

Plan de Mejoramiento Banco Prueba de Válvulas

**Trabajo de título cual su función es optar al
Técnico Universitario en Automatización &
control**

Alumnos: Michael Peña

Francisco Matamala

Profesor Guía: Iván Acencio Barrientos

RESUMEN

El desarrollo de este trabajo cuenta con 4 capítulos los cuales entregan información según se especifica a continuación.

El capítulo I da a conocer las directrices planteadas en este trabajo asociadas tanto en el objetivo como en los objetivos específicos, además se presenta la problemática y la propuesta de solución asociada a esta.

El capítulo II da información para poner en contexto al lector y que no ocurran malas interpretaciones, se mencionan los principios de funcionamiento del instrumento a instalar y los ya instalados, además de mencionar el estado inicial de la planta como las normas que rigieron su construcción.

El capítulo III habla acerca de todo el proceso que se debe realizar para la implementación de la planta, incluyendo datos del motor, VDF, caudalímetro, etc. Y del cómo se usaran para que trabajen juntos como un conjunto.

En el capítulo IV se encuentra la conclusión de este trabajo de título

INDICE

INTRODUCCION..... 5

 Capítulo I..... 6

1.1 PROBLEMÁTICA 7

1.2 PROPUESTA 7

1.3 OBJETIVO GENERAL 7

1.4 OBJETIVOS ESPECIFICOS 7

1.5 ALCANCE 7

 Capitulo II..... 8

2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES 9

2.2 NORMAS 10

 2.2.1 NORMA DE INSTRUMENTACION..... 10

 2.2.2 NORMA ELECTRICA NCH 4/2003 10

2.3 ESTADO PRINCIPAL DE LA PLANTA 12

 2.3.1 CIRCUITO DE FUERZA..... 13

2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (CAUDALIMETRO) 14

 2.4.1 Características de transmisor 15

2.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (VDF) 15

 2.4.1 Características del VDF 16

 Capitulo III 18

3.1 Implementación caudalímetro Proline Promag 10 H Electromagnético 19

 3.1.1 Ubicación del caudalímetro 19

 3.1.2 Montaje del Caudalímetro..... 20

 3.1.3 Sujeción del adaptador..... 20

 3.1.4 Conexión con el transmisor y cableado 21

 3.1.5 Configuración del equipo..... 21

3.2 COTIZACIONES 23

3.3 INSTALACION DEL TRANSMISOR..... 23

3.4 LISTADO DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES. 26

3.5 INSTRUCTIVO DE LA IMPLEMENTACION..... 27

 3.5.1 Esquema de Fuerza 30

 3.5.2 Esquema de Control..... 30

 3.5.3 Configuración del instrumento 33

 3.5.4 Complicación a tener en cuenta 35

3.6 PROGRAMACION..... 36

 Capitulo IV 39

4.1 CONCLUSION 40

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 2-1: Dibujo P&ID de la planta en su estado actual..... 12

Figura 2-2: Dibujo del circuito de fuerza implementado en la planta.....	13
Figura 2-3: Imagen de la membrana instalada en el transmisor de caudal.	14
Figura 2-4: Imagen del transmisor de caudal instalado en la planta (La membrana mostrada en la imagen no pertenece al transmisor a instalar).....	15
Figura 2-5: Representación del conexionado interno de un variador de frecuencia	16

Capítulo III

Figura 3-2: Representación de la óptima instalación del caudalimetro	19
Figura 3-3: Grafico lineal caudal vs altura.....	22
Figura 3-4: Medidas frontales membrana transmisor	23
Figura 3-5: Medidas Laterales membrana transmisor.....	24
Figura 3-6: Ubicación transmisor	25
Figura 3-7: Adaptador de bronce simulado.....	28
Figura 3-8: Recreación de la planta con el transmisor montado	29
Figura 3-9: Diagrama de Fuerza	30
Figura 3-10: Diagrama de control	31
Figura 3-11: Conexión Transmisor	32
Figura 3-12: Grafico lineal caudal vs altura.....	36
Figura 3-13: Grafico no lineal caudal vs altura.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

Tabla 2-1: Tabla de elementos en la planta.....	12
Tabla 2-2: Tabla de elementos del tablero	13
Tabla 2-3: Tabla de características y especificaciones del transmisor de caudal	15

Capítulo III

Tabla 3-1: Ejemplo aprete de tornillos.....	20
Tabla 3-2: Pasos configuración transmisor	22
Tabla 3-3: Datos de la bomba PK 60	22
Tabla 3-4: Cotizaciones.....	23
Tabla 3-5: Listado de Herramientas y materiales proceso cañerías.....	26
Tabla 3-6: Herramientas conexión eléctrica	29
Tabla 3-7: Pruebas de tensión	32
Tabla 3-8: Identificación señal salida	33
Tabla 3-9: configuración principal transmisor.....	34
Tabla 3-10: Caudal según diámetro	34
Tabla 3-11: Seteo de variables	34
Tabla 3-12: Valores esperados con calibrador de lazo.....	35
Tabla 3-13: Datos esperados en funcionamiento	35
Tabla 3-14: Parámetros a introducir en la programación.....	38

INTRODUCCION

En los procesos industriales existen diferentes tipos de variables en las cuales se pueden ejercer algún tipo de control o monitoreo, esto, con la finalidad de ejercer los cambios necesarios para la obtención de un producto que cumpla con las condiciones estipuladas por el fabricante dentro de estándares específicos.

Si consideramos que las variables más comunes en los diversos procesos industriales son: flujo, presión, nivel, temperatura, es necesario para lograr el control de estas la utilización de diversos tipos de instrumentos, como sensores, transmisores, transductores, etc., utilizados para la medición y posterior control de las variables ya mencionadas.

A los instrumentos antes mencionados hay que agregar la etapa de control la cual recae equipos electrónicos, los que ejercen el control de acuerdo a las instrucciones o señales provenientes de los instrumentos de campo. Entre los más comunes equipos de control se encuentran controladores, controladores dedicados, PLC y los variadores de frecuencia.

La variable de flujo dentro de los diversos procesos tiende a ser una de las más comunes, ya que se puede encontrar desde el consumo de nuestros hogares, hasta el control que se ejercer en procesos tan diversos como... (Mencionar procesos)

Considerando el trabajo realizado y teniendo en cuenta las características del proceso, la información referente a la variable flujo, la cual es monitorizada y controlada en la planta didáctica.

Dentro de los recintos de la Universidad Técnica Federico Santa María, en el Departamento de Electricidad se encuentra un transmisor Endress & Hauser el cual no está utilizado ni implementado en ningún tipo de planta.

El equipo que será utilizado como controlador en este proceso corresponde a un variador de frecuencia de marca Schneider que incluye la programación en lenguaje de bloques la cual permite realizar un correcto control de la planta, además el variador de frecuencia cuenta con entradas de corriente las cuales facilitan la implementación de un control de lazo cerrado.

El caudalímetro Proline-Promag 10-H que reside dentro de las instalaciones, cuenta con características y especificaciones, las cuales ofrecen la facilidad para que el instrumento sea incorporado dentro de una de las plantas ya existentes en el taller de la especialidad.

Conociendo el instrumento implementado se decidió realizar modificaciones a la planta intervenida, correspondiente a un banco de prueba de válvulas al cual se le propuso la modificación del circuito hidráulico con la finalidad de dejar instalado y operativo el caudalímetro. Además, la propuesta incluyo la incorporación de un lazo de control donde la variable controlada corresponde al flujo existente en la planta. La selección de este banco de prueba de válvulas satisface las necesidades para la implementación del instrumento de medida, teniendo las consideraciones referidas al tipo de fluido necesario para un correcto funcionamiento del caudalímetro, ya que este, funciona dependiendo de la ionización del líquido que transcurre a través del caudalímetro.

Capítulo I

1.1 PROBLEMÁTICA

En la residencia del departamento de electricidad se encuentran diferentes plantas, instrumentos, equipos y componentes en desuso los cuales son facilitados tanto por marcas reconocidas como por el departamento de electricidad los cuales facilitan estos materiales como objeto de estudio e implementación para el alumnado, esto quiere decir que hay objetos dentro del departamento que pueden ser utilizados pero están fuera de funcionamiento hasta que alumnos o profesores les den un uso dentro de las instalaciones. Dentro de estos materiales se encuentran un banco de prueba de válvulas y un transmisor de flujo (caudalímetro Endress & Hauser).

1.2 PROPUESTA

Luego de conocer la arquitectura del banco de prueba de válvulas se toma la iniciativa de planificar un cambio en la forma de este implementando un caudalímetro que estaba en desuso dentro de las residencias del departamento de electricidad que facilitó la empresa Endress & Hauser como objeto de estudio para los estudiantes esto se decide luego de observar los instrumentos en desuso y bajo recomendaciones y guía.

Se propone de igual manera potenciar el uso del variador de frecuencia como equipo de control dentro del lazo.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Planificar la restitución del banco de válvulas, implementación del transmisor de caudal y maximizar y/o potenciar el uso del variador de frecuencia.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudio de variador de frecuencia y comportamiento de este para el control.
- Levantamiento de la planta para revisión de estado de los elementos presentes
- Restitución de la planta y renovación o cambio de instrumentos restantes o faltantes
- Realizar pruebas del proceso para verificar el funcionamiento de los equipos involucrados en la planta.
- Investigación Proceso, funcionamiento, instrumentación y funcionamiento de instrumentación
- Planificar la implementación de un transmisor de caudal para poder monitorear esta variable

1.5 ALCANCE

Crear una planificación para la restitución y/o restauración del banco de válvulas, implementación del transmisor de caudal y potenciación y/o maximización del uso del variador de frecuencia.

Capitulo II

2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

Los conceptos y definiciones se otorgan al lector para hacer la lectura de este documento más viable y comprensible y se ponga AD-HOC al proyecto de titulación, se añaden las definiciones que se piensan necesarias que deberían estar presente como variables, instrumentos, etc.

Así se entrega en consideración al lector en el comienzo este complemento de lectura.

2.1.2 Bomba Periférica: Son también conocidas como bombas tipo turbina, de vértice y regenerativas, en este tipo se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas. La velocidad es generada a través de impulsos de energía extremadamente rápidos y potentes en el impulsor.

2.1.3 Manómetro: es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. A este tipo de manómetros se les conoce también como "Manómetros de Presión"

2.1.4 Válvula de bola o válvula de esfera: es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada; Este tipo de construcción hace que la válvula tenga un precio reducido.

2.1.5 Caudal: Cantidad de fluido que pasa en un área por una unidad de tiempo.

2.1.6 Presión: Es la fuerza por unidad de área que se ejerce sobre una superficie.

2.1.7 Presión Hidrostática: Es la fuerza por unidad de área que ejerce un líquido en reposo sobre las paredes del recipiente que lo contiene.

