



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**MONITOREO Y CONTROL DE CALIDAD EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUA, ASP**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

21411082 Rafael Enrique Osorto Portillo

ASESOR: ING. DARWIN REYES HERNANDEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA

Enero 2019

Dedicatoria

Ante la gran cantidad de esfuerzos, sacrificios y dedicación que se requiere durante el proceso académico trae consigo la ayuda que nos impulsa a seguir adelante frente a las dificultades que se presenten y que mejor manera que agradecer a cada una de las personas que estuvieron involucradas de una u otra manera a ser mejores y convertirnos en lo que deseamos y soñamos.

Dios, gracias a Él, por estar cada día presente, apoyo incondicional que nos guía durante el camino de esta vida, ayudándonos a tomar las mejores decisiones que enriquezcan nuestro ser como personas. Además, gracias a Dios, por cada persona que puse en el camino que nos instruyó con su experiencia y ejemplo, muchas gracias.

Mis padres, cada uno con sus distintas cualidades, pero su atención incomparable y palabras llenos de soporte y cariño, dando lo mejor de sí para vernos felices, para que las adversidades en el camino no nos derriben. Mi mamá, gracias por sus buenos deseos cada mañana y las palabras de aliento cuando lo necesito. Mi papá, gracias por su gran ejemplo a seguir, por la enseñanza que aplica con su persona en el área técnica y mucho más en el tema de ser una persona de bien para la sociedad aun aplicándolo en el trabajo, pero siempre como prioridad, nuestra familia.

RESUMEN EJECUTIVO

La realización del proyecto se desarrolló en la empresa encargada de automatización, instrumentación y control, R y D Industrial pero implementado Aguas de San Pedro, ASP. El proyecto consiste en el control y monitoreo de un sistema de distribución de agua a diferentes tanques de carbón activado y arena silica para llevar distribución de agua y también mantener una presión estable en la línea de distribución en las tuberías ante las demandas de la planta comunicado por medio del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP.

La automatización de los sistemas se realizó por medio de un controlador PLC incluyendo la programación por una selección en secuencia de cada una de los sensores que se darán a conocer a continuación.

El control y monitoreo se aprovecha a través de un HMI, identificando las áreas por medios de diseños CAD, donde el operador puede comunicarse con los sensores en dichos tanques para revisar el estado y las variables necesarias para el usuario que estará monitoreando los sistemas y calidad del agua en la tubería para suministrar toda la zona.

Índice de Contenido

| | |
|--|----------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 2.1 ANTECEDENTES | 3 |
| 2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA..... | 4 |
| 2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACION | 5 |
| 2.4 OBJETIVOS | 5 |
| 2.4.1 OBJETIVO GENERAL..... | 6 |
| 2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 6 |
| 2.5 JUSTIFICACION..... | 7 |
| III. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 3.1 PLC (CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE) | 9 |
| 3.2 HMI (HUMAN-MACHINE INTERFACE) | 10 |
| 3.3 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL | 11 |
| 3.4 SISTEMAS DE MEDIOS FÍSICOS DE COMUNICACION | 12 |
| 3.5 TIPOS DE RED | 13 |
| 3.5.1 Según la Forma (Topología) | 14 |
| 3.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACION..... | 16 |
| 3.6.1 Modbus | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 3.7 MECANICA DE FLUIDOS | 19 |
| 3.7.1 PRESIÓN | 19 |
| 3.7.2 FLUIDOS | 20 |
| 3.7.3 DENSIDAD | 20 |
| 3.7.4 HIDROSTÁTICA | 21 |
| 3.7.5 ECUACIÓN DE LA PENDIENTE | 22 |
| 3.7.6 HIDRODINAMICA | 23 |
| 3.7.7 Ecuación de Bernoulli..... | 23 |
| 3.7.8 CAVITACIÓN Y GOLPE DE ARIETE | 24 |
| 3.8 LIMITE DE TURBIDEZ DEL AGUA | 25 |
| 3.8.1 SENSORES..... | 25 |
| 3.8.2 SENSOR DE TURBIDEZ | 26 |
| 3.8.3 SENSOR DE PH | 29 |
| 3.8.4 SENSOR DE PRESIÓN | 32 |
| 3.8.5 SENSOR DE TEMPERATURA | 35 |
| 3.8.6 SENSOR DE CLORO..... | 36 |
| 3.8.7 FLUJOMETRO | 38 |
| 3.8.8 SENSOR ORP | 40 |
| IV. METODOLOGIA | 43 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 HIPOTESIS..... | 44 |
| 4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES | 45 |
| 4.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES..... | 45 |
| 4.2 MÉTODO Y ENFOQUE | 46 |
| 4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN | 47 |
| 4.4 CRONOGRAMA..... | 48 |
| V. RESULTADOS Y ANÁLISIS | 49 |
| 5.1 ANALISIS | 49 |
| 5.1.1 LINEALIZACION DE SEÑALES | 53 |
| 5.2 RESULTADOS..... | 53 |
| 5.2.1 DISEÑOS EN HMI..... | 53 |
| 5.2.1.1 PANTALLA PRINCIPAL..... | 53 |
| 5.2.1.2 SISTEMA FILTRACIÓN 1 | 54 |
| 5.2.2 LOGICA EN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN | 57 |
| 5.2.2.1 MAIN | 57 |
| 5.2.2.2 CONTROL DE SENSORES | 59 |
| 5.2.2.3 MODBUS..... | 59 |
| VI. CONCLUSIONES | 61 |
| VII RECOMENDACIONES | 62 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| BIBLIOGRAFÍA | 64 |
| ANEXOS | 66 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Control AXC 1050- PLC PC WORX EXPRESS | 10 |
| Ilustración 2. Phoenix Contact 7" - HMI táctil de alta resolución | 11 |
| Ilustración 3. Tipos de Redes | 16 |
| Ilustración 4. Tabla de Medición..... | 28 |
| Ilustración 5. OPTISYS TUR 1050 | 28 |
| Ilustración 6. Pendiente óptima a 25 ° C / 77 ° F | 31 |
| Ilustración 7. Principio de Medición de pH | 31 |
| Ilustración 8. SMARTPAT pH 2390 | 32 |
| Ilustración 9. Presión determinada por capacitancia entre dos placas | 34 |
| Ilustración 10. Sensor de Presión con Display..... | 34 |
| Ilustración 11. Sensor de Temperatura | 36 |
| Ilustración 12. Composición del cloro libre según el valor de pH..... | 37 |
| Ilustración 13. OPTISENS CL 1100 | 38 |
| Ilustración 14. Dimensiones Enviromag 2000..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 15. Dimensiones Enviromag 2000..... | 40 |
| Ilustración 16. Conexión con Sensor y Sistema de Control | 41 |
| Ilustración 17. SMARTPAT ORP 8150..... | 42 |
| Ilustración 18. Sensores con cable VP2-S | 43 |
| Ilustración 19. Cronograma de Actividades | 48 |
| Ilustración 20. Diseño de los Tanques..... | 50 |
| Ilustración 21. Sensor de Presión PN2294 | 52 |
| Ilustración 22. Pantalla Principal | 53 |
| Ilustración 23. Filtrado de Arena 1 | 54 |
| Ilustración 24. Filtrado de Carbón 1 | 55 |
| Ilustración 25. Filtrado de Arena 2 | 56 |
| Ilustración 26. Filtrado de Carbón 2 | 56 |
| Ilustración 27. Salida..... | 57 |
| Ilustración 28. Main..... | 58 |
| Ilustración 29. Main..... | 58 |
| Ilustración 30. Control de Sensores- Linealización..... | 59 |
| Ilustración 31. Tabla Modbus..... | 59 |
| Ilustración 32. Tabla Modbus..... | 60 |
| Ilustración 33. Panel de control Planta de Tratamiento, ASP | 66 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 34. Sensor de Turbidez Planta de Tratamiento, ASP | 66 |
| Ilustración 35 Tanques de Filtración | 67 |
| Ilustración 36. Flujo metro..... | 67 |

Índice de Ecuaciones

| | |
|--|----|
| Ecuación 1. Presión | 19 |
| Ecuación 2. Densidad | 20 |
| Ecuación 3. Ecuación de la Hidrostática | 21 |
| Ecuación 4. Diferenciales de Presión..... | 21 |
| Ecuación 5. Integrales de Diferenciales..... | 21 |
| Ecuación 6. Presión Absoluta | 22 |
| Ecuación 7. Ecuación de la Pendiente | 22 |
| Ecuación 8. Ecuación de Bernoulli..... | 24 |
| Ecuación 9. Ecuación Medición de pH | 31 |
| Ecuación 10. Fórmula Capacitancia | 33 |
| Ecuación 11. Fórmula de Resistencia en relación a la temperatura..... | 35 |
| Ecuación 12. Formula general resistencia en relación a la temperatura..... | 36 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Rango de Presión PN2294 | 52 |
|--|----|

GLOSARIO

1. Actuator: es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o actuar otro dispositivo mecánico.
2. Conmutación: Cambio de circuito de una corriente eléctrica; en general, acción de abrir, cerrar o dirigir un circuito eléctrico.
3. Control PID: mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular la velocidad, temperatura, presión y flujo entre otras variables de un proceso en general.
4. Bucle: o ciclo, es una sentencia que se ejecuta repetidas veces, hasta que la condición asignada a dicho bucle deja de cumplirse.
5. Enrutamiento: ruteo es la función de buscar un camino entre todos los posibles en una red de paquetes cuyas topologías poseen una gran conectividad.
6. Flujo: caudal de un fluido continuo.
7. HMI: es la interfaz utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar los procesos industriales y de fabricación en la planta.
8. Impedancia: Relación entre la tensión alterna aplicada a un circuito y la intensidad de la corriente producida, y que se mide en ohmios.
9. Interfaz: Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones.
10. Manifold: tubo o conducto ancho que se bifurca en unos conductos o canalizaciones más pequeñas.
11. Master/Slave: o Maestro-Esclavo, es un modelo de comunicación para dispositivos de hardware donde un dispositivo tiene un control unidireccional sobre uno o más dispositivos.
12. Módem: Aparato que convierte las señales digitales en analógicas y viceversa, y que permite la comunicación entre dos computadoras a través de una línea telefónica o de un cable.

