



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional**

Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales Creative Commons, permitiendo a otras solo descargar sus obras y compartirlas con otras siempre y cuando den crédito, pero no pueden cambiarlas de forma alguna ni usarlas de forma comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



**N° 102-2023**

## **CONSTANCIA**

El que suscribe, director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica, hace constar que se ha realizado el análisis con el software de verificación de la Tesis cuyo título es:

**“CONTROL Y MEDIDA DE NIVEL DE LÍQUIDO POR MEDIO DE UN SENSOR DIGITAL REMOTO DE PRESIÓN DIFERENCIAL EN LAS EMPRESAS AGRO INDUSTRIAL- PROVINCIA DE ICA”**

Presentado por:

**ANICAMA HUAYANCA BRANDON JOSE**

**TITULANDO EGRESADO** del nivel de **PREGRADO** de la Facultad **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA** – Escuela Profesional de **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**. El resultado obtenido es un porcentaje de **DOS POR CIENTO (2%)**, por el cual se le otorga el calificativo de:

**APROBADO**

Se adjunta al presente, el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 15 de Diciembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



  
Mag. Zenon Ausubio Pacheco Casavilca  
JEFE DE UNIDAD

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica



**Tesis**

**“Control y medida de nivel de líquido por medio de un sensor digital remoto de presión diferencial en las empresas agro industrial- provincia de Ica”**

**Línea de investigación:** Ciencias naturales, Ingeniería y Tecnologías Sostenibles.

**Presentado Por:**

**Brandon José Anicama Huayanca**

**Ica - Perú**

2023.

/

## **DEDICATORIA**

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y sabiduría para llenarme de fuerzas y mejorar permanentemente mi aptitud para lograr el éxito en la vida.

A mis padres Luis y Rosa porque son los motores de mi vida siempre creen en mí y son mi inspiración.

A mis hermanos Alan y Luis quienes con sus palabras de aliento y forma de ser me inspiraron la fuerza y confianza para alcanzar nuevas metas, tanto profesional como personales.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quisiera agradecer a la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” por haberme aceptado ser parte de ella y abrir sus puertas para adquirir nuevos conocimientos, así también a todas las personas que de alguna u otra manera me apoyaron en todo este camino.

Muy agradecido a mi asesor al Dr. Ing. José Ramírez Ochoa por su aporte en la elaboración del trabajo de tesis.

También me gustaría agradecer a mi familia por su tiempo y esfuerzo mientras elaboraba mi tesis.

## ÍNDICE

Índice de Contenidos	
Portada.	i
Dedicatoria.	ii
Agradecimientos	iii
Índice.	
• Índice de contenidos.	iv
• Índice de tablas.	vii
• Índice de figuras.	viii
Resumen	ix
Abstract.	x
<b>CUERPO DEL INFORME FINAL</b>	
<b>I. Introducción.</b>	<b>11</b>
1.1. Situación Problemática	12
1.2. Formulación del problema	12
1.2.1. Problema General	12
1.2.2. Problemas Específicos	12
1.3. Delimitación del problema	13
1.4. Justificación e Importancia de la Investigación	13
1.4.1 Justificación	13
1.4.2 Importancia	14
1.5. Marco Teórico	14
1.5.1. Antecedentes	14
1.5.1.1 Antecedente Internacional	14
1.5.1.2 Antecedente Nacional.	15
1.5.2 Bases Teóricas	16
1.5.2.1 Presión Diferencial	16

1.5.2.2	Presión manométrica	16
1.5.2.3	Presión Absoluta	17
1.5.2.4	Presión Relativa	17
1.5.2.5	Vacío	
1.5.2.6	Medición de Flujo por presión Diferencial	18
1.5.2.7	Medición de nivel por Presión Diferencial	19
1.5.2.8	Variador de Frecuencia ACS 310	21
1.5.2.9	Motor Trifásico de 3HP	21
1.5.2.10	Pulsador para arranque y paro de Motor	23
1.5.2.11	Válvula de Control Neumático con Comunicación HART	23
1.5.2.12	Válvula Solenoide ON/OFF	25
1.5.2.13	Diagrama P&ID del Sistema de Controla de Nivel	26
1.5.2.14	Diagrama de bloques del sistema de control de nivel	27
1.5.2.15	Transmisor de presión diferencial EJA110E (YOKOGAWA)	28
1.5.2.16	Conexionado de Instrumento	29
1.5.2.17	Indicaciones acerca del manejo del Instrumento	29
1.5.2.18	Configuración de Parámetros	30
1.5.2.19	Montaje del instrumento	31
1.5.2.20	Arquitectura interna de un autómata programable	32
1.5.2.21	Familia S7-400	33
1.5.2.22	Vista de hardware	34
1.5.2.23	Status del CPU	36
1.5.2.24	Indicadores de Error	37
1.5.2.25	Selección de Modos	37
1.5.2.26	Arquitectura, Configuración del PLC y Módulos de Interfaz	38
1.5.2.27	Módulos de Entradas y Salidas	40
1.5.2.28	Control Análogo	42
1.5.2.29	Programación	43
1.5.2.30	Servicio a terminales de explotación y/o periféricos.	49
1.5.3	Marco conceptual	52
1.6	Objetivos de la investigación	55
1.6.1	Objetivo General	55

1.6.2	Objetivos Específicos	55
1.7	Hipótesis de la Investigación	56
1.7.1	Hipótesis General	56
1.7.2	Hipótesis Específicas	56
1.8	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	56
1.8.1	Variable Independiente	56
1.8.2	Variable Dependiente	56
1.8.3	Operacionalización de variables.	57
<b>II.</b>	<b>Estrategia metodológica.</b>	<b>58</b>
2.1.	Tipo, nivel y diseño de Investigación.	58
2.2.	Población, muestra.	58
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
2.5.	Procedimiento de recolección de datos	59
2.6.	Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos	59
<b>III.</b>	<b>Resultados.</b>	
3.1	Clasificación de Datos.	60
3.1.1	Control Manual	60
3.1.2	Control de nivel en tanque (modo de operación)	61
3.1.3	Comprobación del funcionamiento Del Variador de Velocidad	63
3.1.4	Comprobación de los Interruptores de nivel	64
3.1.5	Pruebas de funcionamiento y calibración del sensor de nivel	65
<b>IV.-</b>	<b>Discusión</b>	<b>66</b>
<b>V.</b>	<b>Conclusiones.</b>	<b>68</b>
<b>VI.</b>	<b>Recomendaciones.</b>	<b>69</b>
<b>VII.</b>	<b>Referencias bibliográficas.</b>	<b>70</b>
<b>VIII.</b>	<b>Anexos.</b>	<b>71</b>

## Índice de tablas

<b>TABLA I.</b> Datos técnicos del Motor Trifásico	22
<b>TABLA II.</b> Datos técnicos de la Válvula de Control	24
<b>TABLA III.</b> Características de la Válvula UFLOW (MNF532024DC	26
<b>TABLA IV.</b> Estados de Led del PLC S7-400	34

## Índice de figuras

Fig.1. Clases de Presión	17
Fig.2. Medición de Flujo por presión Diferencial usando Placa Orificio	18
Fig.3. Medición de Flujo usando el tubo Pitot	18
Fig.4. Medición de nivel con DP con Tanque Abierto y cerrado	20
Fig.5. Los sellos a diafragma remotos.	20
Fig.6. Variador de Velocidad.	21
Fig.7. Motor Trifásico de 3HP	21
Fig.8. Pulsador de paro y marcha	23
Fig.9. Válvula de control Neumático	23
Fig.10. Grafica del comportamiento de la válvula de control	25
Fig.11. Válvula de control Neumático	25
Fig.12. Diagrama P&ID del Proyecto	26
Fig.13. Diagrama Bloques del sistema de control	27
Fig.14. Transmisor de Presión Diferencial (YOKOGAWA)	28
Fig.15. Conexión 4 a 20 mA	29
Fig.16. Configuración LRV, URV	30
Fig.17. Montaje en Tanque	31
Fig.18. Autómatas Programables	32
Fig.19. S7-400	33
Fig.20. Módulo de Entrada Analógica (6es7 331-7tf01-0ab0)	42
Fig.21. Diagrama de flujo de proceso	62
Fig.22. Configuración Manual del Variador de Velocidad	63
Fig.23.- Alarmas de Nivel	64

## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar el funcionamiento del sensor por medida de presión diferencial el cual realiza una supervisión de control y monitoreo de nivel de líquido en un sistema hidráulico y así poder controlar los niveles de un sistema de llenado y vaciado a través de un controlador (PLC) en las empresas agro industrial. Actualmente en la industria se observa la necesidad de automatizar y controlar el nivel de gases, vapores y líquidos los cuales pueden ser agresivos no agresivos y peligrosos también se pueden diferenciar por sus niveles de densidad y viscosidad por ese motivo es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores ofrezcan un nivel de seguridad, eficiencia y practicidad que permita garantizar el desarrollo del proceso en ejecución en las agro industrias por esta razón se debe usar un sensor de presión diferencial para medir nivel de líquidos en los sistemas hidráulico.

**Palabras claves:** Nivel de líquido, Sensor digital, Presión diferencial, PLC

## **ABSTRACT**

The objective of this work is to show the operation of the sensor by measuring differential pressure which carries out control supervision and monitoring of liquid level in a hydraulic system and thus be able to control the levels of a filling and emptying system through a controller (PLC) in agro-industrial companies. Currently in the industry there is a need to automate and control the level of gases, vapors and liquids which can be aggressive, non-aggressive and dangerous, they can also be differentiated by their levels of density and viscosity For this reason, it is of vital importance that the devices that act as integrating elements offer a level of safety, efficiency and practicality that guarantees the development of the process being executed in agro-industries. For this reason, a differential pressure sensor must be used to measure fluid level in hydraulic systems.

**Keywords:** Liquid level, Digital sensor, Differential pressure, PLC

## I.- INTRODUCCIÓN.

En la industria la automatización de los procesos permite que los sistemas de producción sean controlados y monitorizados mediante diferentes tecnologías digitales, el proceso de automatización implica optimizar procesos, mejorar la productividad, calidad del proceso, la competitividad de la empresa y sobre todo reducir costos. Por eso el presente proyecto se expone la necesidad que con lleva a mejorar la automatización de procesos en la industria del departamento de Ica especialmente en la empresa BETA ,por ese motivo se realiza la implementación de un sistema de control de nivel de líquidos mediante el uso de un controlador PLC, una bomba centrífuga, un variador de velocidad, una válvula de control, dos tanques y un transmisor de presión diferencial que a través de este sistema se logrará observar el llenado del tanque, medir y controlar variables, realizar el control PID para sintonización de lazo y correcto llenado.

La presión diferencial (DP es la tecnología de medición de nivel más usada en las industrias químicas y petroquímicas y debido a su credibilidad, facilidad de utilización y adaptabilidad a diversas aplicaciones. Si bien son bastantes las ventajas que brinda la medición DP en aplicaciones de nivel, existen también algunos inconvenientes.

Afortunadamente, nuevos avances en el diseño de sellos y sensores, así como la utilización de nuevas técnicas de fabricación en el rellenado de sistemas de sello remoto, están ampliando la marcha de los sistemas de nivel DP a diligencias que antes solicitaban tecnologías de nivel alternativas. Estos adelantos también optimizan la confiabilidad de la medición de nivel DP en usos, facilitando aún más su instalación.

En los sistemas de control automático, es de bastante importancia que los dispositivos que intervienen como elementos integradores del mismo, brinden un nivel de seguridad que ayude a garantizar el desarrollo total del proceso en realización en industrias tales como las alimenticias, petroleras, manufactureras, pesqueras comerciales, entre otras.

Esta es la razón por la cual se debe usar un sensor de presión diferencial en la medida de nivel de líquidos en todo sistema hidráulico.

El presente trabajo de investigación se realizó en agroexportadora BETA. Ubicado en el distrito de Santiago - Ica

## **1.1 Situación problemática.**

El desarrollo de la industria y el control de procesos en la actualidad se han visto en un crecimiento exponencial debido a la demanda de productos y a la necesidad de superarse encontrando medios de producción más efectivos y menos costosos con un mejor desempeño.

En los diferentes procesos que se involucran las industrias, se considera uno de los más importantes el control de nivel de líquidos. El control de nivel de líquidos es un problema muy común que se encuentra en los procesos industriales se observa que no se controla el nivel de líquidos, gases y vapores los cuales por su característica pueden ser agresivos, no agresivos y peligrosos, así también cada uno de estos con sus respectivos niveles de viscosidad y densidad.

En los sistemas de control automático, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que ayude a garantizar el progreso completo del proceso en realización en industrias tales como las manufactureras, alimenticias, petroleras, pesqueras, comerciales, entre otras.

Esta es la razón por la cual me lleva a realizar un estudio sobre el uso de un sensor de presión diferencial en la medida de nivel de líquidos en los sistemas hidráulicos.

## **1.2. Formulación de Problema.**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cómo se utiliza un sensor de presión diferencial el cual ejerce un control de nivel de líquido en un sistema hidráulico y así poder controlar los niveles de un sistema de llenado y vaciado mediante un controlador PLC en la empresa agro industrial?

### **1.2. 2. Problemas Específicos**

- a). ¿Cómo se implementa el control de nivel utilizando un sensor de presión diferencial y control PLC o controlador lógico programable?
- b). ¿Cómo se modela la dinámica del sistema de llenado, determinando el nivel de llenado y vaciado mediante el sensor de presión diferencial e introduciendo los datos en el autómatas programable (PLC) para su posterior funcionamiento?

### **1.3. Delimitación del Problema**

- **Delimitación Espacial o Geográfica**

El problema será abordado en la empresa BETA que queda ubicada en el departamento de Ica-distrito de Santiago

- **Delimitación Temporal**

El Problema será desarrollado en meses de mayor producción, en la región seleccionada en la Provincia de Ica.

- **Delimitación Social**

Sera una propuesta de solución para las empresas agroindustriales que se encuentran dentro de la zona geográfica seleccionada

- **Delimitación Conceptual**

La delimitación conceptual se refiere al acceso a documentos y conocimientos que se logren para el desarrollo del estudio, este será obtenido de trabajos parecidos a investigar de carácter tecnológicas nacionales e internacionales, publicadas en los últimos cinco (5) años

### **1.4. Justificación e Importancia de la Investigación.**

#### **1.4.1 Justificación**

La presente investigación se justifica porque se dará información de cómo utilizar un sensor de presión diferencial el cual ejerce un control de nivel de líquido en un sistema hidráulico y así poder controlar los niveles de un sistema de llenado y vaciado mediante un controlador PLC para su posterior tratamiento. A menudo es necesario supervisar nivel de producto en un tanque o recipiente, revelando simplemente un nivel máximo y un mínimo, para proceder sobre el sistema de llenado y/o vaciado. Para esta diligencia pueden usarse sensores de cercanía capacitivos como detectores de nivel, acoplados a una lógica simple para el comando del sistema de llenado. El recipiente puede tener polvos, fluidos, o materiales granulados tales como harina, colorantes, leche en polvo, azúcar, por mencionar algunos. Los sensores de cercanía capacitivos identifican la presencia de todo modelo de material metálico o no. Acondicionar un ajuste de sensibilidad multivuelta en el lado posterior mediante el cual se ajusta el punto de acción de acuerdo al material a manifestar.

### **1.4.2 Importancia**

El presente trabajo es importante porque en la industria se observa la necesidad de automatizar y controlar el nivel de gases, vapores y líquidos los cuales pueden ser agresivos, no agresivos y peligrosos, así también cada uno de estos con sus respectivos niveles de viscosidad y densidad. En los sistemas de control automático, es de vital importancia que los dispositivos que actúan como elementos integradores del mismo, ofrezcan un nivel de seguridad que permita garantizar el desarrollo completo del proceso en ejecución en industrias tales como las alimenticias, manufactureras, comerciales, oil&gas entre otras. Esta es la razón por la cual se debe utilizar un sensor de presión diferencial en la medida de nivel de líquidos en los sistemas hidráulicos.

## **1.5. Marco teórico.**

### **1.5.1. Antecedentes**

#### **1.5.1.1 Antecedente Internacional**

Abarca et al. En 2019 [1] dijo que la administración del sistema ha evolucionado de manual a automática. La automatización requiere de un controlador que ejecute automáticamente funciones previamente establecidas para realizar el proceso deseado. Electrónica ofrece soluciones para el desarrollo del control automático mediante microcontroladores. El problema a resolver es controlar el nivel del líquido según el valor deseado mediante un controlador de señal digital PIC. El monitoreo se logra registrando los niveles de fluido con sensores y digitalizando y linealizando esta información para usarla en cálculos de control automático. El valor del nivel de líquido deseado se ingresa ingresando el nivel de referencia usando el teclado. El controlador era responsable de comparar las mediciones del sensor con las entradas del nivel de referencia y realizar correcciones en función de los errores recibidos. Dependiendo de la indicación de falla, la acción correctiva la toma un actuador, que puede ser una bomba o una válvula solenoide. Además, se muestran el valor actual del nivel de líquido y el valor de referencia introducido.

En un estudio de 2015 [2], Restrepo y Cardona encontraron que algunas clínicas que actualmente brindan servicios de atención renal en Colombia continúan utilizando métodos obsoletos para llenar tanques en los que se preparan mezclas de fluidos para hemodiálisis. Estas mezclas deben ser precisas, de modo que errores en la cantidad de concentrado (ácido, bicarbonato) utilizado en estos procedimientos pueden provocar una descompensación del sistema renal del paciente. Esta propuesta de diseño le permite

automatizar el llenado de tanques, asegurar la calidad de los fluidos en movimiento y optimizar el servicio dentro de su empresa. Además, el diseño de este sistema se puede implementar en diversos procesos productivos donde se requiera control de nivel en tanques. Para garantizar una alta fiabilidad al llenar el tanque, se decidió utilizar sensores ultrasónicos. Se eligió este tipo de máquina porque el dializado no entra en contacto con los medicamentos fuera del reservorio, evitando que pirógenos y bacterias entren al paciente. Luego diseñamos el control PID y modelamos la dinámica del sistema. Se utilizó el software Matlab para definir el sistema y los parámetros de simulación.

