos verifican lo que el operario de instrumentos les dice respecto al trabajo.



*Imagen 51: Válvula de Bloqueo*

La imagen 51 muestra una válvula de bloqueo directamente del proceso, como su nombre lo dice bloquea cuando van a retirar el instrumento, lo tienen que entregar limpio y purgado e igualmente cuando ya está instalado nuevamente le abren para que pase el líquido que está midiendo al instrumento y se verifique su limpieza.

En la imagen 52 se observa el Instrumento ya colocado, operando de manera normal en la planta después de haberle dado el mantenimiento preventivo y de limpieza, se le reviso la tornillería, empaquetadura y que los cristales estuvieran limpios para poder tomar lecturas. Está conectado con otro indicador de nivel, forman parte de los instrumentos que están midiendo el nivel del tanque blanco.



*Imagen 52. Indicador de Nivel en operación.*

### **3.3 Mantenimiento a Transmisores**

Establecer un instructivo que esté al alcance de todos, supervisor, operadores, operarios y ayudantes.

#### **3.3.1 Procedimiento de mantenimiento de calibración a transmisor de presión neumática.**

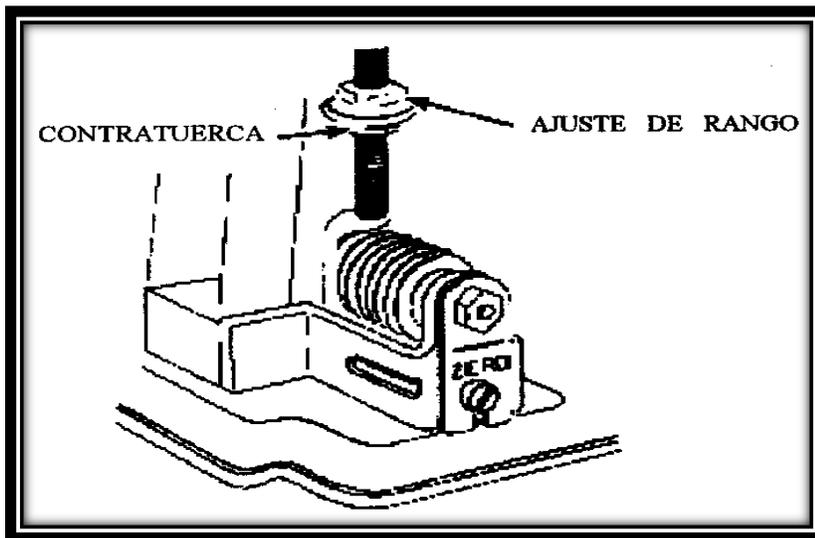
INSTRUCCIÓN DE CALIBRACIÓN:

EQUIPO NECESARIO.

- Calibrador electro neumático.
- Bomba hidráulica o similar.
- Juego de llaves españolas.
- Juego de desarmadores.
- Juego de llaves Allen.
- Manómetro patrón
- Araña (Manómetro patrón acondicionado a un regulador de aire)

## CALIBRACIÓN:

- 1.- El transmisor puede ser calibrado para una gama de presión de señal de (3-15 psi.) la gama de presión de señal que se usa es la del receptor con que es usado.
- 2.- El transmisor se calibra bien aplicando una entrada conocida y ajustando la salida al valor correspondiente.
- 3.- Sin presión en el transmisor, ajuste el tornillo de cero de manera que la salida en el manómetro lea 3 psi o 20 kpa.
- 4.- Eleve la presión al valor máximo de la gama deseada la lectura de salida en el manómetro debe ser 15 psi.
- 5.- Si la lectura de salida no es la correcta, afloje la contratuerca y ajuste la rueda de rango para obtener una salida correcta girando la rueda de rango hacia abajo la salida sube y hacia arriba baja, para cada ajuste reapriete la contratuerca, como se muestra en la imagen 53.

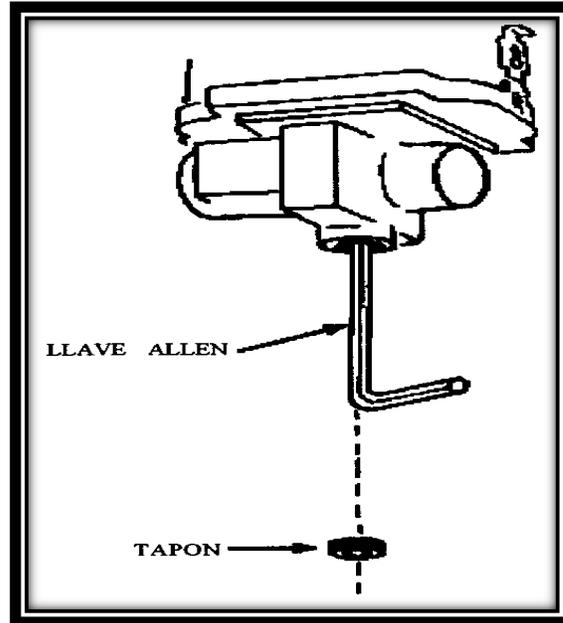


*Imagen 53. Ajuste de contratuerca y de rango.*

- 6.- Repita los pasos 3 y 4 hasta que ambas salidas queden dentro de la precisión deseada sin más ajuste. compruebe que la contratuerca de la rueda de gama este bien apretada.