2.1.8 Válvula de Seguridad: Este tipo de válvula también llamadas válvulas alivio de presión están diseñadas básicamente para liberar el fluido interno del sistema cuando este supera la presión máxima permitida, lo que implica que funcione como un método de seguridad en el sistema

2.1.9 Sistema de Control: Conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados. Deben ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos, como también debe ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales. Sistema: Conjunto de elementos unidos y en interacción.

2.1.10 Control: Selección de las entradas de un sistema de manera que los estados o salidas cambien de acuerdo a una manera deseada.

2.1.11 Proceso: Operación artificial o voluntaria progresiva que consiste en una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinados.

2.1.12 Inicio y paro del flujo: Este es el servicio más común para el que las válvulas fueron diseñadas. La válvula ideal es aquella que permite al fluido moverse a través de ella, con muy poca restricción al flujo y con una caída de presión mínima, cuando la

válvula está totalmente abierta, además de proporcionar un sello impermeable a cuando está completamente cerrada.

2.2 NORMAS

Para implementar el sistema, se basará en normas que estén estandarizadas para una correcta instalación y evitar conexiones no permitidas, tomando los resguardos necesarios para que no ocurra ningún inconveniente a la hora de realizar el ensayo, es por ello la investigación previa de las normas que facilitan el desarrollo del proyecto. A continuación, se menciona la norma en la cual se apoya el proyecto.

ISA: (International Society of Automation) Establece el estándar para la automatización al permitir a los profesionales del área mantener seguridad en la industria, eficiencia y rentabilidad.

2.2.1 NORMA DE INSTRUMENTACION

El conocimiento que se tiene sobre la instrumentación de un proceso se vierte en el plano llamado diagrama de instrumentación y tuberías. En Chile se usa de facto la simbología de la norma ISA para construir dicho plano.

- ISA – Rp 2.1 Manometer Tables.
- ISA – Rp 42.1 Nomenclature for Instrument Tube Fittings.
- ISA – S5.1 Instrumentation Symbols and Identification.

2.2.2 NORMA ELECTRICA NCH 4/2003

En esta norma se puede encontrar diversas reglas que deben ser respetadas para la correcta instalación del tablero, dentro de esta norma se encontraran los siguientes puntos:

2.2.2.1 Conceptos generales de tableros.

2.2.2.1.1- “Los tableros son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra o comando, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella”.

2.2.2.1.2- “En caso de ser necesaria la instalación de tableros en recintos peligrosos, éstos deberán ser contruidos utilizando equipos y métodos constructivos acorde a las normas específicas sobre la materia”.

2.2.2.2 Clasificación.

2.2.2.2.1.- “Atendiendo a la función y ubicación de los distintos Tableros dentro de la instalación, estos se clasificarán como sigue:”

2.2.2.2.2.- “Centros de Control: Son tableros que contienen dispositivos de protección y de maniobra o únicamente dispositivos de maniobra y que permiten la operación de grupos de artefactos, en forma individual, en subgrupos, en forma programada o manual”.

2.2.2.2.3.- “Atendiendo a la utilización de la energía eléctrica controlada desde un tablero, éstos se clasificarán en:

- Tableros de Alumbrado.

- Tableros de Fuerza.
- Tableros de Calefacción.
- Tableros de Control.
- Tableros de Computación.

Esta clasificación es complementaria con la señalada en 2.2.2.1.1.”

2.2.2.2.1.1.1 Especificaciones de construcción.

2.2.2.2.1.1.2.- “Todos los dispositivos y componentes de un tablero deberán montarse dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen”.

2.2.2.2.1.1.3 “El tamaño de caja, gabinete o armario se seleccionará considerando que: El cableado de interconexión entre sus dispositivos deberá hacerse a través de bandejas no conductoras que permitan el paso cómodo y seguro de los conductores.

Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.

Se deberá considerar un volumen libre de 25% de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero”.

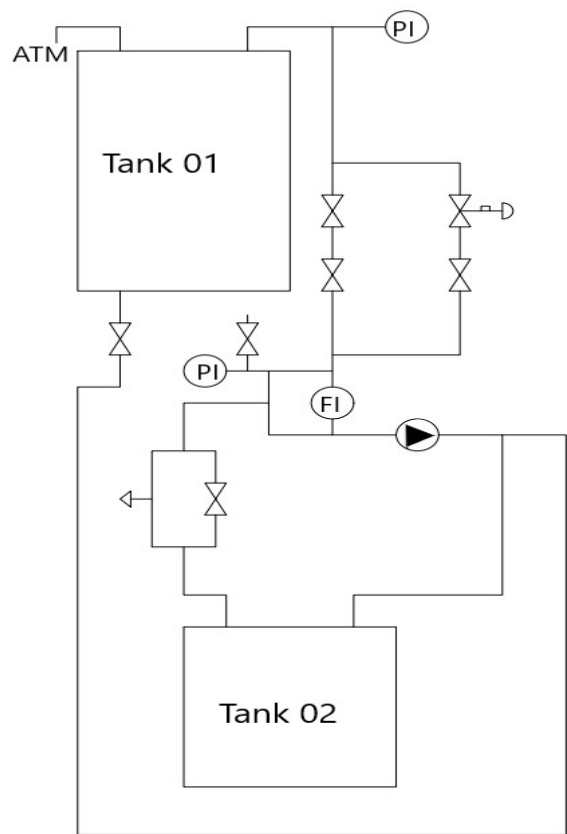
2.2.2.2.1.1.4. Canalizaciones y conductores.

2.2.2.2.1.1.5.- “Los conductores de una canalización eléctrica se identificarán según el siguiente Código de Colores:

- Conductor de la fase 1 azul.
- Conductor de la fase 2 negro.
- Conductor de la fase 3 rojo.
- Conductor de neutro y tierra de servicio blanco.
- Conductor de protección verde o verde/amarillo.”

2.3 ESTADO PRINCIPAL DE LA PLANTA

Figura 2-1: Dibujo P&ID de la planta en su estado actual.



Fuente: Elaboración propia en base al levantamiento realizado a la planta

La planta se encuentra en un estado de trabajo y funcional.

La planta cuenta con:

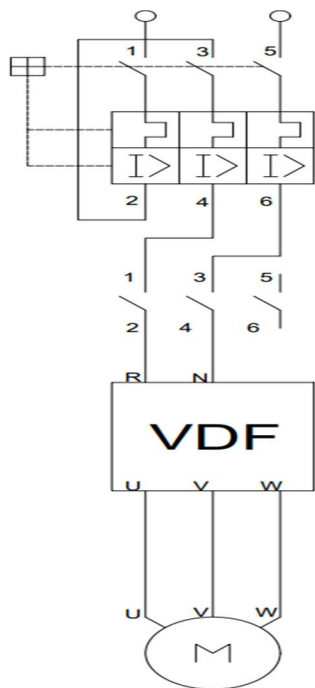
Tabla 2-1: Tabla de elementos en la planta

Cantidad	Instrumentos
2	manómetros en estado funcional
2	estanques
1	bomba periférica
1	relief
1	sensor de flujo
2	válvula unidireccional
1	Válvula con actuador neumático
4	Válvulas de bola

Fuente: Elaboración propia en base a una apreciación visual de la planta

2.3.1 CIRCUITO DE FUERZA

Figura 2-2: Dibujo del circuito de fuerza implementado en la planta



Fuente: Elaboración propia en base a la conexión en el tablero

El tablero cuenta con:

Tabla 2-2: Tabla de elementos del tablero

1	Fuente de 24Volt VDC
1	el conexionado
12	Borneras espejo
1	modulo selector VDF
1	Variador de frecuencia Schneider
1	Contactor trifásico
1	Termomagnético monofásico
1	Termomagnético trifásico

Fuente: Elaboración propia en base a una apreciación visual del tablero

2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (CAUDALIMETRO)

Cuando hablamos sobre el **medidor electromagnético** nos referimos a un tipo de caudalímetros no intrusivos, los cuales miden la velocidad desde el exterior de la tubería por medio de dos puntos que se encuentran diametralmente opuestos de la superficie interna, y en los cuales se colocan dos electrodos metálicos; entre estos dos electrodos se genera una señal de medida eléctrica. Estos se utilizan principalmente en los fluidos con conductividad eléctrica y en tuberías llenas.

El principio de funcionamiento de estos dispositivos se encuentra basado en la ley de Faraday, la cual dicta que un voltaje será inducido en un conductor (el cual es en este caso el fluido que se está midiendo) cuando pasa por un campo magnético (el generador por el medidor de flujo electromagnético) y este voltaje será directamente proporcional a la velocidad del conductor.

La polaridad de la señal de voltaje se encuentra directamente relacionada con la dirección en la que el conductor se mueve, por lo que los medidores de flujo electromagnéticos son direccionales.

$$E = K * B * D * V$$

Proline caudalímetro Promag 10 H Electromagnético

Este transmisor de flujo se divide en 2 partes las cuales se pueden cambiar, y son membrana donde se encuentran los sensores y el transmisor el cual trabaja para entregar y recibir información como por ejemplo su configuración y calibración para el tipo de trabajo el cual ejercerá este instrumento, pero al tener este instrumento completo se opta por modificar la planta su talla para que este pueda trabajar y este dimensionado para este equipo, eso porque el diámetro de la tubería no es el mismo de la membrana del ya que esta es sanitaria o más conocida como clamp.

Endress & Hauser Promag H

Figura 2-3: *Imagen de la membrana instalada en el transmisor de caudal.*



Fuente: *Página oficial de Endress & Hauser*

Endress & Hauser Promag 10

Figura 2-4: Imagen del transmisor de caudal instalado en la planta (La membrana mostrada en la imagen no pertenece al transmisor a instalar)



Fuente: Pagina oficial de Endress & Hauser

2.4.1 Características de transmisor

Rentable – diseñado para aplicaciones fáciles e integración directa. Operación segura – pantalla proporciona fácil lectura de la información de proceso. Cumple completamente con la industria – IEC/EN/NAMUR. Pantalla de 2 hilos con botones. Dispositivo en versión compacta o remota.