#### **1.5.1.2 Antecedente Nacional.**

En 2016 [3] Hualpa tuvo como objetivo apoyar a las pequeñas y medianas industrias de envasado y embotellado de bebidas para monitorear, calibrar y monitorear los niveles de los tanques durante el llenado y vaciado. Todo el proceso puede ser visualizado por operadores o usuarios.

El estudio responde a las observaciones realizadas por pequeñas y medianas empresas de drenaje que actualmente cuentan con sistemas de llenado y vaciado de líquidos obsoletos. En algunos casos, estos procedimientos se realizan manualmente. Por tanto, estos procesos requieren del uso de nuevas tecnologías, en este caso lógica difusa.

La introducción de un controlador difuso en el proceso de llenado y vaciado de líquidos aumenta la velocidad y reduce los costes de producción, ya que no existe un operador que monitoree continuamente el nivel del líquido y se adapte a todo tipo de tanques. La auditoría supera las especificaciones del objeto.

Encalada y Tello 2018 [4], su proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de llenado de líquido (agua) de madera, en el que se colocan componentes como Arduino, sensores ultrasónicos, teclas ajustables, electroválvulas y motores paso a paso. El control difuso se diseña utilizando el software Matlab considerando las variables de entrada y salida controladas. Finalmente se programa en el Arduino utilizando la biblioteca Fuzzy para controlar el sistema.

### **1.5.2 Bases teóricas.**

#### **1.5.2.1 Presión diferencial**

La presión diferencial es la diferencia entre un determinado valor de presión y otro valor de referencia. En realidad, la presión absoluta puede considerarse como la diferencia de

presión con respecto al vacío, o como la presión relativa con respecto a la presión atmosférica.

Ésta es la desigualdad entre los dos puntos de presión P y P'. El vacío es la desigualdad de presión entre la presión atmosférica efectiva y la presión absoluta, es decir, la presión medida a presión subatmosférica (puntos P, P' y P"). Se expresa como mm-Hg de columna de mercurio, mm-columna de agua o pulgadas de columna de agua. Los cambios en la presión atmosférica tienen un impacto significativo en las mediciones de vacío.

#### **1.5.2.2 Presión manométrica**

Es la presión por encima de la presión atmosférica se refiere a la presión medida como un factor que provoca cambios en la presión desconocida y la presión atmosférica, es decir, El valor absoluto de la presión no cambia; a medida que aumenta la presión atmosférica, la presión disminuye y esta diferencia es mínima.

Sin embargo, para mediciones de alta presión, esta diferencia puede ignorarse.

Se sabe que el valor absoluto de la presión se puede suprimir aumentando el valor existente de la presión atmosférica en las lecturas del manómetro.

La presión se puede determinar aumentando el valor de presión atmosférica actual al valor del manómetro.

Presión Absoluta = Presión Manométrica + Presión Atmosférica.

#### **1.5.2.3 Presión Absoluta**

Es la presión de un líquido medido en relación con un vacío perfecto o cero absolutos. La presión absoluta es cero sólo cuando no hay colisiones entre moléculas. Esto indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña. El término surgió del hecho de que la presión atmosférica varía con la altitud y que los modelos de diferentes países suelen tener diferentes alturas sobre el nivel del mar. Por tanto, el término "absoluto" combina estos criterios.

#### **1.5.2.4 Presión Relativa**

Es la determinada por un elemento que mide la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se efectúa la medición. Hay que señalar que al aumentar o disminuir la presión atmosférica, disminuye o aumenta respectivamente la presión leída (puntos (B y B')), si bien ello es despreciable al medir presiones elevadas.

### 1.5.2.5 Vacío

Se refiere a presiones manométricas menores que la atmosférica, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, por diferencia entre el valor desconocido y la presión atmosférica existente. Los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cmHg), metros de agua, etc.

De la misma manera que para las presiones manométricas, las variaciones de la presión atmosférica tienen solo un efecto pequeño en las lecturas del indicador de vacío.

Sin embargo, las variaciones pueden llegar a ser de importancia, que todo el intervalo hasta llegar al cero absoluto solo comprende 760mmHg.

ser grandes.

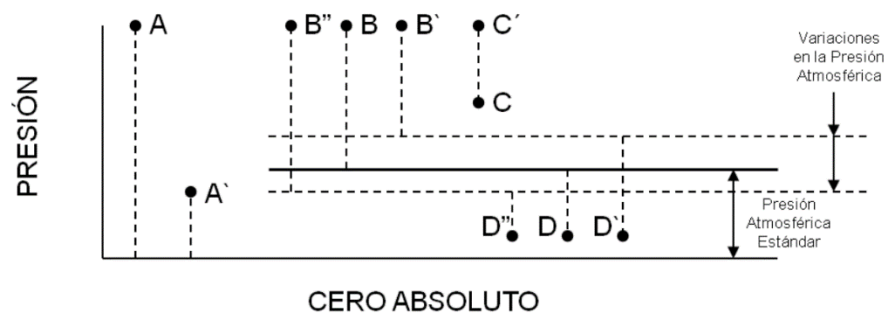


Fig.1- Clases de Presión

### 1.5.2.6 Medición de Flujo por presión Diferencial

Es la diferencia de presión que existe entre dos puntos, en donde el flujo posee diferentes velocidades. Este cambio de velocidad es causado por una disminución en el área estos tipos de medición de flujo diferencial pueden ser: por placa de orificio, boquilla de flujo, tubo Venturi o tubo de Pitot.

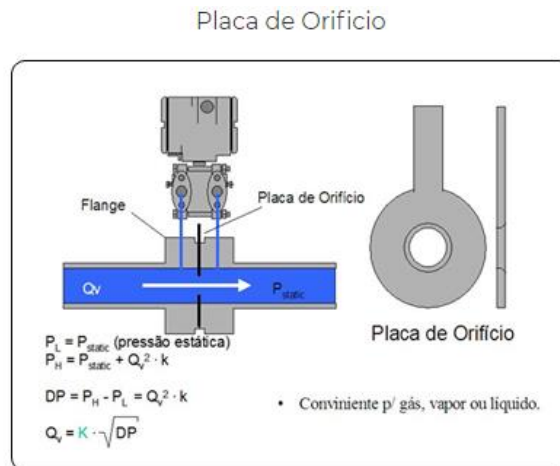


Fig. 2.- Medición de Flujo usando Placa de Orificio

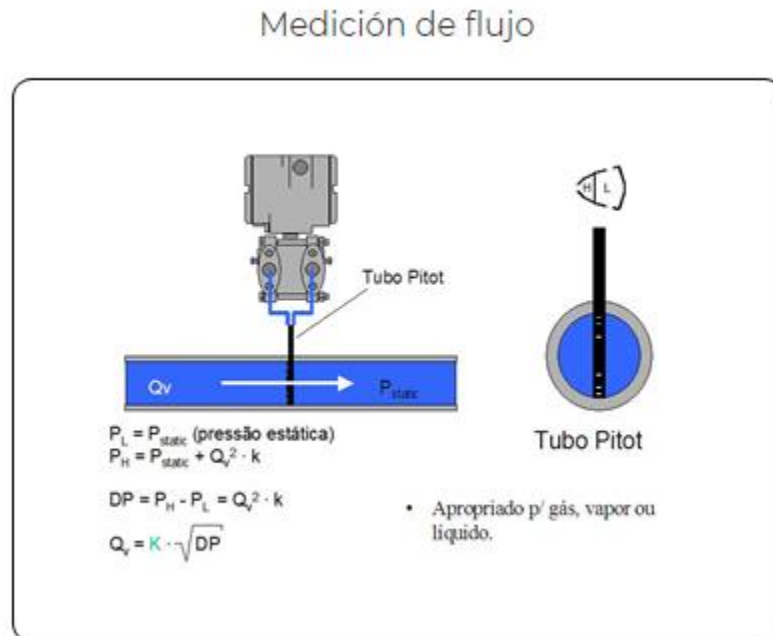


Fig. 3.- Medición de Flujo usando el tubo Pitot

### **1.5.2.7 Medición de nivel por Presión Diferencial**

Esta medición de nivel se ha utilizado durante mucho tiempo por varias razones. Debido a que los dispositivos DP son fáciles de instalar y configurar esta tecnología se puede utilizar tanto en tanques abiertos como cerrados. Dado que no es necesario instalar el sensor dentro del tanque, el bloqueo no es un problema y el mantenimiento del sensor no interrumpe el proceso.

El instrumento DP se puede utilizar en una variedad de aplicaciones de medición que incluyen medición de nivel, presión manométrica, Para medir el nivel con el DP, la presión en los nodos de alta y baja presión se transmite al transmisor DP. Esto suele lograrse utilizando un sello de membrana remoto con una línea de pulso capilar. Los tipos mostrados se utilizan en una variedad de aplicaciones y, por lo tanto, tienen ventajas y desventajas.

La línea de impulso es un tubo de metal duro que permite la interacción directa del medio de proceso con la carcasa del sensor DP. La línea de impulso es fácil de instalar en el campo, tiene un tiempo de respuesta rápido a los cambios de nivel, proporciona una precisión excelente en las mediciones de nivel de PD y protege el transmisor de temperaturas extremas del líquido que pueden acumularse en el tanque. Sin embargo, el fluido en la línea de impulso puede causar problemas, principalmente debido a cambios de viscosidad debido a cambios en la temperatura ambiente, lo que puede provocar errores en las mediciones de presión y nivel. Si la temperatura ambiente es demasiado baja, el líquido puede congelarse y los resultados de la medición se perderán por completo. Las tuberías de impulso se pueden aislar, pero esto aumenta el coste y el mantenimiento. Cuando se usan con tanques cerrados, las líneas de impulso están disponibles en configuraciones de pata seca o húmeda. Estas configuraciones son susceptibles a inexactitud de medición debido a la recolección de condensado en las patas secas o a la evaporación que causa una pérdida de fluido en las patas mojadas. Tales utilizaciones necesitan un mantenimiento normal para confirmar la confianza de la medición. Además, las líneas de impulso son tubos metálicos, por lo que son dificultosos de instalarlos en áreas confinadas, específicamente cuando están apartados.

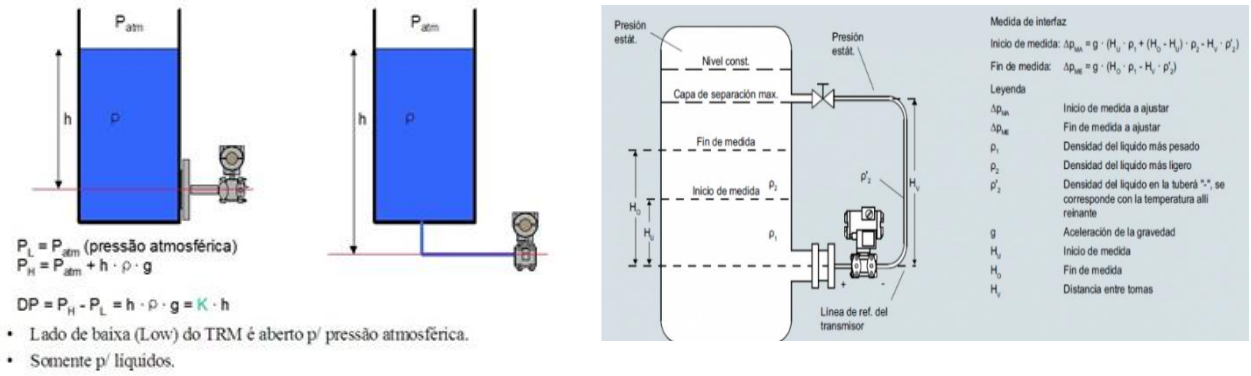


Fig. 4. Medición de nivel con DP con Tanque Abierto y Tanque Cerrado



Fig. 5.- Los sellos a diafragma remotos.

### 1.5.2.8 Variador de Frecuencia ACS310

La unidad seleccionada para este proyecto es el ACS310 para control de procesos, y el ahorro energético es su principal característica. En este caso, la velocidad del motor se controla para que el motor no gire a una velocidad superior a la necesaria.



**Fig. 6.-** Variador de Velocidad ACS 310

### 1.5.2.9 Motor Trifásico de 3HP

El módulo de control de nivel está equipado con una bomba centrífuga Pentax con caudales de 30 a 120 l/min.

El accionamiento de una bomba centrífuga consta de un impulsor que gira dentro de una carcasa circular. El fluido ingresa a la bomba cerca del centro del impulsor y es transportado hacia arriba por la fuerza centrífuga. La energía cinética del fluido aumenta desde el centro del rotor hasta la punta de la pala. Esta altura de velocidad se convierte en altura de presión cuando el fluido sale de la bomba.



**Fig. 7.-** Motor Trifásico de 3HP

**Tabla 1. Datos técnicos del Motor Trifásico**

<b>BOMBA CENTRIFUGA 3 HP TABLA TÉCNICA</b>			
<b>MARCA</b>	<b>SALMSON</b>	<b>TIPO / BOMBA</b>	<b>MULTIETÁPICA HORIZONTAL</b>
<b>MODELO DE EQUIPO</b>	<b>ELECTROBOMBA MULTI-H 803N XV-T/6-2.2KW</b>		
<b>CÓDIGO</b>	<b>IBSM0041</b>		
<b>DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE</b>		<b>CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA BOMBA</b>	
Líquido a bombear: Viscosidad:	Agua 1	Caudal (lps):	3.0
Temperatura fluido (°C):	95	A.D.T. (mca):	35.0
Gravedad específica: Porcentaje de sólidos (%): Nivel de pH:	1 0	Eficiencia (%):	60.0
Temperatura ambiente (°C):	7	Potencia absorbida (Hp):	2.3
Altitud (msnm):	20	Potencia absorbida máxima (Hp):	3.0
Caudal (lps):	1,000	Velocidad de operación (rpm):	3,500 NPSH requerido (m):
A.D.T. (mca):	3.0	Consumo de aire (scfm):	
NPSH disponible (m):	30.0	Presión de aire (psi):	
		Stroke por minuto (spm):	
<b>DATOS BOMBA</b>		<b>MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b>	
Procedencia: Montaje:	Francia Horizontal Monoblock 1.1/2 pulgadas 1.1/4 pulgadas Rosca NPT	Carcasa:	Acero inoxidable AISI 316L
Configuración de la bomba:	3,500	Impulsor:	Acero inoxidable AISI 316L
Diámetro de succión: Diámetro de descarga: Tipo de conexión:		Eje de bomba:	Acero inoxidable AISI 316L
Velocidad (rpm):		Bocina:	Carburo de tungsteno
		Estator:	
		Rotor:	
		Cámara de bombeo:	
		Diafragma(s):	
		Cabezal:	
		Engranajes:	
		Rodillos:	
		Mangueras:	
		Asientos:	
		Válvulas:	
<b>SELLO DE LA BOMBA</b>		<b>SISTEMA DE TRANSMISIÓN</b>	
Tipo de sello: Marca:	Mecánico Burgmann o similar Monoresorte	Tipo:	
Configuración:	Carbón / Carburo de tungsteno / Viton	Marca:	
Materiales:		Modelo:	
<b>ACCIONAMIENTO</b>		<b>BASE ESTRUCTURAL</b>	
Tipo: Marca: Modelo:	Motor eléctrico Salmson o similar Alta eficiencia	Modelo:	
Potencia nominal (Hp): Velocidad nominal (rpm): Tipo de montaje:	3 (2.2 KW) 3,500	Material:	
Aislamiento:	Horizontal F	Guardacople:	
Frame: Voltaje: Fases:	-		
Frecuencia (Hz):	220/380/460 V 3 (trifásico) 60		

#### 1.5.2.10. – Pulsador para arranque y paro de Motor

El módulo de control de nivel cuenta con pulsadores de encendido y para permitir el paso de la corriente eléctrica de manera momentánea.



**Fig. 8.-** Pulsador de paro y marcha


#### 1.5.2.11 – Válvula de Control Neumático con Comunicación HART (SAMSON)

Las válvulas de control son elementos diseñados para mantener variables de proceso reguladas en un circuito de control de proceso.