### Ajuste de la contratuerca del fleje:

- 1.- Con una llave hexagonal de 9/64" saque el tapón y afloje la contratuerca del fleje, como se muestra en la imagen 54.



*Imagen 54. Lugar donde se encuentra el tapón.*

- 2.- Sin diferencial en la capsula, ajuste el tornillo de cero de manera que la presión de salida en el manómetro sea de 3.0 psi.
- 3.- Apriete con cuidado la contratuerca del fleje de manera que la presión de salida no cambie más de  $\pm 0.4$  psi, si la presión de salida no queda dentro de estos límites afloje la contratuerca y vuelva a apretar con cuidado.
- 4.- Cuando la presión de salida queda dentro de los límites con la tuerca apretada, reemplace el tapón del fondo.
- 5.- calibre el transmisor.

### 3.3.2 Procedimiento de mantenimiento de calibración a transmisor de presión.

#### EQUIPO NECESARIO:

- Simulador de presión.
- Multímetro digital.
- Herramientas.
- Manómetros patrones (Según el rango adecuado).
- Fuente de suministro +24 vcd.

#### INSTRUCCIÓN DE CALIBRACIÓN:

Nota: Antes de iniciar la calibración es necesario aislar y quitar presión a las tomas de proceso del transmisor a continuación proceder de la forma siguiente:

- 1.- Asegurarse que el transmisor de presión se encuentre sin presión.
- 2.- Remueva la cubierta roscada y conecte la fuente de suministro a las conexiones del transmisor, como se muestra en la figura 2 y el multímetro a través de TP1 y TP2.
- 3.- Haga las conexiones de aire o hidráulicas.

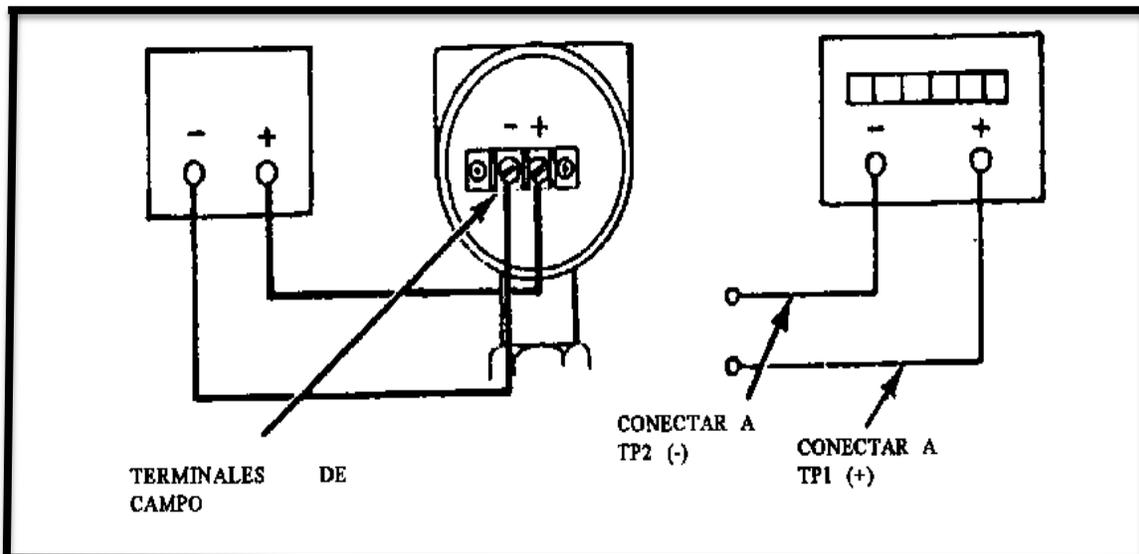


Imagen 55. Conexiones para calibración.

En la imagen 55 se observan las conexiones para conectar el configurador correspondiente o el multímetro según lo que se vaya a hacer con el transmisor.

- 4.-Ajuste la presión de calibración a 0 kg/cm<sup>2</sup> (0 psi.) la salida, tomando como indicación el multímetro, debe ser 100 mv cd, si es necesario ajuste el tornillo de cero para obtener 100 mv cd.
- 5.-Ajuste la presión de calibración igual al valor de rango alto. La salida debe de ser 500 mv cd. Si es necesario, ajuste el tornillo de span para obtener 500 mv cd.
- 6.-Repita los pasos 4 y 5 hasta que ambos valores de salida sean correctos la calibración está completa.
- 7.-Obtener las lecturas para los puntos intermedios del rango de calibración, de acuerdo al informe de calibración de equipo crítico (forma si-07) correspondiente con los datos de calibración obtenidos.
- 8.- Desconecte los equipos de calibración utilizados.

