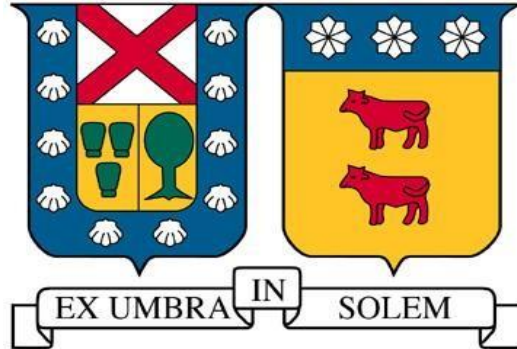


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA



TRABAJO PROFESIONAL CONTROLADO:

MANTENIMIENTO DE INSTRUMENTACIÓN Y MEJORA AL PROCESO DE
CALIBRACIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL MASONEILAN MODELO 12400

Memoria para optar al título de técnico universitario en
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Alumno: Juan Manuel González

Profesor guía: Iván Orlando Acencio

Profesional Correferente: Luis Osvaldo Salazar

2018

Resumen

El presente escrito tiene como objetivo, investigar y aplicar métodos de mantención y calibración de instrumentación industrial, enfocándose en el transmisor de nivel Masoneilan modelo 12400, este trabajo fue realizado en el departamento de instrumentos de la refinería ENAP Bío Bío.

El trabajo, consiste en realizar un estudio sobre el principio de funcionamiento del transmisor de nivel Masoneilan modelo 12400, para posteriormente trabajar en su mantención y calibración, teniendo que generar una planilla la cual facilite el proceso de cálculo para los valores de calibración, de este instrumento.

De forma paralela se incluirá detalladamente en el presente escrito, otros trabajos de mantención, realizados en el taller de instrumentos.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	2
Introducción.....	13
1. CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO	15
1.1 Planteamiento del problema.	16
1.2 Objetivos.	17
1.2.1 Objetivo General.....	17
1.2.2 Objetivos específicos.	17
1.3 Antecedentes de la empresa.	18
1.3.1 ENAP Refinerías S. A.	18
1.3.2 ENAP Refinería Bío Bío.....	18
1.3.2.1 Misión.	19
1.3.2.2 Visión.....	19
1.3.2.3 Plan estratégico de ENAP.....	19
1.3.3 Estructura organizacional.	20
1.3.3.1 Mantenimiento de instrumentos en D.E.I.	22
1.3.3.2 Protocolo requerido para realizar trabajos de mantención.....	23
1.3.3.3 Elementos de protección personal.	23
1.3.4 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).....	24
1.4 Especificaciones del entorno de trabajo.	25
1.4.1 Modelo jerárquico de la automatización.....	25
1.4.2 Niveles del modelo jerárquico de la automatización.....	26
1.4.3 Protocolo de comunicación implementado.....	27
1.4.3.1 Protocolo de comunicación HART.....	28
1.4.3.2 Protocolo de comunicación Bidireccional.....	28
1.4.3.3 Nuevos tipos de información.....	29
1.4.3.4 Instrumentos Multivariables.	29
1.4.3.5 Independencia de proveedor.	29

1.4.3.6 Comunicador HART 475 Emerson.	30
2. CAPITULO 2: MANTENCIÓN Y CALIBRACIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL MASONEILAN 12400.....	31
2.1 Características del transmisor de nivel masoneilan modelo 12400.....	32
2.2 Principio de funcionamiento.	32
2.2.1 Principio de Arquímedes.	32
2.3 Componentes del transmisor de nivel Masonielan 12400.....	33
2.4 Tipos de montaje de instalación.	34
2.5 Mantenimiento realizado al transmisor de nivel.	36
2.6 Cambio de transmisor de nivel y su tubo de torsión.	38
2.7 Ajustes mecánicos al tubo de torsión.	38
2.8 Acople del brazo de torsión y verificación de comunicación.....	40
2.9 Cálculos manuales necesarios para la calibración.....	42
2.9.1 Formulas para calcular valores de calibración.....	42
2.10 Confección de planilla para calibración del transmisor de nivel.....	44
2.10.1 Planilla para calibración en formato Excel.	44
2.10.2 Datos entregadores por la planilla confeccionada.	45
2.11 Simulación de valores de peso calculados.....	45
2.12 Calibración del transmisor de nivel.....	46
2.13 Transmisor de nivel en condiciones para su instalación.	51
2.14 Alternativa de calibración sin la necesidad del comunicador Hart 475.	52
2.14.1 Botones usados para la calibración directa.	52
2.14.2 Listado de pasos a seguir para la calibración directa.....	53
2.14.3 Listado de pasos a seguir para la calibración de nivel en interface.	54
3. CAPITULO 3: TRABAJOS ANEXOS DE MANTENCIÓN.	55

3.1 Procedimiento de trabajo.....	56
3.2 VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN VCP.....	57
3.2.1 Recepción de instrumento.....	57
3.2.3 Condiciones de llegada.	60
3.2.4 Mantenición a la válvula de control.....	62
3.2.4.1 Desarme de la válvula.....	62
3.2.5 Comentarios del trabajo realizado.	65
3.3 VÁLVULA CON ACTUADOR NEUMÁTICO ON-OFF.....	66
3.3.1 Recepción de instrumento.....	66
3.3.2 Condiciones de llegada.	69
3.3.2.1 Prueba de trabajo del actuador.....	69
3.3.2.2 Prueba de filtración de la válvula	70
3.3.3 Mantenición a la válvula y cambio de actuador.....	71
3.3.4 Comentarios del trabajo realizado.	74
3.4 SWITCH DE PRESIÓN DE BAJA PSL.	75
3.4.1 Recepción de instrumento.....	75
3.4.1.1 Lógica de control segura.....	76
3.4.1.2 Ejemplos de lógica segura de control en las conexiones.....	76
3.4.2 Condiciones de llegada.	78
3.4.3 Calibración del switch.	79
3.4.3.1 Procedimiento de calibración.....	79
3.4.3.2 Valores de acción, reposición y banda muerta.	80
3.4.4 Comentarios del trabajo realizado.	82
3.5 TRANSDUCTOR DE PRESIÓN (IP)	82
3.5.1 Recepción del instrumento.....	82
3.5.2 Condiciones de llegada.	84
3.5.3 Calibración del transductor IP.	84
3.5.3.1 Ajustes mecánicos de calibración.....	85

3.5.4	Comentarios del trabajo realizado.	86
3.6	VÁLVULA DE CONTROL CON SWITCH DE POSICIÓN.	87
3.6.1	Recepción de instrumento.	87
3.6.1.1	Componentes de seguridad de la válvula.	87
3.6.2	Condiciones de llegada.	89
3.6.3	Chequeo de la válvula y sus componentes.	89
3.6.3.1	Switch de posición.	90
3.6.3.2	chequeo de la válvula solenoide.	91
3.6.3.3	Chequeo del Handjack.	92
3.6.4	Comentarios del trabajo realizado.	92
3.7	TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y TERMOCUPLA.	93
3.7.1	Recepción del instrumento.	93
3.7.1.1	Conexiones del transmisor.	93
3.7.1.2	Precisión y opciones de entrada del transmisor.	94
3.7.1.3	Termocupla Tipo K.	94
3.7.2	Condiciones de llegada.	95
3.7.3	Calibración del transmisor de temperatura.	96
3.7.3.1	Chequeo de las condiciones de la termocupla.	98
3.7.4	Comentarios del trabajo realizado.	99
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	99
	Recomendaciones.	100
5.	BIBLIOGRAFÍA.	100
6.	ANEXOS.	101
6.1	Complemento de información sobre instrumentos.	102
6.1.1	Métodos de medición para transmisores de nivel.	102
6.1.1.1	Clasificación de los tipos de medición de nivel.	103
6.1.1.2	Descripción de instrumentos de medición de nivel.	104
6.1.1.3	Aplicaciones para los transmisores de nivel de líquidos.	111

6.2 Documentación utilizada en Enap Refinerías Bio Bio.	112
6.2.1 Planilla de reconocimiento de riesgos.	112
6.2.2 Permiso general de trabajo.....	113
6.2.3 Tarjeta de datos, División Electricidad e Instrumentos Enap.....	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Mapa de Procesos ENAP Refinería Bío Bío.	20
Ilustración 1-2: Estructura Organizacional Departamento de Mantenimiento.	21
Ilustración 2-1: Pirámide del Modelo jerárquico de la automatización.	26
Ilustración 2-2: Señal de transmisión de datos protocolo de comunicación HART.	28
Ilustración 2-3: Comunicador Hart 475 Emerson.	30
Ilustración 3-1: Formula generada del principio de Arquímedes.	33
Ilustración 3-2: Componentes del principio de funcionamiento.	33
Ilustración 3-3: Componentes del transmisor.	34
Ilustración 3-4: Montaje típico.....	34
Ilustración 3-5: Montaje externo.....	35
Ilustración 3-6: Montaje interno.....	35
Ilustración 3-7: Posición de montaje del transmisor.	36
Ilustración 3-8: Tubo de torsión antiguo.	37
Ilustración 3-9: Transmisor antiguo.	37
Ilustración 3-10: Placa de datos.	37
Ilustración 3-11: Repuesto del transmisor.....	38
Ilustración 3-12: Repuesto del tubo de torsión.	38
Ilustración 3-13: Orden de piezas por manual.	39
Ilustración 3-14: Ajuste de posición con medidor de nivel.....	39
Ilustración 3-15: Ajuste de sensor con pie de metro.	40
Ilustración 3-16: Apriete de sensor.	40
Ilustración 3-17: Transmisor y tubo de torsión en conjunto.	40
Ilustración 3-18: Acople de brazo de torsión.	41
Ilustración 3-19: Ilustración 8-18: Conexión del LT.	41
Ilustración 3-20: Verificación de comunicación con LT.	41
Ilustración 3-21: Planilla de calibración.	44
Ilustración 3-22: Simulación del peso.....	46
Ilustración 3-23: Configuración del LT.	48
Ilustración 3-24: Porcentaje de acoplamiento.	48

Ilustración 3-25: Calibración peso más bajo.....	49
Ilustración 3-26: Calibración peso más alto.....	50
Ilustración 3-27: Calibración nivel medio.....	50
Ilustración 3-28: Instrumento listo para ser instalado en terreno.....	51
Ilustración 3-29: Botones usados para la calibración.....	52
Ilustración 4-1: Componentes generales de la válvula.....	58
Ilustración 4-2: Componentes detallados de la válvula.....	59
Ilustración 4-2-1: Tipos de acciones de las válvulas de control.....	59
Ilustración 4-3: Condición de llegada de la válvula.....	61
Ilustración 4-3-1: Placa de datos.....	61
Ilustración 4-3-2: Prueba de respuesta de la válvula y filtración.....	61
Ilustración 4-3-3: Columna de mercurio análoga.....	62
Ilustración 4-4: Desacople del cuerpo de la válvula.....	64
Ilustración 4-4-1: Orden de desarme del actuador.....	64
Ilustración 4-4-2: Desacople del actuador y diafragma.....	65
Ilustración 4-5: Jaula de válvula dañada.....	66
Ilustración 4-5-1: Jaula de válvula en buenas condiciones.....	66
Ilustración 5-1: Placa de datos del actuador.....	67
Ilustración 5-2: Partes del actuador.....	68
Ilustración 5-3: Componentes de la válvula de bola.....	69
Ilustración 5-3-1: Aire en línea del taller de instrumento.....	70
Ilustración 5-3-2: Conexión a la entrada del actuador.....	70
Ilustración 5-3-3: Prueba de filtración de la válvula.....	71
Ilustración 5-4: Chequeo de componentes del actuador ON-OFF.....	71
Ilustración 5-4-1: Chequeo de la válvula de bola.....	72
Ilustración 5-4-2: Repuesto de o-ring y empaques de válvula.....	73
Ilustración 5-4-3: Cambio del actuador.....	73
Ilustración 5-4-4: Instalación y pruebas del actuador acoplado a la válvula.....	74
Ilustración 5-5: Instrumento en condiciones para ser instalado.....	74
Ilustración 6-1: Switch de presión PSL.....	75
Ilustración 6-2: Switch con problemas de filtración.....	78
Ilustración 6-3: Esquema de conexión para la calibración.....	81
Ilustración 6-4: Conexión para calibrar en taller.....	81
Ilustración 6-5: Instrumento en condiciones de ser instalado.....	82
Ilustración 7-1: Placa de datos del instrumento.....	83
Ilustración 7-2: Acción del transductor IP.....	83
Ilustración 7-3: Manómetros de entrada y salida.....	85

Ilustración 7-4: Calibración usando fuente de corriente.	85
Ilustración 7-5: Regulador de presión de salida.....	86
Ilustración 7-6: Chequeo de la calibración.....	86
Ilustración 8-1: Válvula de presión con switch de posición.	87
Ilustración 8-2: Handjack.....	88
Ilustración 8-3: Válvula solenoide.	88
Ilustración 8-4: Válvula solenoide.	89
Ilustración 8-5: Conexión para generar la presión de entrada.....	90
Ilustración 8-6: Calibración de switch de posición.	91
Ilustración 8-7: Solenoide en la entrada de la válvula.	92
Ilustración 8-8: Handjack de seguridad.....	92
Ilustración 9-1: Conexiones posibles del transmisor.	94
Ilustración 9-2: Termocupla.....	95
Ilustración 9-3: Conexión del transmisor.....	96
Ilustración 9-4: Rangos de temperatura TC tipo K.	96
Ilustración 9-5: Calibración de transmisor, temperatura 0°	97
Ilustración 9-6: Calibración del transmisor, temperatura 100°C.	97
Ilustración 9-7: Verificación de estado de la TC con 40°C.	98
Ilustración 9-8: Verificación de estado del TC con 35°C.	98
Ilustración 10-1: Medidor de sonda.	105
Ilustración 10-2: Medidor de nivel por cristal.....	105
Ilustración 10-3: Medidor de nivel por flotador.....	106
Ilustración 10-4: Medidor de nivel manométrico.....	107
Ilustración 10-5: Medidor de nivel manométrico.....	107
Ilustración 10-6: Medidor de nivel tipo burbuja.	108
Ilustración 10-7: Medidor de nivel por conductividad.....	108
Ilustración 10-8: Medidor de nivel tipo capacitivo	109
Ilustración 10-9: Medidor de nivel por ultrasonido.	109
Ilustración 10-10: Medidor de nivel por radar.	110
Ilustración 10-11: Medidor de nivel por láser.....	110
Ilustración 10-12: Medidor de nivel por radiación.	111
Ilustración 11-1: Documento necesario para trabajar en terreno.	112
Ilustración 11-2: Documento con las labores a realizar en terreno.....	113
Ilustración 11-3: Tarjeta que identifica las características del instrumento.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Referencia de piezas del principio de funcionamiento.....	33
Tabla 1-2: Nombre de los componentes del transmisor.....	34
Tabla 1-3: Orden para la calibración según manual.....	47
Tabla 1-4: Valores calculados y esperados.	50
Tabla 1-5: Nombre y material de cada componente del actuador.....	68
Tabla 1-6: Características del transmisor con comunicación HART.....	93
Tabla 1-7: Valores y rangos de entrada.....	94
Tabla 1-8: Referencia de colores y tipos de TC.....	95

Siglas y simbología

Siglas

ISO: Internacional Organization for Standarization.

DEI: División Electricidad e Instrumentos.

DM: División Mecánica.

DEE: División Equipos Estáticos.

DMOT: División Mantenición Oleoductos y Terminales

DPM: División Planificación de Mantención.

DIM: División Ingeniería de Mantención.

DSM: División Servicios de Mantención.

MPd: Mantenimiento Predictivo.

MC: Mantenimiento Correctivo.

OT: Orden de Trabajo.

EPP: Elementos de Protección Personal.

RCM: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

MES: Manufacturing Execution System.

DCS: Distributed Control System.

SCADA: Supervisory Control And Data Adquisition.

PLC: Programable Logic Control.

HART: Highway Addressable Remote Transducer.

VCP: Válvula de Control de Presión.

N/C: Normal Cerrado.

N/A: Normal Abierto.

ISA: Instrument Society of America

PSL: Presure Switch Low.

PSH: Presure Switch High.

Simbología

“ : Pulgada.

A: Amper.

°C: Grados Celsius.

mA: Miliamperio.

V: Voltaje.

kg/cm²: Kilogramos por Centímetro Cuadrado.

PSI: Libras Fuerza por Pulgada Cuadrada.

Introducción.

En las industrias, se encuentran distintas divisiones, secciones o departamentos, dedicados a operaciones específicas, cada una de estas, son de vital importancia para el correcto funcionamiento y producción que desarrolla el proceso, una de estas y en la cual se enfocara el presente escrito, se refiere al área de mantención de instrumentación, específicamente en el departamento de instrumentos de Refinerías Enap Bío Bío.

Para una mejor comprensión del concepto de mantención industrial, daremos la siguiente definición:

La mantención industrial es el control constante de las instalaciones y/o componentes, así como del conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento óptimo y el buen estado de conservación de un sistema.

El taller de instrumentos de la refinería Enap Bio Bio, tiene una directa responsabilidad en cuanto al funcionamiento y estabilidad de la instrumentación utilizada en la refinería, el trabajo realizado en el taller, consiste en supervisar, chequear y calibrar los instrumentos con el fin de obtener un proceso óptimo, seguro y estable.

El chequeo y revisión de los instrumentos, se realiza por las siguientes causales:

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Mantenimiento por programa semanal.

Con respecto al trabajo realizado sobre el transmisor de nivel Masoneilan, se procederá primeramente a describir el modo de operación que posee este transmisor y las partes que lo componen, para luego analizar las posibles fallas y la mantención requerida, seguidamente se detallara el proceso de calibración, en conjunto con sus valores calculados y las ecuaciones necesarias para este proceso, finalmente se implementará una planilla en formato Excel para generar de manera más eficiente los valores de calibración y acoplamiento.

Como se mencionó en el resumen, también se realizaron distintas labores de mantención y calibración a diferentes tipos de instrumentos, de los cuales se presentara un informe detallado enfocado en un análisis individual por instrumento, para generar una respuesta a las labores de mantención, calibración o cambio de piezas que se debe realizar en cada uno de ellos, entregando una solución a cada problema que presenten dichos instrumentos

Algunos de los objetivos principales de realizar los trabajos de mantención de instrumentos, son los siguientes.

Evitar, reducir, o reparar fallos de instrumentos.

Evitar detenciones innecesarias o paros del proceso.

Conservar los bienes productivos en condiciones seguras de operación.

Reducir costos, manteniendo y chequeando la instrumentación.

Prolongar la vida útil de los instrumentos.

Una correcta mantención, nos asegura tener un proceso estable y continuo, gracias a la confiabilidad que nos proporcionan los instrumentos, que son constantemente evaluados, observando que se encuentren en buenas condiciones y aptos para su correcto funcionamiento.

1. CAPITULO 1: ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO

En este primer capítulo, se presentaran los antecedentes generales del estudio y de la organización en la cual se trabajó, con la finalidad de señalar los aspectos y fundamentos que promovieron su desarrollo, especificando detalladamente los contenidos vistos.

1.1 Planteamiento del problema.

La instrumentación en la industria, establece el inicio requerido para generar un proceso automatizado, del cual se busca que brinde seguridad, confiabilidad y que se mantenga estable en el tiempo.

Como se mencionó en la introducción, el presente escrito se enfoca en la instrumentación industrial, especificándose en el transmisor de nivel Masoneilan modelo 12400, el cual es un instrumento que presenta un proceso de calibración más extenso en comparación de otros instrumentos en la refinería, ya que para su calibración, se deben realizar cálculos manuales, los cuales involucran valores de densidad de la superficie que se trabaje y pesos específicos, teniendo que realizar un proceso más extendido para los encargados del área de instrumentación, proceso que se realiza mediante el comunicador Hart 475.

A lo mencionado anteriormente, se suma que en periodos de paro de planta, son derivados al taller de instrumentación una gran cantidad de instrumentos, los cuales necesitan el comunicador Hart 475 para su calibración, por lo cual al tener solo un comunicador Hart por equipo de trabajo, se hace indispensable tener otro método de calibración para este instrumento.

Conociendo estos antecedentes, se generara en el escrito una planilla en formato Excel, la cual tendrá como objetivo hacer más rápido el proceso de calibración del transmisor de nivel, que actualmente se realiza de forma manual, para esto se realizaran los cálculos pertinentes guiados por el manual del instrumento, una vez creada esta planilla, será probada en la mantención y calibración del transmisor, donde se presentaran los valores calculados y los fundamentos de estos, también se creara un listado de pasos a seguir para realizar la calibración a través del mismo instrumento, sin ayuda del comunicador Hart, dejando escrito los pasos que se deben seguir para poder entregar otra opción de calibración que puede ser usada, en caso que no se tenga disponible el comunicador.

De forma alterna al trabajo mencionado, en otro capítulo se presentaran distintos tipos de instrumentos que fueron derivados al taller, los cuales generan otro problema a resolver, ya que presentaban condiciones inestables en su funcionamiento y se deberá generar una solución para su mantención y posterior instalación en terreno.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo General.

Emplear los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en la universidad, específicamente en el área de instrumentos, para realizar la mantención y calibración de la instrumentación a nivel de campo de la refinería ENAP Bio Bio, enfocándose en el transmisor de nivel Masoneilan 12400 y en otros instrumentos que fueron derivados al taller.

Teniendo que entregar soluciones individuales o trabajando en conjunto con personal de planta, para mantener una estabilidad, seguridad y correcto funcionamiento de la instrumentación.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Describir el método de funcionamiento del transmisor de nivel Masoneilan 12400.
- Generar una planilla que facilite la calibración del transmisor de nivel Masonielan 12400.
- Generar un listado con otra opción de calibración desde el instrumento.
- Aplicar metodologías aprendidas en la universidad, en cuanto a la calibración y chequeo de instrumentos.
- Generar soluciones de mantención para los problemas que presenten los distintos tipos de instrumentos derivados al taller.
- Conocer las herramientas y equipos, que son usados para el proceso de calibración de instrumentos en Enap refinerías Bio Bio.

1.3 Antecedentes de la empresa.

1.3.1 ENAP Refinerías S. A.

ENAP Refinerías S.A. es una de las filiales de la Empresa Nacional del Petróleo, perteneciente a la Línea de Negocios de Refinación y Comercialización. Su giro es la refinación y comercialización de hidrocarburos y sus derivados a través del desarrollo de las actividades productivas y de coordinación de la infraestructura logística.