Tabla 2-3: Tabla de características y especificaciones del transmisor de caudal

Rango de diámetro nominal	DN 2...150mm 1/12"...6"	Rango de temperatura del medio	-20...+150°C (-4...+302°F)
Materiales húmedos	PFA	Material de la cubierta del transmisor	Fundición de aluminio con recubrimiento de pintura electrostática
Recubrimiento			
Electrodos	1.4435 (316L); Aleación C22, 2.4602 (UNS N06022); Tantalio; Platino	Suministro de energía	DC 11 a 40 V AC 85 a 250 V (45 a 65 Hz) AC 20 a 28 V (45 a 65 Hz)
Variables medidas	Flujo	Grado de protección	IP 67 (Nema 4x)
Máx. presión de proceso	PN16...40	Salidas	4...20mA + pulso, - /estatus (configurable)
Comunicación digital	HART	Entradas	Ninguno
Aprobaciones para	FM		

Fuente: Datasheet del caudalimetro

2.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO (VDF)

Un **variador de frecuencia** es un sistema para el control de la velocidad de giro en motores de corriente alterna (AC) mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

A los variadores de frecuencia también se les denomina drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, micro drivers o inversores. Debido a que el voltaje varía a la vez que la frecuencia, también se les llama variador de voltaje variador de frecuencia (VVVF). Resumiendo, con estos aparatos tenemos la posibilidad de regular la velocidad y sentido de giro de un **motor eléctrico**, controlar la velocidad, el tiempo de arranque y proteger el motor fácilmente. Tiene una muy fácil instalación y no requiere de mantenimiento. El funcionamiento de un variador de frecuencia se puede esquematizar como se ve en la Figura. En el diagrama, podemos reconocer los diversos componentes de estos dispositivos:

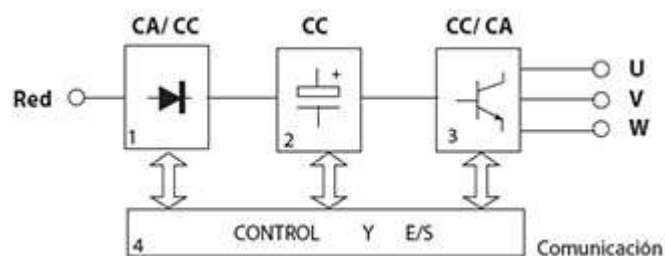
2.5.1 Rectificador: Partiendo de la red de Corriente Alterna de suministro (monofásica o trifásica), se obtiene una corriente continua mediante diodos rectificadores

2.5.2 Bus de continua: Condensadores de gran capacidad (y a veces también bobinas), almacenan y filtran la corriente alterna rectificada, para obtener un valor de tensión continua estable, reserva de energía suficiente para proporcionar la intensidad requerida por el motor.

2.5.3 Etapa de salida: Desde la tensión del bus de continua, un ondulator convierte esta energía en una salida trifásica, con valores de tensión, intensidad y frecuencia de salida variables. Como elementos de conmutación, se usan principalmente transistores bipolares (BJT), CMOS o similares, IGBT, tiristores SCR, GTO, entre otros

2.5.4 Control y E/S: Circuitos de control de los diferentes bloques del variador, protección, regulación, y entradas y salidas, tanto analógicas como digitales. Además, se incluye el interfaz de comunicaciones con buses u otros dispositivos de control y usuario

Figura 2-5: Representación del conexionado interno de un variador de frecuencia



Fuente: <http://www.emb.cl>

2.4.1 Características del VDF

Modelo: ATV32H037M2

Tensión de alimentación monofásica: 200...240[V] 50/60[Hz]

Alimentación de red (Entrada) o Potencia Indicada en la Placa: 0,37[kW] / ½ [HP] o Corriente de línea máximo: a 200[V], 6[A]; a 240[V], 5[A] o Potencia Aparente: 1,2[kVA] o Corriente interna máxima: 9,6[A] o Disipación de alimentación en corriente nominal: 38[W].

Variador (Salida) o Corriente nominal: 3,3[A] o **Corriente transitoria máxima:** 5[A]

Conector estándar para redes Modbus o CANopen. Herramientas comunes de diálogo para gamas Altivar y Lexium

Bloques de función integrados con ATV Logic:

El variador es el corazón del sistema de control y sustituye funciones simples realizadas por un PLC

El software de bloques de función integrado en el producto puede usarse para: 19 o Realizar funciones de control simples (operaciones booleanas o aritméticas, temporizadores, contadores, comparadores, etc.) o Diseño de pequeñas secuencias de automatización o Personalizar el variador para la aplicación de la máquina o La programación del ATV Logic se realiza mediante el software SoMove

Capitulo III

3.1 Implementación caudalímetro Proline Promag 10 H Electromagnético

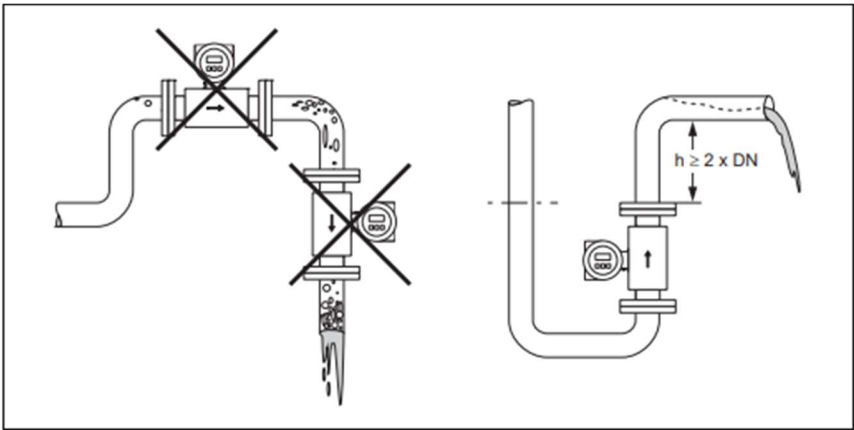
El procedimiento correspondiente a la instalación del caudalímetro considera definir la ubicación definitiva que tendrá el instrumento en la planta banco de prueba de válvulas. Se define el montaje (lugar donde estará físicamente el instrumento), para lo cual se incluyen los planos de montaje y planos de conexonado del instrumento de acuerdo a las recomendaciones realizadas por el fabricante, posterior a este y teniendo en cuenta que el instrumento ya está montado, se verifica su funcionamiento y se sigue con la etapa de calibración.

Para realizar todos estos pasos se debe de tener diferentes conocimientos y detallar de forma amplia cada uno de ellos conociendo en terreno los tipos de pasos a seguir para desarrollar de manera óptima la implementación antes comentada los cuales serían: ubicación, montaje, conexonado, configuración y funcionamiento

3.1.1 Ubicación del caudalímetro

El caudalímetro se deberá implementar en la zona de la toma superior de líquido la cual tiene una cañería transparente que cumple con la función de verificar si dentro del caudal se producen oxigenaciones en formas de burbuja(cavitación) , teniendo dos de estas cañerías una en forma vertical y otra en horizontal , se decide por el funcionamiento óptimo del instrumento que esta debería implementarse forma horizontal, ya que en las características y descripción del instrumento se define que puede haber una medición errónea debido al principio de funcionamiento de este en el cual no debe haber presencia de perturbaciones.

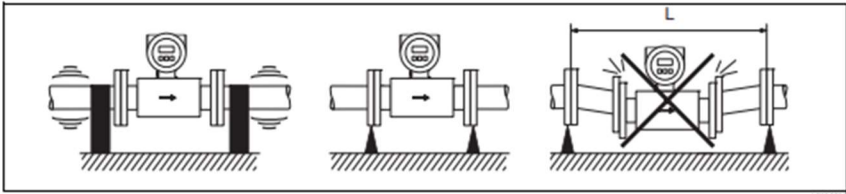
Figura 3-: Representación de como el caudalímetro no debe ir instalado



Fuente: documento de informacion tecnica proline 10H

Al no haber soporte se toma opta por usar un soporte metálico apernado en la base de madera que está en ubicación toma superior y aferrar con estructura metálica tipo escuadra con aro metálico, este para sostener desde el cuello el caudalímetro sin causar algún daño físico por penetración de tonillos o perno.

Figura 3-1: Representación de la óptima instalación del caudalímetro



Fuente: documento de información técnica proline 10H

Manipulación: al manipular y ubicar el instrumento se debe tener sumo cuidado en sellar las fugas, pero al conocer que nuestro diámetro de cañería es mayor al diámetro de la copla del instrumento y no se tiene una brida para anclar con la cañería se decide mandar a manufacturar un adaptador con un tornero profesional siendo la solución óptima en plazos de tiempo y costos inferiores a comprar el adaptador hacia la membrana original de Endress Hauser.

3.1.2 Montaje del Caudalímetro

Como conocimiento previo, el transmisor tiene una flecha o señalización direccional grabada, la cual indica la dirección del flujo (la dirección del transmisor se debe respetar en toda circunstancia) la cual tiene el sentido de medición del instrumento.

En cada unión o extremo de conexión se posicionan las piezas que fijan y presurizan estas uniones las cuales son O’rings que aseguran el correcto acoplamiento con la conducción del material , estas tienen una medida interna y vienen suministradas con el equipo y es importante comprobar que el equipo cuente con ellas (comprobar si en pañol hay o añadir a la cotización) al igual se debe de comprobar la factibilidad y material compatible con el uso que se le dará al equipo, si este material no es comprobado para el uso se deteriorara rápidamente y el equipo no estará en pleno funcionamiento(se crearan fugas).En ninguna circunstancia se emplearan materiales cortantes los cuales puede producir cantos de material endurecido que pueda dañar el caudalímetro.

3.1.3 Sujeción del adaptador

Esta operación es sumamente delicada porque de realizarse de manera indebida o en una práctica mal aprendida puede provocar daños al equipo, errores en la medición, fugas e incluso dañar el proceso en general.

Para ello hay que evitar fijar o rigidizar uno de los extremos completamente antes de poder enlazar el otro extremo , por lo que se deben acoplar de manera simultánea o progresiva cada uno de los extremos, el orden de apernado o atornillado se debe de mantener con el mismo cuidado ya que si se aprieta de manera indebida (un extremo demasiado) se regenerara una deformación progresiva del material la cual dará problemas tanto en la instalación como en el desmontaje si se requiere mantención preventiva.

Como ejemplo de apretado se podría generar el siguiente caso:

Tabla 3-1: Ejemplo aprete de tornillos

1	Colocación de pernos aguas arriba
2	Colocación de pernos aguas abajo
3	Apriete de los pernos situados en las zonas 12,6,3 y 9 orden reloj, hasta un 25%o 30% del par necesario (el par necesario se verifica en el manual o datasheet)
4	Repetir la operación, pero en posición aguas arriba
5	Apriete otro 25 de pernos aguas arriba el 25% del par necesario
6	Repetir operación aguas abajo
7	Apretar progresivamente los pernos manteniendo la alternancia entre aguas arriba y aguas abajo en pasos sucesivos hasta el 50%, 75% y 100% del par necesario

Fuente: <https://ingemecanica.com>

Luego de conectar estos pernos se debe verificar fallas(fugas) en la conexión física del instrumento si llegara a tener fugas verificar si en las cañerías fijadas se dispuso de algún fijador y en los hilos de las coplas se colocó de manera correcta el cinta teflón si es necesario (recordar que respectivamente a las cañerías de bajo diámetro como esta son de 3 a 5 vueltas en sentido anti horario) luego de revisar y que el funcionamiento sea adecuado volver a apretar luego de 24 horas para satisfacer el amarre físico del equipo.