**NOTA:** Cuando los transmisores sean usados en un área peligrosa, debe, ser calibrado en banco o en un lugar aislado, deben ser desenergizados antes de remover las cubiertas roscadas.

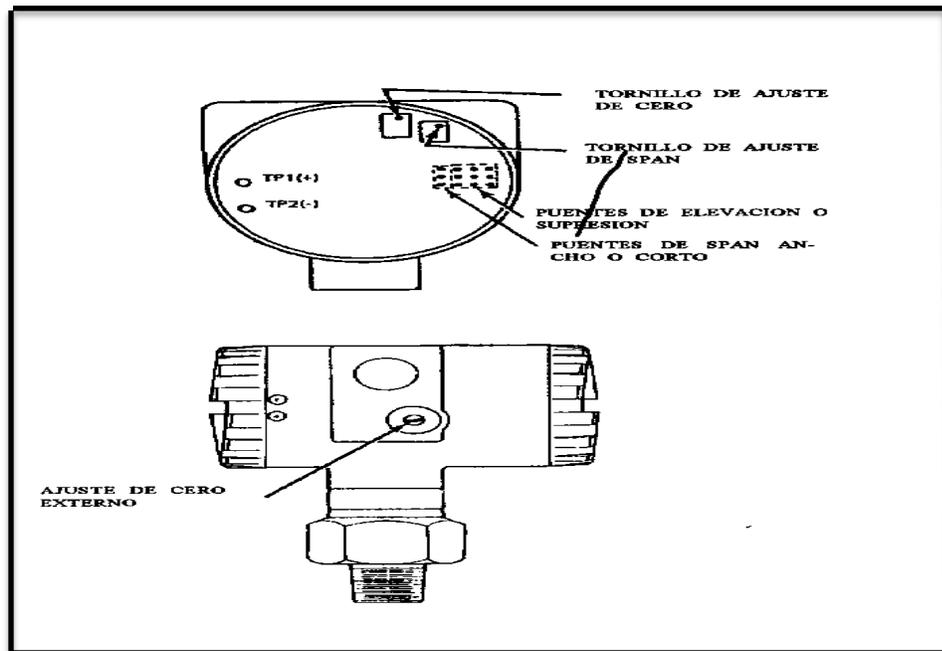


Imagen 56: Localización de ajustes

### 3.3.3 Procedimiento de mantenimiento de calibración a transmisor de temperatura.

Para la calibración de un transmisor de temperatura se necesitara tener el siguiente material y el equipo correspondiente:

- 1) Conectar el Hand held con los conectores en paralelos a la resistencia de la carga, resistencia mínima de 250 ohm en el lazo de HART para la protección del equipo.
- 2) La resistencia va conectada en serie con el transmisor de temperatura en la línea negativa de la fuente.
- 3) El calibrador de procesos simulara al sensor de temperatura enviando señales de 4-20 mv.

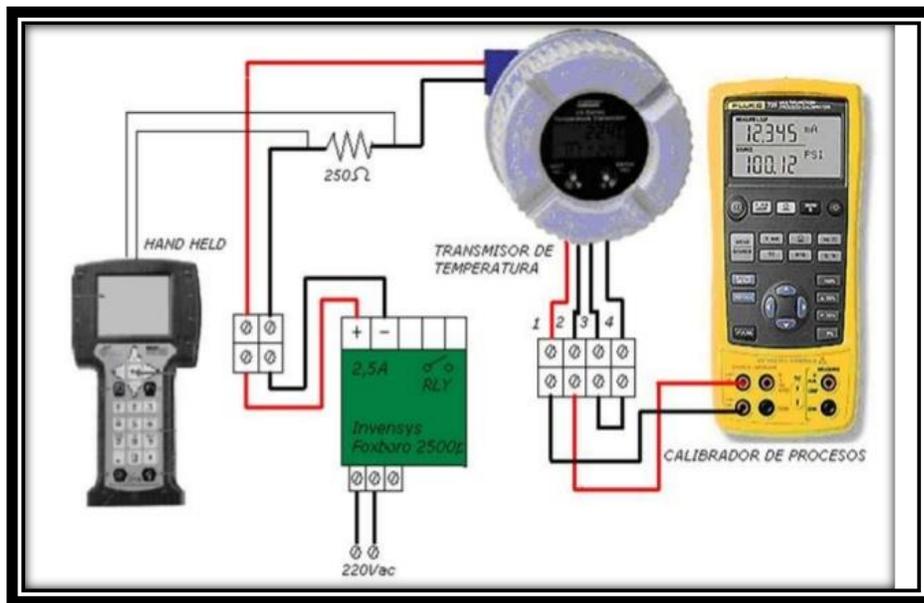


Imagen 57. Ilustración de cómo se conecta un HART, un Transmisor y un Multímetro con fuente.