Fue fundada en el año 2004 y se conforma por las Refinerías Aconcagua, Bio Bio y Gregorio, el Departamento de Almacenamiento y Oleoducto (DAO), los activos de refinación en Magallanes y la filial Manu. Su capacidad de destilación es de 220 mil barriles por día, abasteciendo más del 80 por ciento de la necesidad de combustibles en Chile y exportando parte de su producción a Perú, Ecuador y Centroamérica.

Los principales productos elaborados por ENAP Refinerías se clasifican en tres categorías:

- (a) Combustibles:** Gas licuado (Propano y Butano), Gasolinas (93 y 97 octanos y de Aviación 100/130), Kerosenes (Doméstico y de Aviación JET A1), Petróleos Diesel (Grado A, B, Antártico y Marino), Petróleos Combustibles (Fuel Oil N°6, Combustible Marino IFO 380, Combustible Marino IFO 180) y Coque de Petróleo.
- (b) Petroquímicos:** Etileno y Propileno.
- (c) Especiales:** Solventes (Aguarrás, Xileno, Gasolina Blanca, Solvente para Minería y bases para asfaltos (Impermeabilizantes y Cemento Asfáltico)

1.3.2 ENAP Refinería Bío Bío.

ENAP Refinería Bío Bío, es una de las refinerías de petróleo de la filial ENAP Refinerías. Ubicada en la comuna de Hualpén, se encuentra en operaciones desde el 29 de Julio de 1966 y posee una capacidad de procesamiento de crudo de 18 mil metros cúbicos diarios, que le permiten satisfacer las demandas de combustible de Chile y el extranjero. Como parte del grupo de empresas de ENAP, ENAP Refinería Bío Bío asume y hace propia la Misión, Visión y Plan Estratégico de ENAP.

1.3.2.1 Misión.

Empresa de energía, 100% del Estado de Chile, líder en hidrocarburos, integrada, que provee productos y servicios que satisfagan las necesidades de los clientes y contribuyan al desarrollo sustentable de los países y de las comunidades en que está inserta, operando en forma competitiva y rentable.

1.3.2.2 Visión.

Cumplir la misión alcanzando las siguientes aspiraciones:

- Contar con la preferencia de los clientes a precios competitivos.
- Liderazgo como operador logístico/comercial.
- Asegurar un abastecimiento competitivo integrándose y a través de alianzas, aun cuando esta producción no llegue físicamente a las refinerías.
- Participar rentablemente en todos los eslabones de la cadena, minimizando riesgos.
- Operando con niveles de eficiencia y confiabilidad, competitivos en todos los procesos de negocio y de apoyo.
- Reemplazando y creciendo en reservas.
- Siendo reconocido como empresa líder en desarrollo sustentable.
- Contando con un equipo competente, colaborativo y comprometido”

1.3.2.3 Plan estratégico de ENAP.

El Plan Estratégico de ENAP Refinería Bío Bío consta de cuatro pilares que soportan la gestión de la organización: Liderazgo frente al Cliente, Crecimiento Integrado, Desarrollo Sustentable y Seguridad, Productividad y Competitividad.

Para dar cumplimiento a dicho plan, ENAP Refinería Bío Bío incorpora una postura de mejoramiento continuo a través de los sistemas, las personas y los procedimientos. De este modo, se encuentra certificada bajo la Norma ISO 9001 “Requisitos para un sistema de gestión de la calidad”, desde el año 2001, adoptando una Gestión de Procesos. Como muestra ilustración 1-1 dichos procesos se clasifican en procesos principales, procesos de apoyo local y procesos de apoyo corporativo.

Ilustración 1-1: Mapa de Procesos ENAP Refinería Bío Bío.



Como se indica en la figura, la mantención es un proceso de Apoyo local para el funcionamiento de ENAP Refinería Bío Bío, el cual incide directamente en la disponibilidad, la confiabilidad y la seguridad de las Unidades de Producción, en la seguridad del medio ambiente y de las personas. Es necesario para el control y la mejora del sistema de gestión y proporciona estabilidad a los Procesos Principales. Esto evidencia su relevancia dentro de la organización y en consecuencia, la importancia de generar propuestas que permitan potenciar sus actuales actividades y/o generar otras nuevas con miras a su mejoramiento continuo.

1.3.3 Estructura organizacional.

Como se muestra en la ilustración 1-2, el Departamento de Mantención se encuentran dirigido por el Jefe del Departamento y se compone de cuatro Divisiones Operativas, tres Divisiones Staff y un Director de Proyectos, encargado de gestionar y dirigir los proyectos solicitados al Departamento. A su vez, cada División es encabezada por un Jefe de División y un equipo de ingenieros, supervisores y técnicos de mantención.

Ilustración 1-2: Estructura Organizacional Departamento de Mantenimiento.



División Electricidad e Instrumentos (DEI): Su labor es ejecutar los servicios de mantenimiento que involucran trabajos eléctricos, electrónicos e instrumentales.

División Mecánica (DM): Su labor es ejecutar los servicios de mantenimiento que involucran trabajos en equipos mecánicos rotatorios, vale decir, turbinas, compresores, bombas, aero ventiladores y la dirección de recursos de maestranza para los sistemas mecánicos.

División Equipos Estáticos (DEE): Su labor es ejecutar los servicios de mantenimiento que involucran trabajos en equipos mecánicos no rotatorios, vale decir, hornos, torres, piping, intercambiadores, válvulas de corte, además de trabajos de aislación térmica y pintura.

División Mantenimiento Oleoductos y Terminales (DMOT): Su labor es ejecutar los servicios de mantenimiento que involucran trabajos en equipos mecánicos no rotatorios que se encuentren dentro de las familias de oleoductos, estanques, líneas submarinas y terminales.

División Planificación de Mantenimiento (DPM): Su labor es proporcionar el soporte técnico y administrativo para el diseño de estrategias y planes que puedan ser ejecutados por las Divisiones Operativas del Departamento de Mantenimiento.

División Ingeniería de Mantenimiento (DIM): Su labor es entregar el soporte técnico y ejecutar los servicios de mantenimiento que involucran trabajos de inspección y predicción

de fallas en base al monitoreo de equipos rotatorios y estáticos, análisis de fallas e ingeniería de confiabilidad.

División Servicios de Mantenimiento (DSM): Su labor es gestionar los servicios de mantenimiento contratados a terceros. En este sentido sus funciones involucran la gestión de contratos, el apoyo en el control de estándares de prevención de riesgos a empresas contratistas, evaluaciones técnicas y gestión de contingencias.

1.3.3.1 Mantenimiento de instrumentos en D.E.I.

Servicio compuesto por una serie de acciones de mantenimiento planificadas, destinadas a prevenir la falla de un instrumento, independientemente de su condición al momento de intervenirlo. Los trabajos consisten básicamente en limpieza, lubricación, inspecciones, ajustes mecánicos, calibración y otras acciones.

Mantenimiento Predictivo (MPd): Servicio compuesto por una serie de acciones de mantenimiento planificadas, destinadas a prevenir la falla de un equipo, en base a los resultados obtenidos en mediciones de variables físicas tales como nivel, temperatura, presión y caudal, además de las inspecciones visuales realizadas a los equipos durante su operación normal.

Mantenimiento Correctivo (MC): Servicio compuesto por acciones destinadas a corregir la falla de un equipo.

Mantenimiento por programa semanal: Planilla que contiene la programación de las operaciones que se deben ejecutar de Lunes a Viernes de una semana cualquiera, Esta mantención también puede ser un chequeo de algún instrumento, para estudiar sus parámetros por la división de ingeniería y ver sus valores en el tiempo, para realizar estudios, sobre posibles cambios o reacondicionamiento de alguna línea de proceso.

Paro de Planta: Servicio compuesto por acciones planificadas destinadas a aumentar el período ininterrumpido de corrida de una Unidad de Producción, a través de la intervención de los equipos que la componen, especialmente aquellos que no se pueden intervenir con la Unidad en servicio.

Detención: Servicio compuesto por acciones destinadas a entregar mantenimiento a uno o varios equipos que se encuentran fuera de servicio por un período de tiempo inferior al de un Paro de Planta.

1.3.3.2 Protocolo requerido para realizar trabajos de mantención.

Para realizar el mantenimiento de la instrumentación en general de Enap, se deben realizar una serie de gestiones internas, las cuales comienzan desde la sala de operación, donde generan un aviso de trabajo a través del SAP (plataforma de avisos), con la ubicación, TAG y servicio (producto, presión, temperatura y ambiente al cual está sometido el instrumento), luego se hace cargo el DPM (departamento de planificación de la mantención) que son los encargados de generar los recursos necesarios (grúas, equipos y asociados) y los costos para realizar dicho trabajo, terminada la planificación se genera una OT (orden de trabajo) que se destina a el supervisor a cargo de la planta en la cual se localiza el instrumento que se necesite revisar, el supervisor destina los especialistas que ejecutaran la OT (orden de trabajo) de acuerdo a sus competencias, los especialistas encargados de realizar la OT observan el SAP para informarse de las características del trabajo a realizar de acuerdo a DPM y operación (informadas en SAP), finalizando la recaudación de información los especialistas realizan la planilla de reconocimiento de riesgos (peligros, dificultades, etc), el documento debe ir firmado por el supervisor informado de la OT.

Los especialistas destinados al dirigirse a la planta de la cual fue dirigida la OT, ellos deben sacar un permiso escrito (permiso general de trabajo) con estándar E-003-1 donde quedan expresadas las condiciones de trabajo en sala de control, obtenido el permiso los especialistas se dirigen al lugar de trabajo para desarrollar la actividad, una vez terminado el trabajo realizado, los encargados de la OT, devuelven el permiso general de trabajo, quedando registro de todas las labores realizadas.

1.3.3.3 Elementos de protección personal.

En el taller de instrumentos, se tiene un gran cuidado y responsabilidad, en cuanto a la manipulación de instrumentos, por lo cual es obligación contar con los elementos de protección básicos para cualquier labor a nivel de industrial, como lo son: guantes, casco, antiparras, zapatos de seguridad, ropa ignifuga y al ser una industria química, la cual por su producción debe tener siempre un contacto indirecto con el ácido sulfhídrico, se debe poseer permanentemente un sensor de sulfhídrico que es complementado con una mascarilla de seguridad, para resguardarnos ante el posible derrame o contacto de este peligroso componente.

1.3.4 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

La metodología basada en RCM, consiste en definir las actividades de mantenimiento a través del análisis de modos, causas y consecuencias de fallas de cada uno de los sistemas que componen una planta, con el fin de especificar las acciones preventivas sólo para aquellos equipos que realmente lo necesiten. Por lo tanto, exige responder las siguientes preguntas para cada uno de los equipos en cuestión:

1. ¿Cuáles son las funciones?
2. ¿De qué forma puede fallar?
3. ¿Qué puede causar que falle?
4. ¿Qué sucede realmente cuando falla?
5. ¿Qué ocurre si falla y qué repercusiones reales tiene?
6. ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
7. ¿Qué sucede si no se puede prevenir la falla?

Esta metodología postula como centro de atención a la función del equipo más que al equipo mismo. Para ello, es importante comenzar por conocer qué equipos tiene la organización, cuáles son sus funciones y cuáles son las condiciones que interrumpen o dificultan tales funciones. De esta forma es posible definir cuáles son los equipos que deben permanecer sujetos a revisión.

El RCM clasifica las consecuencias de las fallas en las siguientes categorías:

Consecuencias en la seguridad y el entorno: Tienen impacto sobre las personas, el medio ambiente o se infringen las normas gubernamentales relacionadas. Por lo tanto, se deben considerar las repercusiones de las fallas con su entorno antes de que se considere el contexto operacional.

Consecuencias no evidentes: No tienen impacto directo, pero pueden producir otras consecuencias de carácter grave e incluso catastrófico. Por lo tanto, se deben reconocer con una prioridad alta, para luego tratarlas con actividades prácticas y coherentes.

Consecuencias operacionales: Afectan la producción en términos de capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales, además del costo directo de reparación. El costo de estas consecuencias sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.

Consecuencias no operacionales: No afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único costo directo es el de la reparación.

1.4 Especificaciones del entorno de trabajo.

1.4.1 Modelo jerárquico de la automatización.

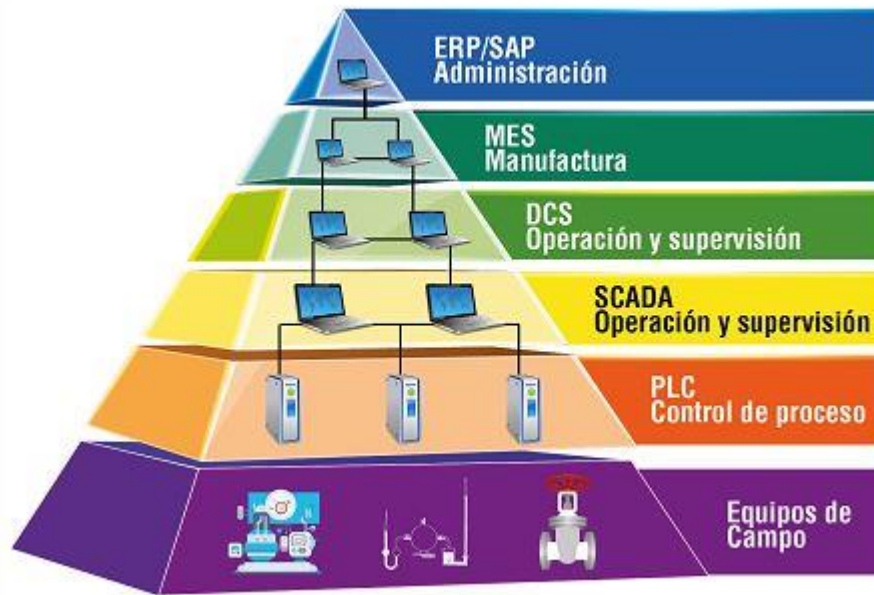
Los procesos de manufactura han sido parte fundamental de la industria por años. Desde la época paleolítica donde creábamos puntas de flechas a partir de simples piedras, hasta el día de hoy que se producen cientos de automóviles por hora.

Todos estos procesos tienen el fin último de satisfacer las necesidades de una creciente población humana; sin embargo, hemos llegado a una época donde la mano de obra es insuficiente para elaborar todos los productos que consumimos día a día. La solución, la automatización de los procesos.

Fue a principios de los 70 que el Dr. Joseph Harrington publicó el libro “Computer Integrated Manufacturing” (CIM) con el cual postulaba la idea de crear una industria manufacturera controlada por la novedad de aquellos tiempos, los ordenadores. La idea era sencilla potenciar todas las capacidades que tenían las computadoras para mejorar los procesos de producción; sin embargo, no fue hasta los años 80 cuando se empezaron a implementar a raíz de que la Asociación de Sistemas Automáticos y Computadoras (CASA) comenzó a promover la idea.

Para fines prácticos CIM se representa como una pirámide pero en realidad también se puede relacionar con el modelo OSI: ya que, CIM se puede separar por segmentos los cuales realizan distintas operaciones y necesitan requerimientos distintos para operar, para los niveles de automatización en mencionada pirámide, observaremos la ilustración 2-1, donde se hace referencia a cada nivel de la pirámide mencionada.

Ilustración 2-1: Pirámide del Modelo jerárquico de la automatización.



1.4.2 Niveles del modelo jerárquico de la automatización.

Nivel 5 Administración ERP/SAP: En este nivel se lleva a cabo la integración de los niveles inferiores, en él se consideran principalmente los aspectos de la empresa desde el punto de vista de su gestión global: compras, ventas, comercialización, investigación, objetivos específicos, planificación a medio y largo plazo.

Nivel 4 MES Manufactura: MES es el acrónimo inglés de Manufacturing Execution System, al español Sistema de Ejecución de Manufactura. Los MES dirigen y monitorizan los procesos de producción en la planta, incluyendo el trabajo manual o automático de informes, así como preguntas on-line y enlaces a las tareas que tienen lugar en la planta de producción. MES puede incluir uno o más enlaces a órdenes de trabajo, recepción de mercancías, transporte, control de calidad, mantenimiento, programación y otras tareas relacionadas.

Nivel 3 DCS Sistema de control distribuido: Es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos en las grandes industrias como petroquímicas, papeleras, metalúrgicas, centrales de generación, plantas de tratamiento de aguas, incineradoras o la industria farmacéutica. Los primeros DCS datan de 1975 y controlaban procesos de hasta 5000 señales. Las capacidades actuales de un DCS pueden llegar hasta las 250.000 señales. El DCS tiene la responsabilidad del control de las diferentes partes funcionales del proceso.

Nivel 2 SCADA Adquisición de datos y supervisión de control: Es una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Proporciona información del proceso a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc.

El control directo lo realizan los controladores autónomos digitales y/o autómatas programables y están conectados a un ordenador que realiza las funciones de diálogo con el operador, tratamiento en la información y control de la producción, utilizando el SCADA.

Nivel 1 PLC Controlador lógico programable: En este nivel se lleva a cabo la regulación, operación y el control del proceso, a través de la programación para procesar las señales que se generan en el campo, estos elementos cuentan con inteligencia local y se comunican directamente con los elementos de campo.

Nivel 0 Equipos de campo: también conocido como el nivel de proceso, aquí es donde se encuentra toda la instrumentación ya sean, sensores, actuadores, válvulas, motores, etc. Los cuales tienen la función primordial de mantener la regulación y control de la planta, directamente en terreno, por lo cual están permanentemente en contacto directo con las variables de proceso.

En este último nivel, es donde se basa el trabajo descrito, realizando la mantención, calibración y chequeos a los instrumentos los cuales son la base del proceso, sus condiciones óptimas de trabajo son primordiales para contar con un sistema rentable, confiable y por sobre todo seguro, tanto para el proceso como para las personas que tienen contacto directo con la instrumentación y con el nivel de campo en la industria.

1.4.3 Protocolo de comunicación implementado.

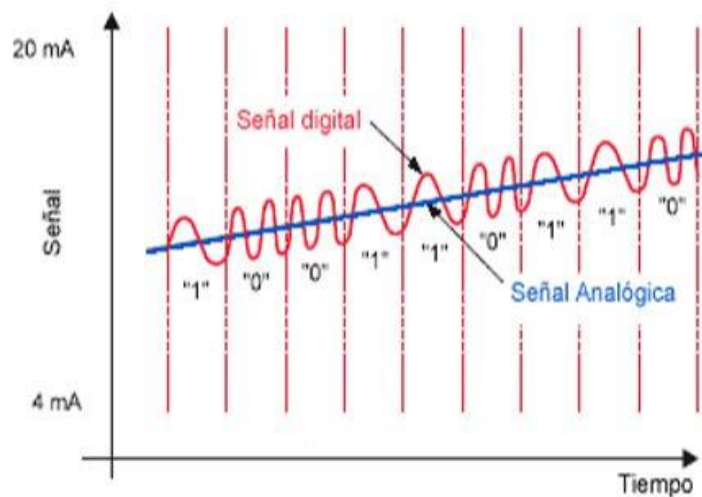
En el área de mantención de instrumentos, al tener un contacto directo con la instrumentación utilizada en ENAP Refinerías Bío Bio, es importante conocer el protocolo de comunicación, para poder manipular los instrumentos de buena forma al estar directamente involucrados en su calibración, chequeo y revisión del estado que se encuentren, para esto se investigara y se hará mención al protocolo de comunicación HART, el cual es el utilizado en ENAP Refinerías Bío Bio.

1.4.3.1 Protocolo de comunicación HART.

Hart (transductor remoto direccionable de alta velocidad) es un protocolo de comunicación diseñado para aplicaciones de medición y control de procesos industriales.

También se le conoce como un protocolo de comunicación híbrido, porque combina la comunicación analógica y digital, puede comunicar una sola variable, usando una señal analógica de 4–20 mili Amper, mientras comunica también información agregada sobre una señal digital, la información digital es transportada mediante una modulación de bajo nivel superpuesta en un lazo de corriente estándar de 4-20 mili Amper, para comprender mejor lo mencionado anteriormente, se puede observar la ilustración 2-2, donde se muestra cómo trabaja con las señales analógicas y digitales.

Ilustración 2-2: Señal de transmisión de datos protocolo de comunicación HART.



El protocolo de comunicación HART, agrupa la información digital sobre la señal analógica típica de 4-20 mili Amper D.C. La señal digital usa dos frecuencias individuales de 1200 y 2200 Hz. Que representan los dígitos 1 y 0 respectivamente y que en conjunto forman una onda sinusoidal.

1.4.3.2 Protocolo de comunicación Bidireccional.

Al usar una señal analógica, la información se envía en una sola dirección, ya sea del dispositivo al host (entradas) o del host al dispositivo (salidas).

La información digital por otro lado, puede viajar en ambas direcciones usando la señal de comunicación digital HART.

Esto abre la posibilidad para que un instrumento que tradicionalmente solo recibe información de señal de control desde un host, pueda enviar también información al host, acerca de lo que está pasando en el proceso.

1.4.3.3 Nuevos tipos de información.

Los dispositivos analógicos y discretos, tradicionalmente comunican solo una variable de proceso, donde no se podría ver de forma sencilla si la información que nos proporcionan es válida.

Con HART, se recibe la información deseada de la variable de proceso, pero también puede entregar datos más detallados sobre este, como por ejemplo:

- Estado de dispositivo y alertas de diagnósticos
- Variables de procesos y unidades
- Corriente de lazo y porcentaje de rango
- Parámetros básicos de configuración
- Fabricantes y etiquetas de dispositivos

Con esta información adicional, los dispositivos HART, que son revisados digitalmente por un host, se puede verificar si su configuración y operación están correctas, esto elimina la necesidad de la mayoría de las revisiones rutinarias y ayuda a detectar condiciones de falla, antes que estas provoquen un mayor problema al proceso.

1.4.3.4 Instrumentos Multivariables.

En modo digital, un solo par de hilos puede manejar entradas provenientes de múltiples sensores.

Para los sistemas host que no pueden usar la información digital HART, la información proveniente de instrumentos multivariables, a menudo es manejado primero por un dispositivo llamado tri loop que convierte la información digital en múltiples señales de corriente de 4-20 mili Amper, que luego se envían al host de forma independiente.

1.4.3.5 Independencia de proveedor.

Con HART, no hay peligro de bloquearse en cuanto a estándares regionales o específicos de un solo proveedor. Esto es porque la tecnología HART, no es propiedad de una compañía individual, ni está regulada por una sola nación o cuerpo de estándares. En lugar de esto, es administrada por HART Communications Foundation que es una fundación independiente, no lucrativa.