3.1.4 Conexión con el transmisor y cableado

Nuestro equipo al ser de la misma tensión con la cual se alimenta el tablero no es necesario añadir una fuente de tensión extra al esquema de montaje se puede hacer un puente desde la protección o de ser posible añadir una protección extra aunque estaría sobredimensionado pero sería por la seguridad de no sobrecargar los equipos afiliados a la protección del tablero , se debe seguir el protocolo de conexionado implementado para el instrumento siguiendo las instrucciones paso a paso para no tener peligro de daño el instrumento así como nosotros no debemos tener un riesgo innecesario de electrocución. Se deben de usar cable de aislación para la conexión de la alimentación y solo se debe de pelar lo establecido de 2-3 cm para introducir en borneras y bornes de equipos e instrumentos al reconocer que el equipo es de 4 hilos y se puede calibrar desde las borneras para así ser un instrumento más a doc. a su uso educativo para poder calibrar desde borneras con el Field Communicator y hacer pruebas con un calibrador de lazo o tester.

3.1.5 Configuración del equipo

Una vez completado el montaje y la conexión del equipo se procede a configurar el equipo de manera manual ya que el equipo se puede calibrar y configurar por medio de protocolo Hart y en las instalaciones del departamento de electricidad se puede solicitar el Field Communicator, el cual sirve para editar y configurar el instrumento mediante este equipo, con él se puede configurar los datos más comunes y habituales en estos equipos

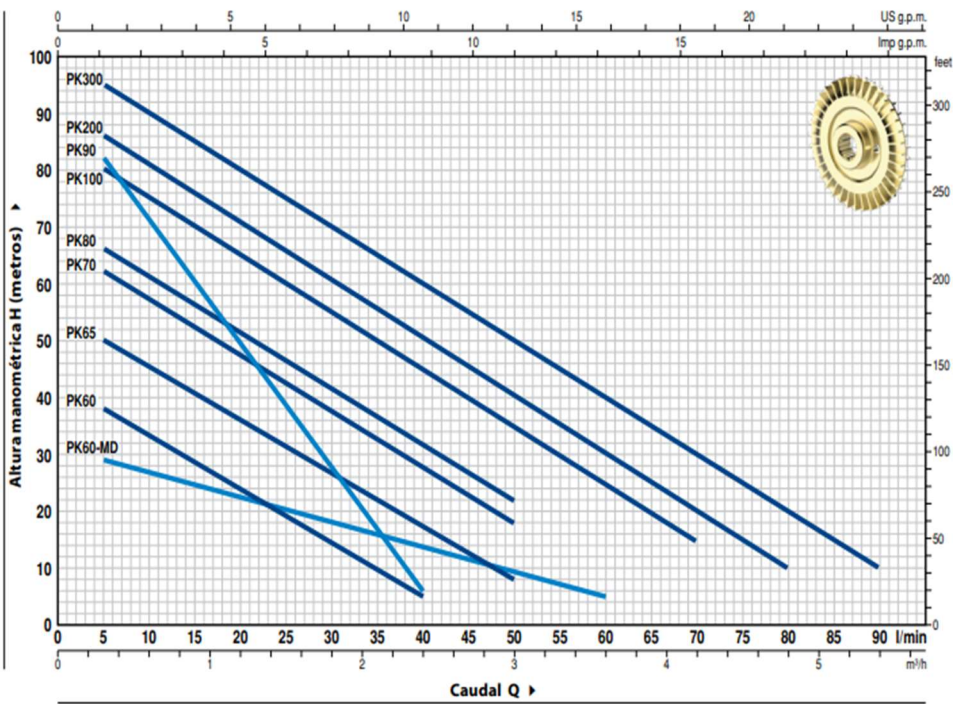
Tabla 3-2: Pasos configuración transmisor

1	Nombre del transmisor	Elegir un nombre adecuado el cual identifique el instrumento y su función de preferencia un KKS el cual identifique la función en el proceso, etc.
2	Diámetro de tubería	El tamaño de tubería que viene con el acoplamiento hacia el sensor y membrana.
3	Sistema de unidades	El sistema de unidades que entrega el instrumento en el monitor o led en terreno y en el que está configurado.
4	Calibración de sensor	Se calibran variables como el dumping, límites alto y bajo, alarmas, etc. Todo esto se calibra de acuerdo con el proceso y a las variables que se esperan medir

Fuente: *Elaboración propia en base al manual del fabricante*

Para la configuración se deben de conocer los caudales máximos y mínimos del proceso los cuales serían según la gráfica de su manual los presentados a continuación.

Figura 3-2: Grafico lineal caudal vs altura



Fuente: *Datasheet de la bomba PK 60*

El modelo utilizado de la bomba es PK60 y sus correspondientes valores son:

Tabla 3-3: Datos de la bomba PK 60

MODELO		POTENCIA (P ₂)		▲	Q	m³/h																
Monofásica	Trifásica	kW	HP			l/min	0	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4		
PKm 60°	PK 60°	0.37	0.50	IE2	H metros	40	38	33.5	29	24	19.5	15	10	5								
PKm 60°-MD	PK 60°-MD	0.37	0.50			30	29	26.5	24.5	22.5	20.5	18	16	13.5	9.5	5						
PKm 65	PK 65	0.55	0.75			55	50	45.5	40.5	36	31	27	22	17	8							
PKm 70	PK 70	0.60	0.85	IE3		65	62	57	52	47	42	37	32	27	18							
PKm 80	PK 80	0.75	1			70	66	61	56	51	46	41	36.5	31	22							
PKm 90	PK 90	0.75	1			90	82	71	60	49	38	27	17	5								
PKm 100	PK 100	1.1	1.5			85	80	75	70	65	60	55	50	45	35	25	15					
PKm 200	PK 200	1.5	2			90	86	81	76	71	65.5	60	55	50	40	30	20	10				
PKm 300	PK 300	2.2	3			100	95	90	85	80	75	70	65	60	50	40	30	20	10			

Fuente: *Datasheet de la bomba PK 60*

3.2 COTIZACIONES

Después de conocer todos estos datos del proceso de implementación del caudalímetro se empiezan a definir costos de reparaciones, remplazos de material, el adaptador del acople tipo clamp, etc. Lo cual se explicará en la siguiente tabla

Tabla 3-4: Cotizaciones

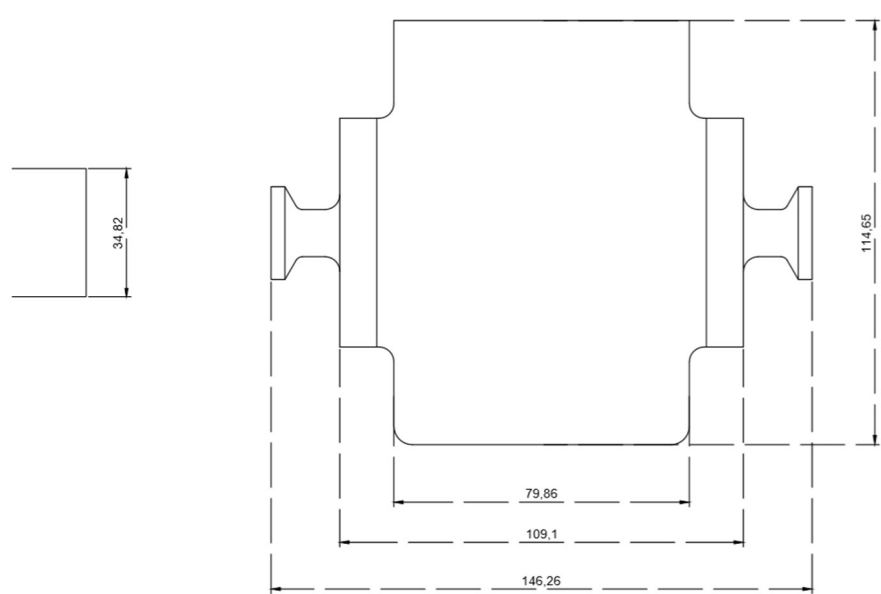
1	Material del adaptador de unión clamp-hilo	\$28.000 c/u (2)
2	Mano de obra adaptador de unión clamp-hilo	\$15.000 c/u(2)
3	O’rings de sujeción para pieza clamp	\$2.000 (x6)
4	Cables de conexión transmisor y alimentación	\$18.300
5	Borneras	\$400 c/u (6)
6	Adaptador milimétricas de 35mm a 32mm PVC con rosca	\$910 c/u (4)
7	Soporte escuadra con aro metálico	\$17.500
8	Cinta Teflón y sellador de cañerías	\$930
9	Hilos y tuercas para el adaptador.	\$1.650
10	Ducto PVC 32 mm	\$1.050/m
11	Removedor de adhesivo	\$9.220
12	Flexible con conector recto metálico o plástico ¾, 2 metros de flexible químico	\$24.990
13	Bolsa de terminales tipo punta	\$1.280 (x20)
14	Conector recto plástico para transmisor macho.	\$980 c/u (2)
TOTAL		\$171.920

Fuente: Elaboracion propia en base a precios encontrados en internet

3.3 INSTALACION DEL TRANSMISOR

A continuación, se presentan las medidas del transmisor y se explica el uso necesario de adaptador de uniones el cual su material de fabricación es el bronce.

Figura 3-3: Medidas frontales membrana transmisor

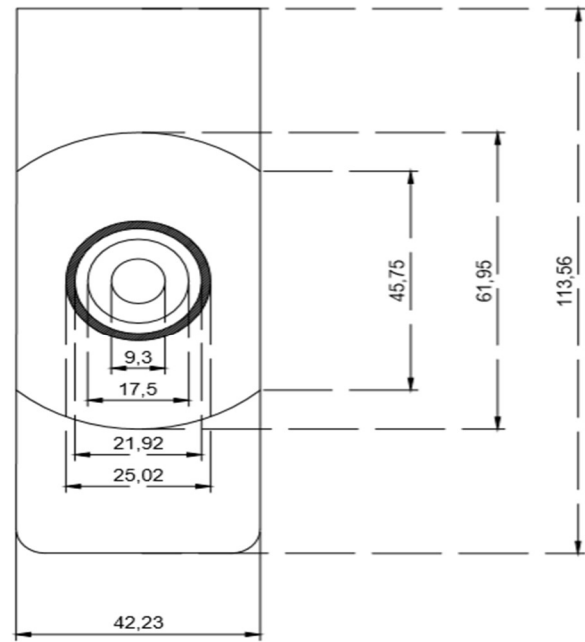


Fuente: Elaboracion propia en base a las dimensiones de la membrana

Comenzamos presentando las medida observada desde la parte frontal de la membrana del caudalímetro con el tamaño de cada una de sus piezas las cuales se pueden medir, es de suma importancia tomar en cuenta las medidas frontales del instrumento ya que al hacer

el corte en el tubo este tendrá que ajustarse de manera perfecta y así no tener que sufrir de errores de medida , como por ejemplo el cortar mucho en la cañería y que el instrumento quede flotando y no se pueda unir ambas tomas de caudal o en el caso contrario que el instrumento no calce dentro de la cañería se dañen las tomas al intentar unir estas usando torque en exceso, teniendo en cuenta lo antes explicado pasamos a la siguiente imagen presentando los diámetros interiores y exteriores de la unión tipo clamp o mejor conocida como sanitaria.