13. Módulo: Pieza o conjunto unitario de piezas que se repiten en una construcción de cualquier tipo, para hacerla más fácil, regular y económica.
14. Periférico: Aparato auxiliar e independiente conectado a la unidad central de una computadora.
15. Protocolo: Conjunto de reglas que se establecen en el proceso de comunicación entre dos sistemas.
16. Textil: Perteneciente o relativo a los tejidos.
17. Señal: Variación de una corriente eléctrica u otra magnitud que se utiliza para transmitir información.
18. Señal Digital: es aquella que presenta una variación discontinua con el tiempo y que sólo puede tomar ciertos valores discretos, uno o 0.
19. Señal Analógica: es aquella señal que presenta una variación continua con el tiempo.
20. Sensor: Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.
21. Sistema: Conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto.
22. Transductor: Dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo en la industria a nivel mundial se hace cada vez más notable, siendo este el caso de la ciudad industrial San Pedro Sula, Honduras. La situación en la que viven los estudiantes hondureños en especial los ciudadanos en general, se tiene una idea de que la tecnología no existe en el país o que no existe personal capacitado que trabajen para ello, siendo esto una idea errónea ya que las fábricas y empresas omiten el sistema antiguo de control mecánico de sus máquinas y empiezan a automatizarlas y usar electrónica y también el internet dentro de ellas, lo que trae grandes ahorros energéticos, facilidades en su producción, menor desgaste por fricción en la maquinaria, mejor control y eficiencia en los sistemas.

Este en el caso la empresa R y D Industrial, una empresa dedicada a la automatización y control de calidad en la industria, quienes saben la necesidad que existe en la zona industrial ofrecen proyectos que demanda la evolución del país.

Electrónica, Automatización , regulación de consumo energético, transductores, actuadores, eficiencia, comunicación mediante Ethernet, ahorro financiero, entre otros, son los distintos temas que atiende la empresa antes mencionada, pero para ello se basan en varios elementos utilizados en la industrial actual para su control y uno de ellos es , PLC (Control Lógico Programable), siendo este un conjunto electrónico que cuenta con un CPU (Unidad de Procesamiento Codificado) quien realiza la función de una computadora, logrando de esta manera acciones de procesamiento en nanosegundos lo que se traduce en controles increíblemente rápidos y también comunicación Ethernet con el PLC y Modbus es un protocolo industrial que fue desarrollado para hacer posible la comunicación entre dispositivos de automatización.

Con estos avances tecnológicos a nivel mundial, la instalación de una nueva Planta de Tratamiento de Agua en el Sector Zapotal de la empresa Aguas de San Pedro Sula, es el proyecto planteado a la empresa contratista R y D Industrial, para el cual se realizó un levantamiento de la propuesta establecida con el acompañamiento de la Compañía ICCE (Ingenieros Consultores y Constructores Electromecánicos).

Dentro de la planta de tratamiento se necesitaba el control y monitoreo constantes de los tanques estructurado por carbón activado y arena silica cubierta por 3 capas para poder eliminar cierta turbidez que trae el agua que dirige hacia la población los tanques están controlados por Sensores y Flujómetros por el cual van instalados por la tubería de la entrada y salida de los tanques. "Cuando el fluido pasa por un cilindro no rotativo es incapaz de resistir esfuerzos cortantes ." (Marshall, 2001) Se utilizará comunicación Hart para los sensores y un PLC (Phoenix Contact) comunicándose con una HMI (Phoenix Contact) el monitoreo de cada tanque.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 ANTECEDENTES

La apertura de la nueva Planta de Tratamiento de Agua generó un nuevo proyecto de automatización la planta con sus diferentes tratamientos para poder abastecer todo el sector Zapotal y alrededores. Ante la gran demanda como es el agua hoy en día fue necesario tener un control de los filtros de carbón y arena silica.

El estado como se encontró al principio la planta de tratamiento no contaba con ningún tipo de regulación ni mucho menos con los estándares de la NSF para la distribución del agua para la población lo que se procedió hacer el estudio de dicho proyecto novedoso y garantizado.

Cabe mencionar que se cuenta con la presencia de la compañía ICCE que está encargada del montaje de toda la instalación automatizada y la integración física de la Planta en el Sector Zapotal en proceso de instalación con R y D Industrial en el proceso de Calidad y Monitoreo de los filtros mediante Sensores de Cloro Optisens CL 1100, Sensores de Turbidez 1050, Sensor de PHSMARTPAT 2390, Sensor de Redox SMARTPAT ORP 8150, Sensor de Presión PN2694, Sensor de Temperatura PT2514, Flujometros ENVIROMAG2000. Modulo para los sensores un PLC Phoenix Contact todos comunicados por medio del protocolo de comunicación Modbus RTU y cableado de acuerdo a la norma.

2.2 DEFINICION DEL PROBLEMA

Para la implementación de métodos eficientes, ahorros energéticos y cuidado de la vida útil de los filtros de agua, se le solicita a la empresa R y D industrial la implementación de monitoreo y control de calidad en la Planta de Tratamiento de Agua en el Sector Zapotal, ASP.

Debido a la calidad del trabajo con que la empresa realiza los proyectos y a la excelente coordinación que se ha logrado con ICCE contacto a la empresa para el levantamiento de dicho proyecto.

Dentro de algunos de los procesos para la filtración de agua se encuentran:

La sustracción de agua cruda (Agua de Pozo) después pasa al proceso de clorificación del agua para almacenarlo una vez ya clorificado el agua pasa al proceso de filtración de arena sílica cubierta por tres capas de arena para eliminar el lodo que viene del pozo que el agua pase limpia después pasa a otros filtros de carbón activado para eliminar los malos olores del agua y después distribuir al sector.

El sistema de distribución de agua estaba instalado en un 60% ya que faltan detalles y esos detalles son la parte de mecánica-hidráulica y eléctrica, para el accionar de la automatización de las bombas para poder hacer el filtrado para imprime energía hidráulica al fluido y desviar al colector como lo describe el famoso autor del libro *Reparación Automotriz*, "componente que distribuye aire o mezcla de aire/combustible a cada cilindro del motor" (Hadfield, 2010). Para después proceder en la parte de comunicación con el SCADA implementado por ICCE para poder comunicar nuestros sensores a la red.

Al hacer el inventario de lo que se requería utilizar para la realización del proyecto, se detalla los requerimientos del cliente: como se la pronta entrega del producto como todos los Sensores y Flujometros que requería la compañía ICCE para seguir trabajando en la instalación de tubería para colocar correctamente todo lo requerido por dicha compañía así mismo la elaboración de la programación para poder comunicarse mediante vía Ethernet todas las válvulas y sensores conectados a la tubería.

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACION

1. ¿Qué sensores serán necesarios para el correcto control del sistema?
2. ¿Qué módulos serán necesarios para obtener la información de los sensores?
3. ¿De qué manera realiza la comunicación Modbus TCP/IP al PLC?
4. ¿Qué protocolo de comunicación utiliza los sensores de PH?
5. ¿Cuáles son las variables a tomar en cuenta para que el sistema logre ser automatizado y con el monitoreo necesario para la planta de tratamiento?

Extraídos los requisitos del proyecto, se procede a la ejecución de la investigación y cotización de los elementos electrónicos que serán utilizados.

2.4 OBJETIVOS

Para poder puntualizar los objetivos, se debe empezar definiendo el termino mencionado anteriormente: " ... propósito, misión para un periodo determinado, definido de forma que se mida conforme a parámetros cuantitativos ... y que se controle para replantear las acciones de futuras metas, propósitos o misiones... " (Hernández & Pulido Martínez, 2011).

Por lo que el objetivo fundamental de la automatización es mejorar la planta de tratamiento de agua , la calidad de vida del usuario, el incremento de la seguridad y control, la simplificación de los procesos y los sistemas y el constante monitoreo que se requiere para suministrar la red.

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el control y monitoreo de tratamiento de distribución de agua en aldea el zapotal en sus diferentes filtros mediante un procesador electrónico y de automatización con una interfaz amigable de comunicación al usuario.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer una interfaz amigable y estética en el HMI Phoenix Contact donde el usuario pueda observar las variables necesarias para el monitoreo del sistema.
- Desarrollar una lógica de programación por medio de programa de bloques para la secuencia y alternancia de los sensores como maestros o esclavos tomando en cuenta las variables de seguridad industrial.
- Analizar y seleccionar los sensores a utilizarse en los sistemas de distribución de agua clorificada y filtrada para que cumplan con las condiciones requeridas.