1.4.3.6 Comunicador HART 475 Emerson.

El comunicador Hart 475, es utilizado en el taller para labores como calibraciones, chequeos y configuraciones de instrumentos, siendo un equipo con una enorme gama de opciones en cuanto a la configuración de instrumentos, también este mismo equipo se usa en terreno, adquiriendo la labor de un segundo maestro, teniendo en cuenta que los equipos maestros vendrían siendo los PLC O DCS, y los esclavo los instrumentos de campo, cumpliendo esta función puede realizar desde chequeos en terreno, hasta modificaciones, en cuanto a los parámetros que se desean leer o calibrar de algún instrumento.

Ilustración 2-3: Comunicador Hart 475 Emerson.



**2. CAPITULO 2: MANTENCIÓN Y CALIBRACIÓN DEL TRANSMISOR DE
NIVEL MASONEILAN 12400.**

En este capítulo se presentara el trabajo realizado al transmisor de nivel Masonielan modelo 12400, detallando su principio de operación, componentes, tipo de sensor, trabajo de mantención requerido y el proceso de calibración que se debe realizar, calculando los valores con sus respectivas formulas y posteriormente crear una planilla para que este último proceso de calibración, sea más rápido y eficiente.

2.1 Características del transmisor de nivel masoneilan modelo 12400.

El transmisor de nivel masoneilan 12400, posee como método de sensor un flotador, el cual se sumerge en la superficie que se desea realizar la medición de nivel, desplazándose según la densidad del nivel y el peso que presenta el flotador, este transmisor tiene la capacidad de medir el nivel de una superficie con solo un tipo de densidad de fluido presente en ella, acción que se denomina directa o también puede medir una superficie que presente 2 tipos de densidades distintas, acción denominada medición de interfaz.

2.2 Principio de funcionamiento.

El funcionamiento del transmisor de nivel Masoneilan 12400, se basa en el cambio de nivel del líquido que se está midiendo, produciendo una variación en el peso aparente del flotador, lo que aumenta o disminuye la carga en el tubo de torsión, en una cantidad directamente proporcional al cambio en el nivel del fluido, esta variación de la carga influye directamente a la vara de torsión, la cual cumple la función de modificar el campo magnético de un sensor sin contacto y libre de fricción, la señal generada por el sensor hace variar la corriente en el lazo, en proporción al nivel que se encuentre el flotador en el recipiente, en la ilustración 3-2 se muestra detalladamente las partes del transmisor mencionadas anteriormente, este principio de funcionamiento posee un origen en el principio de Arquímedes, el cual también será mencionado para una mejor comprensión sobre el principio de funcionamiento.

2.2.1 Principio de Arquímedes.

El principio de Arquímedes, se trata de un principio físico el cual afirma que si un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, experimenta un empuje vertical hacia arriba, proporcional al peso del volumen del líquido que desaloja, es decir que la fuerza de empuje es igual al peso del líquido desplazado, conociendo el volumen del cuerpo, la densidad del fluido y la gravedad donde se encuentra expuesto, se podrá calcular la fuerza de empuje generada y por lo tanto el cambio de nivel realizado, como se muestra en la fórmula de la imagen.

Ilustración 3-1: Formula generada del principio de Arquímedes.

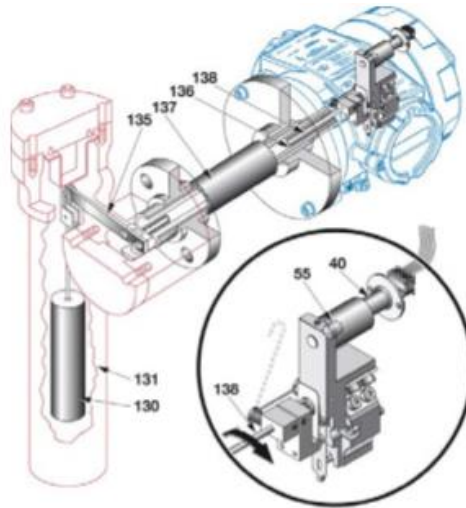
Empuje = h.A.d.g de donde $V = h.A$

$$E = V.d.g$$

**V Volumen del cuerpo
d Densidad del fluido
g Gravedad.**

2.3 Componentes del transmisor de nivel Masonielan 12400.

Ilustración 3-2: Componentes del principio de funcionamiento.



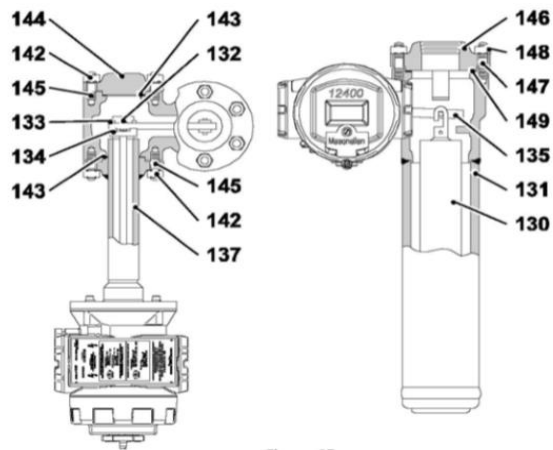
Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

Tabla 1-1: Referencia de piezas del principio de funcionamiento.

40	Sensor sin contacto	135	Brazo de torsión
55	Imán	136	Tubo de torsión
130	Desplazador	137	Alojamiento del tubo de torsión
131	Cámara del desplazador	138	Vara de torsión

Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

Ilustración 3-3: Componentes del transmisor.



Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

Tabla 1-2: Nombre de los componentes del transmisor.

130	Desplazador	143	Junta
131	Cámara del desplazador	144	Brida ciega
132	Cuchilla del tubo de torsión	145	Perno
133	Tornillo del brazo de torsión	146	Brida superior
134	Bloque de tornillos del brazo de	147	Perno de la brida superior
135	Brazo de torsión	148	Tuerca de la brida superior
137	Subconjunto del alojamiento del	149	Junta de la brida superior
142	Tuerca de perno		

Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

2.4 Tipos de montaje de instalación.

El transmisor de nivel Masoneilan, puede ser montado de manera externa o interna al tanque o recipiente que se desee controlar el nivel, en las siguientes ilustraciones veremos los tipos de montajes en los que se puede usar, es de vital importancia conocer el tipo de montaje y posición en la que se quiera instalar el transmisor, ya que esta debe ser configurada con anterioridad en el proceso de calibración del LT.

Ilustración 3-4: Montaje típico.

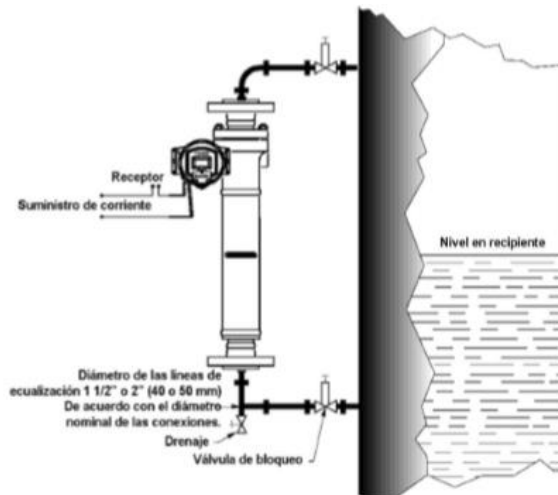


Ilustración 3-5: Montaje externo.

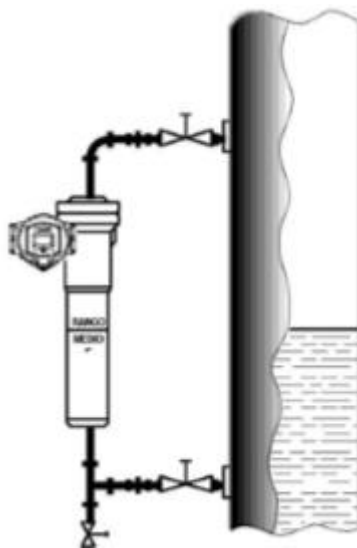


Ilustración 3-6: Montaje interno.

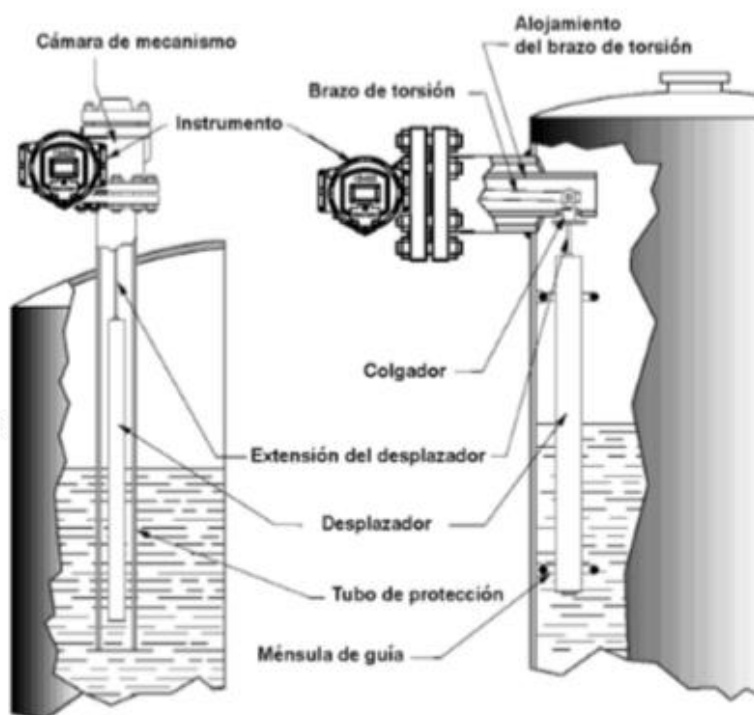
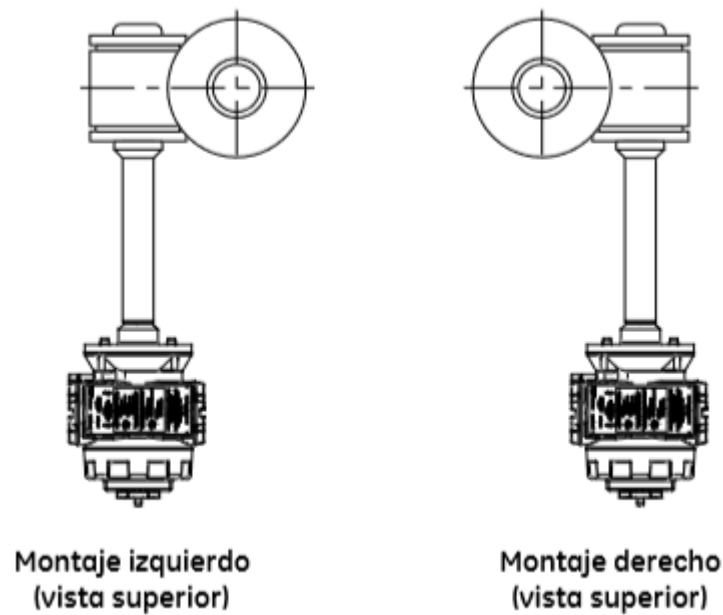


Ilustración 3-7: Posición de montaje del transmisor.



Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

2.5 Mantenimiento realizado al transmisor de nivel.

El transmisor de nivel recepcionado, se encontraba entregando valores inestables, por lo cual la información que generaba no era confiable, según lo mencionado por personal de supervisión.

Al realizar una inspección visual, se puede observar que el tubo de torsión presentaba oxidación, no encontrándose en las condiciones óptimas necesarias, al igual que el transmisor y su parte electrónica, como se mostraran en ilustraciones más adelante, realizándose una revisión en bodega, se encontraron los repuestos nuevos para el tubo de torsión y al transmisor, por lo cual se tomó la decisión de cambiarlos, con la finalidad de tener un instrumento en buenas condiciones para su correcto funcionamiento.

Ilustración 3-8: Tubo de torsión antiguo.



Ilustración 3-9: Transmisor antiguo.



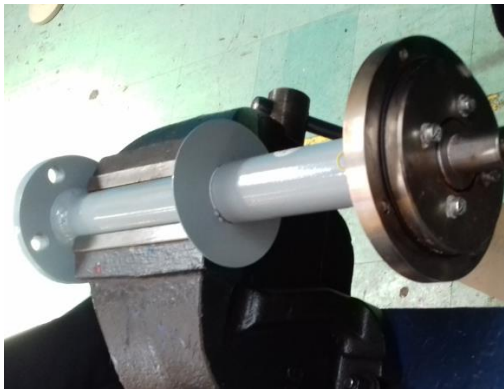
Ilustración 3-10: Placa de datos.



Ilustración 3-11: Repuesto del transmisor.



Ilustración 3-12: Repuesto del tubo de torsión.



2.6 Cambio de transmisor de nivel y su tubo de torsión.

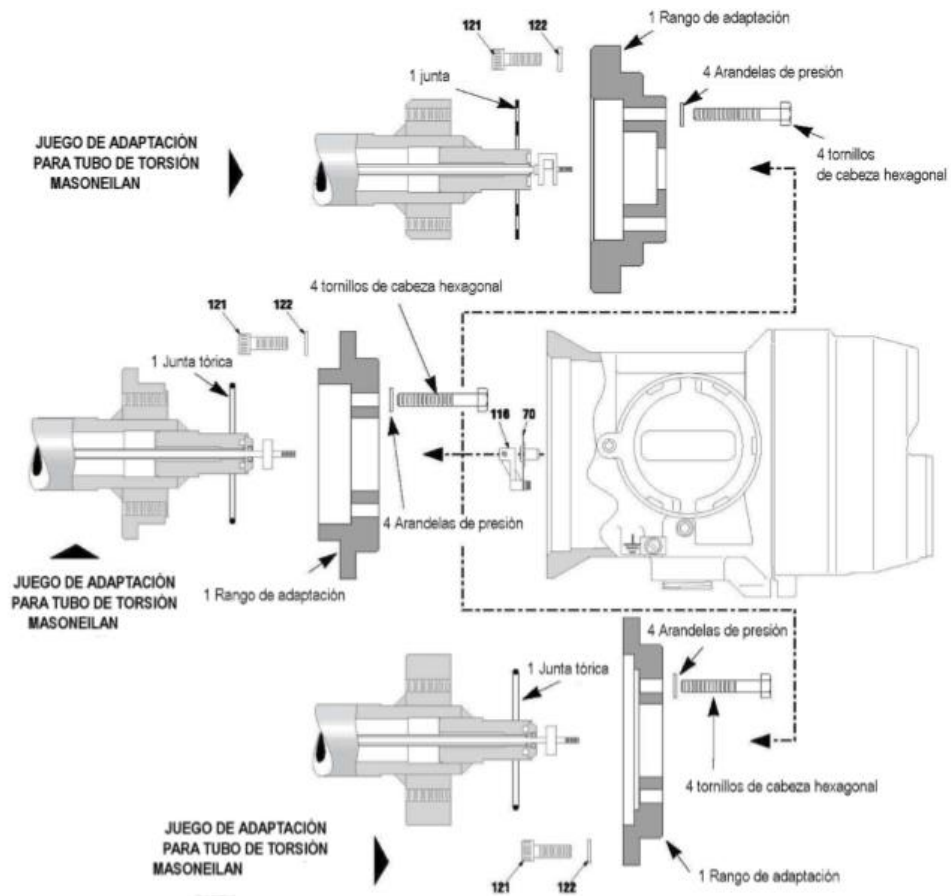
Para el cambio del transmisor y su tubo de torsión, se realizaran ajustes mecánicos, los cuales deben ser muy cuidadosos, por las piezas delicadas que posee el LT, un mal ajuste generaría una posterior calibración errónea, por lo cual se utilizó como guía el manual del instrumento para esta acción, al igual que posteriormente en su respectiva calibración.

También se tendrán que realizar cálculos con respecto a los pesos que debería soportar el tubo de torsión, estos cálculos son necesarios para su posterior calibración, realizada con el comunicador HART 475.

2.7 Ajustes mecánicos al tubo de torsión.

El ajuste del tubo de torsión, se realizó guiado por el manual del instrumento, donde se señalan el orden de las piezas, medidas y ángulos adecuados que deben tener al momento de instalarlo, en las siguientes ilustraciones veremos parte del orden contemplado en el manual y como se realizó en el taller.

Ilustración 3-13: Orden de piezas por manual.



Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

Ilustración 3-14: Ajuste de posición con medidor de nivel.



Ilustración 3-15: Ajuste de sensor con pie de metro.



Ilustración 3-16: Apriete de sensor.



Ilustración 3-17: Transmisor y tubo de torsión en conjunto.



2.8 Acople del brazo de torsión y verificación de comunicación.

Una vez instalados el transmisor en conjunto con el brazo torque, se procederá a la instalación de las partes encargadas de la medición del nivel, acoplando el brazo de torsión, el cual es el encargado de soportar el peso del desplazador, este va unido al tubo de torsión como se mostrara en las ilustraciones.

Teniendo instalado el transmisor y sus componentes, se verificara si hay comunicación, conectando el transmisor a 25 VDC con resistencia de 250 ohm según

manual, también se realizara la conexión con el comunicador HART 475, para verificar si se tiene acceso al LT.

Ilustración 3-18: Acople de brazo de torsión.



Ilustración 3-19: Ilustración 8-18: Conexión del LT..



Ilustración 3-20: Verificación de comunicación con LT.



2.9 Cálculos manuales necesarios para la calibración.

En el proceso de calibración, se deberán realizar cálculos de forma manual, para obtener la información sobre los valores de volúmenes y pesos que posteriormente serán registradas en el comunicador Hart, para el desarrollo de la calibración, para realizar estos cálculos, se debe tener la siguiente información.

Valores necesarios:

- Largo del flotador (LF): 48”
- Diámetro del flotador(DF): 1,25”
- Gravedad específica mayor(SGH): 0,66
- Gravedad específica menor(SGL): 0
- Peso del flotador (WD): 1400 gramos.
- Constante (K): 16,38 para trabajar con (“)

Estos valores se calcularon según el flotador y la gravedad que se tiene en terreno, con respecto al valor de menor gravedad, no será necesario, ya que el transmisor trabaja solo con una gravedad en terreno, si trabajara con dos sería en modo interfaz y si se deberían señalar ambas gravedades.

2.9.1 Formulas para calcular valores de calibración.

La calibración para el transmisor de nivel, resulta demorar más tiempo que otras calibraciones similares, esto se debe al cálculo manual de los valores que requiere el comunicador Hart para realizar la calibración, los cuales son los siguientes.

Valores requeridos para la calibración:

- Volumen del flotador (VF).
- Peso del flotador nivel bajo (WL).
- Peso del flotador nivel medio (WM).
- Peso del flotador nivel alto (WH).
- Peso de acople del transmisor (AC).

Fórmulas para calcular valores de calibración.

Volumen del flotador (VF):

$$\pi r^2 L$$

Reemplazando:

$$3,14*(0,625*0,625)*48 = 58,87$$

Peso del flotador nivel bajo (WL): 0%

$$WD-(K*VF*SGL)$$

Reemplazando:

$$1400-(16,38*58,875*0) = 1400$$

Peso del flotador nivel alto (WH): 100%

$$WD-(K*VF*SGH)$$

Reemplazando:

$$1400-(16,38*58,875*0,66) = 763,51$$

Peso del flotador nivel medio (WM): 50%

$$SPAM = WL-WH$$

$$SPAM = 1400-763,51 = 636,49$$

$$(SPAM/2) + WH$$

Reemplazando:

$$(636,49/2) + 763,51 = 1081,75$$

Peso de acople (AC):

$$WD-(VF*1,4/2)$$

Reemplazando:

$$1400 - (58,75 * 1,4/2) = 1358,78$$

2.10 Confección de planilla para calibración del transmisor de nivel.

Como se observó con anterioridad, los valores que se deben calcular manualmente para realizar el proceso de calibración del transmisor de nivel, tienden a demorar este procedimiento, por lo cual para mejorar el tiempo que se toma en el cálculo de estos valores y con la finalidad que resulte una tarea más fácil, para el personal de mantención, se confeccionara una planilla en formato de Excel, con las fórmulas que se observaron con anterioridad, luego se realizara una prueba de funcionamiento, agregándole los valores del transmisor de nivel que se está trabajando y que ya fueron calculados, para verificar que nos arroje los mismos valores calculados, pero de una forma más rápida y cómoda.

2.10.1 Planilla para calibración en formato Excel.

Ilustración 3-21: Planilla de calibración.

LT. MASONEILAN 12400

DEFINICIONES

LF = Largo del Flotador	WL = Peso del Flotador al mas bajo nivel
DF = Diametro del Flotador	WH = Peso del Flotador al mas alto nivel
VF = Volumen de Flotador	K = 16.38 cuando VF = Pulg3
SGL = Gravedad Especifica al mas bajo nivel	K = 1 Cuando VF = cm3
SGH = Gravedad Especifica al mas alto nivel	
WD = Peso del Flotador	

CALCULO DE PESAS

LF = <u>48</u>	<u>PULG</u>	VF = <u>58,875</u>	<u>PULG3</u>
DF = <u>1,25</u>	<u>PULG</u>	radio = <u>0,625</u>	<u>PULG</u>
SGH = <u>0,66</u>		WL = <u>1400</u>	<u>GRS</u>
SGL = <u>0</u>		WH = <u>763,51415</u>	<u>GRS</u>
WD = <u>1400</u>	<u>GRS</u>	WD50% = <u>1081,7571</u>	<u>GRS</u>
K = <u>16,38</u>	<u>PULG3</u>	ACOPLE = <u>1358,7875</u>	<u>GRS</u>

FORMULAS

WH = WD - (K * VF * SGH) Alto Nivel	VF = 3.14 x r2 x L	WD = ((WL-WH)/2)+WH
WL = WD - (K * VF * SGL) Bajo Nivel		AC = WD - (VF*1.4/2)

VF=	58,875	WH	763,51415	WL	1400	WD	1081,75708		AC=	1358,7875
-----	--------	----	-----------	----	------	----	------------	--	-----	-----------

2.10.2 Datos entregados por la planilla confeccionada.

Confeccionada la planilla de calibración, en formato Excel, se compararon con los valores calculados anteriormente de forma manual como se mostró en la ilustración, los cuales resultaron ser iguales y con una mejor exactitud en la planilla creada, lo cual indica su correcta función para ser ejecutada con el transmisor de nivel Masoneilan 12400, logrando hacer más sencillo el proceso de calibración y a la vez realizarlo de una manera más rápida.

2.11 Simulación de valores de peso calculados.

Los valores calculados anteriormente, son los que el instrumento leerá en terreno y servirán para realizar el proceso de calibración del instrumento, por lo tanto como es una prueba de taller se deberán crear estos valores de peso para comprobar si la calibración se encuentra acorde con los pesos simulados del flotador, estos valores se crearon en un frasco, llenándolo hasta completar los valores calculados y con una pesa digital como elemento de medición del peso.