Figura 3-4: Medidas Laterales membrana transmisor

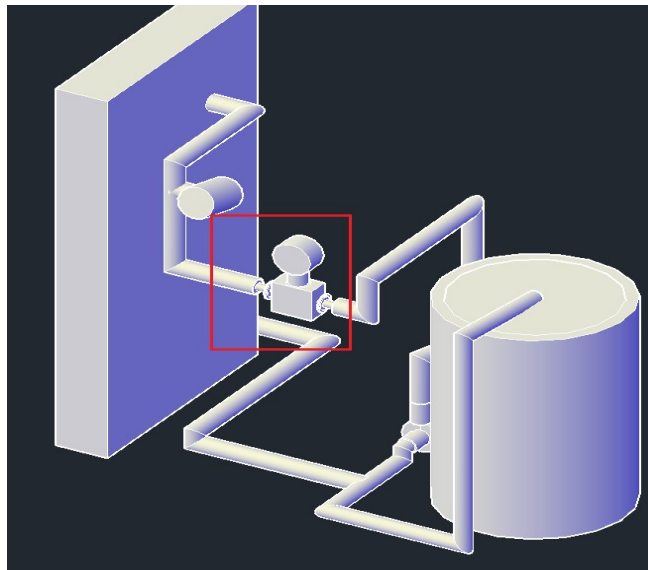


Fuente: *Elaboracion propia en base a las dimensiones de la membrana*

Aquí presenciamos que la toma hacia la membrana no tiene el diámetro de las cañerías de la planta por ende aquí se presenta la utilidad de el adaptador de cañerías el cual cumple la función de ajustar los diferentes tamaños y así implementar el caudalímetro en el proceso.

Conociendo ahora toda esta información pasaremos a verificar la posición en la cual estará presente el caudalímetro , esto se dejara presente en un plano3D y se enfrascara el área con rojo simulando la instalación del instrumento, se podrá ver la ubicación según los objetos en el entorno ya que se simplifico el modelo normal solo para seguir el proceso fundamental que es la recirculación (no se encuentran presentes en esta imagen objetos como : actuador neumático, sensor de flujo , botonera, etc. Si quisiera ver el plano completo dirigirse al plano en AutoCAD en el cual se define mejor la instrumentación asociada o consulte los planos de conexionado si desea ver el cableado.

Figura 3-5: *Ubicación transmisor*



Fuente: *Elaboración propia en base a la estructura de la planta*

Como se puede verificar el instrumento se vería en aquella posición con los adaptadores simulados de la misma forma con el instrumento.

Al no tener un uso cotidiano e industrial este instrumento no tiene la necesidad de que su adaptador sea de un material sobredimensionado como el acero anti oxidable por ende se opta por utilizar bronce ya que por su uso este es útil y funcional las características del adaptador las optara el tornero con el cual se cotizo su precio.

Luego de verificar la ubicación pasamos a describir la manera segura y óptima para montar el caudalímetro, ya que conocemos la cañería donde esta ira montado se decide quitar la cañería y dejar una cañería con hilo para así montar el adaptador no solo con presión si no que una copla, las medidas reales dependen del adaptador que no agregara más de 5 cm por lado según lo dicho por el tornero quien realizara la pieza.

Primero instalar el soporte en la base de madera el cual vendría a ser una escuadra con un aro ajustable el cual sujeta el cuello del instrumento para que este el cual tiene un peso considerable para la cañería no debe de estar reposando en la cañería para que no separe sus piezas por el peso, esto conllevaría a una instalación incorrecta, problemas de mediciones y hasta el fallo del equipo o que este permanezca en falla en todo momento.

Teniendo en posición el instrumento y con su soporte anclado comienza la instalación en la cual se ha de tener en cuenta los tamaños que vamos a unir (cañería con piezas del transmisor de entrada y salida de medición) conociendo que los ductos de PVC son de 32mm y los ductos transparentes son de 35mm, el ducto transparente será reemplazado por un ducto de PVC con hilo para hacer más fácil la instalación del adaptador , ya que es más conveniente que este valla sujeto por torque y no por presión se toma esta decisión siendo la más segura y óptima para el proceso.

Ahora pasaremos a conocer la conexión adecuada del adaptador y luego haremos un paso a paso luego de saber las medidas del adaptador vamos a suponer que este tendrá un grosor del 2,5 cm por lado este adaptador tendrá 4 sujetadores para hacer presión hacia las clamp e hilos de los otros extremos para tener un amarre por torque, luego de seguir las instrucciones de montaje basados en los ejemplos que se dictaron en la descripción del

proceso trabajaremos con la misma proyección asegurándonos de tener un buen montaje y hacer uso de las buenas practicas enseñadas en la teoría y práctica.

Primeramente, pasamos a hacer limpieza de la zona de trabajo y objetos los cuales usaremos en estas instancias por ende tendremos que tener una papeleta para así pedir materiales, se ha de comenzar por ello (dentro de las herramientas a pedir tener en cuenta que habrá una herramienta de corte por ende antes de esto tener guantes de manufactura u otro tipo de guantes los cuales protejan las manos de la persona que la manipulara).

3.4 LISTADO DE HERRAMIENTAS Y MATERIALES.

Tabla 3-5: *Listado de Herramientas y materiales proceso cañerías*

Cantidad	Nombre	Uso
1	Marco Sierra (o sierra de mano)	Se usará para hacer el corte de cañería.
2	Lija o lima	Se usará para lijar los extremos de los ductos que se han cortado para no generar puntas y dañar el adaptador (uso de las buenas prácticas).
1	Cinta teflón	Se usará para adherir las uniones que implementemos para el instrumento (recordar el número de vueltas adecuado).
1	Sellador de cañerías con pistola	Este se usa para sellar la cañería clamp y que no tenga problemas de que no se adhiera de forma correcta
2	O’rings 20mm	Este material se a de tratar con el cuidado necesario ya que este permitirá el sello por presión del adaptador e instrumento, este se ubica dentro del orificio de la clamp
4	Hilos de 6mm o 10mm	Dependiendo el espacio del adaptador que nos dará el tornero en el adaptador, pero se estima de 10mm a 6mm
1	Caja de brocas	Estas se usan en el tornillo en las instalaciones para perforar las amarras del adaptador
1	Marcador de metal	Con esto se marcarán las amarras o sujetadores del adaptador los cuales presionarán las clamp
1c/u	Kit de herramientas y caja de dados	Estos se utilizarán en la instalación del soporte del transmisor.
1	Taladro	Se usa para perforar la base de madera superior de la planta.
1	Llave francesa de 110mm	Se usa para sostener tuercas o apernar
1	Ducto de PVC 32mm/1 metro	Se usará para sustituir ducto transparente
1	Removedor de adhesivo	Se usa para quitar el ducto transparente
1	Máquina para hacer roscas con medidas correspondientes	Se usará para hacer el hilo de la cañería

2	Adaptador milimétricas de 35mm a 32mm PVC con rosca	Se usará en la conexión de cañerías
4	Tuercas medidas otorgadas por el soporte	Tuercas de amarre hacia base de madera
8	Tuercas milimétricas 10mm a 6 mm	Tuercas para el sujetador del adaptador de bronce

Fuente: *Elaboración propia en base a los materiales necesarios*

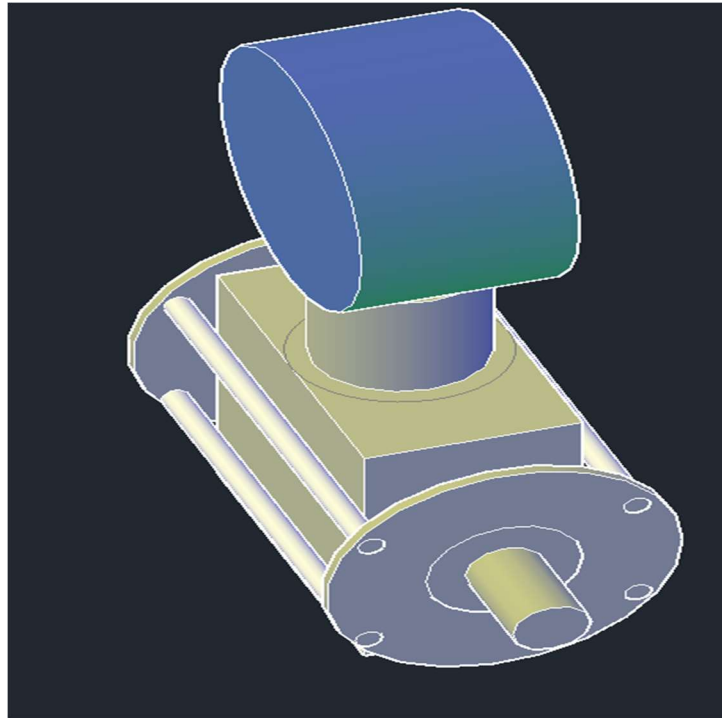
3.5 INSTRUCTIVO DE LA IMPLEMENTACION.

Dejar la planta en un estado de trabajo normal, hacer una pequeña limpieza en el área de trabajo. Luego de este simple paso se continua con pedir los materiales y herramientas para comenzar la instalación física del instrumento, para ello se necesita fijar el instrumento a la base con el soporte seleccionado, se continua a hacer las marcas del soporte simulando un montaje para obtener la ubicación de los tornillos, luego de esto marcar con un lápiz o tipo de marcador para dejar unas muescas y luego perforar con el taladro, consecutivamente enlazar el soporte a la base de madera apernando sujetando el tornillo desde la parte inferior de la base con la llave francesa y con la herramienta de dados apernando de la parte superior.