2.5 JUSTIFICACION

Mantener un sistema sin control se vuelve un caso de falla impredecible, ya que podría averiarse una bomba, no se cambie las válvulas, mala medición del flujo, medición de PH, mediciones de presión que sean por lo que la implementación de un Controlador Lógico Programable (PLC) es de vital importancia en la industria, lo que hace una prioridad la aplicación en este proyecto. De igual manera el abastecimiento de agua es el fundamental recurso que necesitan para realizar la producción.

El control de ello trae consigo beneficio para la población tener un agua de calidad y poder usarlo en el hogar con es el vital líquido del ser humano, lo que reduce totalmente enfermedades teniendo un proceso de calidad.

Un diseño agradable y entendible al usuario genera la habilidad de un manejo fácil y rápido, de igual manera un monitoreo que no sea monótono, sino uno dinámico y detallado para que el operador de la planta tenga una reacción rápida ante fallas y ubicación de los componentes o áreas que requieran supervisión.

III. MARCO TEÓRICO

El sector de agua potable y saneamiento básico es fundamental dado que contribuye en forma determinante en la calidad de vida de la población, por causa del mejoramiento de las condiciones de salubridad y el desarrollo económico del país. El agua se ha convertido en una fuente de preocupación para todas las instituciones que intentan proteger este recurso natural de las acciones imprudentes de quienes contaminan el vital líquido.

En 1842 Sir Edwin Chadwick, elaboró un informe sobre las condiciones sanitarias en Gran Bretaña en el que se establecía la necesidad de recoger las aguas residuales en un sistema específico de alcantarillado, proponiendo la utilización de conductos de gres y la separación de las aguas residuales de las pluviales, advocating por los sistemas separativos con su célebre sentencia: "El agua pluvial al río y la residual al campo." A partir de 1847, se estableció la obligatoriedad de conectar los edificios a las redes de alcantarillado. (Sampiere, R.H 2007)

Está demostrado que existe una relación significativa entre abastecimiento adecuado, seguro y conveniente de agua y la frecuencia de enfermedades propagadas y relacionadas con el agua.

La demanda de agua potable depende de varios factores, tales como:

- Hábitos de higiene de los usuarios
- Condiciones climáticas
- Nivel Socioeconómico
- Actividades económicas en la vivienda, industria y servicios
- Oferta en calidad, cantidad y continuidad
- Medición, tarifa y forma de pago

3.1 PLC (CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE)

En cualquier sistema se pueden encontrar de dos tipos: lazo abierto y lazo cerrado. El primero se refiere a un sistema que no recibe ningún tipo de retroalimentación y el segundo al sistema que tiene información con la que puede perfeccionar el proceso realizado. El control de grandes cantidades de información sería imposible realizarlo con contactores como antiguamente se realizaba, por lo tanto, procesar estos datos se realiza por medio de una pequeña computadora llamado microcontrolador el cual realiza complejos procesos por medio de su lenguaje interno que es binario.

Daneri (2008) define: "Un PLC permite controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática a partir de un programa definido por el usuario"(p. 89).

Entre las salidas o entradas que encontramos en un PLC pueden ser digitales o análogas y además la comunicación se puede encontrar de gran variedad de protocolos, en caso de no existir existen modulo expandibles para poder utilizarlos. Ver ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***

El PLC utilizado en el proceso es de la marca PHOENIX CONTACT AXC 1050-PLC/HMI. Entre sus características se encuentran:

- Cliente Modbus/TCP

- Numerosos protocolos soportados, tales como: http, https, FTP, SMTP, SNMP, SMTP, SQL, MySQL, DCP, etc.

- PROFINET controller (up to 16 devices) and/or PROFINET device



Ilustración 1. Control AXC 1050- PLC PC WORX EXPRESS

Fuente: Página oficial PHOENIX CONTACT

3.2 HMI (HUMAN-MACHINE INTERFACE)

Es el medio por el cual el usuario u operador puede controlar o manipular un sistema o un proceso de manera remota a cortas o largas distancias. Ante los beneficios que incluye esta tecnología se pueden incluir evitar daños a la persona por desperfectos o fallas, mayor control y monitoreo, creación de diseño amigables al usuario y desarrollo de sistemas complejos.

Informar al operador de lo que está sucediendo en la instalación se volvía cada vez más difícil de mostrar físicamente. Por lo que ahora no basta un indicador, sino que debe ir en conjunto con una imagen de la maquinaria o del proceso. Evitando con esto el aburrimiento y la fatiga de una pantalla monótona (Penin, 2012). Ver ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.***

En el caso de la aplicación del proyecto se utilizará un PLC/HMI el cual trae ambas funciones como lo dice su nombre de tal modo que funciona como controlador y utiliza el HMI para realizar la interfaz entre el usuario y la máquina.



Ilustración 2. Phoenix Contact 7" - HMI táctil de alta resolución

Fuente: Página oficial PHOENIX CONTACT

3.3 COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

El hecho de tener un mejor control sobre los sistemas, mejorar la calidad de los productos, reducir los costos de producción y la centralización del estado de las bombas, da lugar a poder intercomunicar cada uno de los dispositivos de control y extraer la información que nos es necesaria para inspeccionar el correcto estado de lo que se desee monitorear.

Dentro de la industria encontramos distintos tipos de comunicación como ser: alimentación, transmisión de datos, telefonía, internet, etc. Pero al encontrarse esta gran variedad y distintas funciones, trae consigo consecuencias ventajosas y nocivas para algunos sistemas de comunicación.

Las consecuencias perjudiciales normalmente se dan de manera natural, haciendo mención a las más conocidas como es la interferencia magnética y los ruidos eléctricos los cuales generan armónicos en los medios de transmisión de datos y afectan la información que se transmite por este tipo de comunicación.

3.4 SISTEMAS DE MEDIOS FÍSICOS DE COMUNICACION

Para poder enviar información necesitamos de un elemento físico por el cual pueda ser trasladada la información de un punto a otro. La comunicación entre dos puntos requiere que el mensaje enviado por el emisor pueda ser recibido y entendido por el receptor valiéndose de las características de elementos que pueden usarse como medio de transporte de la energía que contendrá la información.(Rodríguez Penin, 2008)

Los medios físicos que se encuentran en la industria se enumeran los siguientes:

- Cable Eléctrico

Es el medio más común, es un hilo metálico asilado el cual transporta electrones a través de su cuerpo logrando así llevar energía potencial eléctrica de un punto a otro (Tipler & Mosca, 2005).

“El diseño del cable puede ser muy variado de acuerdo a las aplicaciones: par simple paralelo: utilizado en telefonía y alimentación, par apantallado: el cual a diferencia del anterior está revestido por una malla metálica a su alrededor evitando ruido, siendo ventajoso en la transmisión de señales analógicas y digitales, par trenzado, y par coaxial: siendo este un hilo conductor recubierto por una malla haciendo el fin de masa y además como protección de interferencias eléctricas” (Rodríguez Penin, 2008).

Cada una de este tipo de ingeniería en el esquema de los cables se aprovecha para los distintos tipos de ambientes que puedan afectar la información transmitida entre uno o más elementos.

- Fibra Óptica

El conductor de fibra óptica realiza la comunicación por medio de pulsos de luz recorriendo un medio reflectivo ya sea plástico o cristal evitando de esta manera pérdidas de fotones (Tomasi, 2003). Al incluir la luz como vía de transmisión se adquiere las características intrínsecas de la luz: la velocidad, ubicando a este método de comunicación como el más rápido, adquiriendo 300,000 km/h como velocidad de transmisión de datos.

- Radiofrecuencia

Valiéndose de las ondas de radio "... que se generan en un conductor eléctrico cuando se supera una cierta frecuencia en la señal que transporta dicho conductor" (Rodríguez Penin, 2008). Al ser frecuencias bajas, las ondas de radio empleadas en la industria, se limita a distancias más cortas que las generadas por un satélite.

3.5 TIPOS DE RED

Dentro de toda una industria podemos encontrar una gran cantidad de dispositivos interconectados ya sean, PLC, módulos, couplers, HMI, sensores, actuadores, etc., para realizar las funciones necesarias en los procesos, y cada uno de estos dispositivos puede pertenecer a una arquitectura de distinta por o medios de transmisión variados por lo que los métodos de comunicación serán variados de acuerdo a las exigencias del ambiente donde será empleado.

Las redes las podemos encontrar ya sea centralizadas o distribuidas.

En las redes centralizadas los dispositivos son dependientes de un equipo central (Host) que controla todo el sistema. Existiendo fallo en la terminal de un dispositivo el sistema no pierde comunicación en las demás conexiones, pero si el Host sufre algún daño la comunicación caerá en toda la estructura.

En Las redes distribuidas pueden existir subsistemas trabajando individualmente, comunicados y separados totalmente. Siendo una ventajosa comunicación ya que cayéndose una de las comunicaciones el resto del sistema seguirá trabajando normalmente.