Ilustración 3-22: Simulación del peso.



2.12 Calibración del transmisor de nivel.

Teniendo creado los diferentes valores que fueron calculados, como lo son el valor de acople, peso máximo, mínimo y medio, ahora se dispondrá a calibrar el instrumento, según lo indicado por el manual.

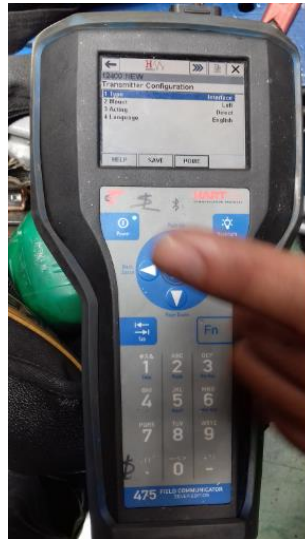
Tabla 1-3: Orden para la calibración según manual.

BASIC SETUP [CONFIGURACIÓN BÁSICA]	Valide presionando * para ingresar al menú Basic Setup
CONFIGURATION [CONFIGURACIÓN]	Valide presionando * para ingresar al submenú Configuration
LEVEL [NIVEL]	El instrumento mide el nivel de un líquido en el que el desplazador está sumergido parcialmente.
INTERFACE [INTERFAZ]	El instrumento se utiliza para medir la interfaz entre 2 líquidos inmiscibles de gravedades específicas distintas. El desplazador debe estar sumergido siempre.
LEFT [IZQUIERDA]	Seleccione el elemento acorde a la posición relativa de montaje de la carcasa del instrumento con respecto al desplazador. La posición de montaje estándar es IZQUIERDA.
RIGHT [DERECHA]	Optativamente, la posición de montaje puede ser DERECHA.
DIRECT [DIRECTO]	Un incremento del nivel provoca un incremento de la corriente de lazo. La acción estándar es DIRECTA.
REVERSE [INVERSA]	Optativamente, se puede seleccionar una acción INVERSA. La corriente de lazo disminuye a medida que se incrementa el nivel.
SAVE [GUARDAR]	Valide presionando * para iniciar el proceso de guardado de parámetros ingresados previamente en la memoria del instrumento.
CANCEL [CANCELAR]	Valide presionando la tecla * para cancelar el proceso de guardado de parámetros.
COUPLING : 9% [9% ACOPLAMIENTO]	Únicamente necesario si se envió el cabezal solamente sin el tubo de torsión. Función utilizada para acoplar mecánicamente el sensor a la vara del tubo de torsión. Necesita de una simulación de un desplazador sumergido hasta la mitad en un líquido con gravedad específica de 1.4. El valor de lectura debe estar entre -5% y 5%. Consulte la sección 7.1.
ENGLISH FRENCH SPANISH PORTUGUESE JAPANESE ITALIAN GERMAN	Indica el idioma en que se muestran los datos en pantalla.
CALIBRATION OF ZERO AND SPAN [CALIBRACIÓN DE CERO Y SPAN]	Valide presionando * para ingresar al submenú de configuración de gravedad específica de calibración, y la calibración de cero y span.
SPECIFIC GRAVITY OF CALIBRATION [GRAVEDAD ESPECÍFICA DE CALIBRACIÓN]	Valide presionando * para fijar la gravedad específica del líquido utilizado durante el procedimiento de calibración. Los valores seleccionables van de 0.001 a 10.
LOW SPECIFIC GRAVITY OF CALIBRATION [GRAVEDAD ESPECÍFICA INFERIOR DE CALIBRACIÓN]	Se utiliza en el caso de un instrumento para interfaz. Valide presionando * para fijar la gravedad específica del líquido más ligero utilizado durante el procedimiento de calibración. Los valores seleccionables van de 0.001 hasta el valor de HSG CAL.
HIGH SPECIFIC GRAVITY OF CALIBRATION [GRAVEDAD ESPECÍFICA SUPERIOR DE CALIBRACIÓN]	Se utiliza en el caso de un instrumento para interfaz. Valide presionando * para fijar la gravedad específica del líquido más pesado utilizado durante el procedimiento de calibración. Los valores seleccionables van desde el valor de LSG CAL. hasta 10.0.

Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

Al tener conectado el comunicador HART 475, se ingresó al menú de configuración, donde se configura la posición en la que se instalara el transmisor es decir izquierda o derecha, en esta configuración también se debe indicar si se desea medir un nivel directo o en interface, en este caso es nivel directo y la posición del transmisor es izquierda (left).

Ilustración 3-23: Configuración del LT.



Al tener configurado la posición y el tipo de nivel que se medirá, se debe calibrar el valor de acoplamiento, el valor de acople calculado fue de 1358,78 gramos, simulando este peso en el taller, se debe ingresar este valor al comunicador HART 475, para esto se debe ir menú de calibración y luego a coupling, donde según manual con el peso colocado simulando el flotador, debería indicar en el comunicador HART, un valor de porcentaje, entre -5 y +5, lo cual se cumplió como veremos en la siguiente ilustración.

Ilustración 3-24: Porcentaje de acoplamiento.



Cuando se tenga la calibración correcta del valor de acople, se realizara la calibración del valor del peso superior e inferior que deberá medir el transmisor en terreno, para esto se realizara un procedimiento parecido al anterior, primero para el peso menor, en el comunicador HART, se debe ingresar al menú de calibración para luego ir a la opción de zero y spam, seleccionando la calibración de zero, se coloca el peso simulado más bajo que se calculó con anterioridad 1400 gramos, a lo cual el comunicador nos deberá dar como resultado que 0% de nivel y 4 mA en corriente, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 3-25: Calibración peso más bajo.



La calibración del peso más alto, tiene una gran similitud a la del peso menor, en el comunicador HART, debemos ir también al menú de calibración, para luego seleccionar la opción de spam, luego se debe colocar el peso más alto simulado, el cual era según los cálculos realizados de 763,51, teniendo este peso en el transmisor, simulando lo que en terreno será el flotador, se espera un valor en porcentaje de 100% y en corriente de 20 mA, lo cual fue logrado, verificando una calibración correcta del acople, valor superior e inferior.

Ilustración 3-26: Calibración peso más alto.



Para tener una mayor seguridad de la calibración realizada, también se simuló el peso medio calculado, el cual era de 1081,75 gramos, esperando que el comunicador HART, nos indicara un porcentaje de 50% y una corriente de 12 mA, como fue lo que aconteció.

Ilustración 3-27: Calibración nivel medio.



Tabla 1-4: Valores calculados y esperados.

Valores de peso	Porcentaje	Mili Amper
1400	0%	4 mA
1081,75	50%	12 mA
763,51	100%	20 mA

2.13 Transmisor de nivel en condiciones para su instalación.

Realizando un levantamiento extenso de datos, con la ayuda del manual del instrumento, se concretó una correcta mantención del instrumento y sus posteriores calibraciones, como también se logró realizar la mejora del proceso de calibración, creando una planilla en formato Excel, la cual se detalló con anterioridad, dejando como resultado un instrumento con su tarjeta de datos completa y en condiciones aptas para su instalación en terreno.

Ilustración 3-28: Instrumento listo para ser instalado en terreno.



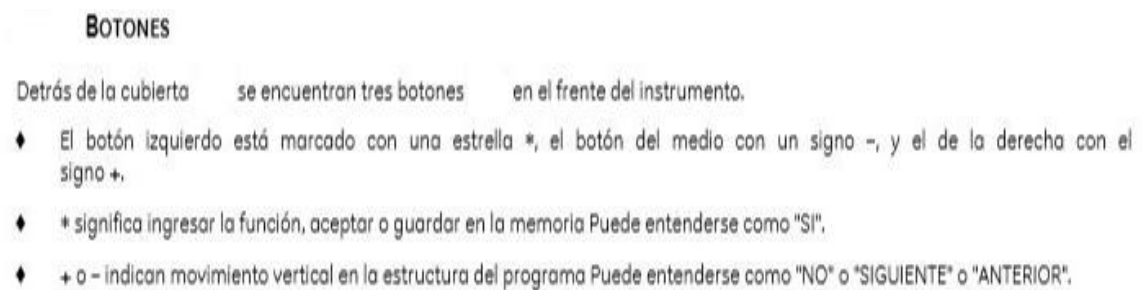
2.14 Alternativa de calibración sin la necesidad del comunicador Hart 475.

Como se observó anteriormente, el proceso de calibración para el transmisor de nivel Masoneilan 12400 en la refinería Enap Bio Bio, se hace dependiente del comunicador Hart 475, por lo que se dio como trabajo investigar, observando el manual algún método de calibración que sea anexo al usado actualmente, es decir usando solamente el transmisor, para esto se generara un listado paso a paso, con las acciones a realizar para la calibración, de este modo se tendrá otra opción en caso de no contar con un comunicador Hart 475, la cual será anexada a la planilla Excel que ya fue creada.

2.14.1 Botones usados para la calibración directa.

Se utilizó el manual del instrumento como guía para conocer los botones a usar en la calibración directa al instrumento, los cuales son los siguientes.

Ilustración 3-29: Botones usados para la calibración.



Masoneilan* 12400 Series Level Transmitter/Controller

2.14.2 Listado de pasos a seguir para la calibración directa.

Primero se mencionara el listado paso a paso a través del transmisor, para la calibración directa es decir con solo un fluido, este proceso de calibración se realizó con la ayuda de los simuladores de peso que se usaron en la calibración anterior.

Cabe mencionar que para este proceso de calibración, ya se deben tener calculados los valores de los pesos máximo y mínimo que serán usados.

Listado de calibración directa.

- 1- Con el instrumento alimentado con la tensión correspondiente según manual .
- 2- Entrar al menu de calibración, presionando los botones en el siguiente orden *(0+0-),+,* ,*,+,* , hasta que se visualice en la pantalla [CALIBR].
- 3- Visualizar [COUPLING] presionar * e ingresar el valor de acoplamiento si fuera necesario, si el instrumento se encuentra acoplado presionar +.
- 4- Ajustar densidad del líquido utilizado para la calibración en [SG CAL].
- 5- Visualizar ZERO y pulsar * para tener en cuenta la REF. B, 0%.
- 6- Enganchar en el brazo de torsión el juego de pesas que simule el nivel menor o nivel bajo.
- 7- Visualizar SPAN y pulsar * para en cuenta la REF. A, 100%.
- 8- Enganchar en el brazo de torsión el juego de pesas que simule el nivel mayor o nivel alto.
- 9- Desplazarse en el menú con el botón + o – hasta visualizar [<-] y pulsar * para registrar los datos mediante [STORAGE] y [YES NO] ; a continuación volver a [CAL ZS].
- 10- Desplazarse en el menú con el botón + o – hasta visualizar [VAR SET] y pulsar * para visualizar sucesivamente [MA A], [LEVEL L] y [LEVEL H] y ajustar las corrientes y los niveles correspondientes a REF. B y REF. A.
- 11- Definir la unidad de lectura de la indicación de nivel en [UNIT].
- 12- Para finalizar pulsar *,-,* aparecerá [NORMAL] durante un breve tiempo para dejar paso automáticamente a la visualización alternada de funcionamiento NORMAL.

Teniendo el transmisor en función normal, habrá quedado calibrado y listo para que cumpla sus labores en terreno.

2.14.3 Listado de pasos a seguir para la calibración de nivel en interface.

al igual que el listado anterior, los pasos a seguir para la calibración que será presentada, deben realizarse con un previo cálculo de los valores de pesos máximo y mínimo que serán usados en el transmisor.

Listado de calibración en interface.

- 1- Con el instrumento alimentado con la tensión correspondiente según manual.
- 2- Entrar al menu de calibración, presionando los botones en el siguiente orden *(o+o-),+,* ,* ,* ,* , hasta que se visualice en la pantalla [CALIBR].
- 3- Visualizar [COUPLING] presionar * e ingresar el valor de acoplamiento si fuera necesario, si el instrumento se encuentra acoplado presionar +.
- 4- Ajustar densidad del líquido utilizado para la calibración en [SG CAL].
- 5- Visualizar [LSG CAL] para efectuar el ajuste de densidad del nivel mínimo (0%)
- 6- Enganchar en el brazo de torsión el juego de pesas que simulan el peso mínimo o nivel bajo.
- 7- Visualizar [HSG CAL] para efectuar el ajuste de densidad en su nivel máximo (100%).
- 8- Enganchar en el brazo de torsión el juego de pesas que simule el nivel mayor o nivel alto.
- 9- Desplazarse en el menú con el botón + o – hasta visualizar [<-] y pulsar * para registrar los datos mediante [STORAGE] y [YES NO].
- 10- Para finalizar pulsar *,-,* aparecerá [NORMAL] durante un breve tiempo para dejar paso automáticamente a la visualización alternada de funcionamiento NORMAL.

3. CAPITULO 3: TRABAJOS ANEXOS DE MANTENCIÓN.

En este capítulo se presentaran detalladamente los distintos instrumentos derivados al taller en los cuales se realizaron labores de mantención o chequeo de funcionamiento, con un procedimiento de trabajo definido el cual ayudara a mantener un orden para poder dar solución clara a los problemas o revisiones que se requerían realizar a los instrumentos.

3.1 Procedimiento de trabajo.

Para mantener un orden en cuanto a la revisión realizada, se seguirá un procedimiento similar en cada instrumento, el cual será el siguiente:

- **Recepción del instrumento:**
 - Nombre o TAG
 - Características
 - Función y componentes
 - Variable de medición

- **Condiciones de llegada.**
 - Información sobre el motivo por el cual el instrumento se encuentre en taller
 - Se realizara un chequeo previo de la entrada del instrumento al taller, cuando se considere necesario, nombrando el equipamiento usado para realizar esta labor y las pruebas realizadas.

- **Mantención, revisión o chequeo.**
 - Según el instrumento, se analizaran los procedimientos convenientes para su mantención, revisión o chequeo en el taller, con un previo estudio de los parámetros que se deben tener en cuenta, como rangos de medida, tipo de calibración, valores esperados.

- **Comentarios.**
 - Se realizara un resumen de las medidas finales que se tomaron con la instrumentación, mencionando algún cambio de piezas, calibración o simplemente afirmar que el instrumento está en buenas condiciones.

3.2 VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN VCP.

3.2.1 Recepción de instrumento.

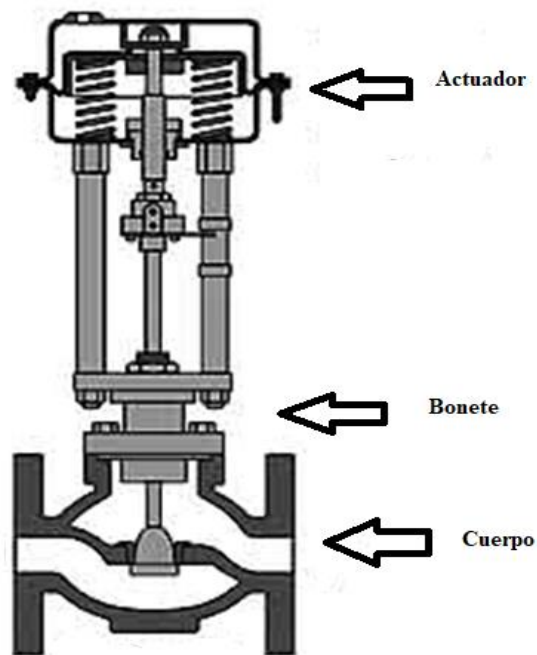
(1) **Instrumento:** El primer instrumento que será visto se trata de una válvula de presión de marca Masoneilan, esta es una válvula neumática N/C de rango 3-15 PSI, su función es controlar la variable de presión, la cual transita por el cuerpo de la válvula, teniendo una línea de entrada de presión y otra de salida, esta válvula es del tipo vástago deslizante, la acción de control, la realiza con la ayuda de un obturador situado en el cuerpo de la válvula, el cual a medida que ingresa presión a la válvula se abre o cierra mediante la acción de movimiento que realiza el vástago deslizante, el hecho de que sea una válvula N/C o N/A, se refiere a la forma de trabajo de la válvula, si necesita aire para abrir o cerrar, como se muestra en la Figura 3-2-1, esto dependerá exclusivamente del requerimiento del proceso.

Para generar un conocimiento más exacto de la válvula de control, citaremos la definición que nos entrega la Norma ISA sobre este tipo de válvula:

La válvula de control es un dispositivo motorizado que modifica la razón de flujo del fluido en un sistema de control de proceso. Consta de una válvula conectada a un mecanismo actuador que es capaz de cambiar la posición de un elemento controlador de flujo en la válvula como respuesta a una señal del sistema controlador

En las ilustraciones 4-1 y 4-2 se puede observar las partes generales y detallados de la válvula mencionada.

Ilustración 4-1: Componentes generales de la válvula.

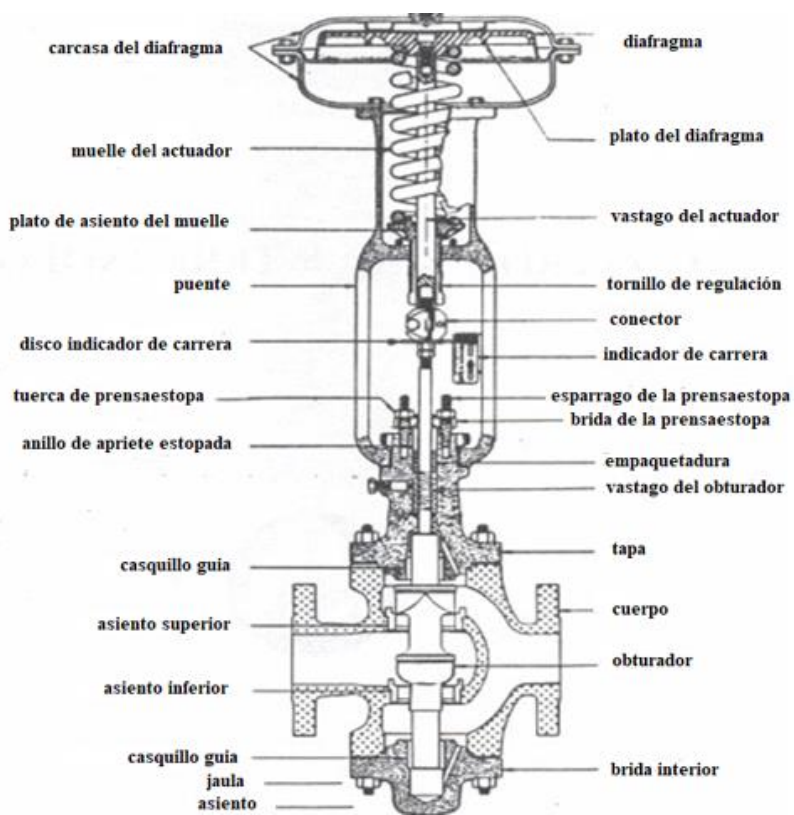


Manual válvulas de control guía del estudiante.

(2) Funciones:

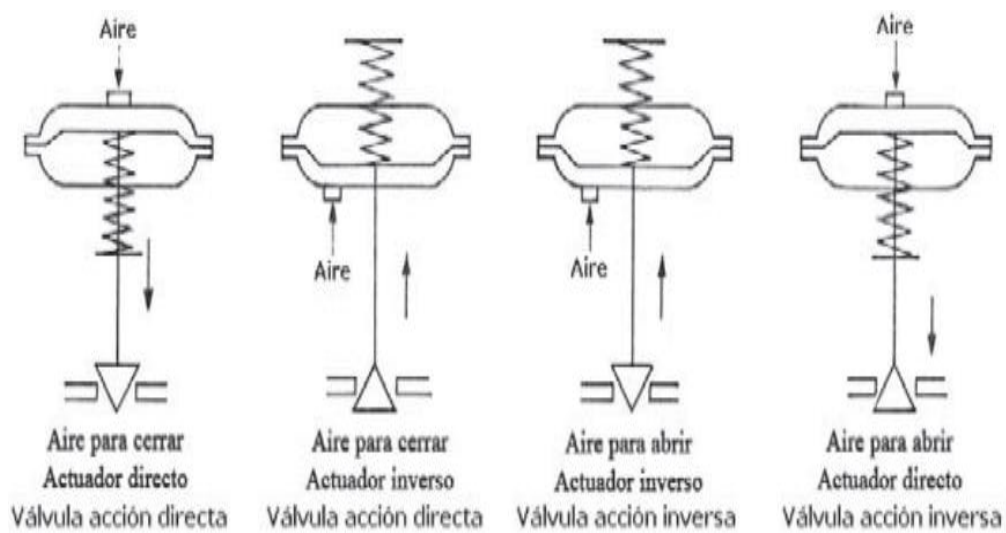
- Actuador: El actuador de la válvula se compone de un plato, el cual en su interior almacena un diafragma, este tiene la función de comprimirse o expandirse según la presión ingresada, al realizar esta acción, desliza el vástago hacia el cuerpo de la válvula obstruyendo o abriendo el paso, para que transite la presión ingresada.
- Bonete: El bonete tiene la función de unir el actuador con el cuerpo, creando un acoplamiento entre ellos.
- Cuerpo: El cuerpo, es por donde transita la presión, este a su vez, según el tipo de válvula, tiene componentes como la jaula y el asiento, que es donde se aloja el vástago, el cual cierra o abre el paso de la presión, este componente debe soportar temperaturas y presiones altas, sin pérdida en el sistema.

Ilustración 4-2: Componentes detallados de la válvula.



Manual válvulas de control guía del estudiante.

Ilustración 4-2-1: Tipos de acciones de las válvulas de control.



Manual válvulas de control guía del estudiante.

3.2.3 Condiciones de llegada.

Para conocer las condiciones de llegada de la válvula, se tomó la decisión de realizar pruebas para revisar la respuesta de la válvula, añadiéndole presión con la ayuda de una columna de mercurio usada como elemento primario de calibración, para realizar esta prueba de taller, se necesitaron los siguientes elementos:

- Equipo de protección personal (EPP) correspondientes
- Columna de mercurio análoga usada para calibrar de 0-40 PSI
- Llaves: inglesa o ajustada y punta corona 9/16
- Mangueras de ¼"
- Conectores de ¼"
- Toalla o paño de aseo

El procedimiento a seguir, al ser una válvula N/C, es dejarla en su estado normal, es decir con el vástago al tope del obturador, no dejando circular presión de aire entre sus líneas, para proceder añadiéndole presión a la entrada de la válvula, mediante la columna de mercurio, como la válvula es de 3 a 15 PSI, comenzaremos con una presión de 1 PSI, para ver su comportamiento en la salida de la válvula, al ser una válvula N/C, sabiendo que con 3 PSI de presión esta aun cerrada y con los 15 PSI se deberá encontrar totalmente abierta, es decir que la carrera de la válvula llegaría hasta el límite, según lo que se indica en su placa de datos, la cual observamos en la figura 4-3-1

Una vez realizada la prueba de filtración, observamos que la válvula al ingresar 1 PSI, ya comenzaba a filtrar aire por la salida, luego se le añadió más presión para observar un movimiento en la carrera del vástago, teniendo que llegar hasta los 7 PSI, donde recién se logró observar un movimiento en el marcador de la carrera de la válvula, después aumentamos la presión hasta los 19 PSI, para que completara toda la carrera del vástago.