**Fig. 9.-** Válvula de control Neumático

**Tabla2. Datos técnicos de la Válvula de Control**

Item no.	1	Tag no.				
Process medium	Water	State of medium at inlet:	liquid			
						
<small>Valve Sizing Version 9.0.16.3</small>						
Process and medium data		Case 1	Case 2	Case 3		
Flow	Q [gpm]	7	13	18		
Inlet pressure	p1 [psi(g)]	38	38	53		
Outlet pressure	p2 [psi(g)]	20	20	25		
Inlet temperature	t1 [°C]	70	70	70		
Density	rho1 [kg/m³]	978	978	978		
Vapor pressure	pv [bar(a)]	0.312	0.312	0.312		
Critical pressure	pc [bar(a)]	221	221	221		
Viscosity	eta [mPas]	0.404	0.404	0.404		
Results and factors						
<b>Valve coeff. calculated</b>	<b>Kv</b>	<b>1.42</b>	<b>2.69</b>	<b>3.01</b>		
Min. req. size	Req. DN [mm]	10.6	14.5	17.0		
Outlet velocity	w [m/s]	2.50	4.64	6.43		
<b>SPL VDMA 24422 mod.</b>	<b>LA [dB(A)]</b>	<b>33</b>	<b>37</b>	<b>43</b>		
relative travel	T [%]	34.5	66.1	74.0		
Different. pressure ratio	xF	0.37	0.37	0.44		
FL value	FL	0.93	0.90	0.90		
xFmr value	xFmr	0.70	0.70	0.70		
Valve style factor	Fd	0.23	0.34	0.37		
xFz value at load	xFz	0.60	0.52	0.50		
Level exponent	F1	-7.37	-7.32	-7.31		
Slope exponent	F2	0.30	0.30	0.30		
Correct. term	delta Lf [dB]	0	0	0		
Valve data						
<b>Body type</b>			<b>Globe valve</b>			
<b>Valve coefficient</b>	<b>Cv</b>	5		<b>Type</b>	3241	
<b>Nominal size</b>	<b>DN ["]</b>	1/2"		<b>Body material</b>	A351 CF8	
<b>Pressure ratings</b>	<b>CLASS</b>	150		<b>Noise reduction</b>	without	
<b>Travel</b>	<b>S [mm]</b>	15		<b>Charact.</b>	Linear	
<b>Seat bore</b>	<b>SB [mm]</b>	12		<b>Flow direction</b>	FTO	
<b>Stem diameter</b>	<b>Sd [mm]</b>	10		<b>Balanced</b>	without	
<b>Internal parts material</b>				<b>Leakage rate</b>	IV	
<b>Packing</b>	PTFE (1.6)			<b>Bonnet</b>	Standard	
<b>Sealing</b>	metallisch					
Pipe data						
Type of pipe	Steel pipe	Pipe insulation	none	D1 [mm] 25	D2 [mm] 25	
cR [m/s] 5100		rho [kg/m³] 7900		d [mm] 28.5	s [mm] 2.6	
Actuator data						
<b>Type</b>			3277	<b>Fall-safe act.</b>	FC	
<b>Diaphr. area</b>	<b>A [cm²]</b>	120		<b>Bench range</b>	<b>ps0 [bar]</b>	0.2 to 1
(Defaults:	p1max [bar(a)] 4.7	p2min [bar(a)] 1.01	t1max [°C] 70)	<b>Supply</b>	<b>psu [bar]</b>	1.20
Actuator results						
req. act. force	Fo req. [kN]	0.17	req. diff. psu-ps100	d ps [bar]	0.05	
max. act. force	Fmax [kN]	25.92	Actuator force	Fa [kN]	0.24	
max. dp on plug	d. pmax [bar]	10.10	Close safety factor	Fa/Fo (SF)	1.43	
req. start bench range	ps0req. [bar]	0.15				

Item no. 1  
Process medium Water  
Tag no.  
State of medium at inlet: liquid

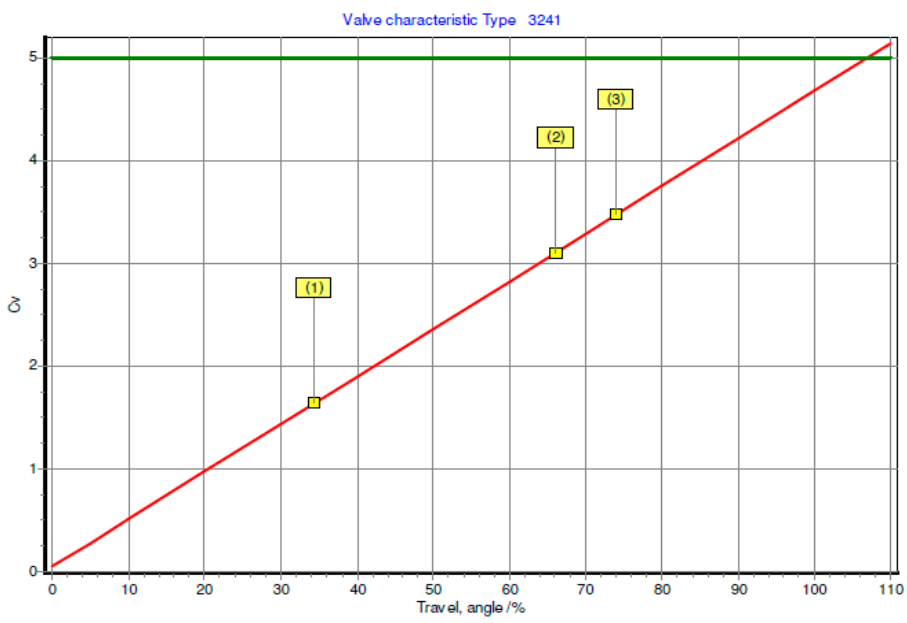


Fig. 10.- Grafica del comportamiento de la válvula de control

### 1.5.2.12 – Válvula Solenoide ON/OFF

Las funciones básicas son las mismas que las de las válvulas manuales. Sin embargo, dado que funciona eléctricamente, puede instalarse en lugares remotos y controlarse fácilmente con un simple interruptor eléctrico.

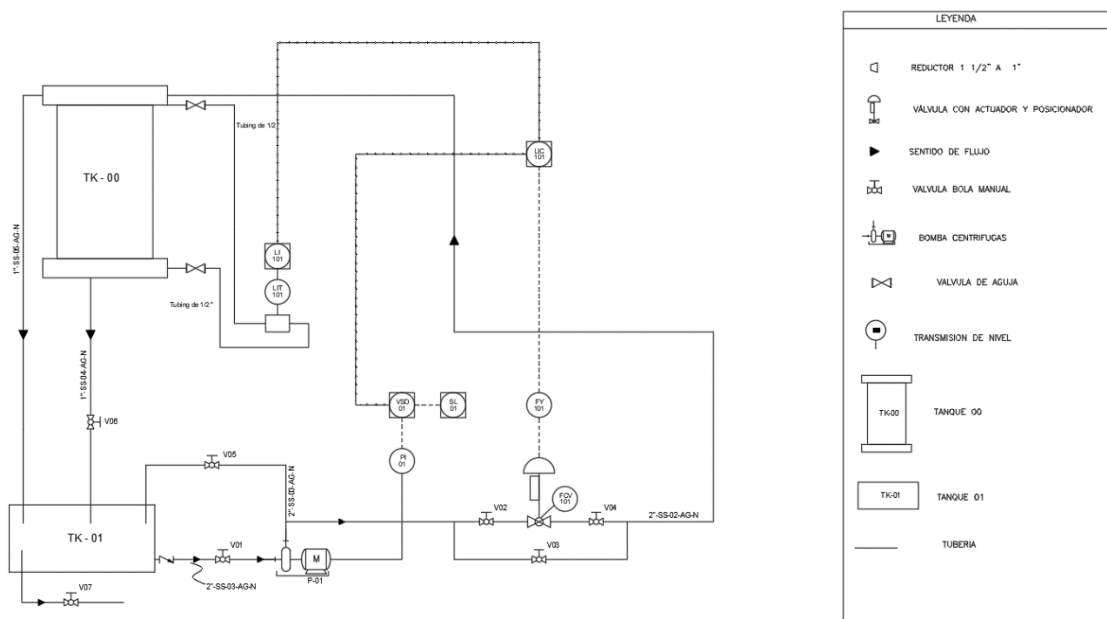


Fig. 11.- Válvula de control Neumático

**Tabla 3. - Características de la Válvula UFLOW(MNF532024DC)**

Parámetro	Especificación
Tensión nominal	24 vdc a 50/60 Hz
Potencia nominal	3 w
Presión de aire	2 a 8 bar
Conexión	Namur 1/4" inlet/outlet
Protección	IP66

**1.5.2.13- Diagrama P&ID del Sistema de Controla de Nivel**



**Fig. 12.- Diagrama P&ID del Proyecto**

#### 1.5.2.14- Diagrama de bloques del sistema de control de nivel

La Figura se muestra el diagrama de bloques del módulo de control de nivel. En ella se puede observar que hay una señal de realimentación obtenida por el sensor – transmisor de nivel, la cual es transmitida hacia el PLC para que a través de un algoritmo de control PID para regular la frecuencia de trabajo de la bomba centrífuga.

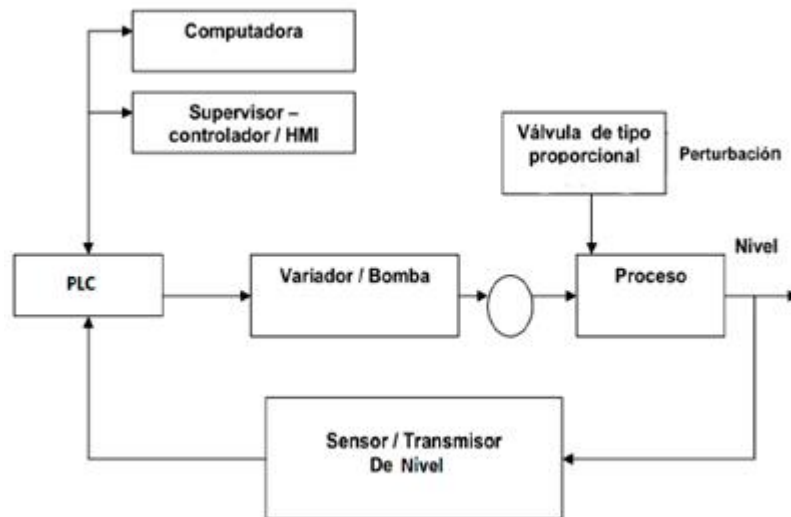


Fig. 13.- Diagrama Bloques del sistema de control

### 1.5.2.15 Transmisor de presión diferencial EJA110E (YOKOGAWA)

Según el modelo, el transmisor mide gases, vapores y líquidos agresivos, no agresivos y potencialmente peligrosos.

Se puede emplear en los siguientes tipos de medición:

- Presión relativa
- Presión absoluta
- Presión Diferencial

Con la configuración adecuada, también se puede utilizar para los siguientes tipos de mediciones:

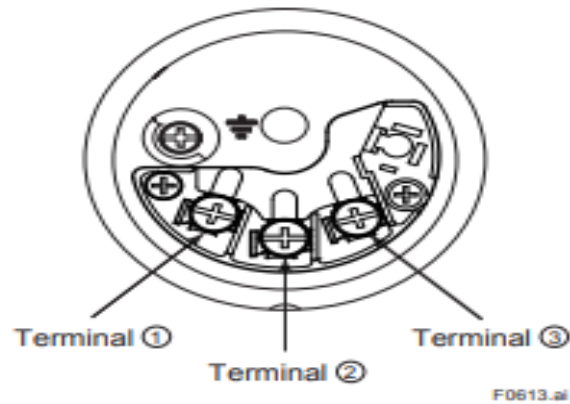
- Nivel de llenado
- Volumen
- Masa
- Flujo de volumen
- Flujo de masa

La señal de salida es una corriente continua aplicada de 4 a 20 mA. Los transmisores cuya ejecución de aparato contempla el tipo de protección "seguridad intrínseca" o "envolvente antideflagrante" se pueden montar en áreas con peligro de explosión. Los transmisores con separadores también están disponibles en distintas formas constructivas para casos de aplicaciones especiales. Un caso de aplicación especial, por ejemplo, es la medición de sustancias altamente viscosas.



**Fig. 14.-** Transmisor de Presión Diferencial (YOKOGAWA)

### 1.5.2.16 Conexión del Instrumento



- **Terminal Wiring for 4 to 20 mA output, FOUNDATION Fieldbus type, and PROFIBUS PA type.**

SUPPLY	+	①	] Power supply and output terminals
	-	②	
CHECK	+	③	] External indicator (ammeter) terminals <sup>*1*2</sup>
or	-	②	
ALARM	+	③	] Status contact output terminals <sup>*2</sup>
	-	②	
		⊥	Ground terminal

Fig. 15.- Conexión 4 a 20 mA

### 1.5.2.17 Indicaciones acerca del manejo del Instrumento

Para el uso de transmisores de presión se usan las siguientes reglas:

- El dispositivo aumenta siempre el valor numérico de forma incremental desde un punto específico hasta un valor mínimo.

Cuanto más mantenga presionado el botón, más alto aparecerá el siguiente punto más alto. Este método se utiliza para corregir números grandes de forma rápida y aproximada. Para realizar ajustes finos, suelte la tecla [ ↑ ] o [ ↓ ] nuevamente. Presione la tecla nuevamente. Si el valor medido es superior o inferior, esto se indica mediante una flecha [ ↑ ] o [ ↓ ] en la pantalla digital.

- Para utilizar el dispositivo con un teclado, debe desbloquear las teclas de control.

### 1.5.2.18 Configuración de Parámetros

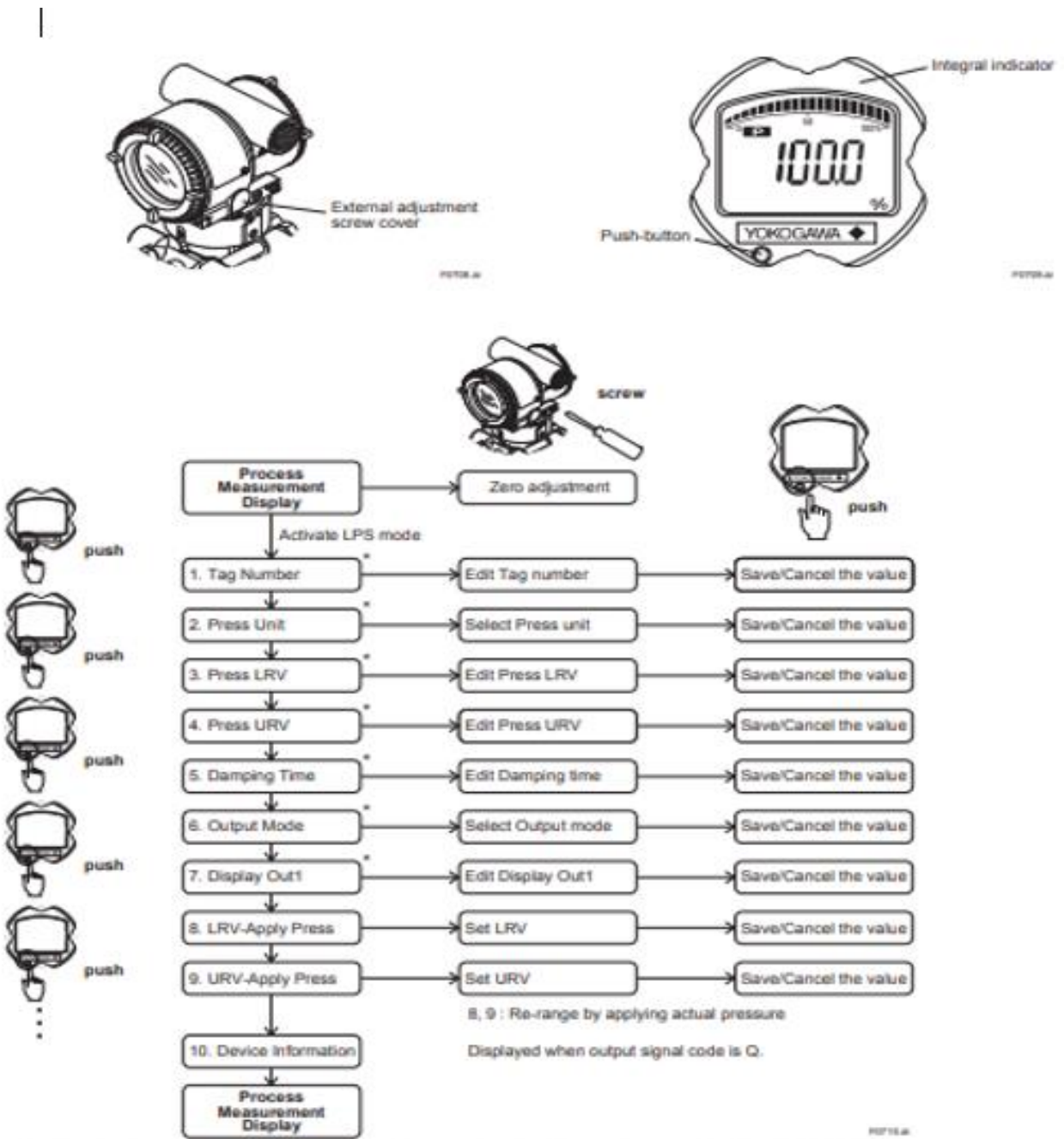
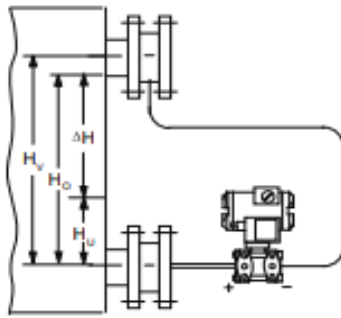


Fig. 16.- Configuración LRV, URV

### 1.5.2.19 Montaje de Instrumento

#### Modo de montaje E



Inicio de escala:

$$p_{IM} = \rho_{FL} * g * H_U - \rho_{ace} * g * H_V$$

Fondo de escala:

$$p_{IM} = \rho_{FL} * g * H_U - \rho_{ace} * g * H_V$$

#### Leyenda

$p_{IE}$	Inicio de escala
$p_{FE}$	Fondo de escala
$\rho_{FL}$	Densidad del fluido en el depósito
$\rho_{ace}$	Densidad del aceite de relleno en el tubo capilar hacia el separador
$g$	Aceleración de la gravedad
$H_U$	Nivel inferior
$H_O$	Nivel superior
$H_V$	Distancia de racor

Fig. 17.- Montaje en Tanque

### 1.5.2.20 Arquitectura interna de un autómata programable

Los PLC son máquinas industriales programables (autómata programable industrial API) porque se basan en sistemas de microprocesadores equipados con hardware estándar e independiente del proceso controlado. Se aplica a estos procesos a través de programas (software) específicos del usuario, escritos en un lenguaje de programación y que contienen un conjunto de operaciones. Los programas propiedad del PLC o ejecutados y depurados por un dispositivo de programación externo se escriben en la memoria del programa del PLC para su ejecución por la unidad central de procesamiento (CPU) del PLC.

Se realizan una serie de operaciones del programa en las señales de entrada y salida del proceso y se envían al bus interno del PLC a través de la correspondiente interfaz de entrada/salida (E/S). El PLC controla la señal de salida según el programa de control prealmacenado en la memoria del programa según el estado de la señal de entrada. El tipo de interfaz de E/S varía mucho dependiendo de la naturaleza de las señales que se originan o se aplican al proceso (señales analógicas de tensión o corriente, pulsos de 0/5 V, 0/24V,



tensiones alternas 110V, 220 V, tensiones continuas 12/24/48V, etc). En la mayoría de API, el usuario define el número (hasta la capacidad permitida por el procesador), tipo y apariencia de interfaces, adaptándolas a las necesidades del proceso junto con el programa PLC.