Luego de tener la firmeza aun sin poner el transmisor en posición, comenzamos a desinstalar el ducto transparente comenzamos quitando el adhesivo de cañerías el cual se puede quitar de manera sencilla con la solución de agua caliente con sal o quitando suavemente con removedor de adhesivo, luego de quitar este ducto se pasa a montar en el soporte el caudalímetro y comenzamos con la instalación del adaptador el cual colocamos para hacer las medidas de las perforaciones las cuales deben ser 4 puestas en cada extremo del sujetador si este es circular como se espera que sea , se debe mantener el mismo prototipo cada hilo en cada lado verificando que este no toque el transmisor y además cause la misma presión en cada extremo compartiendo la fuerza y así no debilitando el material, luego de marcar el sujetador se pasa a la máquina de perforación con la cual antes de perforar se debe de hacer la muesca con un lápiz metálico o puntilla de metal la cual solo hace un pequeño agujero en la pieza, como este sujetador es de bronce y no se busca dañar la pieza se posiciona la broca sobre la muesca antes ejecutada y se le agrega aceite o lubricante antes de comenzar con la perforación, luego de repetir el paso 4 veces y tener las 4 muescas de cada sujetador se instala O ‘ring el cual ayudara al aprete del equipo y quedara fijado por presión cumpliendo con su función luego de posicionar los O’ rings seguimos con la instalación del adaptador al transmisor posicionando los 2 sujetadores (no aplicar el pegamento ya que después se debe de quitar este apretador)y comenzando a introducir los hilos que tienen que cruzar desde 1 sujetador a otro (las perforaciones tienen que haberse hecho simétricas ya que es de suma importancia que calcen al momento de ajustar y apretar)se comienza por posicionar los 4 hilos y luego apretar cada tuerca un 25% desde cada extremo ,yaqué al hacer este tipo de ajuste se comienza a emparejar de cada lado y no habrá un problema de simetría más adelante lo que nos daría como resultado un apriete en buenas condiciones, luego de terminar esta etapa de apriete se recomienda que pase a dejar en reposo la pieza y luego de 24 horas volver a verificar el apretado del adaptador ajustando otro 25% ya que se habrá

desprendido en estas 24 horas que es lo normal del proceso de instalación. En la siguiente imagen se muestra cómo deben ir las perforaciones y como quedaría con la correcta instalación, pero es un resultado teórico el cual muestra todo en perfecto estado.

Figura 3-6: *Adaptador de bronce simulado*

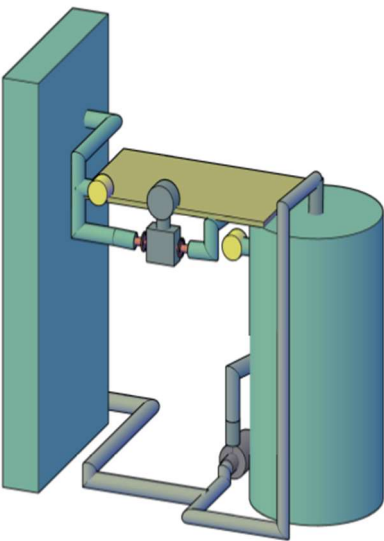


Fuente: *Elaboración propia en base a la figura del caudalímetro y el adaptador*

Ya teniendo las piezas se mide la cañería faltante hacia el adaptador lo que es menor a 1 metro por lado luego de esto se comienzan a hacer las roscar o hilo al material para que se pueda acoplar adaptador de PVC correspondientes de 35 mm a 32 mm con rosca se usa la máquina para roscar cada extremo de los cortes de PVC después de limarlos se comienza a crear el hilo del PVC se aconseja apretar al tornillo mecánico del taller el PVC para comenzar a hacer el torque pero se debe ser cauteloso con el material y no dañar la cañería lo siguiente sería apretar los extremos y luego dirigirse hacia el adaptador de bronce que se dirige al transmisor el cual se suelta y se sigue con el apretado de la cañería recordar aplicar teflón en cada extremo que tengan hilo luego de tener la cañería y los adaptadores de bronce apretados (no apretar mucho dejar $\frac{1}{4}$ de vuelta) repetir los pasos de instalación hacia el caudalímetro pero ahora aplicando una pequeña porción de sello de cañerías lo que dejara sellado y hermético este acoplamiento.

Con esto la instalación del caudalímetro de manera hidráulica esta completa lo que nos restaría sería la instalación eléctrica y la configuración del equipo.

Figura 3-7: *Recreación de la planta con el transmisor montado*



Fuente: *Elaboración propia en base a la estructura de la planta*

Primeramente, se trabajará en la instalación eléctrica en la cual se debe conocer el conexionado del instrumento y antes de pasar a la conexión física de debe tener:

Esquema de fuerza.

Esquema de Montaje.

Esquema de control.

La importancia de tener cada uno de los planos es tener registrado en papel cada una de las conexiones y así facilitar la comprensión del estudiante al saber desde que borne se dirige y que función cumple el conexionado para el proceso en general.

Primeramente, se presentarán los planos con el transmisor instalados ya que en el documento ya se presentó el estado inicial de la planta.

Como se verifica en el datasheet el instrumento puede alimentarse con 220V lo que facilita el conexionado en gran parte ya que podemos salir desde la misma protección del tablero hacia el transmisor cruzando por una bornera y así lograr una alimentación exitosa, los bornes de alimentación están normalizados logrando verificar cuál de todos es fase, neutro y tierra, ya con esta pequeña introducción veremos que materiales se necesitan para la instalación eléctrica del instrumento y materiales.

Tabla 3-6: *Herramientas conexión eléctrica*

cantidad	Nombre	Uso
1	Kit de herramientas eléctricas	Manipulación de cables, tornillos, etc.
1	Multímetro Ut-202	Medición de continuidad, voltaje, resistencia, etc.
5	Cable conexión tablero 1.5mm / 2metros	Conexión del transmisor
2	Flexible con conector recto metálico o plástico ¾"	A caja de bornes
12	Borneras espejo	Para los nuevos cables de instrumento
1	Pelacables	Para quitar la aislación de las puntas
1	Bolsas terminales de punta	Para instalar en la punta de cables nuevos
1	Aprete terminal	Para instalar los terminales

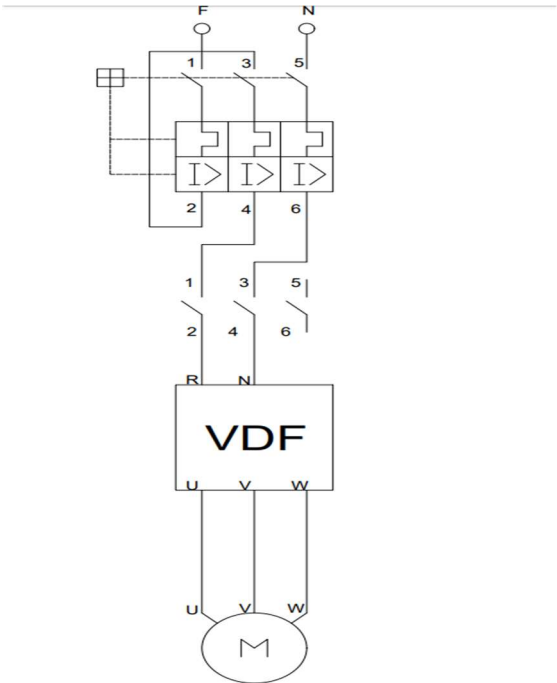
2	Conector recto plástico para transmisor macho.	Para usar en la conexión del cable como cello de la protección del flexible.
1	Taladro	Perforación del tablero
1	Lubricante	Lubricar la perforación para el desgaste de material y protección de la broca.
2	Conector recto plástico para transmisor macho.	Conectar el transmisor y flexible

Fuente: *Elaboración propia en base a los materiales necesarios*

3.5.1Esquema de Fuerza

Ahora conociendo nuestros materiales pasamos a presentar los esquemas de fuerza, control y montaje explicando la instalación adecuada de cada uno, primeramente, el esquema de fuerza no se verá afectado de manera representativa ya que el instrumento es de control y no afecta la conexión totalmente.

Figura 3-8: Diagrama de Fuerza

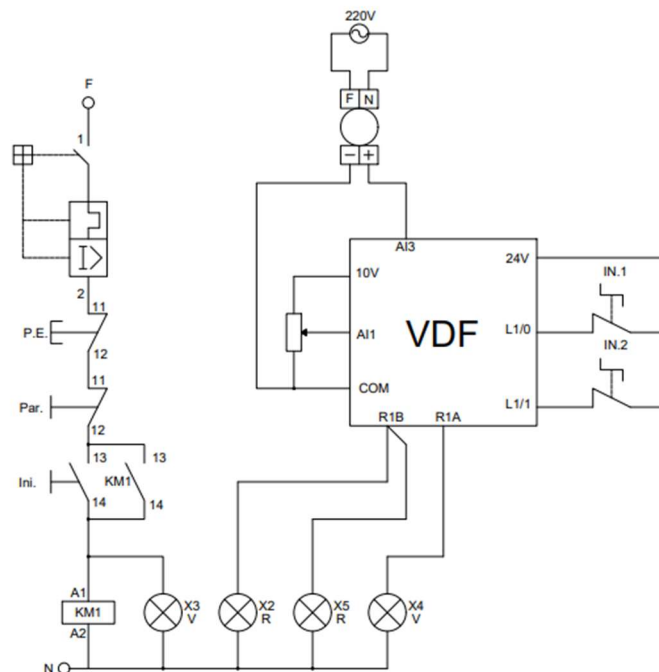


Fuente: *Elaboración propia en base a la conexión en el tablero*

3.5.2 Esquema de Control

El circuito de control quedaría con el conexionado hacia el variador de frecuencia por parte del caudalímetro en lo que a señal se refiere, pero siendo de 4 hilos la alimentación se dirige hacia la protección monofásica como protección del instrumento.

Figura 3-9: Diagrama de control



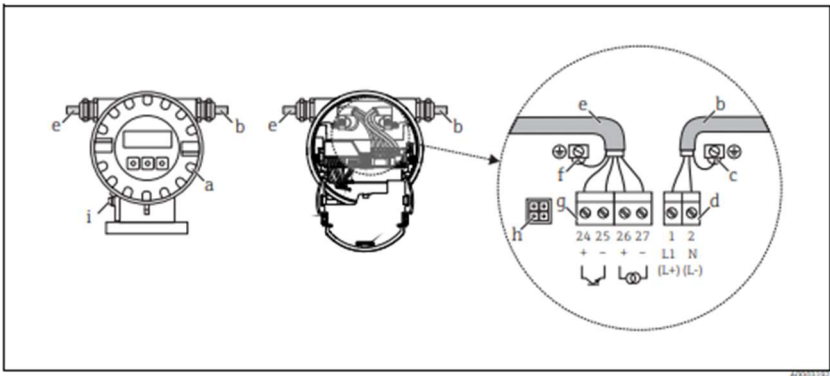
Fuente: Elaboración propia en base al circuito de control del tablero

El instrumento al ser de 4 hilos se alimenta de manera individual y la señal es enviada directamente hacia el variador de frecuencia para que este obtenga la información y produzca una interacción con el proceso el esquema al igual muestra todas las características que tenía el tablero menos un transmisor de nivel el cual está en desconexión pero este no interactúa con el variador de frecuencia, a continuación se pasara a explicar paso a paso la conexión eléctrica del instrumento para su correcto funcionamiento y un procedimiento dentro de las buenas prácticas.