3.5.1 Según la Forma (Topología)

La forma de la red se refiere a la manera en que están estructurados los dispositivos en relación a la su disposición alrededor del medio de transmisión de datos. En la, se ejemplifica Ver ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*** cada una de las siguientes redes.

- Bus (Barra)

Es de las distribuciones más sencillas y básicas en la topología de red, todos los elementos están conectados conjuntamente en una misma línea de transmisión. "Esta topología se implementa fácilmente y el fallo de un nudo o elemento no provoca avería en la red" (Schneider Electric, s. f., p. 203).

Este tipo de red es utilizada en aplicación entre máquina-sensor. El modo de transmisión es aleatorio, pero al realizarse transmisiones simultáneas (colisiones) existe un algoritmo especial que solventa el problema.

- Punto a Punto

Llevar información entre dos dispositivos se facilita con este método, ya que solo existiendo comunicación entre ellos las colisiones son casi nulas. Entre dos

elementos no es necesario colocar la dirección al lugar que será enviado el mensaje, además la comunicación puede ser bidireccional y mucho más rápida con un cableado o estructura sencilla. (Guerrero, Yuste, & Martínez, 2009, p. 41). Los inconvenientes de esta red son la distancia, pocas estaciones y la necesidad de múltiples tarjetas de comunicación.

- Anillo

Las estaciones conectadas entre sí forman un circuito cerrado de comunicación, por esta razón N. O. Alonso & Vvaa (2013) afirma:

“ Los datos que se introducen en el sistema de anillo circulan a su alrededor hasta que algún nodo los retira. Todas las estaciones tienen acceso a los datos y se puede realizar un reparto equilibrado de la capacidad de transmisión, con un tiempo de respuesta limitado y buena gestión de las averías “(p. 34).

Los dispositivos en lazo cerrado dependen uno de otro para la comunicación por lo que el fallo o caída de uno de ellos paraliza la comunicación.

- Estrella

La topología de estrella es conveniente para instalaciones centralizadas física y lógicamente.

Permite transmisión por conmutación y un enrutamiento muy fácil y flexible por el nodo central al que se conectan llamado “Hub” que conoce todas las trayectorias posibles para el mensaje (Briceño M., 2005). El inconveniente de este sistema es la caída del Hub que inhabilitaría la conexión.

- De Jerarquía o de Árbol

Mencionando el sistema jerárquico de red, C. G. M. Alonso et al.(2017) afirma:

“ Esta configuración consiste en una serie de derivaciones que en general convergen en un punto. ...sólo hay una ruta de transmisión entre dos estaciones. La configuración se obtiene con varias redes en bus vinculadas entre sí mediante repetidores ”(p. 52).

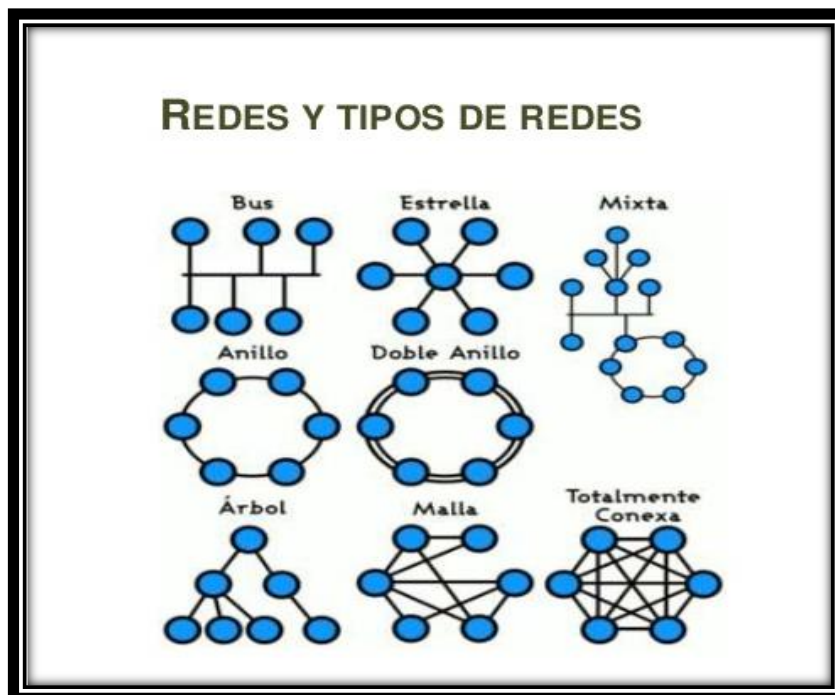


Ilustración 3. Tipos de Redes

Fuente: Cisco Networking Academy

3.6 PROTOCOLOS DE COMUNICACION

Para realizar un intercambio de información se necesita una serie de reglas y convenciones que deben seguir los dispositivos interconectados para transmitir y recibir información. A Estos arreglos se les llama protocolo. El objetivo de cualquier protocolo de comunicación es mantener y asegurar la comunicación

entre dos equipos, permitiendo que la información fluya bidireccionalmente sin fallos.

Los protocolos están basados en un método estándar para proporcionar una base común para relacionar todas las redes informáticas, a este se le llama modelo OSI (Open System Interconnection) creado por la organización ISO (International Standards Organization).

El modelo OSI divide su estructura en 7 capas atendiendo los siguientes principios:

Cada capa soporta un protocolo independiente de las otras capas.

Cada capa proporciona servicios a la capa inmediatamente por encima de ella.

La capa 1 describe el soporte de comunicación.

La capa 7 proporciona servicios al usuario o a una aplicación (Schneider Electric, s. f.).

3.6.1 Modbus

El protocolo indagado en la investigación y aplicado en el proyecto es llamado Modbus. Es el protocolo con mayor antigüedad, fue introducido para la industria en 1979 por la empresa Gould Modicon (ahora AEG Schneider Automation) utilizando comunicaciones en serie para sistemas de control de proceso (SCADA) por medio del método de comunicación Master-Slave y Cliente-Servidor entre dispositivos inteligentes (PLC's) y dispositivos de campo (sensores y actuadores), ya sea para transmitir señales analógicas y registro de los elementos, o el monitoreo de cada uno de ellos.

Modbus/TCP: utiliza la pila de protocolos TCP/IP para transmitir la información. Ayuda a reducir los costes de conexión y a potenciar las prestaciones, la fiabilidad

y la funcionalidad. Su velocidad no frena las aplicaciones y su arquitectura permite una modernización fácil. Los productos y el software son compatibles, por lo que los sistemas se caracterizan por su durabilidad. (Schneider Electric, s. f.)

La comunicación es del tipo Maestro- Esclavo. Modbus emplea el principio Maestro-Esclavo incluso en la modalidad punto a punto. Si un controlador origina el mensaje, lo hace como Maestro, y espera una respuesta de tipo Esclavo. Si a un controlador le llega una petición de otro, éste reconstruye la respuesta como si fuera un Esclavo.

El Maestro puede realizar comunicaciones punto a punto con un único esclavo, o utilizar mensajes de tipo general (broadcast). El protocolo establece el formato del mensaje del Maestro, colocando la dirección, el código de la acción a realizar, datos adicionales y un campo de verificación de errores de transmisión.

Los controladores de una red pueden comunicarse mediante la técnica punto a punto, siendo cualquiera de estos el que puede iniciar el diálogo con los otros controladores. De esta manera un controlador puede funcionar como Maestro o Esclavo en comunicaciones independientes.(C. G. M. Alonso et al., 2017)

La comunicación Maestro-Esclavo se realiza por medio de un mensaje de interrogación (query) que incluye un código que indica al esclavo destinatario el tipo de acción a tomar. Los bytes de datos contendrán toda la información necesaria para que el esclavo pueda realizar la acción propuesta, y el campo de verificación proporciona un medio de comprobar que la información recibida es correcta.

La respuesta normal de un esclavo devuelve el código de acción enviado por el maestro, los datos recopilados y el estado. Si hay un error, se modifica el código de función para indicar este hecho y los datos contienen información acerca del error.

3.7 MECANICA DE FLUIDOS

Al existir la necesidad de hacer que un fluido siga una trayectoria a través de un área específica y saber el comportamiento que tendrá se hace preciso el uso de una de la rama de la mecánica llamada mecánica de fluidos, la cual Martínez & Estornell (2014) afirma: "...estudia las leyes del comportamiento de los fluidos en equilibrio, hidrostática, y en movimiento, hidrodinámica" (p. 9). Esta ciencia brinda valiosas fórmulas físico-matemáticas, las cual pueden analizar con gran precisión los sistemas hidráulicos. La mecánica de fluidos analiza fluidos compresibles e incompresibles, pero en esta investigación se enfocará el análisis en los fluidos incompresibles, que es uno de los elementos a tratar.

3.7.1 PRESIÓN

Una de las variables vitales para el estudio de los fluidos estáticos o dinámicos, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea en los sistemas hidráulicos ya sean desde los más simples hasta los más complejos. La presión se define como la fuerza perpendicular por unidad de área siendo una magnitud escalar.

$$P = \frac{F}{A}$$

Ecuación 1. Presión

Fuente:(Wilson & Buffa, s. f.)