Esta imagen número 57 nos muestra cómo va conectado correctamente el transmisor al HART y al calibrador de procesos (Multímetro con fuente), vemos como la resistencia esta en medio del HART y el transmisor, si el equipo se llega a conectar mal antes de dañarse el transmisor se va a quemar la resistencia, es ahí donde llegara la energía

### 3.4 Mantenimiento de calibración a válvula de control.

Establecer un instructivo para el mantenimiento de diversas válvulas de control.

Pasos

- 1) Se determina el rango de operación de la válvula, es decir si es de 3-15 psi o 3-30, así como también saber el tipo de acción ya sea aire para cerrar o aire para abrir.
- 2) Una vez determinado el tipo de acción y el rango de la misma, se procede a colocar un patrón de simulación de presión para realizar la calibración de la misma.
- 3) Si se trata de una válvula de rango 3-15psi y es acción inversa (aire para abrir), la válvula está cerrada y se le empieza a introducir presión poco a poco y esta debe empezar a abrir en 3psi aproximadamente. El indicador de carrera debe estar en 0%.
- 4) Una vez que simulo 3 PSI teniendo un 0% se procede a simular 15 PSI la válvula debe de abrir un 100% la placa de indicación de carrera debe de ponerse en ese valor.
- 5) Una vez simulado los valores de 0 y 100% y respondido correctamente se procede a simular los valores intermedios es decir 6 PSI para un 25% con 9 PSI para 50% y 12 PSI para 75% estos valores deben de corresponder en la apertura de la válvula.
- 6) Si el paso 3 no se cumple correctamente (que empiece abrir en 3 PSI aprox.) se procede a ajustar la tuerca de tensión del resorte hasta lograr que esta habrá en el valor deseado.
- 7). Se repite nuevamente los ajustes de 0 y 100% el número de veces que sea necesario hasta que la válvula quede calibrada correctamente

Nota: los pasos anteriores son con una válvula de acción inversa (sin aire cierra).

La calibración de una válvula de acción directa (sin aire abre) se efectuaría en la inversa es decir, a 15 PSI la válvula debería estar cerrada mientras que a 3 PSI estaría completamente abierta. Los porcentajes de apertura y cierre también cambian inversamente.



*Imagen 58. Válvula de control*

Se puede apreciar un ejemplo de una válvula de control por fuera e internamente en la imagen 58. A continuación una tabla de los valores del porcentaje según su apertura de una válvula de 3 a 15 psi.

#### **TABLA DE PORCENTAJES DE APERTURA**

PSI	%
3	0
6	25
9	50
12	75
15	100

*Tabla 10. Valores en PSI y en Porcentaje.*

### **3.4.1 Procedimiento de calibración de válvula de control (con Posicionador neumático).**

Pasos:

- 1) Una vez que se calibro la válvula de control sin accesorios instalados, se procede hacerlo con uno de ellos (Posicionador)
- 2) Para calibrar la válvula automática con un Posicionador neumático se instala un regulador de aire al cuerpo de la válvula o acoplado al Posicionador directamente y se le aplica un suministro de aire de 20 PSI para el caso de un Posicionador con salida de 3-15 PSI, este a su vez recibe una señal de entrada de un controlador local para a su vez mandar una señal de apertura a la válvula.
- 3) Cuando la señal de control mande 3 PSI la válvula debe de estar en 0% si no es el caso con el tornillo de Zero ajustas la posición de la válvula a que este totalmente cerrada.
- 4) Cuando el controlador manda 15 PSI de salida y a su vez de entrada al Posicionador este debe de estar en 100%, si no es el caso se ajusta el tornillo de spam para que de dicho valor de apertura.
- 5) Cuantas veces sea necesario se repiten estos pasos hasta lograr que dicha calibración quede correctamente.
- 6) Una vez ajustados los porcentajes de 0 y 100% los valores intermedios dan por si solos.

Los porcentajes de abertura son los mismos que se muestran en la tabla 7.

Es el instrumento que posiciona el vástago de una válvula cuando éste no presenta la presión aplicada para su movimiento. Este instrumento es uno de los más usados por las industrias debido a que aproxima a un valor casi exacto la posición del vástago, evitando así pérdidas que no favorecen a las empresas. Existen casos en donde es preferible no usar posicionador debido a que se presentan cambios bruscos durante el proceso que realiza para cierto producto; un ejemplo de esto sería la magnitud de flujo debido a la rapidez inconstante en el tiempo que puede tener cualquier fluido usado en cualquier proceso industrial, como el ejemplo de la imagen 60 que se muestra a continuación:



*Imagen 60. Válvula de control con posicionador neumático*

### 3.4.2 Procedimiento de calibración de válvula de control (con Posicionador Electro neumático)

Pasos:

1. En el procedimiento de calibración de un Posicionador neumático este se hace en forma mecánica y con aire de control.
2. En el caso de un Posicionador electro neumático este trabaja con una señal de corriente y aire de control (4-20 mA y 3-15 PSI o 6-30 PSI según sea el caso).
3. Para checar el 0% de apertura de la válvula, se simula 4 mA al electro posicionador y esta debe de dar 0% en caso de no dar este porcentaje de apertura se ajusta el tornillo o potenciómetro de Zero hasta que del 0%.
4. Para checar el 100% de apertura se simula 20 mA y este debe de dar 100%, en caso de no dar este porcentaje se ajusta el potenciómetro de Span hasta llevarla al 100%
5. Cuantas veces sea necesario se repite estos pasos hasta lograr que dicha calibración quede correctamente.
6. Una vez ajustados los porcentajes de 0 y 100% los valores intermedios se dan por si solos, es decir 8 mA-25%, 12 mA-50% y 16 mA-75%