Ilustración 4-3: Condición de llegada de la válvula.



Ilustración 4-3-1: Placa de datos.



Ilustración 4-3-2: Prueba de respuesta de la válvula y filtración.



Ilustración 4-3-3: Columna de mercurio análoga.



3.2.4 Mantenimiento a la válvula de control.

De acuerdo a las condiciones de la válvula y los problemas que presentaba, se decidió realizar una revisión y desarme completo, para ver si presentaba piezas dañadas y analizar su posible reparación o cambio, según lo que se observe una vez desarmada la válvula.

3.2.4.1 Desarme de la válvula.

La válvula de control de presión que se está manipulando, es una válvula de un valor en precio elevado, por su composición y función en el proceso, por lo cual para trabajar en su desarme y mantenimiento, es necesario tener todas las precauciones posibles para no dañarla y trabajar de buena manera en ella, al ser un equipo robusto y con muchas piezas, realizaremos un listado según información leída en manuales de válvulas, con los puntos que se consideran más importantes a seguir, al momento de desarmar esta válvula.

- **Equipamiento adecuado:** La válvula de control, son instrumentos precisos y como mencionamos anteriormente de un valor elevado, al ser un instrumento robusto y de un peso elevado, se recomienda su manipulación con un tecla para levantarla y moverla.
- **Marcar la orientación de las piezas:** Al ser un instrumento con una considerable cantidad de partes y piezas, es necesario que antes de empezar a trabajar en el desarme, marquemos las piezas para tener un orden claro, al momento de tener que armar el equipo, una simple marca nos indicara la posición que debemos adjuntar sus partes.

- **Alivio de compresión del resorte:** La primera seguridad en el desmontaje del actuador, es aliviar la compresión del resorte, los resortes contienen una gran cantidad de energía, la que si repentinamente se alivia puede dañar al equipo o peor aún producir un daño personal, si existe un ajuste del resorte, este se deberá girar hacia la izquierda hasta aliviar la compresión del resorte. Si no tuviese un ajuste del resorte, esta acción se puede realizar desatornillando los tornillo de la carcasa, de manera cuidadosa, lenta y aleatoria.

- **Orden de desarme:** En cuanto al desarme de la válvula, después de seguir todos los puntos anteriores y con los implementos adecuados. Decidimos seguir el siguiente orden
 - Desacople del cuerpo de la válvula: Al ser una parte más robusta y con menos cantidad de componentes se decidió comenzar por ella, como lo vemos en la figura 4-4, donde encontramos piezas como el asiento, jaula y sus empaques correspondientes, también comenzamos por este componente de la válvula, para generar más comodidad al momento de manipular las piezas más diminutas que componen el actuador.
 - Desacople de bonete y piezas del actuador: Continuando con el bonete y las piezas que componen el actuador, se debe tener precaución con el orden de desarme, al ser piezas pequeñas con una fuerza excesiva podrían ser dañadas, al ser tantas piezas se enumeró su orden como se muestra en la figura 4-4-1, donde también se menciona cada parte.
 - Desacople de actuador y diafragma: Teniendo las piezas más pequeñas del actuador fuera de su lugar y ordenadas, se quita el diafragma de las placas, como se observa en la figura 4-4-2. Luego de esto se tendrán todas las piezas a disposición para chequearlas visualmente y ver que procedimiento se puede realizar para solucionar el problema de filtración de la válvula.

Ilustración 4-4: Desacople del cuerpo de la válvula.

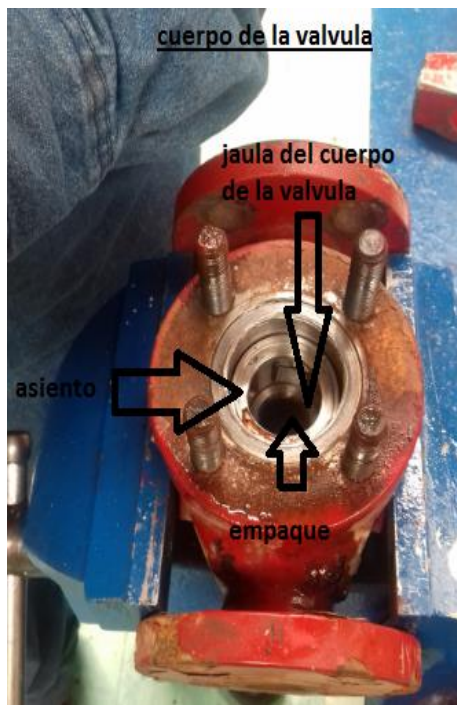


Ilustración 4-4-1: Orden de desarme del actuador.



- 1: vástago del obturador
- 2: Indicador de posición
- 3: Contratuerca de ajuste
- 4: Anillo de apriete
- 5: Tornillo de apriete
- 6: Ajustador de tuerca
- 7: Placa de carrera

Ilustración 4-4-2: Desacople del actuador y diafragma.



3.2.5 Comentarios del trabajo realizado.

En el chequeo de cada pieza de la válvula, se encontraron problemas graves en la jaula de la válvula, la cual presentaba daños y deformidad, lo que se analiza como posible causa de filtración, el origen de este problema puede ser la sobrecarga de presión entregada a la válvula, ya que la jaula se encuentra en el cuerpo de esta, por donde pasan directamente las líneas de presión de entrada y salida.

El procedimiento realizado fue solicitar el repuesto de la jaula para cambiarla, ya que se encontraba muy agrietada para rectificarla, llegando este repuesto será observado el funcionamiento de esta mientras tanto se derivó a bodega a espera de repuestos.

En la figura 4-5 se puede observar las condiciones que presentaba la jaula dañada, también se añade un ejemplo en la figura 4-5-1 de cómo se debería presentar una jaula en buenas condiciones, para observar sus diferencias y ver el daño encontrado en la mantención.

Ilustración 4-5: Jaula de válvula dañada.



Ilustración 4-5-1: Jaula de válvula en buenas condiciones.



3.3 VÁLVULA CON ACTUADOR NEUMÁTICO ON-OFF.

3.3.1 Recepción de instrumento.

(1) **Instrumento:** fue recibido en el taller de instrumentos, una válvula de tipo bola, con actuador neumático ON-OFF marca Adler SpA, la cual poseía un rango de aire máximo de 10 Bar (145 PSI). La función de este equipo, al ser un instrumento final de control es modificar la variable manipulada del proceso, de acuerdo a la señal que proviene del controlador. Este instrumento, en su conjunto actúa mediante el trabajo de dos componentes, los cuales se definirán a continuación.

Actuador ON-OFF: Este actuador es de simple efecto, los cilindros de simple efecto son aquellos que solo realizan un trabajo cuando se desplaza su elemento móvil que

es el vástago en un único sentido; es decir, realizan el trabajo en una sola carrera de ciclo. El retroceso se produce al evacuar el aire a presión de la parte posterior, lo que devuelve al vástago a su posición de partida, en la ilustración 5-1, mostraremos su placa de datos.

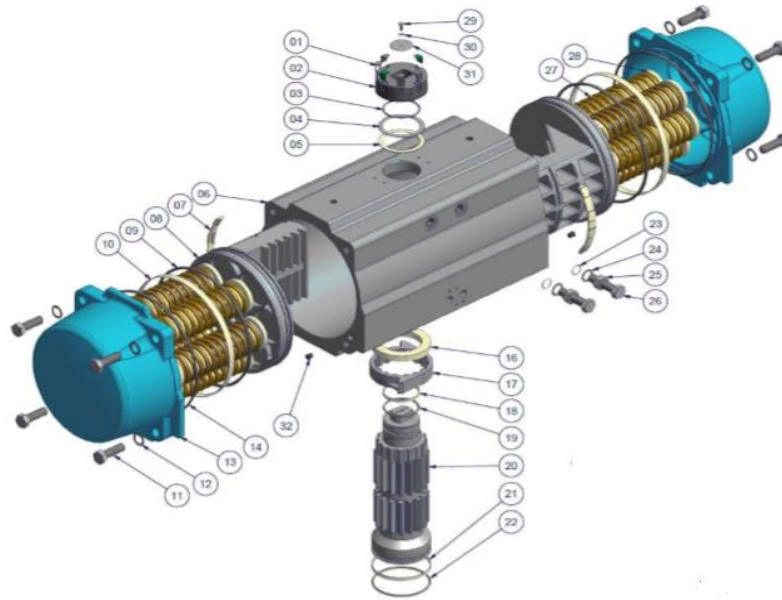
Estos cilindros se utilizan para trabajos de desplazamientos cortos en los que el vástago del cilindro no realice carreras superiores, generalmente, a 100 mm, se verán más detalladamente sus partes, en las figura 5-2 y la tabla 1-5, las cuales son directamente de su manual respectivo.

Válvula de tipo bola: Las válvulas de bola o esfera, por sus características principales, son un tipo de válvula muy versátil en el manejo de fluidos lo que le permite ser una de las válvulas más populares dentro de la industria. Precisamente su cierre rápido de ¼ de vuelta ordinariamente con una palanca permite que su operación sea muy sencilla para quien la opera además de que su diseño es más pequeño que las válvulas de compuerta. Las válvulas de bola deben de ser utilizadas para dejar o no pasar un fluido (ON-OFF), de otra forma si se deja parcialmente abierta el fluido y la presión del mismo desgastaran partes de la válvula que con el tiempo según sus condiciones de operación (fluido-presión-temperatura) averiaran los interiores de la válvula dando lugar a fugas indeseables, en la ilustración 5-3 se verá cómo se compone este tipo de válvula.

Ilustración 5-1: Placa de datos del actuador.



Illustración 5-2: Partes del actuador.

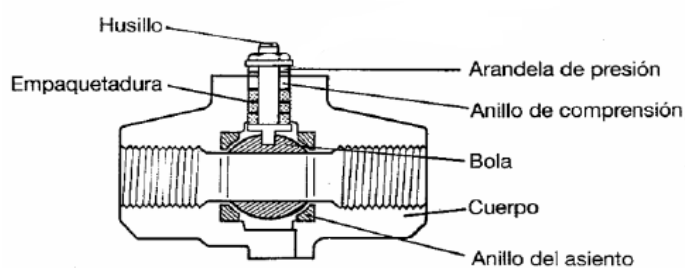


Catálogo pneumatic actuators ADLER SPA.

Tabla 1-5: Nombre y material de cada componente del actuador.

n	Descrizione / Description	Materiali / Materials
01	Indicatori/Indicators	PP GF30
02	Tappo/Cap	PP GF30
03	Anello elastico/Spring clip (pinion)	Acciaio inox / S.S.
04**	Rondella/Thrust Washer (pinion)	Acciaio inox / S.S.
05**	Bussola esterna/ External bearing gasket	PPA
06	Corpo/Body (Anodizzato / Anodized)	AL6005 (Estruso/Extruded)
07**	Anello guida pistone/Piston bush	Nylon 6.6
08	Pistone/Piston	AL6005 (P. Fuso/Die cast)
09**	O-Ring (Pistone/Piston)	NBR70
10**	Anello Pistone/Piston bearing	PPA
11	Vite/Bolt	Acciaio inox / S.S.
12	Rondella/Flat gasket	Acciaio inox / S.S.
13	Culatta/End (Rivestimento poliestere / Polyester coating)	AL6005
14**	O-Ring (culatta/end cap)	NBR70
16**	Bussola interna /internal bearing gasket	PPA
17	Camma/Travel adjuster	Acciaio inox / S.S.
18**	Boccola sup. Pignone /Top pinion bearing	PPA
19**	O-Ring (superiore pignone/Pinion top)	NBR70
20	Pignone/Pinion	APM102÷APM287: Acciaio inox / S.S. APM305÷APM900: C45
21**	Boccola inf. pignone/Bottom pinion bearing	PPA
22**	O-Ring (Infe Pignone/Pinion bottom)	NBR70
23**	O-Ring (vite regolazione/Adjusting bolt)	NBR70
24	Rondella/Washer (Regolazione/Adjusting)	Acciaio inox / S.S.
25	Dado/nut (Regolazione/Adjusting)	Acciaio inox / S.S.
26	Vite regolazione/Adjusting bolt	Acciaio inox / S.S.
27	Molle/Spring	60Si2MnA
28	Fissaggio molla/Spring cartridge	PP GF30
29	Vite/Bolt	Acciaio inox / S.S.
30	Rondella/Washer	Acciaio inox / S.S.
31	Rondella/Washer	Acciaio inox / S.S.
32**	Tappo culatta/End cap	NBR

Ilustración 5-3: Componentes de la válvula de bola.



3.3.2 Condiciones de llegada.

Realizando una primera inspección visual de la válvula y el actuador, para ver si existía algún problema que se pudiera detectar de inmediato, de esta manera se observó que por parte de la válvula, tenía sus empaques en malas condiciones y el actuador se encontraba con oxido, el cual hacía difícil su cambio de posición ON-OFF.

Para verificar el estado de la válvula y del actuador, se realizaron pruebas de taller, para observar el cambio de posición del actuador y si la válvula tenía problemas de filtración, estas pruebas se realizaron por separado, desacoplando la válvula del actuador, para realizar estas pruebas, usamos la siguiente implementación e instrumentos:

- Equipo de protección personal (EPP) correspondientes
- Presión de línea del taller de instrumentos rango 0-200 psi
- Llaves: inglesa o ajustada y punta corona 9/16
- Mangueras de ¼"
- Conectores de ¼"
- Toalla o paño de aseo

3.3.2.1 Prueba de trabajo del actuador.

En esta prueba se verificara si el actuador realiza la acción de cambio de condición ON-OFF, añadiéndole presión de aire regulada a través del aire en la línea del taller de instrumentos como se aprecia en la ilustración 5-3-1, según su placa de datos tenía un rango de aire máximo de 145 psi, por lo cual se irá aumentando la presión a la entrada del actuador desde 0, hasta que se vea su cambio de condición, en la figura 5-3-2 se observa la conexión a la entrada del actuador. Una vez realizada esta prueba, se llegó a una presión de 90 psi, sin ver ninguna respuesta del actuador, por lo cual este no se encontraba en condiciones de operar.

Ilustración 5-3-1: Aire en línea del taller de instrumento.



Ilustración 5-3-2: Conexión a la entrada del actuador.



3.3.2.2 Prueba de filtración de la válvula.

En cuanto a la válvula, se realizó una prueba de filtración, añadiéndole aire a su entrada y observando si poseía alguna filtración en su salida, este instrumento viene en conjunto con su actuador, por lo cual el rango de trabajo es el mismo para ambos es decir máximo 145 psi, una vez añadido el aire. Como se observa en la figura 5-3-3, se produce una gran cantidad de filtración en la salida de la válvula, es decir la válvula no se encontraba en condiciones de realizar su trabajo.

Ilustración 5-3-3: Prueba de filtración de la válvula.



3.3.3 Mantenimiento a la válvula y cambio de actuador.

Observando las pruebas realizadas, se decidió desarmar cada componente de la válvula y del actuador, estudiando cada componente interno revisando el manual, chequeando su estado se podrá dar una solución en cuanto a su mantención, cambio o reparación de algún componente, este chequeo se muestra detalladamente en la ilustración 5-4. y 5-4-1.

Ilustración 5-4: Chequeo de componentes del actuador ON-OFF.



Ilustración 5-4-1: Chequeo de la válvula de bola.



Observando el estado de los componentes internos, se apreció lo dañado que se presentaban estos instrumentos, encontrando o-ring rotas y desgastadas por parte de la válvula, en cuanto al actuador, notamos el desgaste y oxidación de sus resortes, los cuales hacen el trabajo de mover el pistón para que actúe en sus condiciones ON-OFF

Gracias a la revisión realizada a cada componente de la válvula y actuador, se logró observar graves problemas en su funcionamiento, con respecto a la válvula, se tomó la decisión de solicitar a bodega un nuevo juego de o-ring y empaques, ya que era lo único que se encontraba en mal estado, en cuanto al actuador, viendo sus problemas de oxidación, debido a mala lubricación, decidimos cambiar por completo esta pieza, para asegurarnos de no poner en riesgo el equipo por completo ni la continuidad del proceso, en las figuras 5-4-2 y 5-4-3 se observan los repuestos y cambios de los equipo solicitados.

Ilustración 5-4-2: Repuesto de o-ring y empaques de válvula.

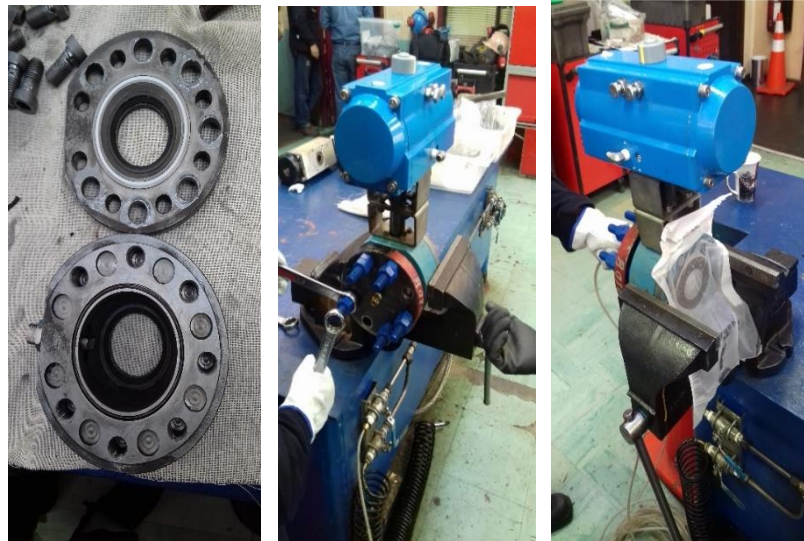


Ilustración 5-4-3: Cambio del actuador.



Teniendo el repuesto de la o-ring, empaques de la válvula y el actuador nuevo, se procedió a instalarlos y realizar las pruebas, las cuales se mostraran a continuación en la ilustración 5-4-4, para verificar que estén en condiciones de ser llevadas a terreno.

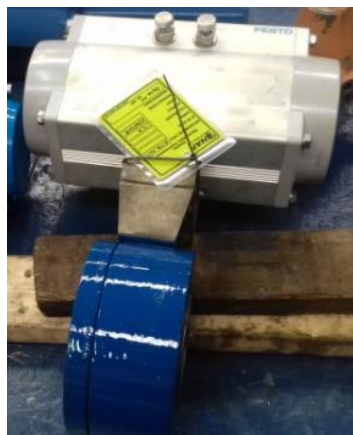
Ilustración 5-4-4: Instalación y pruebas del actuador acoplado a la válvula.



3.3.4 Comentarios del trabajo realizado.

En la mantención que se realizó al actuador ON-OFF, con la válvula, se encontraron problemas críticos en su funcionamiento, los más relevantes eran la filtración de la válvula y la oxidación en los resortes del actuador, los cuales no realizaban su trabajo, por esto se tomó la decisión de solicitar los repuestos de los sellos de válvula y el cambio completo del actuador, aprovechando que se contaba con el repuesto en stock de bodega, realizados estos cambios y haciendo las pruebas correspondientes, de filtración a la válvula y cambio de estado al actuador, a las cuales respondieron correctamente, se logró dejar un equipo en funcionamiento, con su etiqueta de chequeo, en punto de ser instalado en la planta, como se muestra en la ilustración 5-5, cabe mencionar que en el taller de instrumentos, también se realiza el trabajo de pintura formando parte de la labor y mantención de los equipos, para que estén en óptimas condiciones para su correcto funcionamiento.

Ilustración 5-5: Instrumento en condiciones para ser instalado.



3.4 SWITCH DE PRESIÓN DE BAJA PSL.

3.4.1 Recepción de instrumento

(1) **Instrumento:** El siguiente instrumento que fue derivado a taller, se trata de un switch de presión (PSL), TAG PSL 001-1, marca SOR, el cual posee un rango de 12-110 PSI, este instrumento al ser de baja, quiere decir que actúa cuando la presión va descendiendo, el switch de presión posee 3 contactos; normal abierto, normal cerrado y común.

Realizando una inspección visual, pareciera ser un instrumento sencillo de operar, ya que es un reducido tamaño, con un cuerpo rígido, que posee solo 3 contactos y una tuerca para su calibración, pero para saber que contacto se debe usar, si fuera un PSL o PSH, se debe investigar sobre la lógica de control segura, que se usa para la activación de estos switch, ya sea de bajada o de subida.

Ilustración 6-1: Switch de presión PSL.



3.4.1.1 Lógica de control segura.

Las conexiones de los switch de presión, con una acción en bajada PSL o de subida PSH, se rigen a una lógica de control segura, la cual tiene la finalidad de proteger los equipos involucrados en el sistema, resguardando su integridad, en caso de que hubiera algún problema de conexión o cables en mal estado, en los instrumentos, para comprender mejor la lógica de control segura, se mencionaran 4 casos de conexión de los switch de presión, para mostrar la funcionalidad de esta lógica de control.

3.4.1.2 Ejemplos de lógica segura de control en las conexiones.

Se expondran 4 casos, que ayudaran a tener más claro, cuál es la idea de la lógica segura o más bien de qué trata. Estos ejemplos se desarrollaran imaginando el proceso en un tanque de almacenamiento donde se tendría un Switch de bajo nivel (PSL) y un Switch de alto nivel (PSH), con retorno de señal al PLC conectados en diferentes contactos del instrumento N/C y N/A.

Switch de bajo nivel, conectado en contacto normalmente cerrado (NC).