Siendo: P : Presión

F : Fuerza normal a la superficie

A : Área

3.7.2 FLUIDOS

El movimiento que existe en canales o tuberías es debido a propiedades que poseen los elementos fundamentales llamados fluidos. Un fluido se define como una sustancia que adopta la forma del recipiente que lo contiene por lo que carece de forma. Un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas partículas solo hay una fuerza de atracción débil. Por lo que el fluido puede reordenar sus moléculas sin alterar sus propiedades (Martín Domingo, 2011).

3.7.3 DENSIDAD

Masa por unidad de volumen, así se define la densidad. Si un cuerpo no tiene una distribución uniforme de la masa en todos sus puntos, la densidad alrededor de un punto dado puede diferir de la densidad media. (Ortíz, 2006) explica que siendo un fluido homogéneo el analizado la densidad no varía de un punto a otro definiéndose de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Ecuación 2. Densidad

Fuente:(Ortíz, 2006)

Siendo: ρ : Densidad

 m: Masa

 V: Volumen

3.7.4 HIDROSTÁTICA

Las partículas tienen una velocidad nula. El fluido en reposo no tiene fuerzas tangenciales que ocasionen el movimiento, por lo tanto, la fuerza ejercida sobre la superficie que contiene el fluido es perpendicular a ella. La fuerza por unidad de superficie dependerá del punto de la superficie. Fluidos que se encuentran confinados en algún tipo de contenedor.

$$p_2 - p_1 = \rho g(h_2 - h_1) = \rho g(z_2 - z_1)$$

Ecuación 3. Ecuación de la Hidrostática

La presión en un fluido incompresible la densidad no depende de la presión, por lo tanto, es posible describir el problema en función de la profundidad respecto a la superficie que aumenta según la altura.

$$dp = -\rho g dz, \quad \rho g dz = \rho g dh$$

Ecuación 4. Diferenciales de Presión

Fuente: (Jiménez, 2011)

La ecuación se puede integrar con facilidad entre la superficie libre y un punto a una altura h :

$$\int_0^h dp = p - p_{atm} = \int_0^h \rho g dh = \rho gh$$

Ecuación 5. Integrales de Diferenciales

Fuente: (Jiménez, 2011)

Escribiéndose de la siguiente manera:

$$p(h) = p_{atm} + \rho gh$$

Ecuación 6. Presión Absoluta

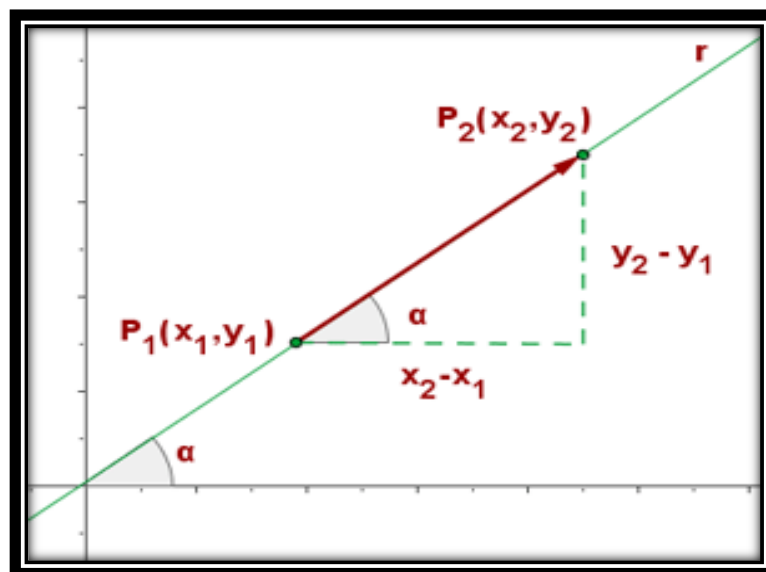
3.7.5 ECUACIÓN DE LA PENDIENTE

Para cualquier programación es importante el concepto matemático en este caso utilizamos una ecuación muy básica para poder elaborar con dicha secuencia los sensores ya que tienen ser de forma lineal en su aplicación para el proyecto. La pendiente es la inclinación de un elemento lineal, natural o constructivo respecto al horizontal.

Una ecuación lineal puede expresarse en la forma $y=mx+b$. En esta ecuación, x y y son coordenadas de un punto, m es la pendiente y b es la coordenada y de la intersección en y . Un tipo de ecuación lineal es la forma punto-pendiente, la cual nos proporciona la pendiente de una recta y las coordenadas de un punto en ella. La forma punto-pendiente de una ecuación lineal se escribe: (Martinez, 2010)

$$(y - y_1) = m(x - x_1)$$

Ecuación 7. Ecuación de la Pendiente



Fuente: GEOMETRIA ANALITICA

3.7.6 HIDRODINAMICA

Es de vital importancia conocer y analizar la trayectoria que sigue un fluido, debido a las demandas que exigen los procesos de un sistema cualquiera, ya sea por valores de presión o flujo específicos.

Para el estudio de la hidrodinámica normalmente se consideran tres aproximaciones importantes:

- Que el fluido es un líquido incompresible, es decir, que su densidad no varía con el cambio de presión, a diferencia de lo que ocurre con los gases.
- Se considera despreciable la pérdida de energía por la viscosidad, ya que se supone que un líquido es óptimo para fluir y esta pérdida es mucho menor comparándola con la inercia de su movimiento.
- Se supone que el flujo de los líquidos es un régimen estable o estacionario, es decir, que la velocidad del líquido en un punto es independiente del tiempo.

El fluido utilizado es agua y cumple con las características anteriores logrando resultados que se aproximan a las situaciones reales, por medio de las leyes de conservación de la energía y las leyes de conservación de la masa. . Pero para facilitar los análisis en un sistema hidráulico se considera un fluido ideal y sin complicaciones ni pérdidas significativas.

3.7.7 Ecuación de Bernoulli

En este caso se emplean las leyes de la conservación de la energía para analizar el movimiento de un fluido El matemático en deducirla fue el suizo Daniel Bernoulli quien plantea la siguiente ecuación:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Ecuación 8. Ecuación de Bernoulli

3.7.8 CAVITACIÓN Y GOLPE DE ARIETE

El intercambio de energía, ante condiciones ideales, las pérdidas sería nulas, pero en el campo nos encontramos con factores que producen estos desgastes. Las pérdidas son causa ya que la inercia del fluido y los cambios de velocidad.

En los sistemas hidráulicos encontramos factores que afectan de manera fatal al sistema, generando separación de bridas o quebradura de hélices explicando los siguientes fenómenos a continuación.

Cavitación

Este fenómeno se genera en las maquinas hidráulicas debido al diseño, como Domínguez (2013) explica:

Cuando el seno de una corriente fluida alcanza unas condiciones tales que la presión en algunos puntos es menor que la presión de vapor del fluido a esa temperatura, tiene lugar una vaporización parcial de modo que forma unas cavidades o burbujas llenas de vapor... próximamente colapsa la misma produciendo grandes presiones que dañan la superficie del material. (p. 97)

Golpe de Ariete

El segundo fenómeno encontrado en sistemas hidráulicos es llamado golpe de ariete. "Se debe a un cambio brusco de movimiento de un fluido en un conducto cerrado produciendo variaciones de presión y/o vibraciones" (López, 2005, p. 73).

Estas variaciones son producidas por cierres bruscos de válvulas o cambios de dirección bruscos. Variación repentina de energía en el fluido genera sobrepresiones o depresiones dañando válvulas y separación de uniones.

3.8 LIMITE DE TURBIDEZ DEL AGUA

La turbidez del agua no debe superar en ningún caso las 5 NTU (unidad de medición para la turbidez el 0.6 NTU para la filtración convencional o directa) y estar idealmente por debajo de 1 NTU. En los sistemas filtrantes, de las plantas de tratamiento de agua se deben asegurar que la turbidez no supere 1 NTU en por lo menos un 95% de las muestras de agua que se hacen mensual. Las unidades de turbidez NTU, FTU, y FAU se basan en calibraciones que emplean los mismos estándares primarios de formacina que es una suspensión que se puede crear utilizando soluciones acuosas de Sulfato de Hidracina y Hexametilentetramina por lo que el valor para cada una de estas unidades será el mismo, no obstante el valor en las muestras puede variar de manera notable en dicha aplicación. (OMS, 2002)

3.8.1 SENSORES

Para tener un adecuado control de un sistema, es necesario el control de las variables del mismo como ser presión, temperatura, humedad, etc. Estas variables pueden ser beneficiosas o perjudiciales por lo cual el conocimiento de su medida es de vital importancia. Según Ramírez, Jiménez, & Carreño (2014) lo define como: "... dispositivo de entrada que provee un sistema manipulable de la variable física medida" (p. 17). El sensor utiliza un transductor que es el que transforma la señal a medir en un tipo de energía distinta la cual se puede medir y utilizar este para cualquier sistema.

Existen una serie de modos de transmisión de datos entre sensores y controladores, depende de su aplicación y de la estructura con la que fueron diseñados.

A continuación, se enumera este tipo de comunicación:

- Niveles de tensión (0 - 10V / 0 – 5V / ASCII)
- Bucle de corriente (0 – 20mA / 4 – 20mA)
- Pulsos eléctricos (I/O Link). Es la nueva tecnología utilizada para la lectura de sensores, es estandarizada, simple, comunicación constante, monitoreo de sensores, etc., (IO-Link, 2018).