#### TABLA DE PORCENTAJE DE APERTURA

Válvula de 3-15 Psi

La tabla 11 es diferente a la anterior, aquí muestra el porcentaje, relacionado a los psi, y a lectura del multímetro que es el mA.

mA	PSI	%
4	3	0
8	6	25
12	9	50
16	12	75
20	15	100

Tabla 11. Porcentaje con psi.



*Imagen 61. Válvula de control con posicionador electro neumático.*

En la imagen número 61 se observa una válvula de control de tres vías, con un posicionador neumático que trabajara con una señal de 3 a 15 psi.

### 3.4.3 Procedimiento de calibración de válvula de control (con Posicionador inteligente Hart-4-20).

Pasos:

1. En este caso ya no intervenimos ajustes mecánicos (tornillos ni potenciómetros de Zero y Span) ya que los ajustes se hacen usando un configurador inteligente Hart 375 o 475.
2. Para este caso se sigue simulando igual la señal de corriente de 4-20 mA y señal de salida de 3-15 PSI o 6-30 PSI según sea al caso 3.

Las tablas de porcentaje de apertura son las mismas que la de los posicionadores electro neumáticos, tabla 8.

A continuación en la imagen 62, se observa una válvula con las características mencionadas anteriormente con su posicionador, 3 manómetros pequeños y un regulador de aire para controlar la entrada o salida de este.



*Imagen 62. Válvula con posicionador inteligente HART*

# **CAPITULO IV**

## **BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN**

#### 4.1 Programa de capacitación.

Para programar una capacitación o curso, es necesario tomar en cuenta diferentes cuestiones, presupuesto, el lugar que se va a ocupar para las clases, el personal a capacitar como el instructor y las fechas a impartir, también los costos.

En una serie de tablas se muestran como quedan acomodados los cursos de ascenso para los operarios en sus diferentes categorías, el curso va de menor a mayor categoría, así como los temas van de fácil a complejo.

La tabla 12 nos muestra el horario y los temas en el que será impartido el curso de ascenso de ayudante a operario de segunda, esta categoría se encarga de ver la instrumentación en su modo más simple.

<b>Horario</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>8:00am-10:00am</b>	Instrumentación básica				
<b>10:00am-12:00pm</b>	Unidades de medida				
<b>12:00pm-13:00pm</b>	C	O	M	I	DA
<b>13:00pm-14:00pm</b>	Electrónica básica				
<b>14:00pm-16:00pm</b>	Variables de control				

*Tabla 12: Programa para ascenso de ayudantes de operario especialista Instrumentista a Operarios de Segunda instrumentista.*

La tabla 13 nos muestra el programa de capacitación de Operario de 2da Instrumentista a Operario de 1era Instrumentista, de lunes a viernes, 8 horas diarias, que tendrán duración de un mes.

El operario Instrumentista de 1a es el nivel intermedio entre el de 2a y el especialista, para tener esta categoría tiene que tener conocimientos fundamentados y tener mucha practica en el campo.

A continuación los temas a impartir con el horario:

<b>Horario</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>8:00am-10:00am</b>	Instrumentación básica				
<b>10:00am-12:00pm</b>	Unidades de medida				
<b>12:00pm-13:00pm</b>	C	O	M	I	DA
<b>13:00pm-14:00pm</b>	Electrónica Intermedia				
<b>14:00pm-16:00pm</b>	Variables de control				

*Tabla 13. Programa de curso de ascenso de Operario de 2da instrumentista a Operario de 1era Instrumentista.*

En la tabla 14 se observan los horarios y los temas para el ascenso de Operario de 1era a Operario Especialista instrumentista.

A continuación el programa para el curso:

<b>Horario</b>	<b>Lunes</b>	<b>Martes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Jueves</b>	<b>Viernes</b>
<b>8:00am-10:00am</b>	Instrumentación avanzada				
<b>10:00am-12:00pm</b>	Cromatografía	Cromatografía	Cromatografía	Cromatografía	Cromatografía
<b>12:00pm-13:00pm</b>	C	O	M	I	DA
<b>13:00pm-14:00pm</b>	PLC	PLC	PLC	PLC	PLC
<b>14:00pm-16:00pm</b>	Variables de control				

*Tabla 14. Horario de curso de capacitación*

El operario especialista tiene conocimiento desde la capacitación de instrumentación básica de campo hasta la instrumentación que no se ve en el campo, por ejemplo, los PLC, Cromatógrafos, Control distribuido, a esto le llaman instrumentación fina.