**Fig. 18.-** Autómatas Programables

### 1.5.2.21 Familia S7-400

El S7-400 es un PLC ideal para tareas que implican grandes flujos de datos. La alta velocidad de procesamiento y el tiempo de actividad del controlador ayudan a reducir los tiempos de ciclo en máquinas de alta velocidad en todas las industrias. El S7-400 integra un bus de alta velocidad que permite una conversión eficiente de módulos periféricos centrales.

Las áreas de aplicación incluyen industrias de procesos, química y petroquímica, generación y distribución de energía, carpintería, fabricación textil, industria farmacéutica y de alimentos y bebidas. Industria del automóvil, construcción de maquinaria, incluida la construcción de maquinaria especial, almacenamiento y recarga, automatización de edificios, industria siderúrgica.

La programación de este controlador se realiza a través del TIA portal.



**Fig. 19.- S7-400**

### 1.5.2.22 Vista de hardware

Rotulación de la denominación del módulo, versión, número de referencia abreviado y versión de firmware

Indicadores LED INTF, EXTf, BUS1F, BUS2F, IFM1F, FRCE, RUN, STOP

Slot para la tarjeta de memoria

Selector de modo

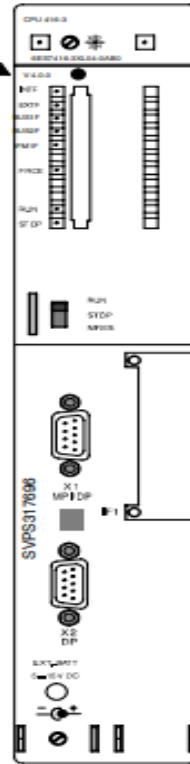
Bajo la tapa protectora

Interfaz MPI/PROFIBUS-DP

Número de serie

Interfaz Profibus-DP

Bajo la tapa protectora



Bajo la tapa protectora

Compartimento para módulo interface

Data Matrix Code

**Tabla 4.-** Estados de Led del PLC S7-400

LED	Color	Significado	Existente en la CPU			
			412-1	412-2 414-2 416-2	414-3 416-3	417-4
INTF	rojo	Error interno	x	x	x	x
EXTF	rojo	Error externo	x	x	x	x
FRCE	amarillo	Comando forzar activado	x	x	x	x
RUN	verde	Modo RUN	x	x	x	x
STOP	amarillo	Modo STOP	x	x	x	x
BUS1F	rojo	Error de bus en la interface MPI/PROFIBUS-DP 1	x	x	x	x
BUS2F	rojo	Error de bus en la interface MPI/PROFIBUS-DP 2	-	x	x	x
IFM1F	rojo	Error en el módulo interface 1	-	-	x	x
IFM2F	rojo	Error en el módulo interface 2	-	-	-	x

LED		Significado
RUN	STOP	
E	A	La CPU se encuentra en estado RUN.
A	E	La CPU se encuentra en estado STOP. No está procesándose el programa de aplicación. Son posibles la reiniciación y el arranque en caliente/rearranque. Si el modo STOP fue originado por un error, está activada además la indicación de anomalía (INTF o EXTF).
B 2 Hz	B 2 Hz	CPU en modo DEFECT. Parpadean adicionalmente los LED INTF, EXTF y FRCE.
B 0,5 Hz	E	El modo PARADA fue originado por una función de prueba.
B 2 Hz	E	Se inició un arranque en caliente/rearranque/reiniciación. Según la longitud del OB solicitado, puede transcurrir un minuto o más hasta que se ejecute el arranque en caliente/rearranque/reiniciación. Si la CPU tampoco pasa ahora a RUN, podría haber p.ej. un error en la configuración de la instalación.
x	B 0,5 Hz	La CPU solicita un borrado total.
x	B 2 Hz	Borrado total ejecutándose.

A = LED apagado; E = LED encendido; P = LED parpadea a la frecuencia indicada; x = El estado del LED carece de importancia

### 1.5.2.23 Status del CPU

LED		Significado
RUN	STOP	
E	A	La CPU se encuentra en estado RUN.
A	E	La CPU se encuentra en estado STOP. No está procesándose el programa de aplicación. Son posibles la reiniciación y el arranque en caliente/rearranque. Si el modo STOP fue originado por un error, está activada además la indicación de anomalía (INTF o EXTF).
B 2 Hz	B 2 Hz	CPU en modo DEFECT. Parpadean adicionalmente los LED INTF, EXTF y FRCE.
B 0,5 Hz	E	El modo PARADA fue originado por una función de prueba.
B 2 Hz	E	Se inició un arranque en caliente/rearranque/reiniciación. Según la longitud del OB solicitado, puede transcurrir un minuto o más hasta que se ejecute el arranque en caliente/rearranque/reiniciación. Si la CPU tampoco pasa ahora a RUN, podría haber p.ej. un error en la configuración de la instalación.
x	B 0,5 Hz	La CPU solicita un borrado total.
x	B 2 Hz	Borrado total ejecutándose.

A = LED apagado; E = LED encendido; P = LED parpadea a la frecuencia indicada; x = El estado del LED carece de importancia

LED		Significado
IFM1F	IFM2F	
E	x	Se detectó un error en la interface de módulo 1.
x	E	Se detectó un error en la interface de módulo 2.
B	x	Maestro DP: Uno o varios esclavos en el módulo de interface PROFIBUS-DP enchufado en el receptáculo 1 no responden. Esclavo DP: No es activado por el maestro DP.
x	B	Maestro DP: Uno o varios esclavos en el módulo de interface PROFIBUS-DP enchufado en el receptáculo 2 no responden. Esclavo DP: No es activado por el maestro DP.

E = LED encendido; P = LED parpadea; x = El estado del LED carece de importancia

### 1.5.2.24 Indicadores de Error

Los tres LED INTF, EXTF y FRCE en la placa frontal de cada CPU señalizan los errores y peculiaridades al ejecutarse el programa de aplicación.

LED		Significado
IFM1F	IFM2F	
E	x	Se detectó un error en la interface de módulo 1.
x	E	Se detectó un error en la interface de módulo 2.
B	x	Maestro DP: Uno o varios esclavos en el módulo de interface PROFIBUS-DP enchufado en el receptáculo 1 no responden. Esclavo DP: No es activado por el maestro DP.
x	B	Maestro DP: Uno o varios esclavos en el módulo de interface PROFIBUS-DP enchufado en el receptáculo 2 no responden. Esclavo DP: No es activado por el maestro DP.

E = LED encendido; P = LED parpadea; x = El estado del LED carece de importancia

### 1.5.2.25 Selección de Modos



Los LED BUSF1 y BUSF2 señalizan errores relacionados con las interfaces MPI/DP y PROFIBUS-DP.

LED		Significado
BUS1F	BUS2F	
E	x	Se detectó un error en la interface MPI/DP.
x	E	Se detectó un error en la interface PROFIBUS-DP.
B	x	Maestro DP: Uno o varios esclavos en la interface PROFIBUS-DP 1 no contestan. Esclavo DP: No es activado por el maestro DP.
x	B	Maestro DP: Uno o varios esclavos en la interface PROFIBUS-DP 2 no contestan. Esclavo DP: No es activado por el maestro DP.

E = LED encendido; P = LED parpadea; x = El estado del LED carece de importancia

Boton	Significado	Explicacion
RUN	RUN mode	El CPU ejecuta el programa de Usuario
STOP	STOP mode	El CPU no ejecuta ningun Programa
MRES	Reseteo de memoria	El reset de la memoria de requiere una secuencia de operacion especifica.

### 1.5.2.26 Arquitectura, Configuración del PLC y Módulos de Interfaz

La configuración de un PLC, llamada arquitectura interna, es básicamente la misma que la de todos los sistemas de microprocesadores: CPU o unidad central de procesamiento, memoria de trabajo interna (RAM), memoria de programa (RAM, EPROM, EEPROM) e interfaces de entrada y salida conectadas al autobús interno. A su vez, tanto el procesador como la memoria del programa están conectados al bus interno. Las instrucciones del programa de usuario almacenadas en la memoria API se ejecutan secuencialmente para generar comandos o señales de control basadas en las señales de entrada leídas de la configuración.

Cuando se detecta un cambio de señal, el PLC reacciona según el programa hasta que recibe el comando de salida requerido. Esta secuencia de acciones se realiza de forma continua para obtener un control actualizado sobre el proceso.

Además de ejecutar las instrucciones del programa, el PLC realiza diversas tareas (verificación del procesador y la memoria, verificación de la protección del reloj, etc.) para garantizar un correcto funcionamiento. La fase o ciclo operativo consta principalmente de los siguientes pasos:

1. Pruebas del sistema.
2. Lectura de la señal de la interfaz de entrada.
3. Escritura de señales en la interface de salida.

La lectura y escritura de entradas y salidas se produce simultáneamente, lo que reduce el tiempo de acceso a la interfaz de E/S. Los resultados o señales de control se almacenan en otra memoria temporal o, cuando se reciben, en una imagen de salida, que

es una memoria temporal o una imagen de entrada a la que accede la CPU durante la ejecución del programa.

Cuando el programa termina de ejecutarse, los resultados se envían inmediatamente a la interfaz de salida. Además de los cuatro pasos descritos anteriormente, el PLC puede comunicarse con periféricos externos, como enviar datos a una impresora, comunicarse con otro PLC o computadora, o conectarse a un dispositivo de programación.

La repetición periódica de operaciones anteriores no permite que el autómata responda a eventos en tiempo real, pero define un ciclo de trabajo que requiere ejecución durante un período de tiempo determinado (dependiendo del número de entradas y salidas y de la duración del programa). Encontrado en un sistema externo esta sincronización es muy importante si el PLC está diseñado para controlar procesos rápidos con señales muy cortas o frecuencias de conmutación altas.

El retardo proporcionado por la entrada o salida depende del filtrado de la señal (filtro de paso bajo) y del tiempo de respuesta del interruptor (relé, transistor, etc.) o DAC. Los rangos típicos de retardo de entrada están entre 10 ms y 100 ms, pero hay PLC disponibles que permiten configuraciones de tiempo de filtrado más pequeñas.

Normalmente, la frecuencia máxima de la señal de entrada está limitada entre 100 Hz y 10 Hz, por lo que las señales con frecuencias superiores al tiempo de filtrado o con períodos  $T$  inferiores al tiempo de filtrado no se leen en la entrada estándar del controlador. Los problemas de retraso anteriores se pueden reducir de las siguientes maneras:

- Para entradas con entradas de proceso rápidas: filtrado débil en combinación con programas de ejecución rápida, entradas de detección de bordes o entradas de contador rápidas.
- Para el tiempo de procesamiento del programa: escriba subprogramas rápidos que estén conectados a los elementos de procesamiento rápido del programa principal y se activen periódicamente.
- Para las salidas: Utilice elementos semiconductores en sustitución de relés electromecánicos.

En general, se dice que las máquinas pueden controlar el proceso en tiempo real si el tiempo de respuesta o retraso es muy pequeño en comparación con el tiempo de respuesta.

#### **1.5.2.27 Módulos de Entradas y Salidas**

Existen muchos sistemas de automatización industrial que requieren bucles de retroalimentación para realizar un control de bucle cerrado con un control preciso y rápido. El circuito de retroalimentación es alimentado por una cantidad de dispositivos de control (entradas) que son recibidos por un sensor o transductor y cuya salida debe aplicarse a un circuito llamado interfaz para su procesamiento por parte del controlador. Por otro lado, la débil señal de control producida por el interruptor normalmente necesita ser amplificada antes de actuar sobre la parte de potencia del dispositivo. El último elemento que trabaja en la sección de potencia del sistema se llama drive, y el elemento intermedio que interpreta y amplifica las señales de control se llama predrive. Al controlar un proceso debe tener lugar un diálogo (diálogo hombre-máquina) entre el operador y la máquina controlada y entre el control y la máquina controlada.

Si aplicamos lo anterior a un autómatas, significa que este recibe una serie de comandos, llamados entradas, y una señal de retroalimentación. Por otro lado, el operador debe conocer ciertos datos sobre el avance del proceso y el dispositivo debe recibir ciertos comandos para controlarlo. Todos estos comandos se denominan salidas.

El conjunto completo de entradas y salidas (E/S) se denomina comúnmente “funciones de diálogo operador-máquina y máquina-controlador”. Tanto las entradas como las salidas pueden consistir en señales on-off (finales de carrera, electroválvulas, etc.), señales analógicas (velocidad, temperatura, presión) y señales digitales (contadores).

Una característica eficiente e importante de los controladores lógicos programables en comparación con otros controladores digitales es que tienen bloques de interfaz de E/S muy potentes que permiten la conexión directa a sensores y actuadores de proceso. Por lo tanto, se puede lograr un alto nivel de confiabilidad y disponibilidad del sistema mediante la selección adecuada de interfaces de entrada/salida. Teniendo en cuenta lo anterior, es habitual que sistemas de control complejos que contienen un ordenador central con gran potencia de cálculo utilicen un controlador programable como elemento de interfaz con el proceso industrial.

Además de los tipos de interfaz que intervienen en el propio proceso industrial, existen otros tipos de interfaz que se dedican a funciones específicas e incluso incluyen su propia CPU.

Además de las interfaces digitales y analógicas estándar disponibles para todas las series de PLC, existen otros tipos de las llamadas interfaces especiales que ciertamente pueden integrarse en el PLC básico en forma de placas o módulos en máquinas de gama media y alta.

Estas interfaces especiales le permiten conectarse a elementos o procesos específicos de su instalación, realizando una amplia gama de funciones, incluyendo el control de señales específicas (códigos binarios, pulsos, pequeñas señales analógicas, etc.), su configuración (PID, comparadores, controles digitales). ). ). SCADA (visualización y control sinóptico), posicionamiento de ejes, contadores de alta velocidad, etc. Las interfaces dedicadas se pueden dividir en interfaces de E/S dedicadas, dispositivos de E/S inteligentes y periféricos inteligentes según la función que realizan.

Las interfaces de E/S dedicadas son similares a las interfaces estándar, pero manejan señales específicas según su formato o aplicación, pero no gestionan variables de configuración. El procesamiento de señales está predefinido y el usuario no puede cambiarlo. El usuario puede responder a los modos de funcionamiento o a algunas configuraciones de la tarjeta sólo a través de instrucciones del programa o microinterruptores externos.

La interfaz de E/S inteligente incluye un control maestro que proporciona múltiples modos de configuración programables y permite configurar bucles de control ON-OFF ajustables de fábrica para que funcionen de forma transparente para el procesador utilizando señales binarias nativas del tablero de control central. Los comandos y controles necesarios se transmiten a estas interfaces a través de la CPU y los programas de usuario.

Este flujo de trabajo reduce la carga de la CPU y mejora el direccionamiento al acceder a señales de E/S que no necesitan aparecer en la memoria de imágenes. Finalmente, los periféricos inteligentes son tarjetas o módulos que tienen su propio procesador, memoria y puntos de E/S adicionales. Estos procesadores contienen de forma nativa programas específicos de tareas o intérpretes de programas que solo necesitan establecer valores de referencia y parámetros de aplicación y ejecutar programas de control de forma autónoma sin intervención de la CPU principal.

En comparación con las interfaces de E/S inteligentes, los procesadores periféricos ampliamente utilizados requieren mucha más información para determinar las condiciones ambientales y de aplicación y las condiciones operativas (respuesta a medida que evoluciona el proceso), además de la configuración periférica. E instrucciones a seguir. Todos los valores anteriores, que en última instancia no programan la tarjeta, sino que la parametrizan, se denominan programas de interfaz y se pasan desde la CPU principal o programador a los periféricos. Las tareas realizadas por una interfaz especial pueden ser realizadas por un programa de usuario en el procesador principal, pero la especialización evita o reduce problemas tales como: a) Algunas operaciones de E/S de PLC estándar a veces pueden bloquearse debido a errores. , señales especiales que requieren un procesamiento especial por sus características (por ejemplo, tiempo de respuesta), b) aumentan la complejidad de la programación, c) aumentan el tiempo de ciclo de la máquina, lo que ralentiza el proceso de respuesta y crea dificultades en la operación. Procesamiento rápido de señales.



**Figura 20.-** Modulo de Entrada Analógica (6es7 331-7tf01-0ab0)

#### **1.5.2.28 Control análogo**

De las pruebas realizadas con el control análogo se puede apreciar que no es posible reducir los tiempos de establecimiento, simplemente ubicando los polos del sistema compensado adecuadamente en el semiplano izquierdo, fundamentalmente por la limitación del caudal de la bomba. Cuando se produce el llenado del tanque o cuando existe un cambio en la referencia (aumenta la altura de referencia) la bomba se satura y entrega su caudal máximo, manteniendo esta situación hasta cuando la altura del nivel real llega cerca del nivel de referencia en la cual el sistema se comporta en forma lineal (no existe saturación) y el control actúa en forma normal en base a los parámetros prefijados.

Un problema similar se tiene cuando se produce un cambio en la referencia que disminuye el nivel del tanque, también se tiene el comportamiento no lineal, pues la bomba deja de

trabajar, y el tiempo de establecimiento va a estar dado por el caudal de salida a través de la válvula.

Por esta razón en el diseño de los parámetros del control PID se trabaja con una localización de polos cercano al origen, típicamente  $-0.2$ , ya que por limitación de la bomba y válvula no se puede acelerar el tiempo de establecimiento.

Así mismo, se trabaja con ganancias bajas, ya que el control funciona con un voltaje de la bomba entre 3 y 5 V en el rango lineal y al triplicar la ganada ya se produce saturación de la bomba. Adicionalmente cabe señalar que la válvula debe estar totalmente abierta (para el sistema de primer orden).

Estas limitaciones de bomba y válvula no afectan al funcionamiento del sistema de primer orden, por lo que este control es satisfactorio, claro está que si se manejara un mayor rango de caudales en la bomba y en la válvula se podría acelerar el tiempo de respuesta.

Las limitaciones señaladas si inciden en el control del sistema de segundo orden.

Aquí adicionalmente se tiene el efecto de la válvula entre los dos tanques que tiene similares características a la válvula de desfogue, además el efecto de no censar la altura en el tanque No.2 no permite un adecuado control. Este hecho es definitivamente exagerado en el sistema de tercer orden.