(Caso no seguro)

Imaginando el tanque sin líquido, el retorno al PLC será 1 (24V). Se inició el llenado del tanque y se tiene el switch activo, por lo que al PLC nos retornara 0. Ahora con el tanque lleno, se enciende la bomba, que inicia a vaciar el líquido en el tanque, como se tiene el switch activo el retorno es 0, una vez el líquido este en bajo nivel, el switch se desactivara y el retorno seria 1, que mandaría a apagar la bomba por seguridad, ya que prácticamente no hay liquido en el tanque. Hasta ahora todo bien, no hay problema, pero viene el siguiente análisis. De nuevo el tanque lleno, se enciende la bomba, que inicia a vaciar el líquido en el tanque, como se tiene el switch activo el retorno es 0, pero esta vez el cable de retorno sufrió una avería (un corte), como el líquido está bajando nivel el switch se desactivara, pero el retorno no llegara, el PLC continua llegándole 0, por el daño que sufrió el cable, entonces la bomba no se apagara y continuara succionando en vacío, ocasionando graves daños a esta.

Switch de bajo nivel, conectado en contacto normal abierto (NA).

(Caso seguro)

Ahora imaginando el tanque sin líquido, el retorno al PLC será 0. Se inició el llenado del tanque y tenemos el switch activo, por lo que al PLC nos retornara 1. Ahora con el tanque lleno, supongamos encendemos la bomba, que inicia a vaciar el líquido en

el tanque, como se tiene el switch activo el retorno es 1, una vez el líquido este en bajo nivel el switch se desactivara y el retorno seria 0, que mandaría a apagar la bomba por seguridad, ya que prácticamente no hay liquido en el tanque. Hasta ahora todo bien, no hay problema, pero viene el siguiente análisis. De nuevo el tanque lleno, se enciende la bomba, que inicia a evacuar el líquido en el tanque, como se tiene el switch activo el retorno es 1, pero esta vez el cable de retorno sufrió una avería (un corte) e inmediatamente el retorno al PLC será 0, por el daño que sufrió el cable, entonces la bomba se apagara, aunque el tanque, aun no esté en bajo nivel, obligando al operador a buscar la falla.

Switch de alto nivel, conectado en contacto normal cerrado (NC).

(Caso seguro)

Ahora pensando en el tanque sin líquido, el retorno al PLC será 1 (24V). Se inició el llenado del tanque y se tiene el switch activo, por lo que al PLC retornara a 0. Ahora teniendo el tanque vacío, se enciende la bomba, que inicia el llenado del tanque, como se tiene el switch no activo el retorno es 1, una vez el líquido este en alto nivel el switch se activara y el retorno seria 0, que mandaría a apagarla bomba por seguridad, ya que el tanque está lleno. Hasta ahora todo bien, no hay problema, pero viene el siguiente análisis. Teniendo el tanque vacío, se enciende la bomba, que inicia el llenado del tanque, como se tiene el switch no activo el retorno es 1, pero esta vez el cable de retorno sufrió una avería (un corte) e inmediatamente el retorno al PLC será 0, por el daño que sufrió el cable, entonces la bomba se apagara, aunque el tanque, aun no esté en alto nivel, obligando al operador a buscar la falla del apagado de la bomba antes.

Switch de alto nivel, conectado en contacto normal abierto (NA).

(Caso no seguro)

Ahora pensando en el tanque sin líquido, el retorno al PLC será 0. Se inició el llenado del tanque y se tiene el switch activo, por lo que al PLC retornara en 1 (24V). Ahora con el tanque vacío, se enciende la bomba, que inicia el llenado del tanque, como se tiene el switch no activo el retorno es 0, una vez el líquido este en alto nivel el switch se activara y el retorno seria 1, que mandaría a apagarla bomba por seguridad, ya que el tanque está lleno. Hasta ahora todo bien, no hay problema, pero viene el siguiente análisis. Se tiene el tanque vacío, encendiendo la bomba que inicia el llenado del tanque, como se tiene switch no activo el retorno es 0, pero esta vez el cable de retorno sufrió una avería (un corte), como el líquido está subiendo nivel, el switch se activara, pero el retorno no llegara, el PLC continua llegándole 0, por el daño que sufrió el cable, entonces la bomba no se apagara y continuara enviando liquido al tanque ocasionando derrame en el tanque.

Conociendo estos casos, se puede comprender la lógica segura y su importancia, también podemos deducir que el switch PSL, se deberá conectar en el contacto N/A.

3.4.2 Condiciones de llegada.

La información que se recibió con respecto al switch, decía que no estaba realizando su activación con la presión indicada en la calibración que señalaba su tarjeta de datos en terreno, por ende no se encontraba cumpliendo su trabajo.

Al realizar una revisión visual a las partes que componen el instrumento, se observa un daño, en su entrada de presión, filtrando un líquido que parecía ser glicol, a través de su membrana, esto pudo haber ocurrido por una sobrepresión añadida al switch lo cual dañó sus partes internas, como veremos en la figura 6-2, por este motivo, era evidente que no tuviera la funcionalidad que se desea en terreno, revisando el switch se observa que es un instrumento sellado, por lo cual no podremos ver la pieza dañada directamente o estimar alguna reparación o mantenimiento de esta, por lo cual revisando y encontrando el mismo modelo del instrumento en bodega se procede a realizar un cambio completo del switch, para tener un instrumento confiable en terreno.

Ilustración 6-2: Switch con problemas de filtración.



3.4.3 Calibración del switch.

Con el switch solicitado a bodega, de las mismas características al que fue recibido con problemas de filtración, se procede a realizar una calibración, para dar los valores requeridos de trabajo en terreno y así dejar operativo el switch para su posterior instalación en la planta.

El rango solicitado de calibración, era de 1.4 kg/cm^2 , en bajada, recordando lo aprendido, en cuanto a la lógica segura que debe poseer el switch de presión, sabiendo que es un switch de baja, para realizar la calibración se debe usar el cable común junto con el N/A.

Para generar presión, se usara un calibrador de presión marca Fluke modelo 718Ex300G, para verificar en cuanta presión el contacto cambia de estado, se utilizara un multímetro marca Fluke, modelo 28 Ex, el cual se tendrá en modo de conductividad, para chequear cuando nos indica el cambio en la condición del switch.

Para realizar la calibración del switch, se usaron la siguiente implementación e instrumentos:

- Equipo de protección personal (EPP) correspondientes
- Calibrador de presión marca Fluke modelo 718Ex300G
- Multímetro marca Fluke, modelo 28 Ex
- Parrillero de paleta
- Llaves: inglesa o ajustada y punta corona 9/16
- Mangueras de $\frac{1}{4}$ "

3.4.3.1 Procedimiento de calibración.

Al tener un equipo nuevo, se desconoce el rango de calibración que trae de fábrica, para conocer el valor de calibración que posee, se dejara el multímetro conectado al común y N/A y se procede a generar presión en el switch desde 0 kg/cm^2 , marcando de comienzo un circuito abierto en el multímetro, ya que se tiene la presión mínima al ser de baja, con su conexión en común y N/A, cuando el multímetro marque continuidad o circuito cerrado, quiere decir que en ese punto esta calibrado el instrumento, si este valor es mayor a los 1.4 kg/cm^2 , se debe girar el tornillo de spam hacia arriba, acercándolo a la parte posterior del switch, de esta manera se acorta el rango de calibración, se procede a realizar este ejercicio, hasta dejar el switch, en la calibración requerida, comenzando

cada vez sin presión en el switch y aumentándola desde los 0 kg/cm^2 , hasta el valor deseado, una vez calibrado al valor indicado de 1.4 kg/cm^2 , se debe verificar su respetabilidad aplicando y quitando presión, si el switch responde correctamente, en el valor calibrado, se encuentra en condiciones confiables para ser instalado y realizar el trabajo deseado, la conexión fue relativamente simple, la cual observamos en las ilustraciones 6-3 y 6-4.

3.4.3.2 Valores de acción, reposición y banda muerta.

En la calibración del switch, se presentan 3 valores, que se deben tener en cuenta para ver su comportamiento en terreno y poder analizar más rápido una falla, si estos valores varían con el tiempo.

Valor de acción: Es el punto que se activa el switch, este se determina al momento de calibrar el instrumento, es el punto deseado para que el instrumento trabaje en terreno, abriéndose o cerrándose según el tipo de switch y el uso que se le esté dando, de bajada o de subida (PSL o PSH).

Valor de reposición: Es el valor en el cual el instrumento, se desactiva de su funcionamiento normal, sea N/C o N/A, para que el switch pueda volver a su funcionamiento normal tiene que superar este valor de reposición, mientras más grande sea el valor de reposición, el equipo será más inestable debido a que será mayor el recorrido para que regrese a su estado normal de funcionamiento.

Banda muerta: La banda muerta es la magnitud por encima o por debajo del set point en la cual el equipo no produce su respuesta deseada o calibrada, esta viene dada en porcentaje, el cual siempre es un valor pequeño, pero a considerar al momento de ver su precisión y calibración.

Ilustración 6-3: Esquema de conexión para la calibración.

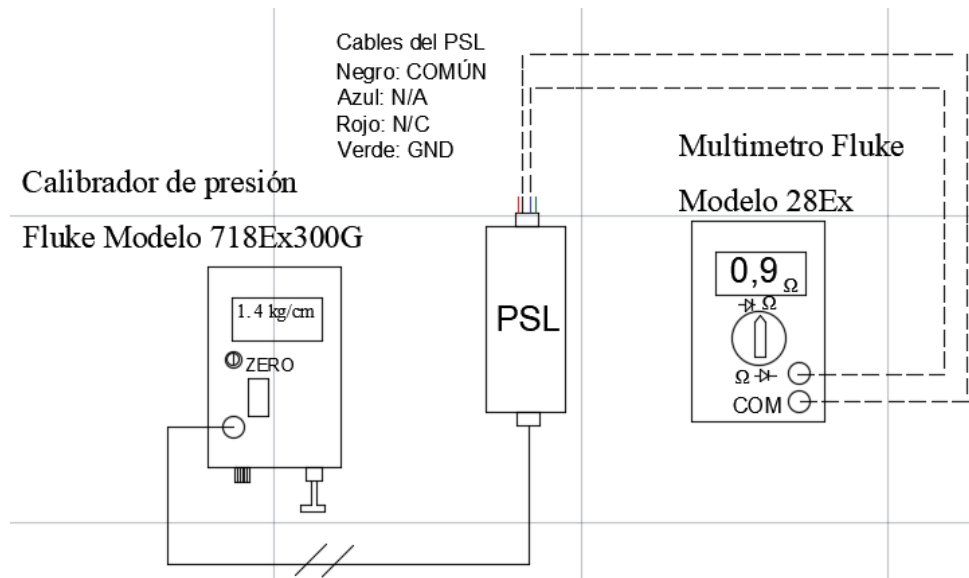


Ilustración 6-4: Conexión para calibrar en taller.



3.4.4 Comentarios del trabajo realizado.

Una vez realizado el procedimiento de calibración, mencionado anteriormente, se logró ajustar el switch nuevo al valor requerido en terreno de 1.4 kg/cm^2 , cabe mencionar que este switch venia calibrado en un rango de 1.8 kg/cm^2 , por lo cual se disminuyó este valor, mediante el ajuste mecánico del tornillo de spam, hasta alcanzar el punto de calibración requerido.

Luego de tener el instrumento en las condiciones requeridos, se procedió a dejarlo en el soporte mecánico que poseía en terreno, por último se completó su tarjeta de datos, con el rango calibrado, tipo de switch y la fecha de calibración, la cual certifica la calibración realizado y que el instrumento se encuentra en condiciones para ser instalado en terreno, como vemos en la ilustración 6-5.

Ilustración 6-5: Instrumento en condiciones de ser instalado.



3.5 TRANSDUCTOR DE PRESIÓN (IP)

3.5.1 Recepción del instrumento

(1) **Instrumento:** El transductor IP, fue derivado al taller de instrumento desde bodega, para realizar un reemplazo de instrumento en terreno, este era de marca FISHER, de rango input 4-20 mili Amper y output 3-33 PSI, como se observa en la ilustración 7-1

La función del transductor en terreno, está acompañada por la acción de un elemento final de control el cual es una válvula de control PCV, marca FISHER al igual que el transductor, la que se activara o desactivara mediante la señal proveniente del

transductor, en este caso no se tiene mayor información de la válvula ni de la acción que debe hacer en terreno, por lo cual se tendrá un enfoque específicamente en la función del transductor y el trabajo que se realiza en él.

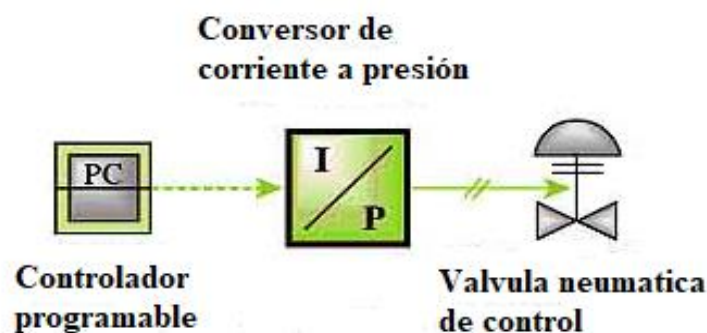
El propósito del transductor IP instalado en una válvula, es cambiar la señal eléctrica proporcional a una señal neumática proporcional, generalmente el transductor viene como parte de la válvula, instalado en el actuador de esta, donde se pueda reparar o intervenir fácilmente, mientras que la entrada y salida de la válvula viene instalada en la cañería.

La aplicación más común del transductor IP, es para recibir una señal eléctrica desde un controlador y producir una señal neumática proporcional para producir el funcionamiento de una válvula de control o de un posicionador, en la figura 7-2 se observa la acción que realiza el transductor.

Ilustración 7-1: Placa de datos del instrumento.



Ilustración 7-2: Acción del transductor IP.



3.5.2 Condiciones de llegada.

Como se mencionó en la recepción del instrumento, este proviene de bodega por lo cual debería encontrarse en buenas condiciones, las que se verificarán al realizar un procedimiento de calibración, para comprobar que el instrumento se encuentre en condiciones de ser instalado en terreno.

3.5.3 Calibración del transductor IP.

Como se debe verificar las condiciones del transductor, se decide realizar una calibración del equipo para verificar su estado, el transductor posee un rango de 3-33 PSI, pero en terreno se usan las medidas típicas de presión es decir la calibración debe ser de 3-15 PSI, la cual se debe regular al momento de calibrar, para este procedimiento se utilizarán los siguientes materiales e instrumentos:

- Equipo de protección personal (EPP) correspondientes
- Presión de línea del taller de instrumentos rango 0-200 psi
- Columna de mercurio análoga usada para calibrar de 0-40 PSI
- Llaves: inglesa o ajustada y punta corona 9/16
- Mangueras de ¼"
- Conectores de ¼"
- Calibrador de lazo, marca Fluke, modelo 707 Ex

El transductor IP, entre sus partes como se ve en la figura 7.3, posee 2 manómetros, los cuales indican la presión de suministro que necesita el transductor, está según manual debe ser constante y tener un valor mínimo de 20 PSI, para el suministro se usará la presión de línea del taller, el otro manómetro es la presión de salida la cual estará conectada a la columna de mercurio análoga, para verificar si la presión es proporcional a la corriente generada y realizar los ajustes correspondientes para que la calibración sea exacta.

Para generar la corriente, se usará el calibrador de lazo Fluke modelo 707 Ex, el cual será conectado al transductor, este a la vez sirve como alimentación del instrumento, utilizando la conexión de alimentación de corriente que nos indica el manual, como vemos en la figura 7-4.

Ilustración 7-3: Manómetros de entrada y salida.

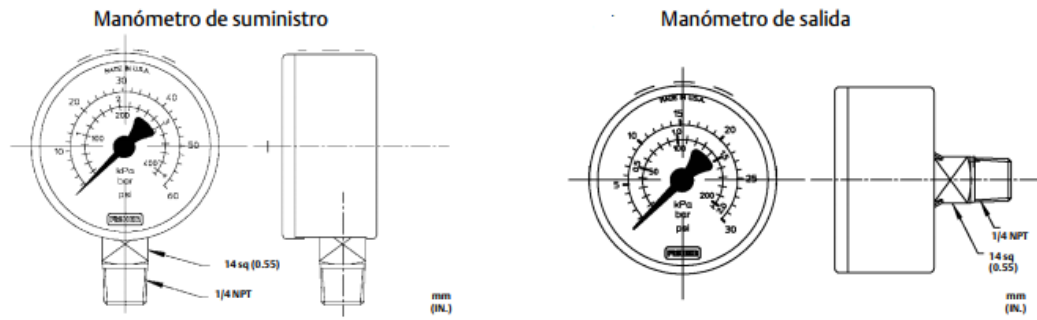
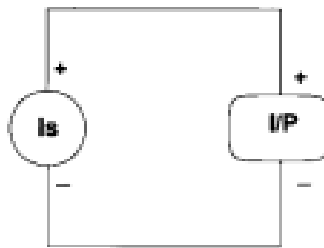


Ilustración 7-4: Calibración usando fuente de corriente.



3.5.3.1 Ajustes mecánicos de calibración.

Al tener todo instalado para proceder a calibrar, se realiza un chequeo variando la corriente de entrada desde 4 a 20 mili Amper, donde al máximo de corriente 20 mili Amper, la columna de mercurio marcaba una presión de 20 PSI, para ver disminuir este valor, según lo que nos indica el manual se usara el regulador que poseía el manómetro de salida, como vemos en la figura 7-5, dándole un ajuste máximo de 15 PSI a los 20 mili Amper de corriente, para dejar la calibración que se necesitaba en terreno, luego de realizar este ajuste se verifica la repetibilidad que genera el instrumento y se realiza un recorrido de corriente desde los 4 a 20 mili Amper, para verificar el correcto estado y calibración realizada, como se puede apreciar en la ilustración 7-6.

Ilustración 7-5: Regulador de presión de salida

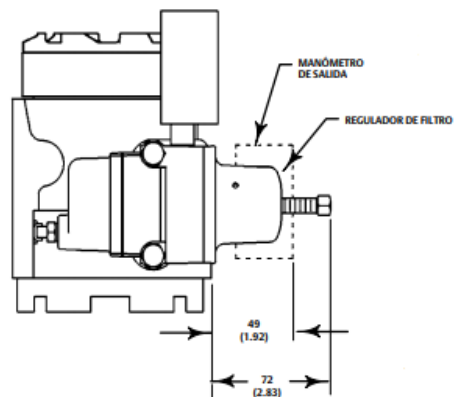
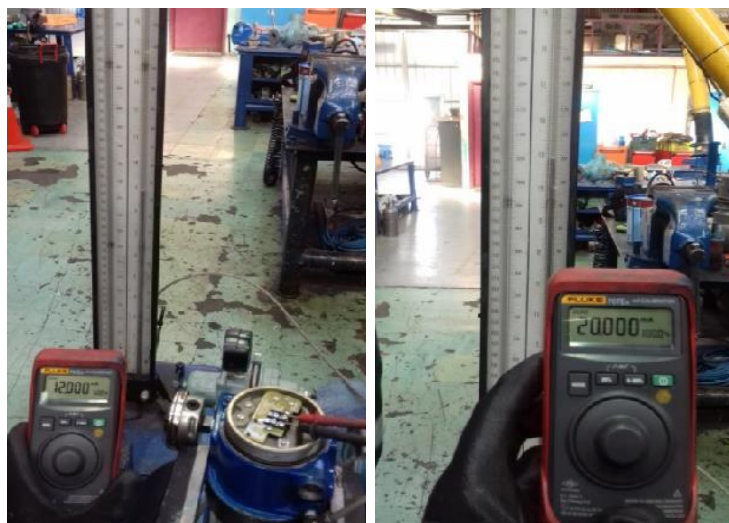


Ilustración 7-6: Chequeo de la calibración.



3.5.4 Comentarios del trabajo realizado.

El transductor IP, al ser un instrumento que provenía de bodega, no necesitaba una mantención o un cambio de piezas, sino más bien una calibración, en los rangos que se usan en terreno 3-15 PSI. Para un cambio del instrumento, por lo cual se ajustó a este rango y se realizó una calibración del instrumento, con la ayuda de su manual, del cual se uso como guía para tener conocimiento de las partes que componente al transductor y también sobre el procedimiento que se debía realizar para la calibración del instrumento, teniendo como resultado un equipo en funcionamiento y en condiciones para ser instalado en terreno.

3.6 VÁLVULA DE CONTROL CON SWITCH DE POSICIÓN.

3.6.1 Recepción de instrumento.

(1) **Instrumento:** El instrumento que se verá a continuación se trata de una válvula de control de presión VCP, marca Masoneilan, en la placa de datos del instrumento vemos que su rango es de 3 a 15 PSI, este instrumento contiene un handjack como componente de la válvula, también se observa que posee un switch de posición y una válvula solenoide para su activación, como se muestra en ilustración 8-1.

Ilustración 8-1: Válvula de presión con switch de posición.

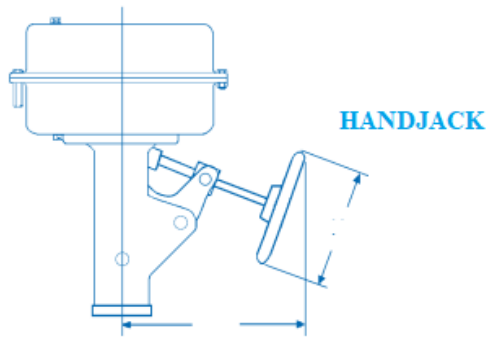


En esta ocasión a diferencia de la válvula masoneilan que se revisó con anterioridad, se presenta una válvula con un dispositivo de seguridad llamado handjack o volante manual, también se ve como la válvula posee dos instrumentos anexos, que forman parte de su funcionamiento como lo son la válvula solenoide para su activación y los switch de posición, estos 3 componentes son para la seguridad y el control de la válvula, a continuación se definirá el uso de cada uno de ellos.

3.6.1.1 Componentes de seguridad de la válvula.

Handjack: El handjack es un volante que forma parte de la válvula, el cual se utiliza como un actuador manual, abriendo o cerrando la válvula bajo condiciones de carga, al girar el volante en sentido horario más allá de la posición normal de la válvula, esta se cierra, el giro en sentido anti horario será para abrir la válvula, generalmente el hanjack se usa solo de seguridad, en caso de que no funcione el actuador, para dejar la válvula en su estado normal manualmente desde terreno, en la ilustración 8-2 se mostrara una imagen del manual de la válvula, para ver el handjack y la posición que lleva en la válvula.

Ilustración 8-2: Handjack.



Válvula solenoide: La función de la válvula solenoide radica directamente en el actuador de la válvula de presión, dejando entrar o cerrar el paso de la presión de la línea, la solenoide realiza una función de control y seguridad, ya que se puede intervenir directamente en ella para abrir o cerrar la presión de la válvula. El control de solenoide consta de la acción de una de sus tres vías que aplica presión a la cámara del diafragma de la válvula principal y luego la alivia de forma alternada. Esta válvula se suministra de forma normalmente abierta (debe desenergizarse el solenoide para abrirse) o normalmente cerrada (debe energizarse el solenoide para abrirse).