Primeramente, se desconectan todas las fuentes de alimentación para estar seguro de esto se mide tensión en los terminales de alimentación y dentro tablero desde los contactores, disyuntor termomagnético, variador de frecuencia, etc. Esto es necesario para evitar peligro de electrocución ,luego de esto hacer una limpieza en el área de trabajo para implementar de buena manera y sin interrupciones, luego de estos sencillos pasos se pasa a utilizar el pelacables para crear un extremo (recordar que siempre desde los 3 cm o 2.5 cm para tener un buen uso del material y no correr riesgo de que este contacte con el tablero) luego de pelar el extremo se procede a poner un terminal tipo puntilla el cual luego se apretara con el instrumento necesario, recordar que algunos traen sus medidas y otros son más innovadores los cuales solo se aprestan unas pequeñas palancas , si en sus manos tiene uno normal revisar la medida del cable y luego apretar , este extremo ira a la parte inferior o salida del disyuntor termomagnético monofásico para que pueda tener una protección sin tener una dedicada solo para un instrumento (en ocasiones no es necesario ya que la electrónica del dispositivo tiene protección y la corriente tampoco es muy alta del instrumento) luego de atornillar este terminal a él disyuntor se determinar que este cable será la fase del instrumento por ende colocar el TAG F/FT que sería Fase /Flow Transmitter para poder identificar de que instrumento y cuál es su función, luego de esto se deriva este cable a bornera para eso se debe de cortar con un largo medido con la visión , se repite el proceso de implementar el terminal para así atornillar a la bornera , repetir el proceso pero esta vez sin salir del disyuntor si no que del neutro del tablero hacia otra

bornera , este será el neutro de nuestro transmisor con el TAG N/FT lo que significaría Neutro/Flow Transmitter siguiendo con la instalación se procede a alimentar hacia el transmisor , aquí se utiliza el taladro para hacer la perforación de $\frac{3}{4}$ para el conector recto y así instalar el flexible hacia el tablero , cortar 1.20m de los 2 metros para luego disponer de este hacia el transmisor, cortar 1 par de cables a medida de 1.70m ya que cedimos 15 cm por lado desde el tablero hacia el flexible y luego el recorrido del flexible al transmisor , luego de poner terminales a cada uno en cada extremo pones el mismo TAG a cada cable correspondiendo si es fase o neutro este TAG lo ponemos en la punta que ira hacia el transmisor para identificar al momento de instalar como dato de utilidad se recomienza poner un poco de cinta aislante en las 2 puntas para unir estos y pasar los 2 al mismo tiempo, luego de atravesar el cable por el flexible ponemos el conector recto plástico macho para atornillar en el transmisor y así el flexible quede atornillado en el transmisor y no se suelte o caiga (si no sabes cómo poner el conector recto plástico , se pone de manera sencilla se posiciona en el extremo con un poco de fuerza se gira en sentido horario y nuevamente luego de $\frac{1}{4}$ de vuelta se apresta y queda apretado por unos aprietes plásticos si llegara a ser metálico es el mismo procedimiento con un poco más de fuerza) , con esto terminaría la etapa de alimentación, dejar destapado el transmisor para medir voltaje y correcto funcionamiento en los terminales , asegurando el conexionado repasando cada tornillo pasaremos a hacer una prueba de alimentación la cual tiene como fin verificar si esta alimentado el transmisor.

Figura 3-10: *Conexión Transmisor*



Fuente: *Datasheet del caudalímetro*

Si el transmisor no está energizado, se hace necesario revisar la conexión dentro del tablero, realizando mediciones de continuidad y voltaje, en la tabla siguiente se muestra el formato el cual se puede utilizar para esta tarea.

Tabla 3-7: *Pruebas de tensión*

Ubicación	Voltaje esperado	Voltaje medido
F-N (transmisor)	220V	
F-Masa(transmisor)	0V	
N-Masa(transmisor)	0V	
Error %		

Fuente: *Elaboración propia en base a pruebas de seguridad*

Tabla 3-8: Identificación señal salida

Order code for "Input / Output"	Terminal No.					
	24 (+)	25 (-)	26 (+)	27 (-)	1 (L1/L+)	2 (N/L-)
A	Pulse/status output		HART current output		Power supply	
Functional values	→ Section "Output signal"				→ Section "Supply voltage"	

Fuente: Datasheet del caudalimetro

Terminando con la alimentación pasamos al proceso de transmisión de señal en el cual verificaremos el conexionado en el diagrama de control, ya que nuestro dispositivo de control viene a ser nuestro variador de frecuencia enviaremos la señal a una entrada analógica del equipo será la entrada analógica A3 y su común será el compartido. (Montaje en terminales Hart)

Para comenzar la conexión usaremos los 80cm de flexible en el otro extremo del transmisor retiraremos el pequeño tapón al igual que en el otro extremo, tomaremos un cable lo cortaremos a la mitad y pondremos sus respectivos terminales usaremos la salida por corriente del transmisor y pondremos los TAG correspondientes que serán ATV/A3 y COM/ATV repetiremos el proceso de atravesar los cables a través del flexible pero en esta ocasión no iremos al tablero directamente y lo que perforaremos será la caja de bornes ubicada en el estanque de plástico, añadiremos 2 borneras dentro de esta cada para disponer derivamos los cables hasta estas borneras recién instaladas, desde esta caja de borneras o de señales hay un flexible que se dirige hacia el tablero aprovecharemos el material ya instalado para direccionar nuestros cables hacia el tablero (la perforación hacia la caja de bornes al ser plástica será más fácil, recordar perforar en los bordes de la caja puede ser cerca de la perforación ya existente o contraria a esta) procederemos a atornillar el conector recto y luego atornillamos la A3 y COM del transmisor al ATV23 luego de esto quitamos el flexible retirando primero el conector metálico que lo une al tablero , luego de esto cortamos 2 cables a 1.8m y lo pasamos por el flexible luego de colocar los terminales y TAG's correspondientes, dirigimos el cable hacia el tablero y normalizamos el flexible (lo restauramos a su ubicación original) ponemos 2 borneras en el riel y conectamos los terminales A3 y COM luego de esto conectamos desde las borneras hacia el variador de frecuencia para así terminar la instalación.

Luego de configurar se podrá verificar el funcionamiento del equipo, pero mientras tanto debería de estar marcando 0 en el monitor.

3.5.3 Configuración del instrumento

La configuración del equipo se hará con Field Communicator protocolo Hart aprovechando que el dispositivo cuenta con esta tecnología el conexionado del equipo es sencillo ya que es un lazo de 4-20 mA pasaremos a hacer la tabla de configuración y lo que designaremos dentro del transmisor según lo requerido la tabla primero será sencillo más adelante veremos la calibración del instrumento que va dentro de todo lo que es la configuración y para ello debemos saber cuánto llega a levantar esta bomba de proceso.

Tabla 3-9: configuración principal transmisor

1	Nombre del transmisor	Caudalímetro BPV-001
2	Diámetro de tubería	1/12’’
3	Sistema de unidades	L/m (en esta unidad trabaja la bomba y en esta unidad estará configurada la medida)
4	Información	Caudalímetro Promag 10H “Universidad Técnica Federico Santamaria “

Fuente: *Elaboración propia en base a los elementos utilizados*

Pasamos al proceso de calibración donde se tiene que asignar los rangos en los cuales trabajara el instrumento teniendo en cuenta el diámetro que es 8mm, el caudal que tiene como nominal la bomba es 40 L/min pero en el proceso levantara 39.7 L/min, el instrumento trabaja con valores desde 1 L/m a 30 L/m lo que está no dentro del margen y estaría marcando full escala con el valor esperado en los 20 mA por ello se redactara una solución y de esta manera no sustituir el instrumento, ya que la idea principal es dar uso al caudalímetro, a continuación se presentan los valores dentro de las características del caudalímetro:

Tabla 3-10: Caudal según diámetro

Flow characteristic values (SI units)					
Nominal diameter		Recommended flow rate Min./max. full scale value (v ~ 0.3 or 10 m/s)	Factory settings		
[mm]	[inch]		Full scale value, current output (v ~ 2.5 m/s)	Pulse value (~ 2 pulses/s)	Low flow cut off (v ~ 0.04 m/s)
2	1/12"	0.06 to 1.8 dm³/min	0.5 dm³/min	0.005 dm³	0.01 dm³/min
4	1/6"	0.25 to 7 dm³/min	2 dm³/min	0.025 dm³	0.05 dm³/min
8	3/8"	1 to 30 dm³/min	8 dm³/min	0.1 dm³	0.1 dm³/min
15	1/2"	4 to 100 dm³/min	25 dm³/min	0.2 dm³	0.5 dm³/min
25	1"	9 to 300 dm³/min	75 dm³/min	0.5 dm³	1 dm³/min
40	1 1/2"	25 to 700 dm³/min	200 dm³/min	1.5 dm³	3 dm³/min
50	2"	35 to 1100 dm³/min	300 dm³/min	2.5 dm³	5 dm³/min
65	–	60 to 2000 dm³/min	500 dm³/min	5 dm³	8 dm³/min
80	3"	90 to 3000 dm³/min	750 dm³/min	5 dm³	12 dm³/min
100	4"	145 to 4700 dm³/min	1200 dm³/min	10 dm³	20 dm³/min
125	–	220 to 7500 dm³/min	1850 dm³/min	15 dm³	30 dm³/min
150	6"	20 to 600 m³/h	150 m³/h	0.03 m³	2.5 m³/h

Fuente: *Datasheet del caudalimetro*

Con esto sabemos lo que vienen a ser nuestros límites superiores he inferior para caudal los que en la configuración se deben acomodar como:

Tabla 3-11: Seteo de variables

Limite	Corriente	Caudal
Superior	20mA	30 L/m
Inferior	4mA	1L/m
Full escala o corte	21 mA	Full Scale
Error medición baja	0 mA	Error Low scale

Fuente: *Datasheet del caudalimetro*

Estas configuraciones se toman para entregar un rango en el cual pueda trabajar el equipo luego pasamos a la configuración del dumping que viene a ser el tiempo de muestreo el cual estará entregando el instrumento al equipo, el cual sería el variador de frecuencia, con esta calibración del equipo tendría que estar entregando los valores indicados, pero

para la confirmación del equipo se trabajara con los valores porcentuales indicados en la siguiente tabla para verificar el funcionamiento.