#### **1.5.2.29 Programación**

Los dispositivos de automatización son máquinas electrónicas que combinan elementos de hardware que son capaces de comunicarse físicamente con un proceso para:

- a) Recibir desde el proceso algunas variables (analógicas o digitales) que determinan su estado y que se denominan señales de entrada.
- b) Enviar otras variables que modifiquen tal estado en un determinado sentido, y que se denominan señales de salida.

Por su condición de programable, es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómata para:

- a) Establecer mediante una secuencia de instrucciones (programa), cuál ha de ser la ley general de mando. De la ejecución de tal programa se obtienen las señales de salida o de control.
- b) Intervenir, esporádica o continuamente sobre el proceso a efectos de informarse de su estado o de modificar su evolución.

Al apartado a) se le denomina programación del autómeta y a la secuencia de instrucciones programa de la aplicación.

Al apartado b) se le llama comúnmente explotación de la aplicación, mediante la cual se pueden modificar ciertos parámetros (consignas, tiempos, módulos de cuenta, etc.), pero no modificar el programa.

Las intervenciones sobre la planta se realizan normalmente mediante el autómeta, si bien en casos de fuerza mayor (parada de emergencia por motivos de seguridad), el operador puede actuar directamente sobre el proceso.

El intercambio de información entre autómeta y proceso corre a cargo de las interfaces de E/S, en tanto que la comunicación con el operador para programación/explotación requiere de un software que haga de intérprete entre el sistema real y los deseos del usuario.

De este modo puede decirse que este software es "el conjunto de programas que posibilitan la utilización del hardware para el control y la explotación de las aplicaciones".

De acuerdo con la anterior definición, las herramientas de software son clasificables como:

- a) Sistemas operativos residentes en el propio autómeta que tienen la misión de establecer las secuencias de intercambios de información, interpretar y ejecutar las instrucciones del usuario y vigilar el correcto funcionamiento del equipo, y b) Software de edición/depuración de programas, que permite al usuario introducir su propio programa sobre soportes físicos tipo cinta, disco, etc., modificarlo para perfeccionarlo, obtener la documentación que se precise del proceso y, en su caso sacar copias de seguridad.

Según los casos, el software de edición/depuración puede ser residente, es decir está instalado en la máquina o, es instalable sobre un terminal denominado unidad de programación que a su vez puede ser autónoma o dependiente de la CPU. Las misiones de la unidad de programación son fundamentalmente: a) Permitir la edición, depuración y modificación del programa y, b) Servir de interface física entre el usuario y el autómeta, a fin de poder transferir programas y realizar la supervisión y el control del equipo.

Las instrucciones u órdenes que el usuario introduce en el programa han de ser entendibles por el autómata, es decir que han de ser codificadas mediante los lenguajes de programación y explotación prefijados por el fabricante.

Por tanto, el lenguaje de programación puede definirse como "el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómata las leyes de control que desea". Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como "el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, puede enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable".

En esencia, el usuario introduce su secuencia de instrucciones (programa) en la unidad de programación, en un lenguaje que entienden ambos. La unidad de programación compila (convierte) las instrucciones del programa a unos códigos binarios, únicos que entiende el autómata (código máquina del autómata) y los almacena en la memoria.

Finalmente, el sistema operativo residente interpreta tales códigos binarios para activar los recursos físicos que requiere la ejecución del programa (procesador, interfaces E/S, etc.).

En la tarea de programación del autómata, es decir de establecer el programa a introducir en la unidad de programación, han de seguirse los siguientes pasos:

1. Establecer mediante un diagrama de flujo, una descripción literal o gráfica (GRAFSET, RdP, etc.) que indique qué es lo que se quiere que haga el sistema y en qué orden.
2. Identificar las señales de E/S del autómata.
3. Representar de forma algebraica (instrucciones literales o de textos) o gráfica (símbolos gráficos) un modelo del sistema de control con las funciones que intervienen, con las relaciones entre las mismas y con la secuencia a seguir.
4. Asignar a cada uno de los elementos que figuran en el modelo direcciones de E/S o internas.
5. Codificar la representación del paso 3 en instrucciones o símbolos entendibles por la unidad de programación (lenguaje de programación). Cada instrucción del programa consta de dos partes: el código de operación, que dice qué se ha de hacer y el código de los operandos (identificados por su dirección) que dicen sobre qué variables, o constantes, se ha de operar.

6. Transferir el conjunto de instrucciones escrito en la unidad de programación a la memoria del autómata.
7. Depurar, poner a punto el programa y guardar una copia de seguridad.

En cuanto a los lenguajes de programación a utilizar: literales o gráficos ha de decirse que depende de la aplicación a que se destina e incluso de la costumbre o hábito del programador. No obstante, seguidamente se comentan las características fundamentales de ambos:

- Lenguajes literales: Formados por instrucciones elementales del programa, cada una de las cuales es una secuencia de textos. Las instrucciones disponibles dependen de la complejidad del lenguaje y van desde muy sencillas funciones lógicas (AND, OR, NOR) hasta las estructuras complejas de programación de alto nivel (FOR...NEXT, DO, WHILE, etc.), o instrucciones de manipulación de textos y valores numéricos, o instrucciones de acceso a bloques secuenciales (TIM, CNT, etc.).
- Lenguajes gráficos: Tienen su origen en los esquemas eléctricos de relés y utilizan símbolos de contactos y bobinas para las instrucciones básicas y símbolos de bloques lógicos para las extensiones al lenguaje, con una potencia similar a la de los lenguajes literales de alto nivel y con la ventaja de visión de conjunto que proporciona la representación gráfica.

En la automatización de procesos usuales, de no mucha complejidad (cadenas de montaje, control de máquinas, etc.), puede utilizarse indistintamente un programa a base de lista de instrucciones o uno a base de diagrama de contactos, lenguajes básicos para la mayoría de autómatas. Tanto es así que varios fabricantes prevén en su software de programación sobre PC la posibilidad de transcodificación entre ellos con sencillas operaciones de compilación/des compilación.

Para aplicaciones complejas que requieran manipular largas cadenas de caracteres, realizar muchos cálculos, utilizar subrutinas o bloques de programación específicos (regulación PID, posicionamiento de ejes, control rápido, etc.), podría ser necesaria la utilización de lenguajes literales de alto nivel que también permiten programar sencillas sentencias booleanas o manejar contadores y temporizadores como listas de instrucciones.

La tendencia actual de los fabricantes en cuanto a los lenguajes de programación se centra en integrar los lenguajes antedichos en un lenguaje mixto que aúne la claridad de los

lenguajes gráficos para las funciones combinacionales y secuenciales con la compacidad de los literales para el manejo de textos y los cálculos matemáticos.

Para el logro del mencionado lenguaje mixto se ha de actuar en los siguientes campos:

- a) Potenciar el uso de estructuras de programación avanzada en los lenguajes gráficos (GRAF CET a menor nivel y RdP a nivel superior) y aumentar el número de las actuales instrucciones de expansión.
- b) Permitir el uso de instrucciones literales dentro de un programa gráfico, tratándolas como tales instrucciones dentro del programa o como subrutinas accesibles desde él.
- c) Desarrollar herramientas de edición con las que el usuario pueda almacenar sus sentencias en un bloque de expansión dentro de la librería disponible.

En definitiva y en lo referente a los lenguajes de programación, se prevé una evolución de los lenguajes gráficos en el sentido de hacerlos más potentes, más abiertos y de más fácil manejo por el usuario que, progresivamente podrá desarrollar sus aplicaciones sobre terminales tipo PC.

Los bloques funcionales, de mayor o menor complejidad, añaden al lenguaje básico instrucciones preprogramadas por el fabricante, de uso general en automatización (contadores, temporizadores, transferencias, registros, etc.) aumentando así la potencia de cálculo del autómata y simplificando su programación.

Tales bloques, que pueden introducirse en programas escritos en lenguajes literales, lenguajes de alto nivel y lenguajes gráficos, se clasifican en dos grupos en función de su forma de operar y su disponibilidad en el programa:

- Bloques secuenciales básicos: Aquellos que son de uso generalizado en todo tipo de autómatas, incluidos los de la gama baja (contadores, biestables, temporizadores y registros de desplazamiento).
- Bloques de expansión o funciones: Son los que hacen posible el tratamiento de variables numéricas y el registro de datos, con sentencias aritméticas (comparación, transferencias, etc.), aumentando así la potencia del lenguaje.

Los bloques secuenciales básicos se pueden considerar parte de los lenguajes básicos del autómata, en tanto que los bloques de expansión son extensiones de aquellos.

El usuario ha de adaptar los anteriores bloques funcionales a sus particulares necesidades fijando las condiciones de trabajo: nombre de los registros con los que desea operar (direcciones), valores de temporizaciones en los temporizadores, direcciones de origen y destino en las transferencias, etc.

Los bloques funcionales, en su caso más general hacen intervenir tres tipos de variables asociadas: a) Condiciones de operación (entradas).- Son las que definen la habilitación y control del bloque, b) Operandos de función.- Son aquellos sobre los que actúan las sentencias preprogramadas del bloque funcional, y c) Salidas asociadas cuyo estado depende de la ejecución del bloque.

A su vez, los operandos de función pueden ser: a) Parámetros iniciales que normalmente permanecen inalterados una vez fijados por programa o transferidos desde consola, y b) Datos de operación (constantes o variables expresadas en palabras de 8/16 bits y que muestran el estado de valores internos, E/S, resultados, etc.

Los datos (numéricos o alfanuméricos) que se usan como operandos pueden corresponder a:

- a) Constantes (números o caracteres ASCII) definidos en el programa.
- b) Textos preprogramados escritos en alguna unidad de memoria o dispositivo exterior.
- c) Variables numéricas (caso más usual) en: contadores o temporizadores (valores actuales), registros internos, canales de datos de 8/16 bits de E/S (p.e. resultado binario de una conversión A/D).

A pesar de que el usuario puede definir en su programa los anteriores datos en cualquier base (decimal, BCD, hexadecimal, etc), siendo que los datos internos que maneja el autómata son siempre binarios, han de ser convertidos automáticamente por el intérprete a tal base.

Según los fabricantes, un bloque funcional es considerado como elemento de un diagrama de contactos o como una sentencia literal en lista de instrucciones (con ciertas reglas de sintaxis).

Los programas de autómata para un proceso determinado pueden escribirse según estructuras monotarea y multitarea.

Si se define la tarea como "un conjunto de sentencias ejecutables que describen un tratamiento limitado y concreto sobre ciertas variables de un proceso", una estructura monotarea sobre una aplicación determinada es la que se desarrolla sobre una tarea única incluyendo la totalidad del programa, con todas sus variables de E/S y todas las sentencias de operación. Por el contrario, una estructura multitarea es aquella en que el programa está integrado por subprogramas, independientes o no, dando

lugar a tareas aisladas referidas a tratamientos parciales y particulares de la aplicación (Comunicaciones, supervisión, etc.).

Cuando la estructura es monotarea, la totalidad del programa (tarea única) se ejecuta periódicamente siguiendo un ciclo único de operación, en tanto que en estructuras multitarea se desarrollan varios ciclos a la vez durante la ejecución, uno por tarea, pudiendo además ejecutarse periódicamente o no las distintas tareas.

En cualquier caso, el ciclo de operación de cualquier tarea (tanto en estructuras mono como multi), recorre la típica secuencia de cuatro pasos:

1. Recogida de entradas.
2. Escrutinio del programa (de la tarea en operación).
3. Actualización de salidas

#### **1.5.2.30 Servicio a terminales de explotación y/o periféricos.**

Como puede verse, en una estructura multitarea cada tarea constituye una unidad de programación completa, con sus propias E/S, variables internas e instrucciones de control, lo cual permite optimizar la ejecución cuando se dispone de un hardware con varios procesadores adaptados a los distintos tipos de tratamiento de la información (tratamiento de textos, booleano, regulación, etc.). Como contrapartida, este hardware multiprocesador ha de ser coordinado por un gestor de recursos (software) que asegure a cada tarea el acceso a los mismos y evite la conflictividad en su uso compartido.

En efecto, el gestor de recursos es un ente software que puede ser parametrizado por el usuario a fin de fijar las prioridades de las tareas de su programa, y que dependiendo del fabricante puede correr sobre una CPU coordinadora (específica) o sobre la CPU principal.

Del mismo modo que los procesadores periféricos montados en bastidor pueden considerarse como parte de una misma unidad de control, los programas que se ejecutan sobre ellos (con lectura y generación de señales sin intervención de la CPU principal) pueden también considerarse como parte de un tratamiento multitarea.

La clasificación anterior de estructuras de programación (mono y multitarea), fuertemente dependiente de la configuración del hardware de la unidad de control, no ha de confundirse con las metodologías de programación a utilizar.

En efecto, una vez elegida para la aplicación a desarrollar un tipo de estructura mono o multitarea para su programación, cada una de las tareas parciales ha de ser programada en una secuencia de sentencias que puede obedecer a una metodología de programación lineal o estructurada.

En cuanto a la metodología a utilizar se dice que la programación es lineal cuando las sentencias están ordenadas en el mismo orden en que se van a consultar, y en su caso a ejecutar. Por el contrario, se dice que la programación es estructurada cuando la tarea de control está repartida en módulos o subprogramas relativos a distintas funciones y cuya ejecución puede ser necesaria varias veces dentro de un mismo ciclo de ejecución del autómeta.

A pesar de que la programación estructurada de una tarea se realiza con mayor eficiencia en autómatas con coprocesadores en su CPU que estén especializados en las funciones de cada subprograma, resulta también posible sobre autómatas con CPU única, que ejecutará los subprogramas o módulos en el orden en que sean llamados por el programa principal. En este sentido ha de hacerse constar que existen módulos pregrabados por el fabricante (para realizar tareas concretas o gobernar interfaces específicas) que pueden ser adaptados por el usuario a su aplicación concreta con sólo parametrizarlos adecuadamente.

En resumen, puede decirse que si bien, tanto los tratamientos monotarea como la multitarea pueden desarrollarse en autómatas con un solo procesador o con varios procesadores, ha de ser el programador quien, según la complejidad de la aplicación, la estructure o subdivida de la forma más eficiente posible de acuerdo con los recursos hardware de que disponga.

Finalmente, obsérvese como la programación en lenguajes gráficos (GRAFSET o RdP) también puede ser considerada como una programación estructurada especialmente útil para la programación de los procesos secuenciales.

En cualquier aplicación con autómata programable, tanto durante la fase de concepción, edición y depuración del programa como durante la fase de operación o explotación del sistema, es necesaria una comunicación o diálogo hombre-máquina. En la primera fase el hombre (programador) carga el programa en la memoria del autómata, verifica su funcionamiento observando la evolución de las variables (monitorización) y en su caso modifica su estado en variables lógicas o su valor en variables alfanuméricas (forzado).

En la segunda fase o fase de explotación, sigue siendo conveniente y a menudo imprescindible la comunicación entre el hombre (operador) y la planta, a fin de conocer (monitorizar) a través del autómata los valores de ciertas variables claves para el correcto desarrollo del proceso y su control, variables que en su caso pueden modificarse (forzado).

Las comunicaciones descritas entre el hombre (programador/operador/usuario) y el autómata se realizan mediante dispositivos específicos o mediante la utilización de un entorno software que corre sobre un PC. Los dispositivos específicos, genéricamente denominados "Unidades de Programación y Servicio" proporcionan la comunicación entre el programador y la máquina en la fase de programación y la comunicación entre la planta y el usuario en la fase de observación y control (explotación).

Las anteriores comunicaciones se realizan siempre sobre el autómata, que para ello dispone de los conectores adecuados, en la CPU para la programación y en la CPU o procesadores auxiliares de comunicaciones para la explotación y el servicio.

En general existe una gran variedad de dispositivos conectables a un autómata, bien directamente o vía modem, aportando soluciones a necesidades del proceso muy dispares: unidades específicas de programación o entornos software sobre PC, para la edición y puesta a punto de programas de autómata; unidades de explotación desde un visualizador de baja funcionalidad hasta un terminal gráfico interactivo pasando por visualización de mensajes asociados a la evolución del programa, impresión de textos, intercambio de datos con otros equipos, etc.

### 1.3 Marco conceptual.

**Caudal.** - Se conceptúa como la cantidad de fluido que circula a través de una sección por unidad de tiempo.

**Control.** -Elegir o maniobrar los posibles estados de un sistema en sus ingresos y salidas

**Interfaz.** -Instrumento que tiene la capacidad de convertir las señales creadas por las variables de ingreso en información comprensible para las variables de salida.

**Presión.** -La presión es una fuerza que es ejercido en área determinada, y se mide en unidades de fuerzas entre el área. Esta fuerza se aplica a un punto en un área o distribuirse sobre esta. Cada vez que se aplica se realiza una distorsión o una variación de volumen o dimensión.

**Presión diferencial.** - Es el contraste entre dos presiones, puntos C y C'. El vacío es la diferencia de presiones entre la presión absoluta y la presión atmosférica existente, es decir, es la presión controlada por debajo de la atmosférica (puntos D, D' y D"). Se expresa en mm columna de agua o pulgadas de columna de agua, mm columna de mercurio, Las diversificaciones de la presión atmosférica inciden ampliamente en las lecturas del vacío.

**Sensor.** - Nombre global de un sistema capaz de detectar una variable, cambiarla en escala de magnitud física, amplificarla, linealizarla, filtrarla y acondicionarla con señal estándar de manera predeterminada. El sensor puede ser separado o integrado con otros elementos de lazo de control. El nombre sensor se asocia a variables análogas. El equivalente de señales discretas (on-off) se acostumbra a llamar detector.

**Transmisor.** - Dispositivo que obtiene una variable de proceso por medio de un sensor y que tiene como salida variados valores que solo son una función, predeterminada, de la variable de proceso. Este dispositivo es capaz de comunicar a distancia el estado de una variable de bajo observación.

**transductor.** - El termino, en general, se refiere a un dispositivo que recibe información de una o más variables físicas, modifica la información y/o su forma, su es requerido, y produce en la salida la señal resultante.