Cada viernes se hará un examen con lo impartido en el curso durante la semana, al final se van a sumar las calificaciones y si tienen 8.0 de promedio general se le dará la categoría de ascenso.

## 4.2 Costo - beneficio.

Cuando se planea realizar un curso o capacitación, se debe tener en cuenta el presupuesto, contando papelería (hojas, lápices, borradores), instructor, como el personal que va a cubrir al trabajador que va al curso, así como los honorarios del instructor, si es externo tendrá un costo más elevado que si lo imparte uno de la misma empresa.

A continuación los costos por categoría de cada trabajador que asistirá al curso de capacitación para ascenso de Operario de 2da Instrumentista para 8 trabajadores durante un mes, junto con el Instructor que es un Operario especialista

1 trabajador- 8 horas diarias

Salario Catorcenal = \$7000.00 Operario de 2da.

Salario Catorcenal = \$10.000 Operario Especialista

\*Si dividimos el salario entre 14 días, quedaría de la siguiente manera el salario diario de un operario de 2da cada catorcena (14 días):

$\$700.00 / 14 \text{ días} = \$500.00 \text{ por día}$

\*Luego esas 8 horas diarias del trabajador se multiplican por el salario diario, que es lo siguiente:

$8 \text{ horas} \times \$500.00 = \$4,000.00 \text{ por trabajador.}$

\*El resultado de las horas por el salario diario, se multiplican por el total de trabajadores que van a recibir la capacitación y nos arroja un resultado del total de trabajadores por día

$8 \text{ trabajadores} \times \$4,000.00 = \$32,000.00 \text{ por día}$

\*El resultado que da por día se multiplica por los 14 días:

$\$32,000.00 \times 14 \text{ días} = \$448,000.00$

\*Al resultado final se le añade el salario del operario especialista que cubre la plaza del instructor durante el curso y el bono adicional al instructor y queda de la siguiente manera:

$\$448,000 + \$18,000.00 = \$466,000.00$

Este es el costo del curso de ascenso a operarios de 2da, es una perdida, porque no están generando recursos, al contrario, la misma cantidad que se les paga por estar en el curso, se le tiene que pagar a los trabajadores que van a cubrir su plaza.

En esta tabla 15 se explica mejor.

<b>CATEGORIA</b>	<b>TRABAJADORES EN CAPACITACIÓN</b>	<b>PAGO CATORCENAL</b>	<b>PAGO AL MES (2 CATORCENAS)</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Operario de segunda</b>	8	\$7000.00	\$14000.00	\$112,000.00
<b>Operario de primera</b>	8	\$8000.00	\$16000.00	\$128,000.00
<b>Operario especialista</b>	8	\$10000.00	\$20000.00	\$160,000.00
<b>Total</b>				\$400,000.00

*Tabla 15. Pago mensual de trabajadores*

Se junta la cantidad por la pérdida de equipos y por el mal mantenimiento que nos daría una cantidad de \$14,451,333.14 a esto se le va a restar lo invertido en las capacitaciones que es \$800,000.00 y arroja un total de \$13,651,333.14.

<b>Perdida en equipos por fallas</b>	<b>Ingreso perdido por mal mantenimiento</b>	<b>Dinero invertido en capacitación</b>	<b>Total</b>
\$1,118,000.00	\$13,333,333.14	\$800,000.00	\$13,651,333.14

*Tabla 16. Operaciones finales*

## CONCLUSIÓN

Se espera que con este trabajo se ayude con la mejora de las plantas de proceso y su mantenimiento al capacitar a sus trabajadores según su categoría, y así evitar pérdidas monetarias y de instrumentación por el mal mantenimiento a sus instrumentos, el trabajador capacitado tendrá más confianza y conocimientos al realizar los trabajos, así mismo tendrá menos errores en su trabajo a través de diversos métodos, se comprueba que el costo de la inversión a las capacitaciones para los trabajadores puede ser beneficiosa para la empresa y se reduciría el gasto que infligen cada que se sacan de operación las plantas por una falla imprevista.

<b>Perdida en equipos por fallas</b>	<b>Ingreso perdido por mal mantenimiento</b>	<b>Dinero invertido en capacitación</b>	<b>Total</b>
\$1,118,000.00	\$13,333,333.14	\$800,000.00	\$13,651,333.14

Si se invierte \$800,000.00, en capacitación para evitar errores y malos manejos de los instrumentos, cuesta menos que la perdida por fallas de equipo y el mal mantenimiento de los mismos.

## BIBLIOGRAFIA

Control avanzado de procesos: Teoría y práctica  
J. Acedo Sánchez  
2003

Control automático de procesos: Teoría y práctica  
Carlos Smith, Armando Corripio  
1991

Control de Procesos  
Javier Arántegui  
2011

El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales  
Autor: Enríquez Harper

Manual básico de Prevención de Riesgos Laborales: Higiene industrial, seguridad y ergonomía  
Autores: Manuel Falagán, Arturo Canga, Pedro Ferrer y José Fernández  
Año de publicación: 2000

Medición y Control de Procesos Industriales  
Editor: Villalobos Ordaz - Rico Romero - Eli Ortiz Hernández - Montúfar Navarro  
Idioma: español  
Año de Publicación: 2006

NORMA Oficial Mexicana NOM-013-SCFI-2004, Instrumentos de medición-  
Manómetros con elemento elástico-Especificaciones y métodos de prueba

## GLOSARIO

**AST:** Análisis de seguridad en el trabajo.

**Bomba Hidráulica:** Aparato que aprovecha la energía cinética del caudal del agua para mover parte del líquido a un nivel superior.