Tabla 3-12: Valores esperados con calibrador de lazo

Porcentajes	Corriente esperada	Caudal esperado
25%	8mA	8.25 L/m
50%	12mA	15,5 L/m
75%	16mA	22.75 L/m
100%	20mA	30 L/m

Fuente: *Elaboracion propia en base a los resultados de una ecuacion de la recta*

Dependiendo de estos valores se toman los valores reales y se toma el error de la medición si esta está fuera del rango de lo permitido repetir la calibración máximo 6 veces lo que quiere decir que si el equipo está en un desajuste podría estar averiado si es el caso contactar al asistente de aula que este ayudando en su trabajo para comentar , ya conociendo estos datos y todo lo que necesitamos pasamos a conectar el Field Communicator conectando en paralelo con nuestro lazo de control , pasamos a manipular las variables por la interfaz (recomendado luego de cada cambio enviar la configuración siendo que si no se envía esta no se guardara luego de setear cada dato correspondiente se comienzan a hacer las pruebas con un Multitester o calibrador de lazo el cual entrega una señal de 4-20 mA al sensor , este instrumento cumple con la función Test que simula la señal de entrada al sensor, así se puede ver si los datos entregados son cercanos o precisos a los esperados.

Terminando con la calibración se procede a hacer las pruebas con el banco de prueba de válvulas en funcionamiento en los cuales se debe completar la siguiente tabla con valores esperados y medidos al igual que en la tabla anterior.

Tabla 3-13: Datos esperados en funcionamiento

Porcentajes	Caudal	Corriente	RPM
25%	8.25 L/m	8mA	725 min e-1
50%	15,5 L/m	12mA	1450 min e-1
75%	22.75 L/m	16mA	2175 min e-1
100%	30 L/m	20mA	2900min e-1

Fuente: *Elaboración propia en base a los resultados de una ecuación de la recta*

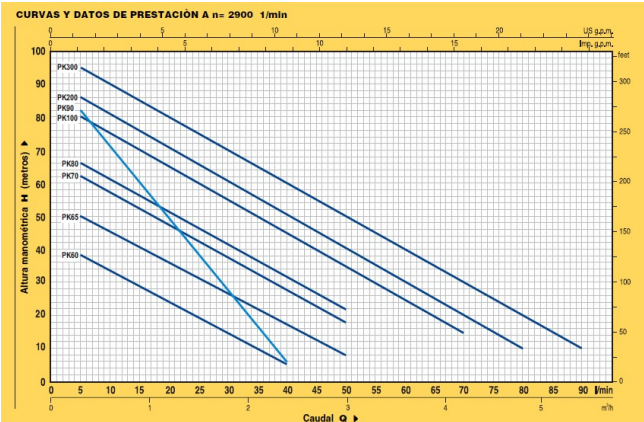
Realizar estas pruebas dirán que el instrumento está en su correcto funcionamiento, se debe repetir el proceso de prueba en 3 veces y registrar en cada uno de estos casos las muestras.

3.5.4 Complicación a tener en cuenta

En el punto anterior se mencionó un problema en relación a los límites de la bomba periférica y el cómo esta superaba los límites del caudalímetro, en relación a ese problema planteamos la siguiente solución:

Se opta por realizar una prueba sobre la frecuencia y el caudal de la Bomba periférica para limitar el caudal a 30 L/m en función al Full Escala del caudalímetro, para ello se ha de tener en cuenta que el caudal es lineal a la RPM de la bomba, esto se puede interpretar de manera gráfica en la ilustración del Caudal / altura.

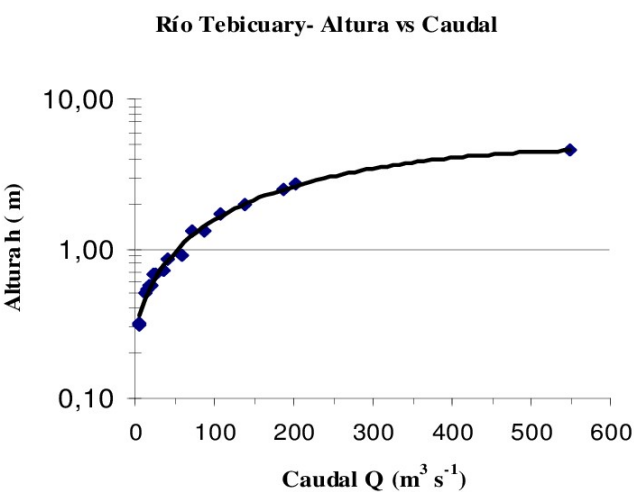
Figura 3-11: *Grafico lineal caudal vs altura*



Fuente: www.researchgate.net

Como ejemplo de una bomba no lineal, tenemos este tipo de curvas las cuales difiere totalmente de las bombas con las cuales se está trabajando en este proceso.

Figura 3-12: *Grafico no lineal caudal vs altura*



Fuente: www.researchgate.net

Puesto que la bomba presente en la planta tiene una relación con la cual trabajamos en este proceso, la cual es lineal, y por ende se puede calcular de manera simple con la siguiente formula.

$$Y = \left(\frac{x - x1}{x2 - x1}\right) * (y2 - y1) - y1$$

3.6 PROGRAMACION

Para hacer girar el motor a una velocidad regulable se necesita el variador de frecuencia, y para hacer un buen uso de este es recomendable usar la aplicación dedicada exclusivamente para algunos variadores de frecuencia de la marca Schneider, esta aplicación se llama SoMove, y permite modificar los parámetros del variador de frecuencia para un uso óptimo.

Esta aplicación se puede encontrar en la misma página de Schneider para su descarga y puede ser adquirido de la siguiente forma

- Entrando al link [“https://www.se.com/cl/es/product-range-download/7609-altivar-32/#/software-firmware-tab”](https://www.se.com/cl/es/product-range-download/7609-altivar-32/#/software-firmware-tab)
- Descargar el archivo.exe disponible en la lista

Luego de esto queda esperar a que termine la descarga y ejecutar el programa para instalarlo en la computadora.

Después de instalar la aplicación es necesario realizar la descarga de las librerías de programación, estas también están disponibles para su descarga en la página de Schneider, accediendo al siguiente enlace [“https://www.se.com/cl/es/download/range/7609-Altivar+32/?docTypeGroup=8334659-Software+%2F+Firmware”](https://www.se.com/cl/es/download/range/7609-Altivar+32/?docTypeGroup=8334659-Software+%2F+Firmware) en el cual se muestra una serie de librerías disponibles, en la cual para este variador de frecuencia es necesario descargar las librerías correspondientes al modelo ATV32(Altivar 32). Terminando la descarga de debe descomprimir el archivo y ejecutar el archivo extraído para realizar la instalación de la librería, luego de esto la aplicación esta lista para poder usarse en el variador de frecuencia instalado en la planta

Para poder conectar el variador de frecuencia al computador es necesario tener el cable de este, al conectarlos debemos verificar el puerto COM al cual está conectado entrando al panel de control ->” Hardware y Sonido” -> “Administrador de dispositivos”. Luego de que se nos habrá la ventana con los dispositivos buscamos “Puertos (COM y LPT)” y desplegamos la lista. Luego de verificar el puerto COM, dentro de la aplicación seleccionamos “Conectar” se abrirá una ventana y presionamos el icono de arriba a la derecha de “Ajustes avanzados” Y seleccionamos el COM que verificamos anteriormente. Ya con el computador conectado al VDF se puede crear una programación desde 0 o importar la programación existente en el VDF, en cualquiera de los dos casos se debe verificar si los valores asignados a la programación son adecuados para el motor y los instrumentos, como por ejemplo el valor de RPM, Frecuencia, Voltaje Nominal, Intensidad nominal, etc.

En la siguiente imagen se muestran los datos que deben ser ingresados en la aplicación en caso de que no importe los datos desde el variador de frecuencia:

Tabla 3-14: *Parámetros a introducir en la programación*

Código	Etiqueta larga	Conf0	Valor predeterminado
LAC	Nivel acceso funciones	Estándar	Estándar
▼ ARRANQUE RÁPIDO			
TCC	Tipo control 2/3 hilos	Ctrl. 2 hilos	Ctrl. 2 hilos
CFG	Selección Macro config.	MarchaParo	MarchaParo
BFR	Frec estandar motor	50 Hz IEC	50 Hz IEC
IPL	Conf.Pérdida fase red	Fallo ignor.	Fallo ignor.
NPR	Potencia nominal motor	0.18 kW	0.18 kW
UNS	Tensión nominal motor	230 V	230 V
NCR	Intensidad Nom Motor	2 A	 1.1 A
FRS	Frecuencia nom.motor	50 Hz	50 Hz
NSP	Velocidad nom motor	2900 rpm	 1410 rpm
TFR	Frec. máxima de salida	50 Hz	 60 Hz
STUN	Autoajuste usado	Por defecto	Por defecto
ITH	Intensidad térmic motor	2 A	 1.1 A
ACC	Rampa aceleración (s)	3 s	3 s
DEC	Rampa deceleración (s)	3 s	3 s
LSP	Velocidad mínima	0 Hz	0 Hz
HSP	Velocidad máxima	37.8 Hz	 50 Hz

Fuente: *Plataforma de programación SoMove*

Las líneas con el icono  son aquellas que fueron editadas, mientras que el resto se mantiene en su valor predeterminado

La velocidad máxima (HSP) se debe establecer en 37,8 Hz, puesto que es el resultado que nos dio ecuación de la recta para así limitar el caudal de la bomba a 30 L/m como máximo, que es lo que tolera el caudalímetro.

Para terminar, se debe guardar la programación en el variador de frecuencia, para esto se selecciona la pestaña de comunicación en la parte superior izquierda de la ventana y selecciona la opción de guardar en dispositivo.

(Como llamado de atención por si no se llega a leer el datasheet del instrumento se recuerda hacer el proceso de Ionización a través de agua salina ya que el instrumento necesita una cantidad de ionización para comenzar a hacer la medición)

Capitulo IV

4.1 CONCLUSION

En la industria, un técnico se puede encontrar recurrentemente con un transmisor de caudal o un variador de frecuencia, este trabajo permitió interiorizarse en las etapas de instalación y configuración de un variador de frecuencia, como así también, lo correspondiente al caudalímetro, considerando siempre las indicaciones mencionadas por el fabricante, y que el técnico debe tener en dicha tarea.

En la elaboración de este trabajo también obtuvimos conocimiento de las funciones de un variador de frecuencia, específicamente el altivar modelo 32 de Schneider electrónicos puesto que trabajamos con éste, y como podemos potenciar su uso en un variador de frecuencia ya instalado para así no tener que aumentar los gastos de implementación en instrumentación nueva, lo cual ocurre en el caso del adaptador para el transmisor al cual describimos; el adaptador que debe tener y las cotizaciones realizadas para así no tener que invertir en una membrana completamente nueva y aumentar los gastos.

Por último, se informa de cómo hacer uso óptimo del variador de frecuencia mediante un computador, en lugar de modificar cada parámetro directamente desde la pantalla del variador de frecuencia, esto a través del software asociado al equipo, y agregar la función para limitar la frecuencia de trabajo y así disminuir el caudal para el trabajo recomendado del caudalímetro.