3.8.2 SENSOR DE TURBIDEZ

El factor importante hoy en área ambiental o de tierra en sí, incurre en distintos factores favorables o desfavorables por la presencia de ellos. La medición de la turbidez es esencial para garantizar la calidad y controlar el proceso en una amplia variedad de aplicaciones como la producción de agua potable monitorización de efluentes y medición de concentración de lodo en plantas de tratamientos de aguas residuales, monitorización de entradas de agua salada en proyectos de desalinización, o detección de pérdida de producto en la industria láctea. El OPTISYS TUR 1050 es un sistema de medición de turbidez con calibración muy rentable y sistema de limpieza por ultrasonidos automatizado.

Debido a su sistema de medición de optimizado, el dispositivo puede informar sobre la turbidez del agua de proceso en unidades de turbidez nefelometría (NTU o Unidades nefelometrías de formazina (FNU). Lecturas por encima de 100 NTU / FNU o 1000 NTU / FNU (dependiendo del rango de medición del dispositivo específico) están fuera del rango de este dispositivo.

Si el medidor real mide 0.28 NTU / FNU en la muestra de agarre y el medidor para uso de laboratorio mide 0.04 NTU en la misma muestra, el valor de compensación correcto es -0.24.

Después de ingresar el valor de compensación, el dispositivo resta 0.24 de su propio valor medido de 0.28 NTU / FNU y muestra un resultado de medición de 0.04 NTU / FNU.

El sensor utiliza el método de luz dispersa de 90 °, por lo que las ópticas de medición no están expuestas directamente a la muestra y requieren menos mantenimiento. El sistema de bajo rango es el sistema más adecuado cuando se trata de cumplir con todas las regulaciones y requisitos necesarios en el tratamiento de agua y aguas residuales.

Según la norma ISO 7027, los valores de turbidez por debajo de <40 NTU se miden con la luz dispersada a 90 ° método. La fuente de luz y el receptor están colocados en un ángulo de 90 ° entre sí. La luz transmitida desde la fuente se dirige con la misma intensidad al receptor de referencia y al medio. La luz se refleja de las partículas y se reciben las fracciones de la luz dispersada. Por el detector, que se posiciona en un ángulo de 90 °. El medidor compara la luz de referencia. Y receptor de luz dispersa y calcula el valor de turbidez. (Krohne, 2004)

Las unidades de medida para la turbidez son:

- NTU (Unidad de Turbidez Nefelométrica)
- FNU (Unidad Nefelométrica de Formazin)

| Masa de agua | Nivel de turbidez |
|---|-------------------|
| Masas de agua con pocas plantas y animales | 0 JTU |
| Agua potable | <0.5 JTU |
| Agua subterránea típica | <1.0 JTU |
| Masas de agua con cantidad moderada de plantas y animales | 1 - 8 JTU |
| Masas de agua con cantidades grandes de vida planctónica | 10 - 30 JTU |
| Agua turbia o flujos en ríos de las tormentas de invierno | 20 - 50 JTU |

Ilustración 4. Tabla de Medición

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK



Ilustración 5. OPTISYS TUR 1050

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

3.8.3 SENSOR DE PH

Para la medida de acidez o alcalinidad de una disolución. Lo cual indica la concentración de iones de hidrogeno presentes en determinados disoluciones. El valor del pH se puede medir de forma precisa mediante un potenciómetro, también conocido como SMARTPAT pH 2390 sensor que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos uno de referencia y otro de vidrio que es sensible de ion de hidrogeno.

La determinación del pH es uno de los procedimientos analíticos más importantes y más utilizados en química y bioquímica. En un sensor completamente funcional, la pendiente óptima es de -59 mV para cada unidad de pH y el punto cero óptimo es de 0 mV a pH 7. La pendiente debe tener al menos un valor entre -50...- 65 mV por unidad de pH.

Vuelva a calibrar el sensor si la pendiente no se aproxima a esos límites. El sensor de pH envejece, la pendiente se vuelve más plana y aumenta el error cero. El pH determina muchas características notables de la estructura y de la actividad de las moléculas del comportamiento de células y organismos.

El principio de medición de un sensor de pH se basa en un vidrio sensible al pH (vidrio de membrana). Cuando el vidrio sensible al pH entra en contacto con un líquido, se desarrolla una capa delgada de gel hidratado en la superficie, permitiendo un intercambio de iones entre la superficie de vidrio y el líquido. La llamada potencial de Ernst se acumula en la superficie del vidrio. "Si ambos lados del cristal están en contacto con líquidos, se puede detectar un voltaje entre los dos potenciales de superficie". El voltaje se correlaciona con la diferencia en la concentración de iones H^+ y, por lo tanto, la diferencia de valores de pH en

ambos líquidos. El sensor de pH contiene una solución tampón interna con un valor de pH conocido. (Krohne, 2004)

Si el valor de pH de la medio de medición en el exterior del sensor es igual al valor de pH del búfer interno, el voltaje resultante es de 0V.

Si el valor de pH del medio difiere del valor de pH interno, se producirá una tensión entre los valores internos y la capa externa puede ser medida. A partir de la tensión resultante, la diferencia de pH de los dos los líquidos pueden ser calculados.

La tensión se mide utilizando un electrodo de medición y un electrodo de referencia; ambos están contruidos en el sensor.

El electrodo de medición está en contacto con la solución tampón conocida en el pH Bombilla de vidrio sensible.

El electrodo de referencia se sumerge en una solución saturada de potasio cloruro (KCl). La propia solución de KCl está en contacto eléctrico con el medio de medición por medios del diafragma.

El diafragma evita que el medio de medición penetre en el sistema de referencia pero todavía permite el contacto eléctrico con el medio de medición.

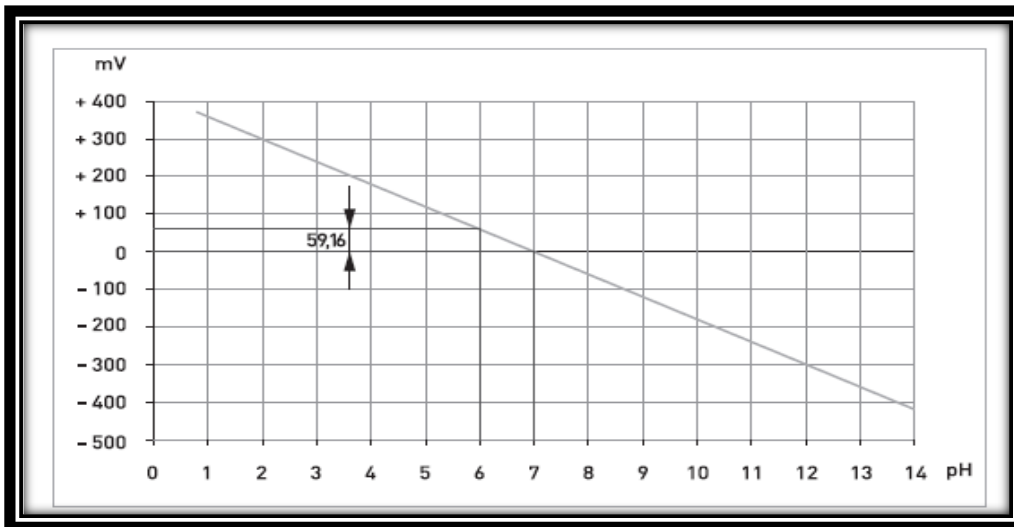


Ilustración 6. Pendiente óptima a 25 ° C / 77 ° F

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

El cambio de voltaje de un sensor de pH a 25 ° C / 77 ° F es de alrededor de -59 mV para cada unidad de pH. Esto también se llama la pendiente del sensor de pH. La pendiente depende de la temperatura y disminuye a lo largo de la vida útil del sensor.

$$pH = -\log H \pm$$

Ecuación 9. Ecuación Medición de pH

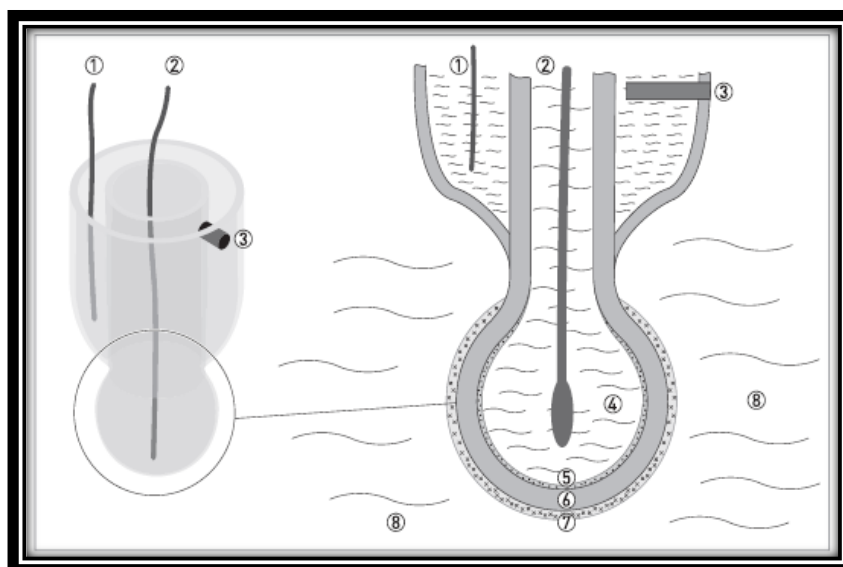


Ilustración 7. Principio de Medición de pH

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

1. Electrodo de referencia
2. Electrodo de medición
3. Diafragma en contacto con solución de KCl y medio de medición.
4. Solución interna de pH 7
5. Potencial de superficie en el interior (contacto con solución tampón).
6. Vidrio sensible al pH (vidrio de membrana)
7. Potencial de superficie en el exterior (contacto con el medio de medición).
8. Medio de medición



Ilustración 8. SMARTPAT pH 2390

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

3.8.4 SENSOR DE PRESIÓN

Para la medición de presión por medio de un transductor que transforma fuerza aplicada en un área determinada y una señal eléctrica. Lo que diferencia un sensor de presión de un sensor de fuerza es que el primero cuenta con un diafragma la cual es el área efectiva en la que se mide la fuerza efectiva.