Ilustración 8-3: Válvula solenoide.



Switch de posición: los switch de posición en la válvula, son switch de presión los cuales al transitar presión por la válvula, se abren o cierran según el ajuste o calibración que se les asigne, cumpliendo la función de activarse o desactivarse cuando la válvula se encuentre en posición cerrada o abierta.

Su uso tiene el fin de garantizar la apertura y el cierre precisos, para el control del flujo de presión que se encuentra sometida la válvula.

Ilustración 8-4: Válvula solenoide.



3.6.2 Condiciones de llegada.

La condición de llegada del instrumento, se trataba de un equipo nuevo, del cual se requería verificar su estado y condiciones de funcionamiento, por lo cual no se debe realizar mantenimiento o un desarme del instrumento, solo se verificara que se encuentre en condiciones óptimas para ser instalado en terreno.

3.6.3 Chequeo de la válvula y sus componentes.

Como se mencionó anteriormente, la válvula posee un handjack, switch de posición y solenoide, los cuales se chequeara su funcionamiento individualmente, mediante pruebas de taller que se realizarán, las cuales se explicaran a continuación.

3.6.3.1 Switch de posición.

Este instrumento posee 2 switch los cuales se calibraran para que se tenga uno normal abierto que se active en 3 PSI y otro normal cerrado que se active cuando la válvula tenga 15 PSI de presión.

Es decir un switch de baja y otro de alta, para esto se usaran los siguientes elementos y materiales.

- Equipo de protección personal (EPP) correspondientes
- Multímetro marca Fluke, modelo 28 Ex
- Presión de línea del taller de instrumentos rango 0-200 psi
- Regulador de presión
- Llaves: inglesa o ajustada y punta corona 9/16
- Mangueras de ¼”
- Conectores de ¼”

Para la calibración de los switch, no varía mucho con respecto a la vista en el switch de presión revisado con anterioridad, primero que todo debemos energizar la solenoide que ajusta la presión de entrada de la válvula, la solenoide a su vez será alimentada con una presión de entrada de la línea de instrumento, la cual se ajustara mediante un regulador de presión para que entregue 3 PSI, para calibrar primeramente el switch de baja (normal abierto), estas primeras conexiones se muestran en la figura 7-3

Ilustración 8-5: Conexión para generar la presión de entrada.



Teniendo la presión de entrada a la válvula, conectamos el multímetro al común y N/A, para comenzar la calibración, en el PSL, este ajuste será más bien mecánico, en el tornillo regulador, como se mencionó anteriormente, se realizara un procedimiento igual al visto en el switch de presión chequeado con anterioridad, ajustando el primer switch hasta que nos indique el cierre del circuito en nuestro multímetro, con los 3 PSI añadidos recordando que su estado es N/A.

Para el switch de subida, se necesita ajustar a los 15 PSI en condición N/C, para este procedimiento solo se cambiara la conexión del multímetro al otro switch, a los contactos común y N/C, esta vez ajustando nuestra presión a los 15 PSI y regulando el switch mecánicamente para que este calibrado a este valor, como vemos en la ilustración 8-6.

Ilustración 8-6: Calibración de switch de posición.



3.6.3.2 chequeo de la válvula solenoide.

La solenoide según su placa de datos, se energiza con 24 VDC, por lo tanto una vez conectada, se verificara su funcionamiento, añadiéndole a la válvula 15 PSI, de entrada, para luego desenergizar la solenoide de manera que cortara el paso de presión a la válvula, en esta prueba realizada, la solenoide respondió bien en su funcionamiento, ya que al momento de quitarle su energía, cerró el paso de presión a la válvula, para este chequeo se usaron las conexiones realizadas para el switch de presión,

Ilustración 8-7: Solenoide en la entrada de la válvula.



3.6.3.3 Chequeo del Handjack

El handjack es un componente de seguridad de la válvula, para chequearlo se realizó la acción que se hace en terreno al usarlo, es decir girarlo para dejar la válvula en su estado normal, al tener una válvula N/C, la ajustamos con presión de 15 PSI en su estado abierta, para ver la acción del handjack, cambiando la válvula de estado al girar el volante en sentido horario, realizando esta acción se obtuvo un cierre de la válvula manualmente, deduciendo que el handjack o volante también se encuentra en buenas condiciones para este chequeo al igual que el de la solenoide usamos las mismas conexiones implementadas en el switch.

Ilustración 8-8: Handjack de seguridad.



3.6.4 Comentarios del trabajo realizado.

La válvula de control de presión y los componentes que posee, en su conjunto se encuentra chequeada y en buenas condiciones para poder ser instalada en terreno, cuando sea necesaria, habiendo hecho un chequeo de cada componente de la válvula obteniendo un correcto funcionamiento en cada uno de ellos.


3.7 TRANSMISOR DE TEMPERATURA Y TERMOCUPLA.

3.7.1 Recepción del instrumento.

(1) **Instrumento:** Se derivó al taller de instrumentos, un transmisor de temperatura marca Rousemount, modelo 664, en conjunto con una termocupla, los cuales serán instalados en terreno.

El transmisor rousemount modelo 664, es un instrumento compatible con comunicaciones Hart, Foundation Fieldbus y Profibus, para conocer más características del transmisor utilizando la comunicación Hart como es el protocolo de comunicación que se trabajara, se puede observar la tabla 1-6, la cual encontramos directamente en el manual del transmisor.

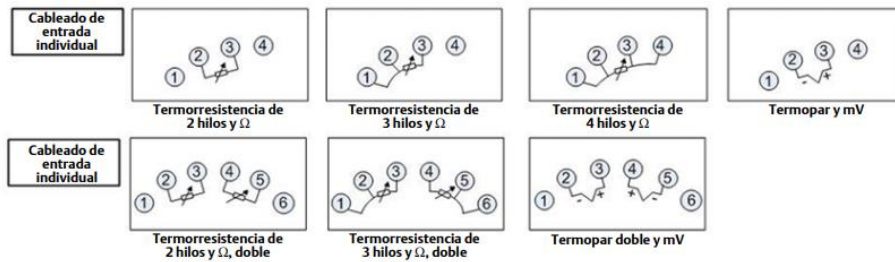
Tabla 1-6: Características del transmisor con comunicación HART.

	Precisión digital	+ 0,15 °C (+0,27 °F) para termorresistencia Pt100
	Precisión D/A	+0,03 % de span
	Efectos de la temperatura ambiente	0,003 °C por cambio de 1 °C (1,8 °F) en ambiente (termorresistencia Pt100)
	Estabilidad	0,15 % de lectura o 0,15 °C durante 2 años
	Entrada	Termorresistencias de 2, 3 y 4 hilos, termopares, milivoltios, ohmios
	Voltaje de alimentación	De 12 a 42,2V en protocolo HART
	Factor forma	Montaje en cabezal DIN A o rail

3.7.1.1 Conexiones del transmisor.

El transmisor de temperatura, posee una serie de conexiones con las que puede trabajar, ya sea si desea ocuparse como termocupla, como será el caso o con una RTD, para conocer estas conexiones posibles, se mostrara la ilustración 9-1, la cual fue adquirida directamente del manual del instrumento.

Ilustración 9-1: Conexiones posibles del transmisor.



3.7.1.2. Precisión y opciones de entrada del transmisor.

Como se mencionó anteriormente, el transmisor rosemount 664, puede ser usado con una termocupla o con una RTD, los valores y rangos en cualquiera de los dos casos que se use, se encuentran detallados en la tabla 1-7, también encontrada en el manual del instrumento.

Tabla 1-7: Valores y rangos de entrada.

Opciones de sensor	Referencia del sensor	Rangos de entrada		Span mínimo recomendado ⁽¹⁾		Precisión digital ⁽²⁾		Precisión D/A ⁽³⁾
		°C	°F	°C	°F	°C	°F	
Termorresistencias de 2, 3 y 4 hilos								
Pt 100 ($\alpha = 0,00385$)	IEC 751	-200 a 850	-328 a 1562	10	18	$\pm 0,15$	$\pm 0,27$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 200 ($\alpha = 0,00385$)	IEC 751	-200 a 850	-328 a 1562	10	18	$\pm 0,15$	$\pm 0,27$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 500 ($\alpha = 0,00385$)	IEC 751	-200 a 850	-328 a 1562	10	18	$\pm 0,19$	$\pm 0,34$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 1000 ($\alpha = 0,00385$)	IEC 751	-200 a 300	-328 a 572	10	18	$\pm 0,19$	$\pm 0,34$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 100 ($\alpha = 0,003916$)	JIS T604	-200 a 645	-328 a 1193	10	18	$\pm 0,15$	$\pm 0,27$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 200 ($\alpha = 0,003916$)	JIS T604	-200 a 645	-328 a 1193	10	18	$\pm 0,27$	$\pm 0,49$	$\pm 0,03\%$ del span
Ni 120	Curva Edison Nº 7	-70 a 300	-94 a 572	10	18	$\pm 0,15$	$\pm 0,27$	$\pm 0,03\%$ del span
Cu 10	Bobinado de cobre Edison Nº 15	-50 a 250	-58 a 482	10	18	$\pm 1,40$	$\pm 2,52$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 50 ($\alpha = 0,00391$)	GOST 6651-94	-200 a 550	-328 a 1022	10	18	$\pm 0,30$	$\pm 0,54$	$\pm 0,03\%$ del span
Pt 100 ($\alpha = 0,00391$)	GOST 6651-94	-200 a 550	-328 a 1022	10	18	$\pm 0,15$	$\pm 0,27$	$\pm 0,03\%$ del span
Cu 50 ($\alpha = 0,00426$)	GOST 6651-94	-50 a 200	-58 a 392	10	18	$\pm 1,34$	$\pm 2,41$	$\pm 0,03\%$ del span
Cu 50 ($\alpha = 0,00428$)	GOST 6651-94	-185 a 200	-301 a 392	10	18	$\pm 1,34$	$\pm 2,41$	$\pm 0,03\%$ del span
Cu 100 ($\alpha = 0,00426$)	GOST 6651-94	-50 a 200	-58 a 392	10	18	$\pm 0,67$	$\pm 1,20$	$\pm 0,03\%$ del span
Cu 100 ($\alpha = 0,00428$)	GOST 6651-94	-185 a 200	-301 a 392	10	18	$\pm 0,67$	$\pm 1,20$	$\pm 0,03\%$ del span
Termopares ⁽⁴⁾								
Tipo B ⁽⁵⁾	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	100 a 1820	212 a 3308	25	45	$\pm 0,77$	$\pm 1,39$	$\pm 0,03\%$ del span
Tipo E	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	-50 a 1000	-58 a 1832	25	45	$\pm 0,20$	$\pm 0,36$	$\pm 0,03\%$ del span
Tipo J	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	-180 a 760	-292 a 1400	25	45	$\pm 0,35$	$\pm 0,63$	$\pm 0,03\%$ del span
Tipo K ⁽⁶⁾	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	-180 a 1372	-292 a 2501	25	45	$\pm 0,50$	$\pm 0,90$	$\pm 0,03\%$ del span
Tipo N	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	-200 a 1300	-328 a 2372	25	45	$\pm 0,50$	$\pm 0,90$	$\pm 0,03\%$ del span
Tipo R	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	0 a 1768	32 a 3214	25	45	$\pm 0,75$	$\pm 1,35$	$\pm 0,03\%$ del span
Tipo S	Representación monográfica NIST 175, IEC 584	0 a 1768	32 a 3214	25	45	$\pm 0,70$	$\pm 1,26$	$\pm 0,03\%$ del span

3.7.1.3. Termocupla Tipo K.

El principio de funcionamiento de las termocuplas, se basa en 2 alambres, de distinto material, unidos en un extremo, los cuales al aplicar temperatura en la unión de estos metales, se genera un voltaje muy pequeño, en orden de los milivolt, el cual aumenta a mayor temperatura.

La termocupla que se trabajara, por sus colores se puede deducir que es una TC de tipo K, según los códigos de color de la norma ANSI.

Tabla 1-8: Referencia de colores y tipos de TC.

Códigos de color ANSI		Código de color ANSI/ASTM E-230		Combinación de aleación		Comentarios: Entorno Cable pelado	Rango de temp. máximo grado termopar	FEM (mV) en todo el rango de temp. máximo	Codificación de color IEC 584-3		Código IEC
		Grado de termopar	Grado de extensión	Conductor +	Conductor -				Grado de termopar	Intrínsecamente seguro	
J				HIERRO Fe (magnético)	CONSTANTÁN CUPRONIQUEL Cu-Ni	Reductor, vacío, inerte. Uso limitado en entornos oxidantes a altas temperaturas. No se recomienda para temperaturas bajas.	-210 a 1200 °C -346 a 2193 °F	-0.095 a 69.553			J
K				CHROMEGA™ NICROMO Ni-Cr	ALOMEGA™ MOUEL-ALUMINIO Ni-Al (magnético)	Oxidante limpio e inerte. Uso limitado en vacío o atmósfera reductora. Amplio rango de temperatura, la calibración más popular.	-270 a 1372 °C -454 a 2501 °F	-6.458 a 54.886			K
T				COBRE Cu	CONSTANTÁN CUPRONIQUEL Cu-Ni	Ligeramente oxidante, reductor, vacío o inerte. Bueno en condiciones de humedad presente. Aplicaciones a temperaturas bajas y criogénicas.	-270 a 400 °C -454 a 752 °F	-6.258 a 29.872			T
E				CHROMEGA™ NICROMO Ni-Cr	CONSTANTÁN CUPRONIQUEL Cu-Ni	Oxidante e inerte. Uso limitado en vacío o atmósfera reductora. El cambio más alto de FEM por grado.	-270 a 1000 °C -454 a 1832 °F	-9.835 a 76.373			E
N				OMEGA-P™ NICROSIL Ni-Cr-Si	OMEGA-N™ NISIL Ni-Si-Mg	Alternativo a tipo K. Más estable a temperaturas altas.	-270 a 1300 °C -450 a 2372 °F	-4.345 a 47.513			N

Ilustración 9-2: Termocupla.



3.7.2. Condiciones de llegada.

Los instrumentos mencionados anteriormente, fueron derivados al taller para ser instalados en la planta, estos se encontraban como instrumentación de repuesto, por lo cual deberían presentar una buena condición, pero para verificar su estado, realizaremos pruebas de calibración individualmente, con el fin de asegurar su confiabilidad en terreno.

3.7.3. Calibración del transmisor de temperatura.

Se procederá primero a calibrar el transmisor, como será usado con una termocupla del tipo K, ese será el sensor de medición en la calibración, la conexión del transmisor la encontramos en su manual, como se mencionó con anterioridad, su alimentación fue con 25 VDC con una resistencia de 250 ohm, como se señalaba en el manual.

Ilustración 9-3: Conexión del transmisor.



Instrumentos usados para la calibración:

- Comunicador Hart 475
- Universal thermocouple calibrator ALTEK modelo 422

La calibración del transmisor se realizó con la ayuda del comunicador HART, con el cual primeramente se configuro el tipo de sensor de entrada al transmisor, el cual como se menciona es de tipo K, teniendo configurado este dato, se procedió a generarle temperatura al transmisor mediante el calibrador universal ALTEK, los valores de temperatura que ingresaremos con este calibrador, fueron según la tabla de datos y sus rangos y estos serán corroborados con el comunicador HART, para ver las condiciones de lectura que presenta el transmisor de temperatura.

Ilustración 9-4: Rangos de temperatura TC tipo K.

Conectores						
Código de color ANSI	Código de color ANSI/ASTM E-230 Grado de termopar Grado de extensión	Combinación de aleación		Comentarios Entorno Cable pelado	Rango de temp. máximo grado termopar	FEM (mV) en todo el rango de temp. máximo
		Conductor +	Conductor -			
K		CHROMEGLA™ NICROMO Ni-Cr	ALOMEGA™ NIOQUEL- ALUMINIO Ni-Al (magnético)	Oxidante limpio e inerte. Uso limitado en vacío o atmósfera reductora. Amplio rango de temperatura, la calibración más popular.	-270 a 1372 °C -454 a 2501 °F	-6.458 a 54.886

Ilustración 9-5: Calibración de transmisor, temperatura 0°



Ilustración 9-6: Calibración del transmisor, temperatura 100°C.



Se generaron diferentes valores de temperatura, entre ellos 0°C y 100°C como se muestra en las ilustraciones, respondiendo correctamente en todos los calores, con un margen de error de 0.2 grados aproximados, por lo tanto tenemos un instrumento calibrado correctamente y configurado con el sensor requerido.

3.7.3.1. Chequeo de las condiciones de la termocupla.

El sensor de tipo termocupla, posee una confección simple y rígida, por lo cual si se encuentra en condiciones inseguras es recomendable cambiarlo para no poner en riesgo la medición correcta de la variable, en este caso al igual que el transmisor la termocupla se encontraba en instrumentación de repuesto, para verificar su estado usaremos los siguientes instrumentos.

Instrumentos usados para chequear la condición de la TC:

- Horno industrial calibrador de temperatura marca AMETEC
- Universal thermocouple calibrator ALTEK modelo 422

Mediante el horno calibrador, se generó temperatura a la termocupla y se usara el calibrador ALTEK, en modo lectura para poder ir chequeando que los valores generados sean los correctos.

Ilustración 9-7: Verificación de estado de la TC con 40°C.



Ilustración 9-8: Verificación de estado del TC con 35°C.



La termocupla se encontraba en buenas condiciones, ya que se generaron un gran número de valores de temperatura a través del calibrador de termocupla ALTEK, entre ellos los que se mostraron en las ilustraciones anteriores y en todo el sensor TC respondió de forma adecuada, con un error aproximado de 0.4 °C.

3.7.4 Comentarios del trabajo realizado.

Se logró verificar las condiciones tanto del transmisor como del sensor tipo termocupla, respondiendo ambos de forma correcta en las pruebas realizadas en el taller, por lo cual se tienen ambos instrumentos en condiciones seguras para ser instalados en la planta, cabe mencionar que fue de gran ayuda contar con el manual del transmisor para realizar una calibración de manera segura y observando los rangos de calibración para cada tipo de sensor.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La instrumentación, es el pilar fundamental para cualquier proceso automatizado, ya que los instrumentos son los encargados de transmitir la información y los valores que poseen las variables en terreno, hacia la interfaz del controlador que se esté utilizando.

También son los encargados de realizar acciones de control, accionamiento y supervisión, en el proceso mediante indicaciones por parte del personal de operaciones de la planta.

En la instrumentación a nivel industrial fue orientado el presente escrito y una gran parte de este, se basó en el transmisor de nivel Masoneilan 12400, generando un enfoque en su mantención y calibración, se encontró un trabajo de calibración el cual podía mejorarse, ya que abarcaba un tiempo relevante y más aun considerando que no era el único instrumento al cual se debía realizar mantención en el taller, sino que fácilmente podían ser derivados otros instrumentos para su revisión o mantención, por lo cual con el trabajo realizado, se acorto de gran manera el tiempo que se requería en calcular sus respectivos valores de calibración como se mencionó en el desarrollo del escrito, con la ayuda de la planilla creada, la cual se continuo usando para simplificar el proceso de calibración del transmisor de nivel Masoneilan 12400.

También se logró crear una lista de pasos a seguir para generar otra opción de calibración, la cual no era usada, ni había sido estudiada con anterioridad por personal de planta, ya que la costumbre era realizar la calibración dependiendo del comunicador Hart 475, con la creación de este listado con los pasos a seguir para la calibración directa desde

el transmisor, se generó una nueva opción útil, sin la necesidad de depender del comunicador Hart.

Para realizar una mantención correcta a todos los instrumentos que fueron revisados y en los cuales se trabajó, se estudió cada instrumento que se presentó en el desarrollo del trabajo, con el objetivo de conocer de manera más extensa, su uso, componentes, partes, rangos, tipo de acción realizada en el proceso, etc.

De esta manera se logró realizar un trabajo de mantención correcto, cumpliendo con los objetivos específicos y general en su totalidad, aplicando el conocimiento adquirido en la universidad en cuanto al uso de instrumentos para analizar los procedimientos de calibración que se requerían donde se generó una solución a cada problema que se presentó en los distintos instrumentos revisados.

Recomendaciones

Teniendo una cantidad enorme de instrumentos, modelos y marcas, en las diferentes variables de proceso, es de gran utilidad contar con el manual de cada equipo, con el cual se esté trabajando, para adquirir una mayor seguridad al momento de su manipulación correcta y realizar una mantención de manera segura.

Cuando se quiere visualizar los valores esperados, utilizando un protocolo de comunicación HART el cual trabaja con corrientes de 4 a 20 mili Amper, es recomendable generar una tabla de datos, teniendo el valor de corriente y el valor de la variable a calibrar, en donde 4 mili Amper es el valor mínimo de calibración que equivale a un 0% y 20 mili Amper el valor máximo de calibración equivalente a un 100% del rango calibrado, teniendo esta tabla se podrán comprobar si los valores de corriente, generados por el instrumento calibrado son correctos o presentan alguna inestabilidad, con respecto a los valores de calibración de la variable que se esté trabajando.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Acedo, J. (2006). *Instrumentación y control de procesos*. España: Díaz de Santos
- Creus, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. Barcelona, España: Marcombo
- Iturralde, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control*. Ecuador: UPSE

6. ANEXOS

6.1 Complemento de información sobre instrumentos.

6.1.1 Métodos de medición para transmisores de nivel.

Método Directo.

Consiste en medir directamente la superficie libre de líquido a partir de una línea de referencia. Pueden ser:

Observación visual directa de la altura sobre una escala graduada: medidor de vara, tubo de vidrio, etc.

Determinación de la posición de un flotador que descansa sobre la superficie libre de líquido: flotador y cinta, flotador y eje, etc.

Electrodos que hacen contacto con la superficie libre de líquido.

Método Indirecto.

Consiste en medir otros efectos que cambian con el nivel del líquido entre ellos pueden ser:

Medición de presión hidrostática o presión diferencial.

Medición de fuerza de empuje. Como en el tubo de torsión.

Medición de la radiación nuclear. Medidor de radioactiva.

Reflexión de ondas de radio. Medidor ultra sonido.

Medición de capacitancia eléctrica.

Estos métodos tienen un error inherente debido a que el nivel se determina a partir de la medida de otra variable.

6.1.1.1 Clasificación de los tipos de medición de nivel.

Medidores de nivel de líquido:

Instrumentos de medida directa.

Sonda.