**CA:** Corriente Alterna, se denomina a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente.

**Calibración:** Conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre valores indicados por un instrumento de medición o sistema de medición o los valores representados por una medida materializada.

**CD:** Corriente directa, es aquella cuyas cargas eléctricas o electrones fluyen siempre en el mismo sentido en un circuito eléctrico cerrado, moviéndose del polo negativo hacia el polo positivo de una fuente de fuerza electromotriz (FEM).

**DTI:** Diagramas que contienen básicamente los equipos de proceso, las tuberías, los instrumentos y las estrategias de control del proceso.

**Error de cero:** Un instrumento tiene un error de cero cuando todas las indicaciones del instrumento son consistentemente altos o consistentemente bajos a través del rango completo del instrumento cuando es comparado con la salida deseada.

**Error de linealización:** Resultado de la salida no presenta una línea recta con respecto al valor de entrada. El error de no linealidad puede ser corregido durante la calibración si el instrumento tiene un ajuste de no linealidad. Generalmente se recomienda tomar 5 puntos

**Error de Span:** Es la desviación del valor ideal varía en diferentes puntos a lo largo del rango del instrumento. Normalmente se incrementa, cuando la señal de entrada se incrementa.

**Error:** Diferencia algébrica entre los valores indicados y los valores verdaderos de la variable medida.

**Estabilidad:** Variación experimentada de la precisión de la medida del Instrumento en un periodo de tiempo determinado

**HART:** Aparato electrónico que se conecta a los transmisores o válvulas para calibrarlos automáticamente o para verificar la calibración, detectan los errores.

**Identificación:** Secuencia de letras y/o dígitos usados para designar un instrumento individual o un circuito.

**Instrumentación:** Rama de la ingeniería involucrada con la aplicación de los instrumentos a un proceso industrial para medir o controlar alguna variable.

**Instrumento:** Dispositivo utilizado para medir y/o controlar una variable directa o indirectamente.

**KPa:** Kilo Pascal, es una unidad de presión que equivale a 1 000 pascales.

**La repetibilidad:** Es la precisión de resultados de medición expresada como la concordancia entre determinaciones o mediciones independientes realizada bajo las mismas condiciones (operador, tiempo, aparato, lugar, método, etc.).

**Lazo:** Combinación de dos o más instrumentos y/o funciones de control arregladas con el propósito de medir o controlar una variable de proceso.

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

**Medición:** Determinación de la existencia o magnitud de una variable.

**MPa:** Mega Pascal, esto es  $10^6$ , equivale al  $N/mm^2$ . Se utiliza generalmente para cálculo de cimentaciones y secciones resistentes en estructuras, donde las resistencias suelen darse en  $N/mm^2$  y las tensiones o esfuerzos sobre el terreno en MPa

**MV:** Mili Voltaje, es la unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico, la fuerza electromotriz y la tensión eléctrica.

**MVA:** Mega voltamperio, es la unidad de la potencia aparente y de la potencia compleja de un aparato eléctrico

**Pascal:** Unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma.

**Peso específico:** Fuerza con la que la tierra atrae a la unidad de volumen de ese cuerpo.

**Precisión:** Grado en que la medida que proporciona el instrumento se aproxima a un valor patrón de medida o a medida ideal

**Presión Absoluta:** Es la suma de la presión manométrica más la presión atmosférica.

**Presión:** Fuerza por unidad de área o superficie, en donde se mide directamente con otra fuerza conocida.

**Proceso:** Cualquier operación o secuencia de operaciones que involucre un cambio de estado de energía o dimensión respecto a un dato.

**Proceso:** Parte de una planta de manufactura, en la cual, el material o la energía es convertida a otras formas de material o energía.

**Protección Ambiental:** Reducir a su mínima expresión el impacto ecológico de los efluentes del proceso, para cumplir con todas las normatividades aplicables.

**Rango de Operación (SPAN):** Diferencia algebraica entre los valores de más bajo y más alto rango.

**Rango:** Región entre cuyos límites una cantidad se mide, recibe o transmite.

**Seguridad:** Preservar bajo cualquier condición la integridad del personal y equipo involucrado en la operación de los procesos.

**Señal:** Información que en forma neumática, eléctrica, digital o mecánica se transmite de un circuito de instrumentación a otro.

**SPAN:** Diferencia algebraica entre los valores mínimo y máximo

**Transmisor:** Dispositivo que detecta el valor de una variable de proceso por medio de un elemento primario (o sensor).