**vacío.** - Se señala a presiones manométricas por debajo que la atmosférica, que habitualmente se miden, mediante los mismos tipos de componentes con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, por contraste entre el valor no conocido y la presión atmosférica

presente. Los valores que corresponden al vacío crecen al acercarse al cero absoluto y por lo general se expresa a modo de centímetros de mercurio (cmHg), metros de agua, etc.

**PLC (control lógico programable).** -Es una computadora industrial que usa la ingeniería para la automatización de procesos y tiene como finalidad, que las máquinas desarrollen efectivamente todos los sistemas que la componen.

**Válvulas de control.** - Las válvulas son las encargadas de regular el caudal del fluido de control que modifica el valor de la variable medida y por tanto de la variable controlada. Las válvulas son los principales elementos finales de control.

**Elemento final de control.** - Dispositivo que controla directamente los valores de la variable manipulada en un lazo de control. Generalmente el elemento final de control es una válvula de control.

**Constante de proceso.** - Atributo o propiedad de la materia o energía que permanece fija en el tiempo

**Variable.** - Atributo o propiedad de la materia o energía que cambia su valor debido al cambio que ocurre en otra propiedad de la materia o energía, tras esta definición subyace el concepto de causa efecto.

**HMI.** - Es la interfaz entre el proceso y los operadores, básicamente un panel del operador. Es la herramienta principal con la cual los operadores y los supervisores de la línea coordinan y controlan los procesos industriales y de fabricación en la planta. Las HMI sirven para traducir las variables del proceso complejas en información útil y aprovechable.

**Perturbación.** - Variable de fuerza no controlada y cuya aparición puede tener una cierta probabilidad de ocurrencia. Las perturbaciones alteran el desempeño de un sistema de bajo control y no son útiles en ningún sentido.

**Ruido.** - Variable débil no deseada e inmanejable desde el punto de vista de su regeneración. El ruido puede ser importante a nivel de las señales de control y detección.

**Relay.** -Dispositivo que produce cambios de estados, de salida, en sí mismo por acción directa de alguna variable de entrada. Por ejemplo, relay electromecánico (variable: corriente), relay térmico (variable: temperatura), presostato (variable: presión), etc.

**Alarma.** -Cualquier dispositivo o función que señale la existencia de una condición anormal por medio de un sistema audible o visible, que intenta atraer la atención.

**Switch.** -Dispositivo que conecta, desconecta, selecciona, o transforma uno o más circuitos y que no está diseñado como un controlador, relay o válvula de control.

**Electroválvulas.** - Son dispositivos que responden a pulsos eléctricos. Gracias a la corriente que circula a través del solenoide es posible abrir o cerrar la válvula controlando, de esta forma, el flujo de fluidos. Al circular corriente por el solenoide se genera un campo magnético que atrae el núcleo móvil y al finalizar el efecto del campo magnético, el núcleo vuelve a su posición, en la mayoría de los casos, por efecto de un resorte.

**Señal digital.** - En este tipo de señal la información enviada solo puede tener dos valores o estados: abierto o cerrado, encendida o apagada.

**Señal analógica.** - En este tipo de señal la información enviada es un valor dentro de una escala pre-fijada. Esos rangos son: corriente de 4-20(mA); voltaje de 1-5 (volts) y presión de aire comprimido de 3-15 (Psi).

**Red de energía.** - Sistema capaz de suministrar energía en condiciones estándar de funcionamiento. Por ejemplo, redes eléctricas, neumáticas, petróleo, aceite comprimido, etc. Las redes de energía funcionan a un valor de gradiente constante, por ejemplo: voltaje constante de 220 VAC, 24 VDC; presión de aire constante 120 psi; presión de vapor constante 150psi.

**Set-point.** - Una señal de entrada, que coloca el valor deseado de una variable bajo control. El set-Point puede ser colocado en forma manual, automática

**Sistema en lazo cerrado.** - En los sistemas de control de lazo cerrado, la salida o señal controlada, debe ser realimentada y comparada con la entrada de referencia, y se debe enviar una señal actuante o acción de control, proporcional a la diferencia entre la entrada y la salida a través del sistema, para disminuir el error y corregir la salida.

**Sistema en lazo abierto.** -Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera, esto significa que no hay retroalimentación.

**Elemento final de control.** - Dispositivo que controla directamente los valores de la variable manipulada en un lazo de control. Generalmente el elemento final de control es una válvula de control.

**Módulos de entrada analógicos.** - convierten una magnitud analógica en un número que se deposita en una variable interna del autómeta.

**Módulos de salidas analógicas.** - Los módulos de salida analógica permiten que el valor de una variable numérica interna del autómata se convierta en tensión o intensidad.

**Módulos de entrada digitales.** - Los módulos de entrada digitales permiten conectar al autómata captadores de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores.

**Módulos de salidas digitales.** - Un módulo de salida digital permite al autómata programable actuar sobre los pre-accionadores y accionadores que admitan ordenes de tipo todo o nada.

## **1.6. Objetivos de investigación.**

### **1.6.1 Objetivo general.**

Implementar un sistema automatizado para el control de nivel de líquidos con un transmisor de presión diferencial remoto para realizar supervisiones de control de nivel de un sistema de llenado y vaciado mediante un controlador (PLC) y mejorar la calidad del proceso y del producto en la empresa agro industrial Beta.

### **1.6.2 Objetivos Específicos**

- a). Implementar el control de nivel utilizando un sensor de presión diferencial y control PLC o controlador lógico programable.
- b). Modelar la dinámica del sistema de llenado, determinando el nivel de llenado mediante sensores de presión diferencial e introduciendo los datos al autómata programable PLC para su posterior procesamiento.

## **1.7. Hipótesis de Investigación.**

En función del planteamiento del problema, de las interrogantes planteadas en el problema, los antecedentes técnicos, así como de los objetivos generales y específicos que se persigue, es que se plantea las siguientes hipótesis:

### **1.7.1 Hipótesis general.**

Si se utiliza un sensor de presión diferencial el cual ejerce un control de nivel de líquido en un sistema hidráulico entonces se controla los niveles de un sistema de llenado y vaciado mediante un controlador PLC en la empresa agro industrial.

### **1.7.2 Hipótesis Específicas**

- a) Si se implementa el control de nivel entonces se utiliza un sensor de presión diferencial y control PLC o controlador lógico programable
- b) Si se modela la dinámica del sistema de llenado, determinando el nivel de llenado mediante sensores de presión diferencial entonces se introduciría los datos en la máquina para su posterior procesamiento

## **1.8. Variables de investigación.**

### **1.8.1 Variable independiente**

#### **- Transmisor de presión diferencial:**

Al medir la presión diferencial, el propósito es conocer la diferencia entre dos niveles de presión diferentes. Este tipo de sensores son muy comunes en una variedad de industrias ya que brindan una amplia gama de aplicaciones, desde medir la presión de líquidos o gases en tanques hasta evaluar la eficiencia de un filtro de aire en sistemas de climatización.

### **1.8.2 Variable dependiente**

#### **- Control y medida de nivel de líquido**

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo directamente la altura del líquido sobre una línea de referencia, mediante la presión hidrostática, el desplazamiento producido por el líquido contenido en un tanque de proceso o bien por las características eléctricas del líquido.

### 1.6.3. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIONES		DIMENSIONES	INDICADORES
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL		
<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Sensor de presión diferencial</p>	<p>El principio de funcionamiento de un sensor de presión diferencial se basa en la comparación de la presión medida en dos puntos diferentes. El sensor tiene dos entradas: "alta" y "baja". Cada una de estas entradas está conectada a un punto del sistema que queremos comparar.</p>	<p>Las dos tomas de presión están acopladas a la salida eléctrica mediante lógica de comparación entre los dos puertos de presión para que usted obtenga un valor de voltaje de una toma (ya sea positivo debido al aumento de presión o negativo debido a la disminución de presión). diferente.</p>	<p>Características de desempeño del sensor</p>	<p>Salida campo de presión diferencial rango de presión de línea fuerza y poder Sobre la presión positiva Sobre la presión negativa</p>
<p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Control y medida de nivel de líquido</p>	<p>La medición continua de nivel utiliza diferentes métodos de medición para medir el nivel de llenado de un tanque o silo y convertirlo en una señal electrónica.</p>	<p>La señal de nivel se puede mostrar directamente en el sitio o dependiendo del control de proceso o del sistema operativo.</p>	<p>Medición y monitoreo de los niveles de fluidos</p>	<p>controladores electrónicos diferencia instantánea caudal señal de referencia señal de realimentación al sistema</p>

## **II.- ESTRATEGIA METODOLOGICA.**

### **2.1. Tipo, nivel y diseño de Investigación.**

#### **2.1.1 Tipo de Investigación**

Este estudio corresponde al tipo de investigación aplicada que puede resolver los problemas específicos de monitoreo y medición de nivel de líquidos mediante sensores digitales remotos de presión diferencial en fábricas agroindustriales de la provincia de Ica, especialmente en el complejo agroindustrial BETA

#### **2.1.2 Nivel de Investigación.**

El nivel de Investigación es explicativo, descriptivo. Su objetivo fundamental es trascender la apariencia para saber por qué ocurren los hechos.

#### **2.1.3 Diseño de Investigación**

Aunque no es un diseño experimental, observa cómo ocurre un fenómeno en condiciones normales y luego mide y analiza el impacto de la variable independiente sobre la variable dependiente.

### **2.2. Población, muestra.**

#### **2.2.1 Población**

La población estudiada estuvo compuesta por todas las empresas agroindustriales de la región Ica.

#### **2.2.2 Muestra**

La muestra seleccionada fue la empresa agroindustrial “agroexportadora Beta”, ubicada en la región de Santiago, provincia de Ica.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Las técnicas e instrumentos fueron la observación y entrevistas

### **2.4. Procedimiento de recolección de datos.**

El procedimiento de recolección de los datos se realizó mediante las encuestas a los trabajadores seleccionados de la empresa “Complejo agroindustrial BETA S.A.”

### **2.6. Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos.**

En cuanto a las técnicas de procesamiento de los datos

#### **2.6.1 Clasificación de Datos.**

Para la clasificación de datos, luego de haberlos procesados, en función de los criterios que se tienen, como también como validamos los datos, también se tuvo en cuenta los datos estadísticos.

#### **2.6.2 Tabulación de Datos**

La tabulación de datos se efectuó considerándolas frecuencias, de acuerdo con el diseño de investigación y la naturaleza de las escalas de medición de las variables en estudio, se aplicó el chi cuadrado, en la tabulación se adecuaron a la naturaleza de las escalas de medición de las variables.

#### **2.6.3 Utilización del Procesador Computarizado**

Se utilizó los métodos estadísticos informáticos.

### **III- RESULTADOS**

Se realizaron pruebas experimentales utilizando el prototipo de módulo de control y control de nivel de líquido para verificar el correcto funcionamiento del equipo. Los resultados que se muestran son las características del equipo.

Cabe destacar que las tareas individuales de cada tarjeta que compone el módulo de control se realizan de forma individual e independiente.

Cada tarjeta ha sido probada y verificada satisfactoriamente antes de ensamblar el módulo como un todo. El manual de operación del sistema que se incluye en la parte de anexos, se detalla la manera de probar y calibrar cada una de estas tarjetas. Esta acotación es válida, pues el módulo de control fue construido y concebido de manera modular, cada tarjeta es un módulo independiente que realiza una función determinada y específica, el sistema fue diseñado así, pues esto facilita la tarea de calibración y mantenimiento o reparación, pues en caso de que algo suceda solamente será necesario desmontar la tarjeta que presente fallas para su reparación, sin necesidad de desmontar el resto del equipo.

#### **3.1 Clasificación de datos.**

##### **3.1.1 Control manual**

Los resultados experimentales se basan en tres tipos de pruebas: prototipo, control analógico y control digital. Esta sección describe los tipos de pruebas que puede realizar para garantizar que su prototipo funcione correctamente.

### 3.1.2 Control de nivel en tanque (modo de operación)

El sistema planteado se habilita al seleccionar el modo automático desde la pantalla de operación en el Scada. Cada caso cuenta con 02 modos de operación Manual o Automático, en este caso el suministro de agua hacia el tanque TK-00; se inicia pulsando el botón de encendido de la bomba P-01, el control se obtiene mediante la apertura de la válvula automática FV-102, el encendido de la bomba centrífuga 01y el nivel LIT 101 ubicado en el tanque TK-01.

En modo automático se puede realizar la regulación del caudal y el nivel, se dispone de un circuito con un provisto de escala. Como actuadores se usan, opcionalmente, una bomba con velocidad ajustable o una válvula de control neumática. Para la regulación del nivel se puede generar una variable de perturbación con una válvula de control en la salida del tanque TK-01. También el nivel del depósito se puede regular a través de la válvula moduladora.

En ambos casos el suministro de agua hacia el tanque TK-01 de 0,28 m<sup>3</sup>; se obtiene mediante la apertura de la válvula manual V-01, ubicada a la salida del tanque TK-00 de 0,38m<sup>3</sup>.

El suministro es válido siempre y cuando la presión en los tanques TK-00 sea igual a 4 psig y la presión de succión de la bomba P-01 sea 2 psig.

El agua se dirige a la succión de la bomba P-01 la cual opera a una presión de descarga igual a 40 psig a un caudal volumétrico de 5 m<sup>3</sup>/h.

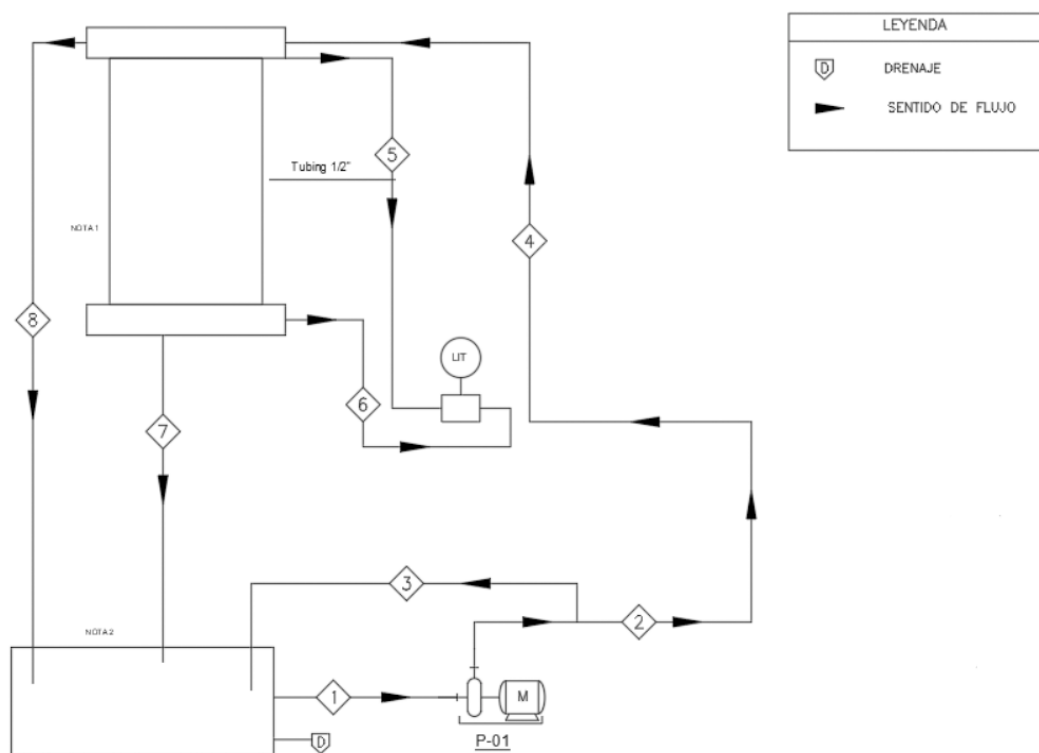
Para el modo de control automático se contempla 01 lazo con estrategia de control PID. El flujo de entrada al tanque TK-01 es controlado a través de la válvula FCV-101 bajo la medición del transmisor de nivel LIT-101 se regula automáticamente, la salida de este control primario se encuentra vinculado a un control tomando este valor como Set Point para el controlador

El lazo de control planteado permite mantener un flujo constante en el subsistema asegurando simultáneamente el nivel adecuado de operación en el tanque TK-01 y contempla entre sus funciones, la acción de respuesta a escenarios de contingencia, para muy alto nivel se ejecuta la parada segura y automática de la bomba P-01

Finalmente, el esquema de proceso cuenta con las facilidades para restablecer las condiciones iniciales del subsistema (suministro de agua al tanque TK-00), el usuario debe tener seleccionado el Caso 1 y en modo automático, el ingreso de agua debe estar detenido y cuando el usuario decida realizar el retorno de agua tendrá que abrir la válvula manual V-06 para que descargue el tanque TK-01 hacia el tanque TK-00

Es de resaltar que la bomba P-01 cuenta con un variador de velocidad con la finalidad de actuar sobre la frecuencia del motor y lograr modificar la velocidad de giro, y, en consecuencia, la variación del caudal de descarga y la presión en el TK-01.

Para el modo manual el usuario realiza el cierre y apertura de las válvulas de forma manual, la marcha y paro de la bomba P-01 inicia al pulsar el botón Start/Stop de la botonera de respectiva bomba ubicado en el módulo



**Figura 21.-** Diagrama de flujo de proceso

### 3.1.2 Comprobación del funcionamiento Del Variador de Velocidad y la Bomba centrífuga

Para este paso, se coloca el selector en la posición manual, para el encendido de la bomba se realizará con la botonera de campo una vez prendida se procede al variar los parámetros para cambiar la velocidad de la bomba, se observa que efectivamente la velocidad de la bomba centrífuga varia y por lo tanto el caudal del flujo de entrada también varía de acuerdo a los parámetros colocados.