Cinta y plomada.

Nivel de cristal.

Instrumentos de flotador.

Instrumentos basados en la presión hidrostática.

Manométrico.

De membrana.

De tipo burbuja.

De presión diferencial de diafragma.

Instrumentos basados en el desplazamiento.

Instrumentos que utilizan las características del líquido.

Resistivo.

Conductivo.

Capacitivo.

Ultra sonido.

De radar.

De radiación.

Laser.

Medidores de nivel de solidos:

Detectores de nivel de punto fijo

De diafragma.

Varilla flexible.

Conductivo.

Capacitivo.

Paletas rotativas.

Radar de microondas.

Detectores de nivel continuo

Sondeo electromecánico.

De bascula.

Capacitivo.

De presión diferencial.

Ultrasonidos.

Radar de microondas.

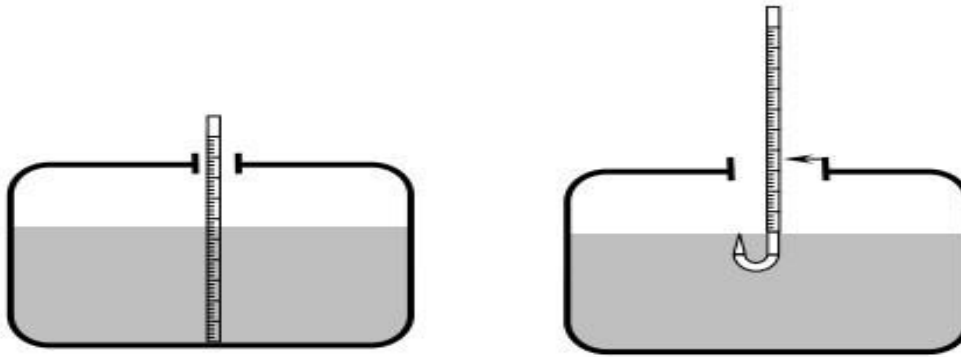
Radiación.

6.1.1.2 Descripción de instrumentos de medición de nivel.

Medidores de nivel de líquidos.

Medidores de sonda: Consisten en una regla o varilla de acero graduada o aforada, esta se introduce en el depósito del fluido el cual se debe encontrar a presión atmosférica, y se retira, el nivel será lo que el fluido halla mojado, cabe resaltar que la parte inferior de la varilla o regla debe llegar a la superficie del depósito. Otro instrumento que pertenece a esta clasificación es una varilla con un gancho y cinta la cual tiene un peso denominada plomado, que hace que la cinta descienda en el fluido y por esta misma se realiza la medición.

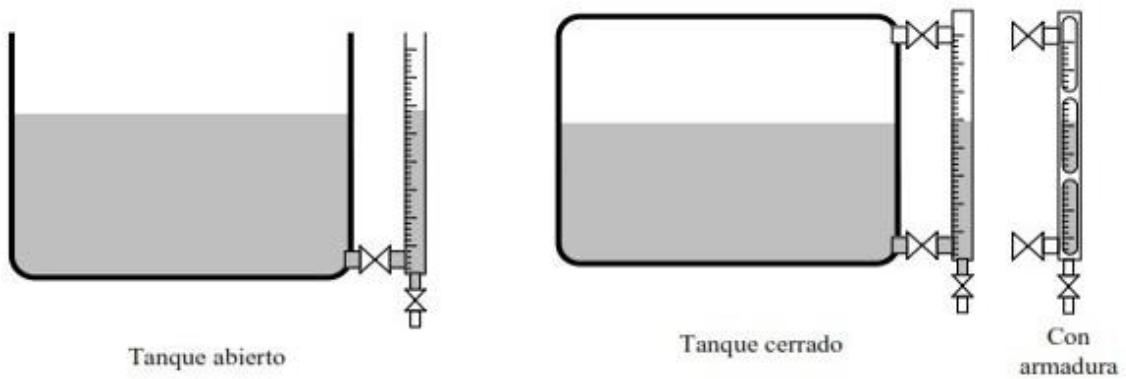
Ilustración 10-1: Medidor de sonda.



Nivel por cristal: El nivel de cristal o columna indicadora consiste en un cilindro de vidrio el cual se encuentra sujetado por barras de metal, este tiene 3 válvulas, 2 de cierre de seguridad en los extremos y una de purga, el funcionamiento se basa en que el líquido a medir dentro de la columna busca la misma elevación que en el depósito, sección rectangular, la medida de nivel se efectúa con un cristal de reflexión o por transparencia, permitiendo medir directamente el nivel por medio de la graduación de este, además permiten ver las características visuales del líquido.

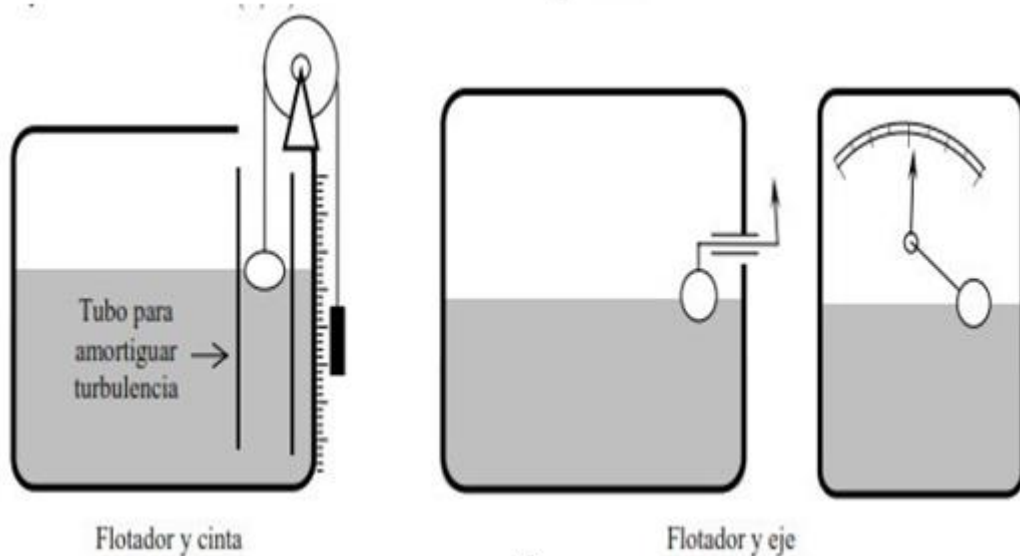
El vidrio que está en contacto con el líquido está provisto de ranuras longitudinales que actúan como prismas de reflexión indicando la zona de líquido con un color oscuro, y la zona superior en contacto con el vapor de color claro.

Ilustración 10-2: Medidor de nivel por cristal.



Instrumentos de flotador: Son usados principalmente en sistemas de líquido, estos también pueden ser implementados en interfaces líquido – líquido con un peso apropiado del flotador, consisten en un flotador que se encuentra en la parte superior del líquido y conectado al exterior del tanque o deposito indicando directamente el nivel, del método empleado para acoplar el movimiento del flotador con el sistema indicador se clasifican en: conexión directa, si el flotador está unido al indicador por una cadena o cinta flexible que desliza un juego de poleas señalando el nivel en una escala graduada; conexión magnética, el movimiento del flotador es transmitido por medio de un acoplamiento magnético, este tipo de medidor tiene un tubo en el cual hay una pieza magnética suspendida por medio de una cinta, esta sigue al flotador en su movimiento, mediante la cinta o cable y un juego de poleas arrastra el índice del indicador de nivel situado en el exterior del tanque, los cuales funcionan por variaciones de presión de un circuito hidráulico y señala en el indicador el nivel correspondiente.

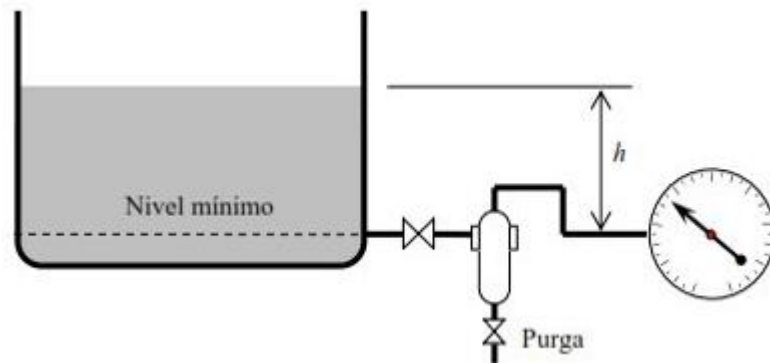
Ilustración 10-3: Medidor de nivel por flotador.



INSTRUMENTOS BASADOS EN LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA

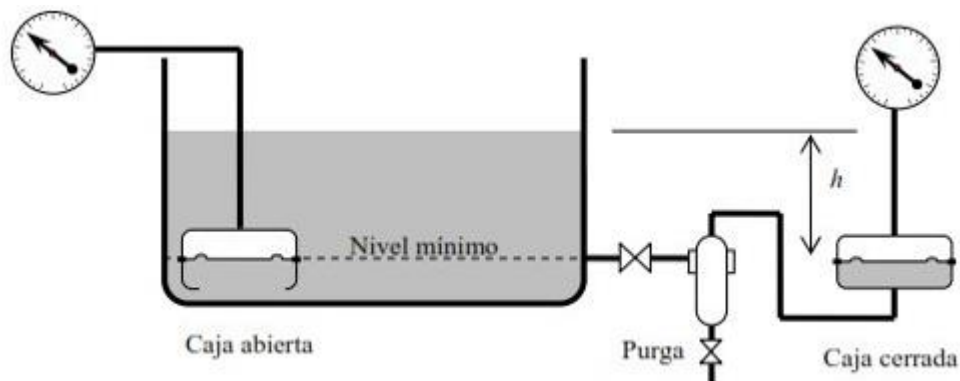
Medidor manométrico: Este medidor consiste en un manómetro que se encuentra conectado en la parte inferior del tanque donde está contenido el fluido, el nivel se mide por la presión que ejerce el fluido, en la, se puede observar un sistema que mide el nivel de fluido en un contenedor por medio de un medidor manométrico.

Ilustración 10-4: Medidor de nivel manométrico.



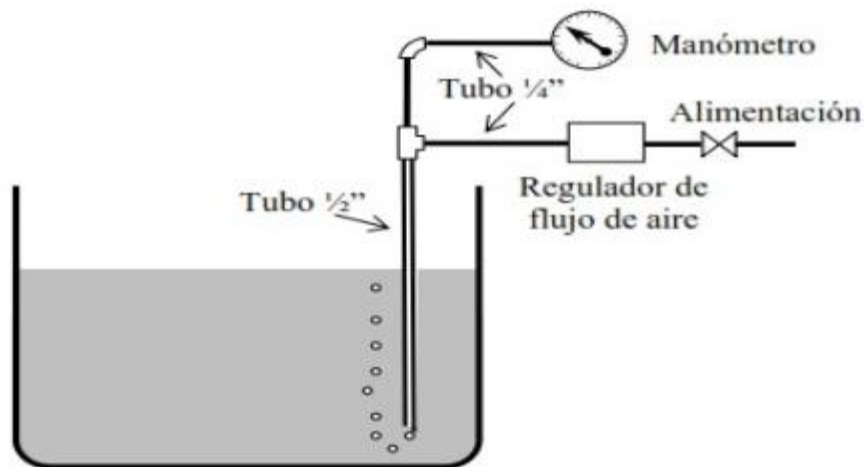
Medidor de membrana: Este tipo de medidor consiste en un diafragma que tiene en su interior aire y en la parte superior una membrana que tiene contacto con el fluido, entonces la presión ejercida por el fluido hace que el aire se comprime.

Ilustración 10-5: Medidor de nivel manométrico.



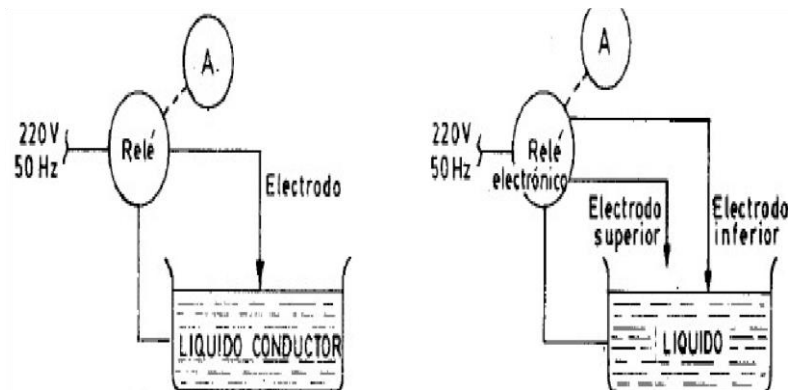
Medidor de tipo Burbujeo: Este instrumento mide la presión necesaria para poder formar o sacar burbujas de una tubería que suele ser de 1/2" esta tiene un bisel por donde salen las burbujas, en el interior del tubo hay un gas que generalmente es aire y tiene un rotámetro que regula que el caudal sea el mismo, entonces la presión que ejerce el gas en el líquido para poder hacer salir burbujas se considera como la presión hidrostática de la columna de líquido contenida en el tanque.

Ilustración 10-6: Medidor de nivel tipo burbuja.



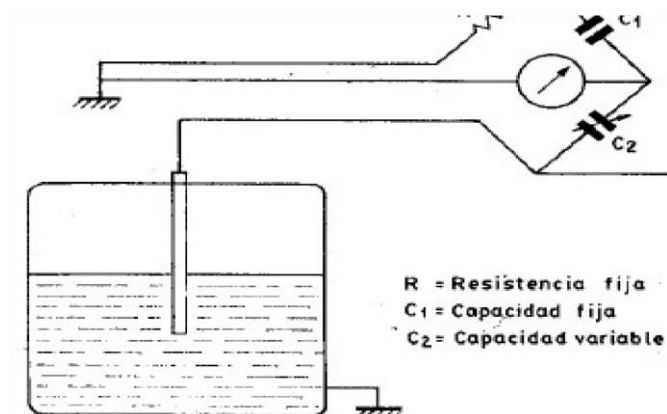
Medidor Conductivo: Este tipo de medidor utiliza la conductividad del líquido, consiste en uno o varios electrodos y un relé electrónico que es excitado cuando el líquido moja a dichos electrodos. El líquido debe ser lo suficientemente conductor como para excitar y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y el vapor.

Ilustración 10-7: Medidor de nivel por conductividad.



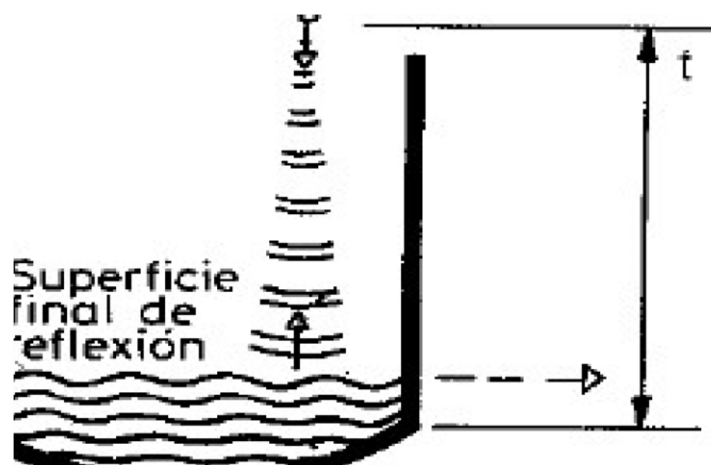
Medidor Capacitivo: Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido en el líquido y las paredes del tanque como se indica en la, la capacidad del conjunto depende linealmente del nivel del líquido; en los fluidos conductores se emplea un electrodo normal, en fluidos conductores con conductividad mínima de 100 microhmios/c.c. el electrodo está aislado usualmente con teflón interviniendo las capacidades adicionales entre el material aislante y el electrodo en la zona del líquido y el gas.

Ilustración 10-8: Medidor de nivel tipo capacitivo



Medidor Ultrasónico: Este medidor se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque, los sensores trabajan a una frecuencia de 20 kHz.

Ilustración 10-9: Medidor de nivel por ultrasonido.



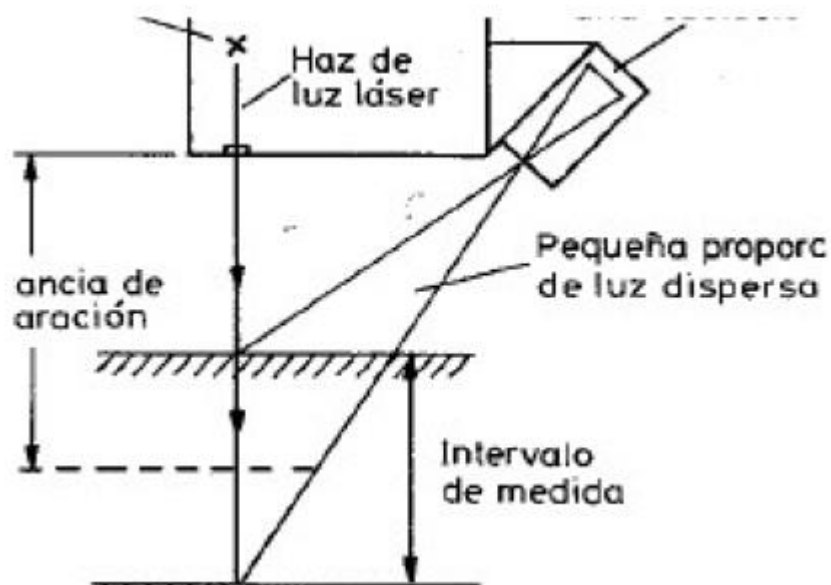
Medidor de radar: Este sistema emplea la propagación de una onda de microondas, y un oscilador que genera una frecuencia de barrido de 10 a 11 GHz y enfoca la señal sobre el líquido mediante una antena; la diferencia de frecuencias entre las señales de transmisión y de retorno es proporcional al tiempo empleado por las mismas.

Ilustración 10-10: Medidor de nivel por radar.



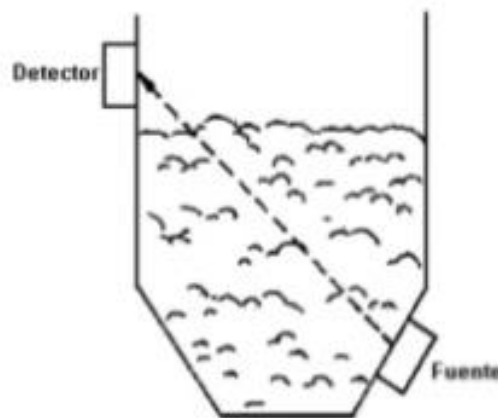
Medidor laser: Consiste en un rayo láser enviado a través de un tubo de acero y dirigido por reflexión en un espejo sobre la superficie del fluido, la medida realizada es el tiempo que transcurre entre el impulso emitido y el impulso de retorno, un microprocesador convierte el tiempo al valor de la distancia, es decir la lectura del nivel.

Ilustración 10-11: Medidor de nivel por láser.



Medidor de radiación: Consiste en un emisor de rayos gamma dispuesto en un lado del tanque y con un contador Geiger que transforma la radiación gamma recibida en una señal eléctrica de corriente continua. Como la transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del líquido en el tanque, la radiación captada por el receptor es inversamente proporcional al nivel del líquido ya que el material absorbe parte de la energía emitida.

Ilustración 10-12: Medidor de nivel por radiación.



6.1.1.3 Aplicaciones para los transmisores de nivel de líquidos.

- El medidor de sonda se utiliza generalmente en tanques de fuel oil o gasolina.
- El uso de Cinta y plomada es usado para el aforamiento de productos en tanques de almacenamiento de petróleo crudo y sus derivados.
- Medir la cantidad de aceite de un automóvil, mediante una varilla graduada.
- Medición de nivel y volumen de líquidos en tanques y cisternas.
- Una de las aplicaciones del nivel de cristal es el control del nivel de una caldera de pequeña producción de vapor.
- Para mediciones de líquidos con sólidos en suspensión, emulsiones y líquidos muy corrosivos es utilizado el medidor de burbujeo.
- En mediciones de nivel de pasta de papel y líquidos con sólidos en suspensión se hace uso del medidor de nivel tipo diafragma fijado con una brida para permitir la medida sin dificultad.

6.2 Documentación utilizada en Enap Refinerías Bio Bio.

6.2.1 Planilla de reconocimiento de riesgos.

Ilustración 11-1: Documento necesario para trabajar en terreno.

Formato : E - 020-00

PLANILLA DE RECONOCIMIENTO DE RIESGO

FECHA	09/07/2014	PARTICIPANTES			RUT	FIRMA
EMPRESA	ERBB					
RUT	87756500	Luis Salazar			14.058.638 - 2	
LUGAR DE LA FAENA:	DIV.ETI- HCK					
ACTIVIDAD GENERAL:	Mantenccion	Aaron Vallejos			15.197.470 - 8	
	OT:10187986 - 7 - 9					
ACTIVIDAD ESPECIFICA	PELIGRO	EVALUACIÓN DEL RIESGO			GESTIÓN DE MEDIDAS DE CONTROL	
		C	P	MR		
Chequeo de transmisores HCK-MHC O/Y C:25 (alta) 12FT062 12PT096	33: Golpeado con objeto o herramienta	Dañino	Baja	Alto	Uso EPP	
	22: Exposición a gases	Dañino	Media	Medio	Uso de detector de H2S	
	2: Atrapamiento por objeto fijo o en movimiento	Ligeramente Dañino	Baja	Alto	uso EPP ojos y mente en la tarea	
	26: Exposición a presiones anormales	Dañino	Media	Medio	Operaciones debe bloquear entregar equipo depresionado.	
	4: Caida diferente nivel	Dañino	Baja	Alto	Uso de arnes si es necesario	
	10: Choque por otro vehiculo	Dañino	Baja	Alto	uso cinturón seguridad y respetar normas de velocidad interna	
	41: Sobreesfuerzo por movimiento repetitivo	Dañino	Baja	Alto	Uso de herramienta adecuada Ojo y mente en la tarea	
	13: Contacto con objetos calientes	Dañino	Media	Medio	uso EPP	
	7: Causado por terceras personas	Dañino	Media	Medio	uso EPP ojos y mente en la tarea	
	30: Exposición a ruido	Dañino	Media	Medio	Uso de EPP	

SUPERVISOR: Cristian Herrera C. RUT: 9.936.798-9
 Fecha Emisión: Julio 2009
 Revisado por: Juan Carlos Gacitúa-Bustos

FIRMA:
 Fecha Última Revisión:
 Revisión N° :
 Aprobado por :