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

**Válvula de Control:** Elemento final de control a través del cual un fluido pasa y este ajusta la magnitud del dicho flujo mediante cambios en el tamaño de su abertura.

**Variable:** Cualquier fenómeno que no es de estado necesario sino que involucra condiciones continuamente cambiantes.

# ANEXOS

## Anexo 1

### Cuestionario de Evaluación.

Cuestionario de evaluación para:	<a href="#">430-DIMI-PO-01</a> Revisión 01	
Área de Trabajo:	Fecha	
Nombre:	Ficha:	
Aciertos	Calificación:	
Evaluador:		
Escriba la respuesta correcta.		
1. Cuál es el objetivo del procedimiento operativo <a href="#">430-DIMI-PO-01</a> .		
-		
2. Mencione las referencias normativas sobre las que se basa este procedimiento operativo.		
-		
3. Identifique la definición correcta y coloque el número correspondiente en el paréntesis:		
-		

- a). Equipo Patrón de Uso Industrial ( ) Patrón en general, de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización dada, de donde derivan las mediciones que ahí son realizadas.
- b). Verificación ( ) Equipo utilizado para calibrar y ajustar el equipo crítico, no crítico de medición, dispositivos de protección, equipo de monitoreo y medición de las diferentes áreas y plantas del Complejo Petroquímico Morelos
- c). Equipo Patrón de Referencia ( ) Patrón utilizado comúnmente para calibrar o controlar medidas materializadas, de los instrumentos de medición o de los materiales de referencia
- d). Ajuste ( ) Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.
- e). Equipos Patrón de Trabajo ( ) Operación de llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para su uso.

4. ¿Cuándo se debe realizar el Mantenimiento Preventivo al Equipo Patrón de Referencia del Laboratorio de Metrología del Departamento de Ingeniería de Mantenimiento de Instrumentos?

5. Antes de realizar el mantenimiento preventivo al Equipo Patrón de Referencia, el personal competente

¿Qué actividad realiza y que formato es el que debe utilizar?

6.- Mencione cuál es el procedimiento que se utiliza para realizar el mantenimiento preventivo de cada Equipo Patrón de Referencia?

7.- ¿Qué actividades realiza el personal competente después de haber realizado el mantenimiento preventivo?

8.- ¿Qué se tiene que llenar para que quede un registro de las condiciones en las que se entrega el Equipo Patrón de Referencia al Proveedor de Servicio?

9.- ¿Qué debe realizar el personal competente al momento de recepcionar el Equipo Patrón de Referencia entregado por el proveedor de servicio?

## Anexo 2

Cuestionario de evaluación para:	<a href="#">430-DIMI-PO-01</a> Revisión 01	
Área de Trabajo:	Fecha	
Nombre:	Ficha:	
Aciertos	Calificación:	
Evaluador:		
Escriba la respuesta correcta.		
1	Cuál es el objetivo del procedimiento operativo <a href="#">430-DIMI-PO-01</a> .	
	.-	
2	Mencione las referencias normativas sobre las que se basa este procedimiento operativo.	
	.-	
3	Identifique la definición correcta y coloque el número correspondiente en el paréntesis:	
	.-	
	a).	Equipo Patrón de ( ) Patrón en general, de la más alta calidad metrológica disponible en un lugar dado o en una organización dada, de donde derivan las mediciones que ahí son realizadas.
	-	Uso Industrial
	b).	Verificación ( ) Equipo utilizado para calibrar y ajustar el equipo crítico, no crítico de medición, dispositivos de protección, equipo de monitoreo y medición de las diferentes áreas y plantas del Complejo Petroquímico Morelos
	-	
	c).	Equipo Patrón de ( ) Patrón utilizado comúnmente para calibrar o controlar medidas materializadas, de los instrumentos de medición o de los materiales de referencia
	-	Referencia
	d).	Ajuste ( ) Confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se han cumplido los requisitos especificados.
	-	
	e).	Equipos Patrón de ( ) Operación de llevar un instrumento de medición a un estado de funcionamiento adecuado para su uso.
	-	Trabajo

4 ¿Cuándo se debe realizar el Mantenimiento Preventivo al Equipo Patrón de Referencia del Laboratorio de Metrología  
.- del Departamento de Ingeniería de Mantenimiento de Instrumentos?

5 Antes de realizar el mantenimiento preventivo al Equipo Patrón de Referencia, el personal competente ¿Qué  
.- actividad realiza y que formato es el que debe utilizar?

6 ¿Mencione cuál es el procedimiento que se utiliza para realizar el mantenimiento preventivo de cada Equipo Patrón  
.- de Referencia?

7 ¿Qué actividades realiza el personal competente después de haber realizado el mantenimiento preventivo?  
.-

8 Que formato se tiene que llenar para que quede un registro de las condiciones en las que se entrega  
.- El Equipo Patrón de Referencia al Proveedor de Servicio?

9 ¿Qué actividad debe realizar el personal competente al momento de recepcionar el Equipo Patrón  
.- de Referencia entregado por el proveedor de servicio?