#### Cómo configurar la referencia de frecuencia










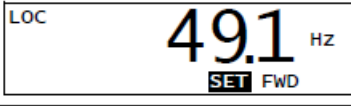


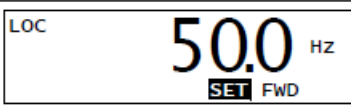
Paso	Acción	Pantalla
1.	Para acceder al Menú principal, pulse  si se encuentra en modo de Salida; en caso contrario, pulse  repetidamente hasta que vea MENU en la parte inferior.	
2.	Si el convertidor se encuentra en control remoto (se muestra REM a la izquierda), cambie a control local pulsando  . La pantalla muestra brevemente "LoC" antes de cambiar a control local. <b>Nota:</b> con el grupo <b>11 SELEC REFERENCIA</b> se puede permitir la modificación de las referencias en control remoto (REM).	
3.	Si el panel no está en modo de Referencia ("rEF" no es visible), pulse la tecla  o  hasta que vea "rEF" y entonces pulse  . Ahora la pantalla muestra el valor de referencia actual con <b>SET</b> bajo el valor.	 
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Para incrementar el valor de referencia, pulse .</li> <li>Para reducir el valor de referencia, pulse .</li> </ul> El valor cambia inmediatamente al pulsar la tecla. Se guarda en la memoria permanente del convertidor y se restaura de forma automática tras desconectar la alimentación.	

Figura 22.- Configuración Manual del Variador de Velocidad

### 3.1.3 Comprobación de los Interruptores de nivel

Utilizando la perilla de control manual en la posición máxima, se procede a llenar cada uno de los tanques de manera individual hasta que la acción de la bomba sea interrumpida por la acción del respectivo switch de nivel, si la válvula de desfogue del tanque en el que se realiza la prueba se encuentra abierta esta acción será intermitente, es decir, la bomba funcionará y llenará el tanque hasta el nivel máximo, cuando el switch de nivel actúa la bomba deja de funcionar, y el nivel empezará a descender, pues el agua fluye por la respectiva válvula que se encuentra abierta, hasta el punto en que el switch de nivel deja de actuar, la bomba en ese instante vuelve a funcionar enviando agua al tanque desde el reservorio, el nivel del agua asciende en el tanque hasta que el switch de nivel actúa y para la acción de la bomba y así sucesivamente hasta que esta acción sea detenida ya sea cambiando la posición del selector a la posición O colocando la perilla en otra posición en la ingrese menor caudal al tanque.

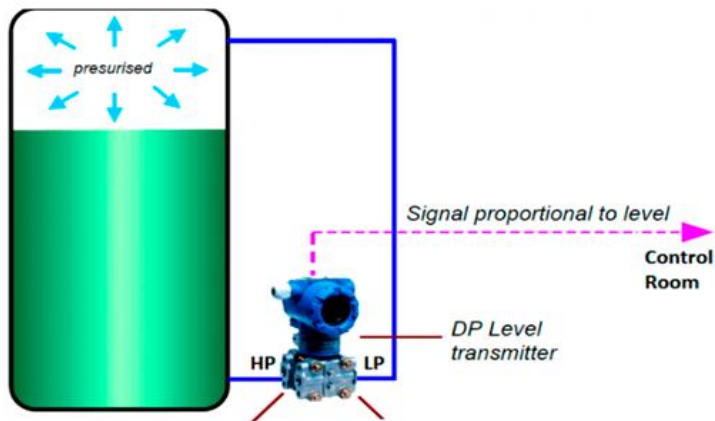


Figura 23.- Alarmas de Nivel

#### **3.1.4 Pruebas de funcionamiento y calibración del sensor de nivel**

Usando controles manuales y con la válvula final del tanque del prototipo completamente cerrada, el tanque se llena gradualmente con agua, asegurando que el nivel del agua suba hasta el nivel exacto que se muestra en la pantalla. Esto se puede comparar con el valor obtenido con el líquido en el tanque medido. La calibración manual del sensor es útil porque esta opción le permite llevar el agua al nivel de calibración deseado y continuar calibrando el sensor como se describe en el manual del usuario del equipo adjunto en el apéndice.

#### IV. DISCUSION

Abarca [1] afirma que la automatización requiere de un controlador que ejecute automáticamente funciones previamente establecidas para lograr el proceso deseado. Electrónica ofrece soluciones para el desarrollo del control automático mediante microcontroladores. El problema a resolver es controlar el nivel del líquido según el valor deseado mediante un controlador de señal digital PIC. El monitoreo se logra registrando los niveles de fluido con sensores y digitalizando y linealizando esta información para usarla en cálculos de control automático. Restrepo y Cardona [2] afirman que para llenar los reservorios en los que se preparan mezclas líquidas para hemodiálisis, estas mezclas deben ser precisas, lo que induce a errores en la cantidad de concentrado (ácido, bicarbonato). Además, el diseño de este sistema se puede implementar en una variedad de procesos de producción donde se requiere control del nivel del tanque. Para garantizar una alta fiabilidad al llenar el tanque, se decidió utilizar sensores ultrasónicos,

Hualpa [3] en su artículo propuso la implementación de un controlador difuso en el proceso de llenado y vaciado de líquidos. Al no haber operadores revisando constantemente los niveles de líquido, es más rápido, reduce los costos de producción y se puede aplicar a cualquier tipo de tanque siempre que no exceda las especificaciones manejables.

Tello [4] Su proyecto incluye componentes como Arduino, sensores ultrasónicos, teclas ajustables, válvulas solenoides y motores paso a paso. El control difuso se diseña utilizando el software Matlab considerando las variables de entrada y salida controladas.

Se realizaron pruebas experimentales al prototipo de control de nivel de líquido y módulo de control para verificar el correcto funcionamiento del dispositivo.

Resultados mostrados Todas las industrias requieren que las variables físicas clave, como presión, nivel, caudal, temperatura, pH, conductividad, composición, velocidad, humedad, punto de rocío, etc. , se midan, monitoreen, controlen y se mantengan constantes.

Los dispositivos de medición permiten a los operadores medir y monitorear estas variables en mejores condiciones que mediante medición directa.

Hay dos categorías de procesos en la industria: procesos continuos y procesos por lotes.

Ambos tipos de procesos requieren que las variables permanezcan constantes o cambien con el tiempo.

Actualmente existe una tendencia creciente a automatizar estos procesos mediante la implementación de sistemas de circuito cerrado.

Para lograr un funcionamiento óptimo del circuito de control, es muy importante que los elementos medidos sean lo más precisos posible para minimizar las desviaciones en el sistema de control.

El sistema de control compara el valor de la variable o condición monitoreada con el valor objetivo y toma medidas correctivas basadas en las desviaciones existentes sin intervención del operador.

Para que los sistemas de control alcancen el máximo rendimiento, es importante medir las variables industriales con la mayor precisión posible.

Medir, analizar e investigar flujos de líquidos y gases es de gran importancia.

Durante muchos años, los sensores de placas han sido el pilar de la medición de caudal. La precisión del registrador mecánico, que recibe señales de presión diferencial a través de la unidad de presión diferencial (DPU), fue de  $\pm 1\%$ . En la modificación propuesta que utiliza una calculadora de flujo, el elemento MVT (transmisor multivariable) recibe la misma señal de presión diferencial con una precisión de  $\pm 0,05\%$  (equivalente a la DPU de la calculadora de flujo MVT). Un sensor en forma de cono tiene una precisión intrínseca de  $\pm 0,5\%$ . Al aplicar la señal de diferencia de presión del cono al mismo MVT en la computadora de flujo con una precisión de  $\pm 0,05\%$ , observamos una mejora significativa en la precisión de la medición del flujo utilizando el sistema electrónico en comparación con el sistema mecánico.

Los sensores de placa Hall generalmente están diseñados para tener un valor beta de 0,55 a 0,65, con un valor de diseño ideal de 0,50.

El rango de diseño de apertura beta es de 0,25 a 0,75 (el rango teórico en la página 22 es de 0,1 a 0,75).

En comparación con los sensores de cono, estos sensores tienen valores más altos en el rango máximo (el rango teórico que se muestra en la página 29 es de 0,45 a 0,85).

Esta diferencia permite medir el cono en condiciones extremas más allá de los valores de diseño permitidos por la placa de medición.

En condiciones normales para aplicaciones de medición de flujo (beta = 0,50 y disponibilidad del proceso 3: 1) es suficiente usar la placa de orificio para el propósito previsto, pero si las condiciones del proceso dan como resultado un valor beta alto, la disponibilidad del proceso es 10: .

1; Debes optar por utilizar un sensor de cono.

Complementar el conocimiento listo para la investigación sobre el diseño y los principios de aplicación del sensor de presión diferencial con una calculadora de flujo brinda a los estudiantes de ingeniería una ventaja competitiva en la industria.

## V.- CONCLUSIONES.

- 1.-Con este prototipo industrial los trabajadores de la empresa BETA podrán tener los conocimientos prácticos en el área de instrumentación industrial y estar capacitados en nuevas tecnologías lo que permite a la empresa minimizar costos, aumentar la eficiencia y agilizar los procesos que cada vez son más complejos.
- 2.-Se diseñó un módulo para el control y monitoreo del nivel en un tanque que nos permite que sea manipulado o operado hasta por dos personas ganando una eficiencia en el personal.
- 3.-Para la elección del sensor de nivel se debe tomar en cuenta la dimensión del tanque y la altura a la cual será instalado, puesto que cada sensor cuenta con una escala parametrizada de control de detección y espacio inerte dentro de sus rangos de lectura.
- 4.- El sistema de control de nivel con un sensor de presión diferencial y un autómata programable nos permite el análisis de datos donde obtenemos registros y nos permite realizar un análisis que ayude a la toma de decisiones más informadas, asimismo se podrá identificar si el uso es correcto, programar mantenimientos preventivos y establecer cuánto personal y recursos son necesarios para atenderlos
- 5.- La acción de control a ser usada en un proceso depende directamente del tipo de respuesta del proceso o planta. La respuesta del módulo de control de nivel es la de un sistema de primer orden, por lo tanto, la acción proporcional implementada para el controlador es suficiente para obtener resultados satisfactorios.
- 6.- A la hora de realizar un control o automatización se requiere de fiabilidad; con este proyecto se puede mostrar que implementando un autómata se puede realizar un excelente control que cumpla con: un alto grado de precisión, calidad, exactitud, facilidad y velocidad.
- 7.- El sensor de presión utilizado para determinar el nivel de líquido en el tanque presenta una característica lineal, estable y con buenos tiempos de respuesta. Esto facilita considerablemente el control de la variable ya que no es necesario realizar una regresión lineal de los datos ni tampoco se tienen tiempos muertos considerables

## **VI. RECOMENDACIONES.**

En desarrollo del presente proyecto se presentaron las siguientes inquietudes:

- 1.-Para evitar daños al equipo, no permita que el nivel de agua en el tanque baje del límite de la bomba. Además, dado que el tanque no es fácil de limpiar debido a su forma, se debe instalar un filtro para proporcionar agua limpia.
- 2.-El sistema se puede mejorar instalando sensores que controlen diferentes tipos de variables (caudal, presión, temperatura) y válvulas ON/OFF que realicen controles en cascada y ON/OFF sistema.
- 3.-Utilizar medidores que tengan capacidades de controles electrónicos que puedan medir la presión diferencial y que controlen la limpieza del filtro en relación de la presión diferencial.
- 4.- Organizar la dinámica del sistema de llenado; censando el nivel mediante el sensor de presión diferencial e ingresar los datos al autómata para su posterior tratamiento.
- 5.- Implementar Capacitaciones constantes al personal que trabaja en la empresa BETA para buen uso del sistema de control de nivel de líquidos

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

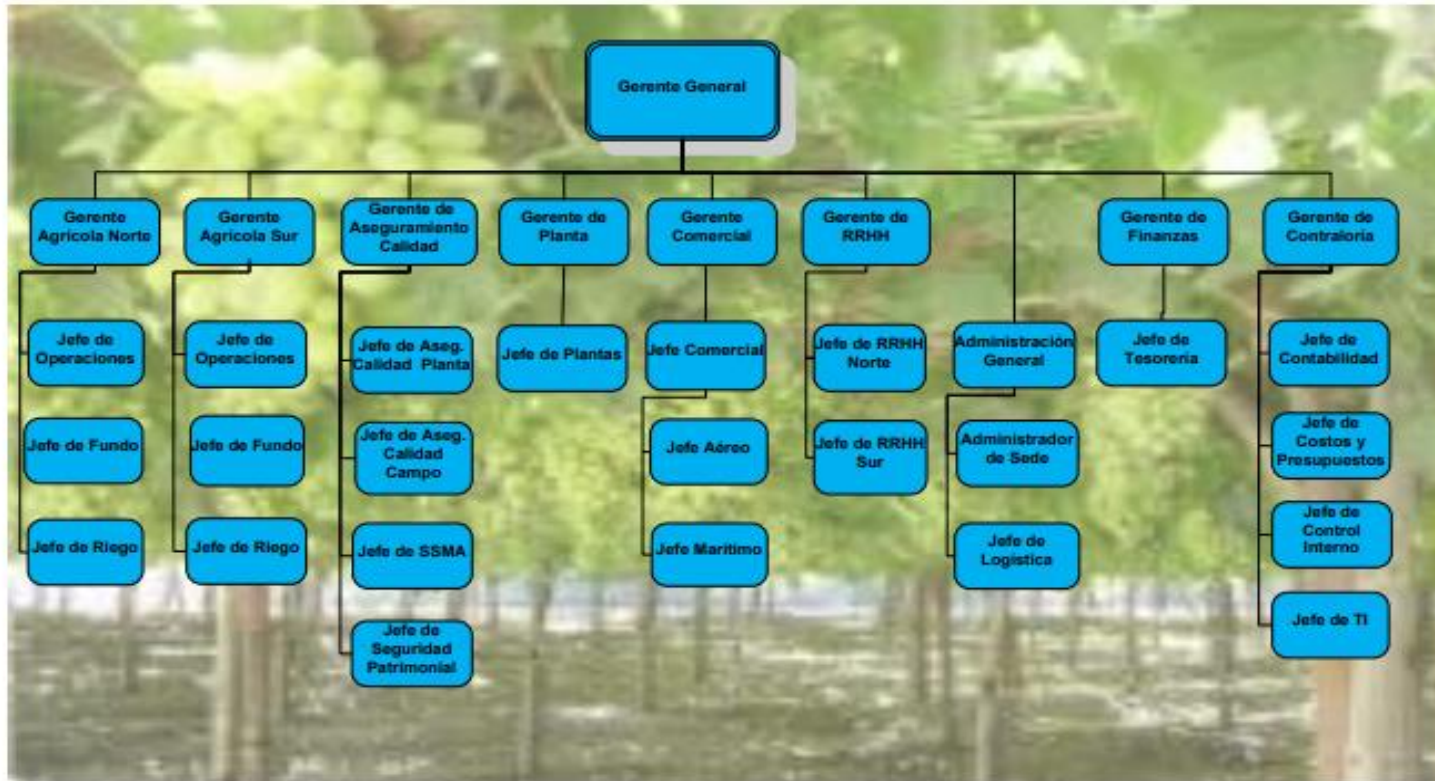
- [1] Abarca et al. "Medición y Control de Nivel con Aplicación a dsPIC". Artículo. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Centro de Investigación Científica Tecnológica. Guayaquil. Ecuador. 2019. Disponible:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5389/1/Medici%C3%B3n%20y%20Control%20de%20Nivel%20con%20Aplicaci%C3%B3n%20a%20dsPIC.pdf>
- [2] L. Restrepo y J. Cardona. "Diseño de un sistema de control de nivel para la preparación de líquidos dializantes basado en señales ultrasónicas". Tesis. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2015.
- [3] J. C. Hualpa y S. A. Huby . " Diseño, simulación e implementación de un prototipo de medición de niveles de líquidos mediante técnicas de control difuso utilizando sensores ultrasónicos". Universidad San martin de Porres. Lima Peru. 2016
- [4] Encalada y C. Tello. "Control mediante lógica difusa de un sistema de llenado de líquidos". IEEE-MWSCAS, AOTS and Ricardo Palma University-Perú, [ricarpal@gmail.com](mailto:ricarpal@gmail.com). 2018. Disponible:  
<https://www.urp.edu.pe/pdf/id/11240/n/control-mediante-logica-difusa-de-un-sistema-de-llenado-de-liquidos>.
- [5] H. Chong. "Optimización de la medición de flujo bajo el principio de la presión diferencial y su importancia en la Ingeniería de Control y Automatización industrial". Tesis. Universidad Ricardo Palma. Lima- Perú. 2017
- [6] S. Hernández. C. Fernández, & L. Baptista. "Metodología de la Investigación". México: McGraw Hill. 2019
- [7] P.S.GUTARRA. (2011). "Modelación y control de un sistema de tanques acoplados" [en línea]. Perú. [citado 15 de octubre, 2017]. Universidad de Piura. Disponible en Internet:
- [8] Modulo didáctico para el control de nivel de líquidos.  
<http://docentes.uni.edu.ni/fec/Alejandro.Mendez/Nivel2.pdf>

## VIII.- ANEXOS

### Anexo 1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA INTERNA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDICADORES
¿Cómo se utiliza sensores de presión diferencial para controlar los niveles de fluido en los sistemas hidráulicos y los niveles en los sistemas de llenado y drenaje mediante controladores PLC?	Implementar un sistema automatizado para el control de nivel de líquidos con un transmisor de presión diferencial remoto para realizar supervisiones de control de nivel de un sistema de llenado y vaciado mediante un controlador (PLC) y mejorar la calidad del proceso y del producto en la empresa agro industrial Beta.	Si se utiliza un sensor de presión diferencial el cual ejerce un control de nivel de líquido en un sistema entonces se controla los niveles de un sistema de llenado y vaciado mediante un autómata programable en la empresa agro industrial.	Intervalo de presión diferencial Intervalo de presión en línea Corriente e alimentación Sobre presión positiva Sobre presión negativa controladores electrónicos diferencia instantánea caudal señal de referencia señal de realimentación al sistema
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p><b>a).</b> ¿Cómo se implementa el control de nivel utilizando un sensor de presión diferencial y control PLC o controlador lógico programable?</p> <p><b>b).</b> ¿Cómo se modela la dinámica del sistema de llenado, determinando el nivel de llenado mediante sensores de presión diferencial e introduciendo los datos en la máquina para su posterior procesamiento?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p><b>a).</b> Implementar el control de nivel utilizando un sensor de presión diferencial y control PLC o controlador lógico programable.</p> <p><b>b).</b> Modelar la dinámica del sistema de llenado, determinando el nivel de llenado mediante sensores de presión diferencial e introduciendo los datos en la máquina para su posterior procesamiento.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p><b>a).</b>- Si se implementa el control de nivel entonces se utiliza un sensor de presión diferencial y control PLC o controlador lógico programable</p> <p><b>b).</b>- Si se modela la dinámica del sistema de llenado, determinando el nivel de llenado mediante sensores de presión diferencial entonces se introduciría los datos en la máquina para su posterior procesamiento</p>	