De acuerdo a la forma del diafragma se pueden diferenciar en diferentes formas las cuales sirven para el proyecto:

- Piezorresistivos

Las galgas extensiométricas utilizan la tecnología de los materiales piezorresistivos que por medio de una fuerza tangencial que varía de acuerdo a la resistencia.

- Capacitivos

Este tipo de sensores se basa en el principio de transducción de capacitancia variable, de tal modo que la transducción es entra la fuerza ejercida sobre un diafragma de área conocida y el desplazamiento de uno de los electrodos que forma el capacitor variable. Para entender el fenómeno se aplica la ecuación de capacitancia para poder determinar la presión ejemplificado con el diagrama de la ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:***

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_t A}{d}$$

Ecuación 10. Fórmula Capacitancia

Fuente: (Ramírez et al., 2014)

Siendo: C : Capacitancia (F)

d : Distancia entre electrodos

ϵ_t : Permitividad relativa del medio

ϵ_0 : Permitividad del vacío

A : Área de traslape

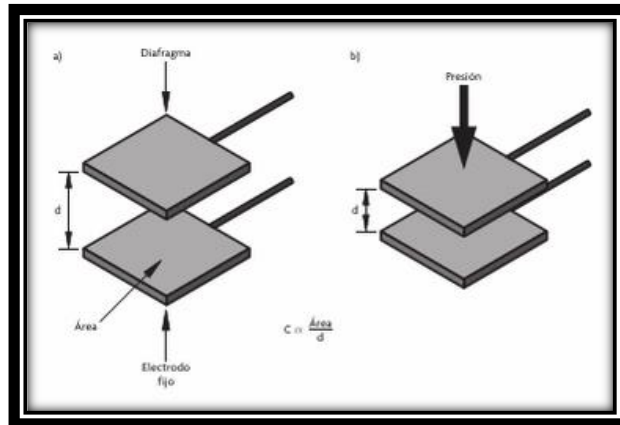


Ilustración 9. Presión determinada por capacitancia entre dos placas

Fuente: (Ramírez et al., 2014)



Ilustración 10. Sensor de Presión con Display

Fuente: IFM ELECTRONIC

3.8.5 SENSOR DE TEMPERATURA

Para un control ambiental para sistema o de tierra en si está determinado por diferentes tipos de factores como ser la climatización, dispositivos médicos, manipulación de productos químicos y control de dispositivos en el sector automotriz siendo como factor primordial la temperatura. Este tipo de sensor destaca por su armadura protectora lisa sin tipo de conexión. La sonda PT100 esta fija en el sensor de temperatura TM5331 eso permite que el tiempo de reacción sea rápido.

En el caso del proyecto la conexión eléctrica sea realiza a través de un conector M12 al sensor de temperatura PT100 TM5331 también en puntos de medidas estrechos teniendo en cuenta la medición de la temperatura en cada tanque para la distribución de agua en la zona. El principio de dicho sensor es la variación de la resistencia de un conductor con respecto a la temperatura.

Si el conductor se encuentra sometido a una temperatura mayor a la temperatura de estabilidad, el número de electrones para la conducción aumenta por lo que las vibraciones de los átomos son mayores dispersando los electrones y reduciendo su velocidad (Areny, 2004).

$$R = R_0(1 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \dots + \alpha_n T^n)$$

Ecuación 11. Fórmula de Resistencia en relación a la temperatura

Fuente: (Areny, 2004)

Siendo: R : Resistencia (Ω)

R_0 : Resistencia a la temperatura de referencia

T : Incremento de temperatura con respecto a la referencia

α_n : Coeficiente de temperatura de la resistencia (depende de la pureza del material)

Pero la exactitud y estabilidad a largo caso del platino y el bajo coste con respecto al cobre y al níquel se utiliza el margen lineal:

$$R = R_0(1 + \alpha T)$$

Ecuación 12. Formula general resistencia en relación a la temperatura



Ilustración 11. Sensor de Temperatura

Fuente: IFM ELECTRONIC

3.8.6 SENSOR DE CLORO

Para la medición del cloro es importante tener en cuenta ciertos factores muy importantes como es el sensor de tres electrodos los cuales electrodo de medida (oro), un electrodo totalizador (oro) y un electrodo de referencia (Ag/AgCl). Se genera un potencial preciso entre el electrodo de medida y el electrodo de referencia. El electrodo de medida empieza la polarización, o sea los iones se reúnen cerca del electrodo para neutralizar el campo eléctrico. Tras la polarización, la corriente eléctrica baja a 0 mA mientras no cambie la capa de polarización.

Las moléculas de cloro libre que tocan la superficie del electrodo de medida recogen una porción definida de la carga, cambiando el potencial de medida. El convertidor de señal mide constantemente el potencial entre el electrodo de medida y el de referencia y reajusta inmediatamente el potencial en cuanto empiece a cambiar. La corriente necesaria para mantener un potencial constante tiene una correlación directa con la concentración de cloro libre en el producto que se mide.

El efecto de desinfección del ClO_2 se debe a la transferencia de oxígeno en lugar de cloro, de modo que no se formen subproductos clorados. El ClO_2 se utiliza como desinfectante contra biofilms, bacterias, esporas y virus.

Hoy en día se piensa que el electrón desapareado de la molécula se transfiere al ADN del microorganismo que se rompe y causa necrosis celular. El ClO_2 tiene un efecto a largo plazo de varios días. A diferencia del cloro, la fuerza de desinfección del ClO_2 no depende del pH, y la medida no muestra ninguna influencia del pH en un rango de pH 6 a pH 9. (Krohne, 2004)

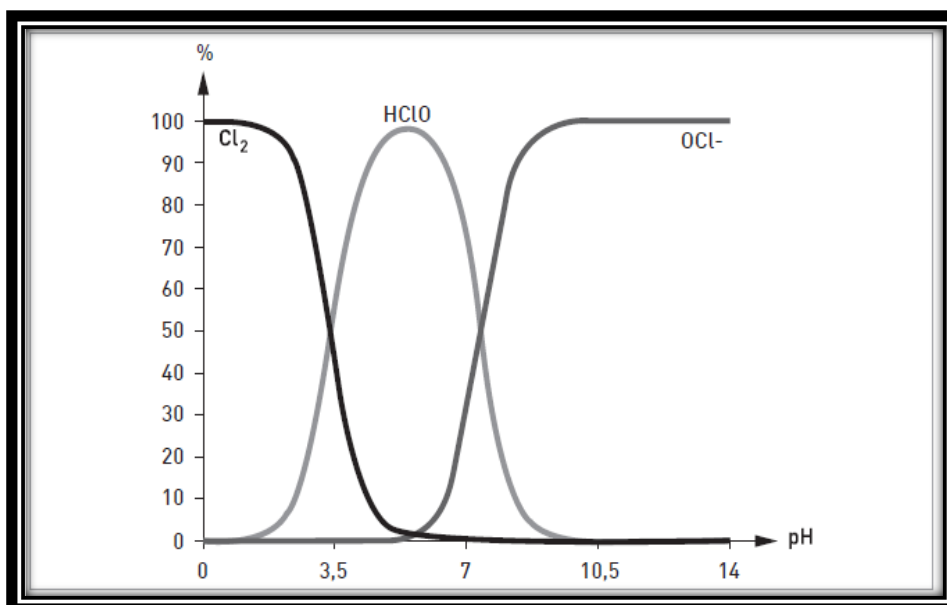


Ilustración 12. Composición del cloro libre según el valor de pH

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK



Ilustración 13. OPTISENS CL 1100

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

3.8.7 FLUJOMETRO

Para la medición volumétrica de un líquido o un gas, para medir su caudal lineal, no lineal o su masa, instrumentos diseñados especialmente para comprender el comportamiento de los fluidos. Las opciones de flujómetros en medidores de caudal, o medidores de flujo, como también se les conoce son muy abundantes y se diferencian entre sí por su funcionalidad, el nivel de precisión en las mediciones que ofrecen. Por las características del proyecto resulto más adecuado y necesario evaluar los requisitos de la aplicación en particular que se les vaya a dar la naturaleza del fluido a medir y las características de la instalación.