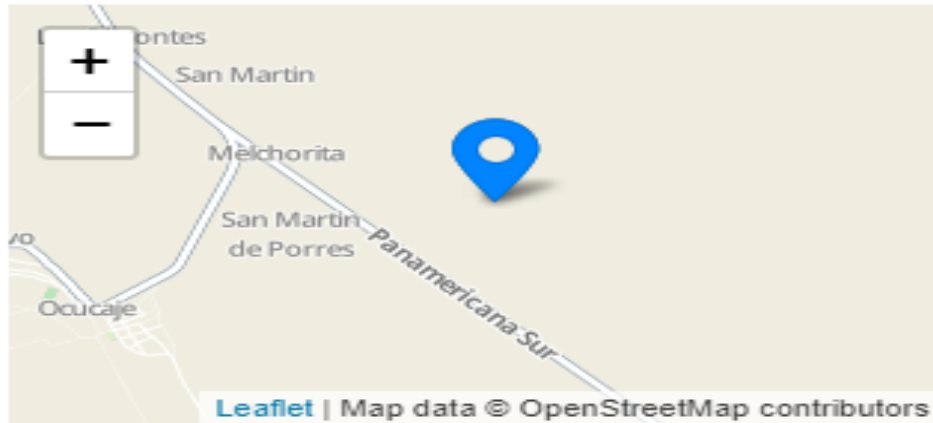
## Anexo 2.- DIAGRAMA DE LA EMPRESA BETA



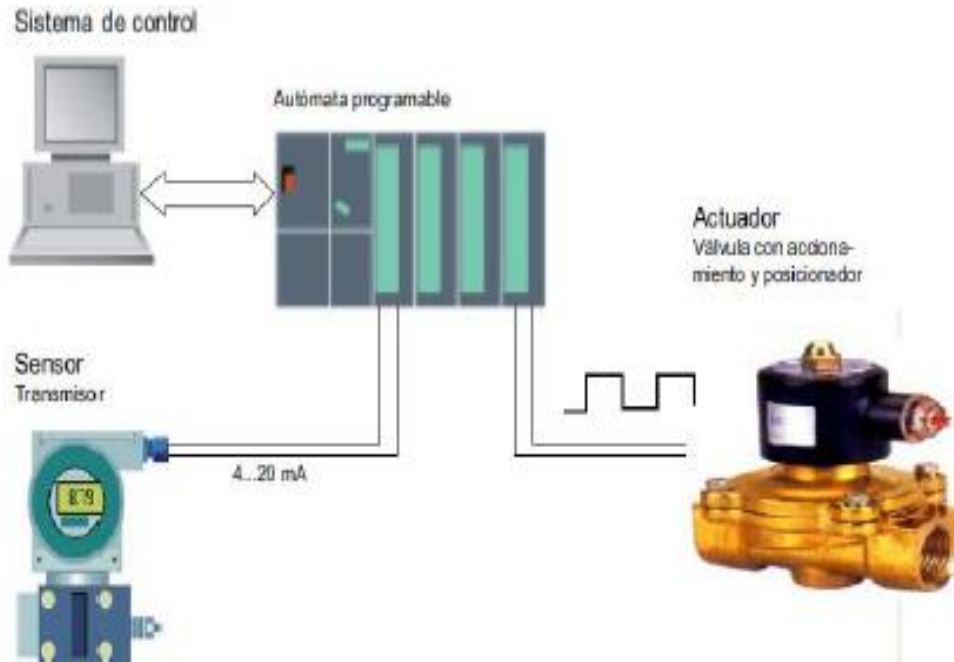
Fuente: Elaboración propia, 2016

Anexo 4.- Ubicación de la empresa BETA S.A.

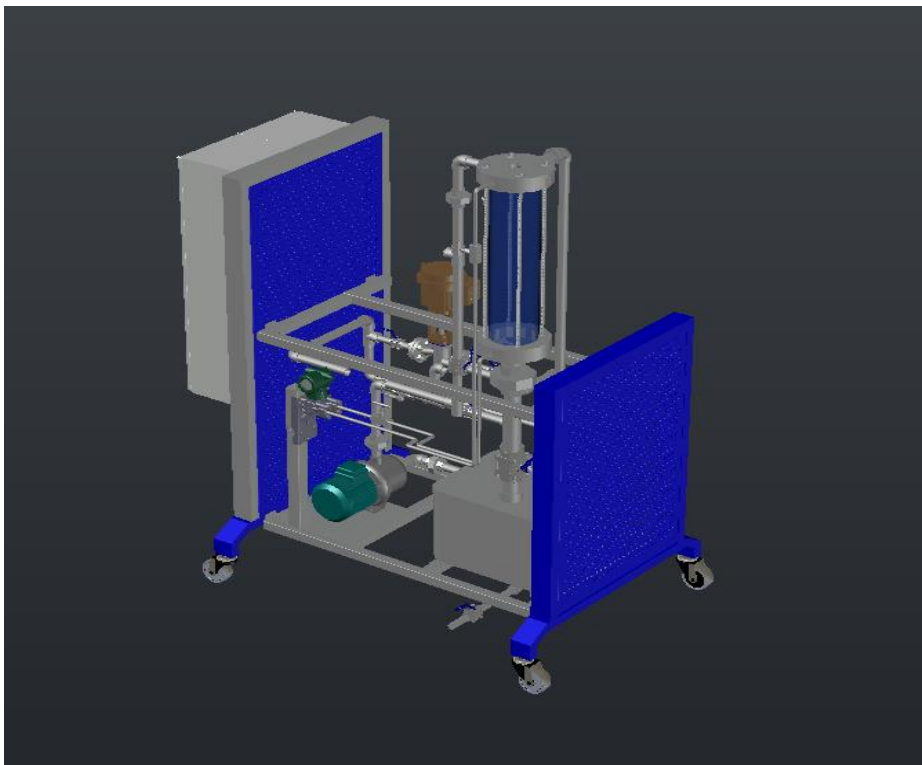
## LOCALIZACIÓN DE COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A.



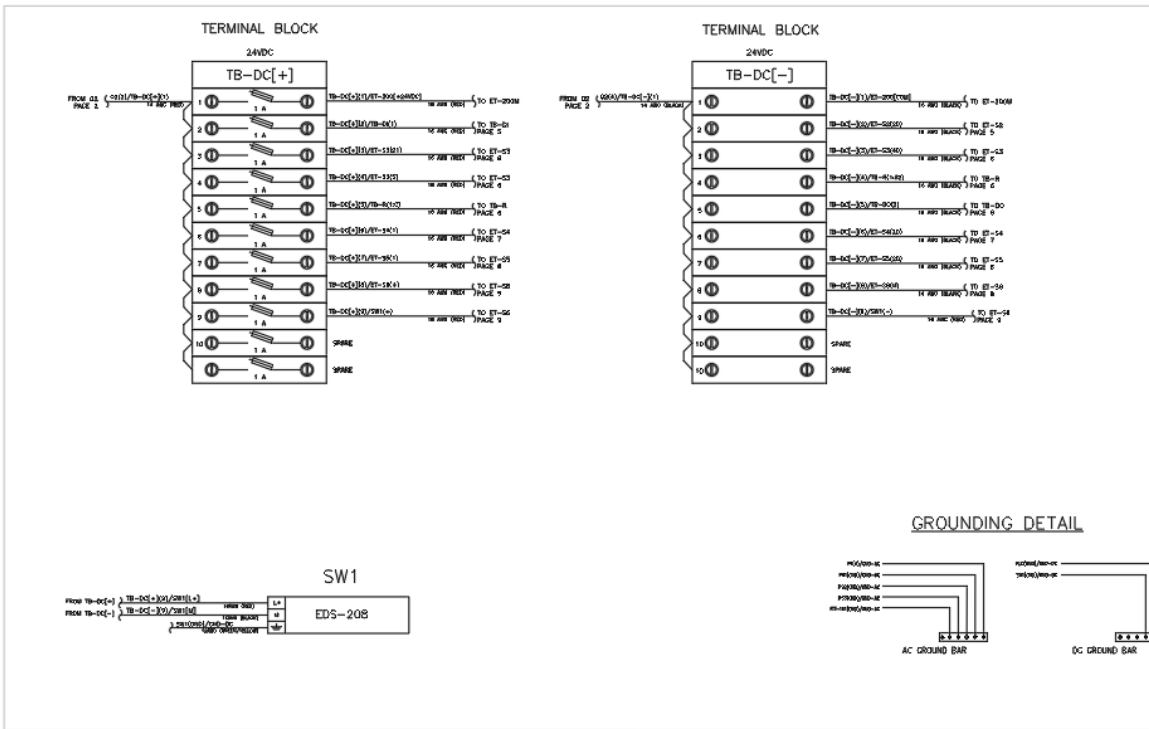
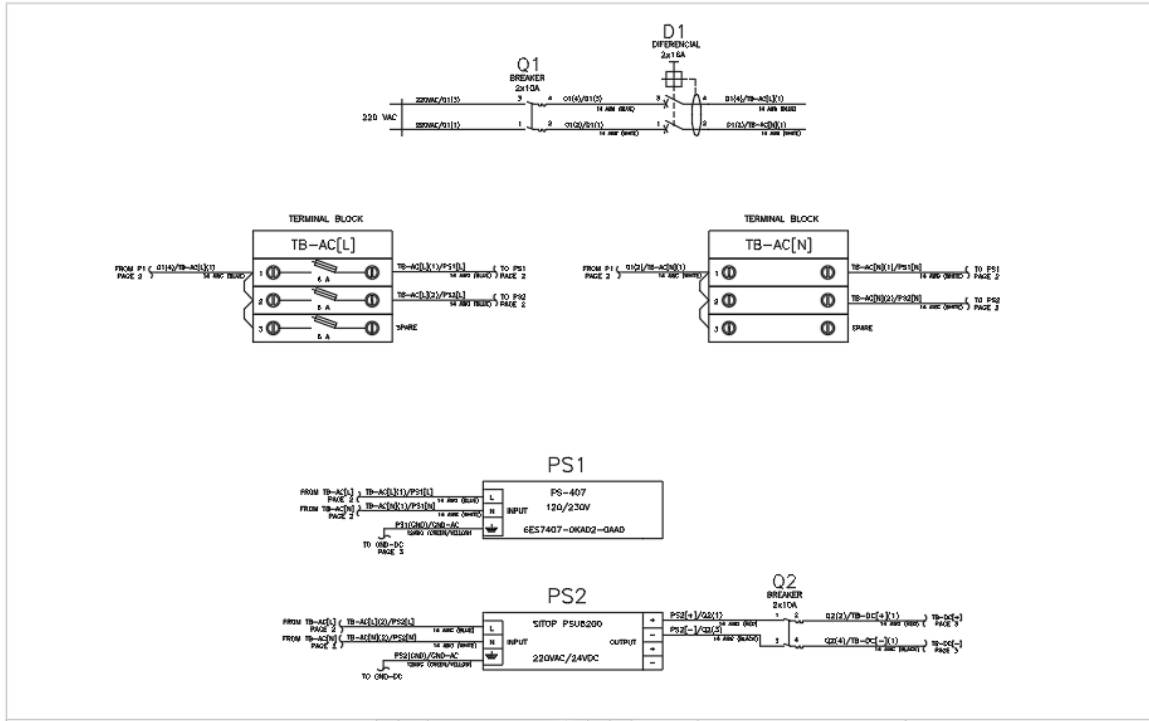
## Anexo 5.- Vinculación de los sistemas de control



## Anexo 6.- Maqueta 3D

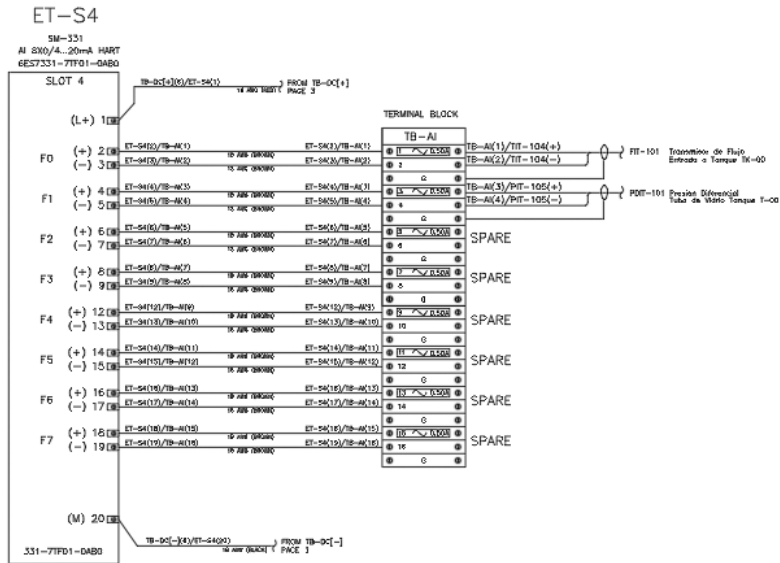


## Anexo 7.- Diagrama de Conexión Tablero de Control

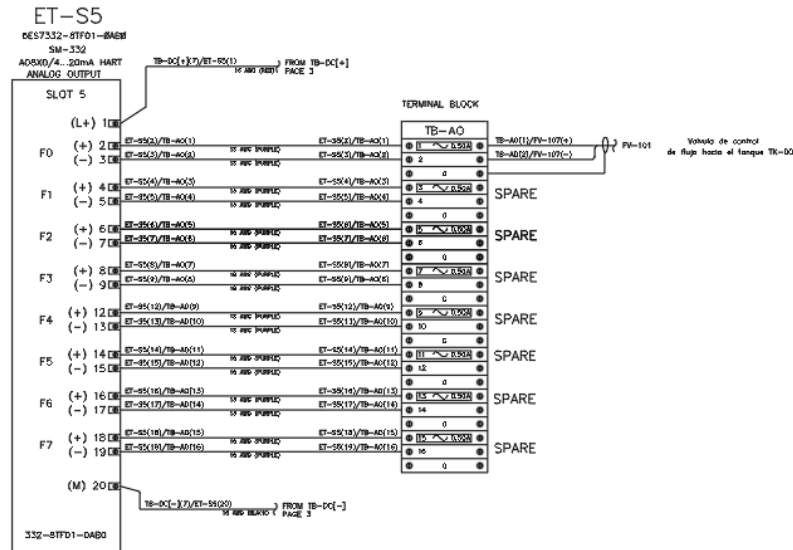




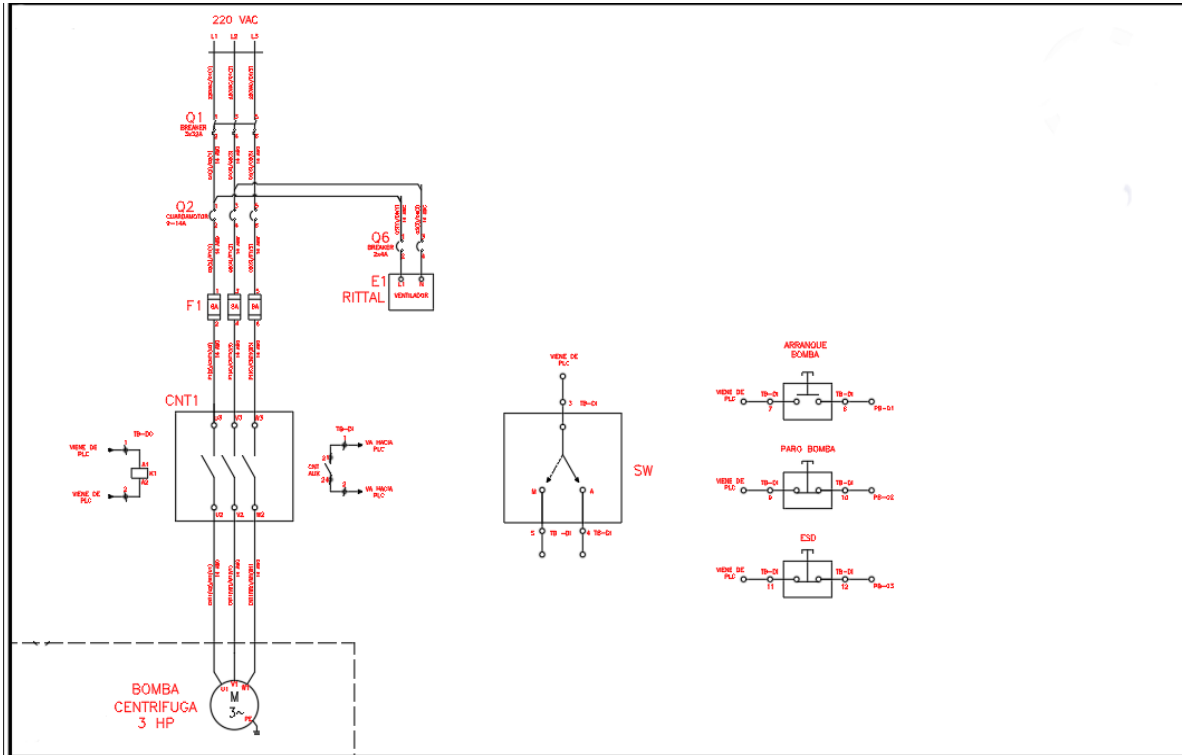
# ANALOG INPUT



# ANALOG OUTPUT



## Anexo 8.- Diagrama de Conexionado Tablero Fuerza



## Anexo 8.- Diagrama de Conexionado Tablero Fuerza