El medidor de flujo electromagnético Krohne Enviromag 2000 está diseñado para usarse para este tipo de proyectos para unos convertidores de flujo Krohne IFC 010 o Krohne IFC300. El medidor de flujo electromagnético Krohne Enviromag

2000 presenta revestimientos de poliuretano o de goma dura y bridas de acero ASME robustas con niveles de presión de 150 lb o 300lb. (Krohne, 2004)

El Enviromag 2000 su única aplicación es la medición de aguas residuales y agua residenciales y proceso para las plantas de tratamientos de agua a nivel global.

Para las aplicaciones utilizadas por en el proyecto es importante tener en cuenta ciertas aplicaciones del flujometro utilizadas como ser:

- El Proceso de Aguas Residuales
- Proceso de Desalinización
- Redes de Riego
- Procesos de Agua Limpia
- Distribución de Agua
- Estaciones de Enfriamiento

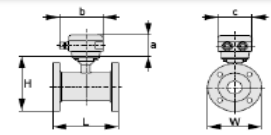
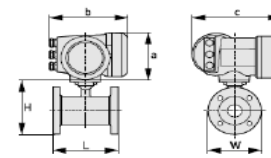
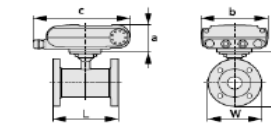
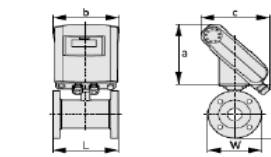
| | | |
|------------------------------------|---|---|
| Remote version |  | $a = 77 \text{ mm} / 3.1''$ $b = 139 \text{ mm} / 5.5'' \text{ } \text{⌀}$ $c = 106 \text{ mm} / 4.2''$ Total height = $H + a$ |
| Compact version with (FC 300) |  | $a = 155 \text{ mm} / 6.1''$ $b = 230 \text{ mm} / 9.1'' \text{ } \text{⌀}$ $c = 260 \text{ mm} / 10.2''$ Total height = $H + a$ |
| Compact version with (FC 100 10°) |  | $a = 82 \text{ mm} / 3.2''$ $b = 161 \text{ mm} / 6.3''$ $c = 257 \text{ mm} / 10.1'' \text{ } \text{⌀}$ Total height = $H + a$ |
| Compact version with (FC 100 145°) |  | $a = 186 \text{ mm} / 7.3''$ $b = 161 \text{ mm} / 6.3''$ $c = 184 \text{ mm} / 7.2'' \text{ } \text{⌀}$ Total height = $H + a$ |

Ilustración 14. Dimensiones Enviromag 2000

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK



Ilustración 15. Dimensiones Enviromag 2000

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

3.8.8 SENSOR ORP

La importancia de tantos factores en el vital líquido como ser el potencial de reducción de la oxidación, ORP es la medida de la concentración de agentes oxidantes y reductores en el agua. Su valor está influenciado tanto por el pH como por la temperatura. El ORP es un parámetro de suma que no proporciona información sobre la concentración de una sola sustancia en una mezcla.

Las mediciones de ORP se utilizan para controlar las reacciones químicas que implican la transferencia de electrones. En el tratamiento de agua se puede encontrar en el tratamiento con ozono y eliminación de hierro, manganeso y nitrato, así como los pasos de desinfección según (Schwimm, 2004) . En el tratamiento de aguas residuales, la ORP se mide en el proceso de desnitrificación y en la desintoxicación de aguas residuales industriales.

En sensor de ORP consiste en un electrodo de medición de platino u oro y una referencia de por ejemplo, Ag / AgCl. El potencial del electrodo de medición cambia con la concentración de agentes reductores y oxidantes y se mide con

respecto a la referencia. Los valores medidos se pueden recalcular para que se ajusten a los valores de la literatura basados en NHE (electrodo de hidrogeno normal) como referencia (Krohne, 2004).

Para el correcto funcionamiento del sensor la punta siempre debe tener contacto total con el medio de medición. La posición de montaje del sensor no debe desviarse más de 75 ° de la posición vertical (la punta del sensor apunta hacia abajo). De lo contrario, las burbujas de aire podrían flotar en la punta del sensor. Esto interrumpiría el contacto eléctrico entre la solución amortiguadora interna y la superficie de platino.

Los dispositivos de comunicación HART se superponen a la señal analógica 4-20 mA a través de un módem FSK. De manera que todos los dispositivos conectados pueden comunicarse digitalmente entre sí a través del protocolo HART mientras transmiten simultáneamente las señales analógicas. La información de los sensores por el cual se modula digitalmente sobre el lazo de corriente y por tanto no hay interferencias entre ellas.

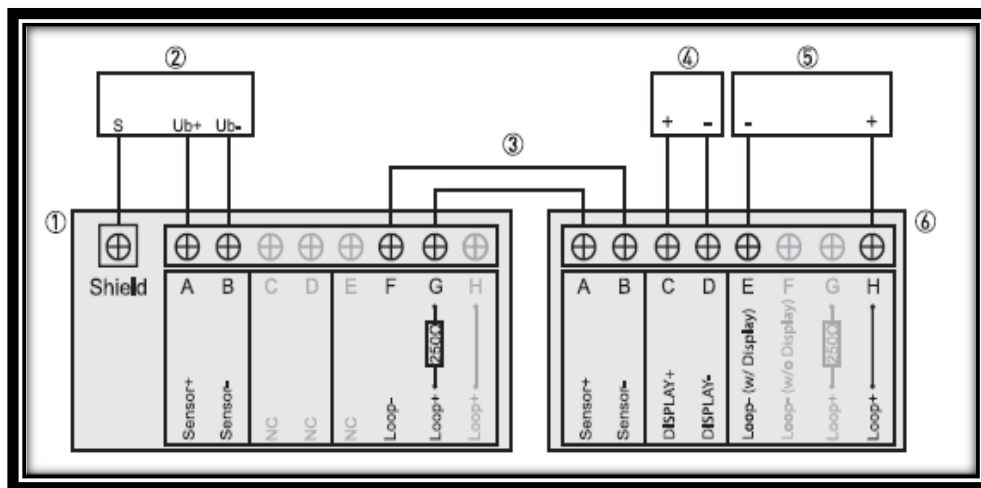


Ilustración 16. Conexión con Sensor y Sistema de Control

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

1. SMARTMAC 200W
2. Sensores con cable VP2-S
3. Conexión de cable entre SJB 200 W-Ex y SMARTMAC 200W
4. HMI u otro dispositivo alimentado por bucle de 4-20 mA (Base de Datos)
5. Sistema de Control sin resistencia interna de 250 Ω
6. Boquilla SJB 200 W-Ex Bo



Ilustración 17. SMARTPAT ORP 8150

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

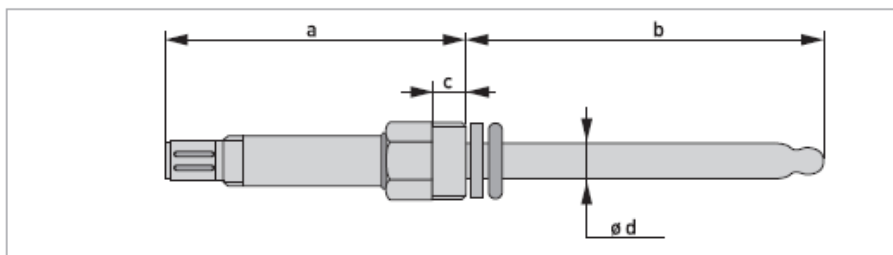


Figure 7-1: SMARTPAT ORP 8150

| | Dimensions [mm] | Dimensions [inch] |
|---|------------------|--------------------|
| a | 104 | 4.09 |
| b | 120 | 4.72 |
| c | 12 | 0.47 |
| d | $\varnothing 12$ | $\varnothing 0.47$ |

Ilustración 18. Sensores con cable VP2-S

Fuente: GRUPO KROHNE MESSTECHNIK

IV. METODOLOGIA

En un proyecto o proceso donde los factores los cuales se puede realizar una acción o modificación. Cada uno de estos factores influye positivamente dentro de ciertos límites o que puedan causar daño alguno. A esto se le asigna nombre a ciertas variables, dado en el concepto dentro de un sistema o proceso que nos revele información, con el cual se determine el grado de estabilidad o consumo de un proceso cualquiera. Según lo explica Namakforoosh (2000) :“ La variable que el investigador desea explicar se considera como la variable dependiente. La variable que explique el cambio de la variable dependiente es referida como la variable independiente “(p.66)

4.1 HIPOTESIS

Una hipótesis nos conduce a futuras soluciones que se comprueban por medio de un método o ilustración que se emplee en la actualidad.

Comprendido la sintaxis de la formulación de dicha hipótesis siendo de la siguiente manera: Debido a ciertas observaciones y exigencias del cliente se realizó una simulación en el programa PC WORX en el cual se tenía que programar cada uno de los sensores con una comunicación Modbus TCP/IP. Primero se hicieron los análisis del agua (TDS, NTU, FTU, PH, CL) una vez teniendo dicho análisis se procedió al análisis de los tanques por el cual se dará el proceso de filtración (Arena Sílica y Carbón Activado) en dicho depósito se contará con la medición adecuada que se requiere para que el agua lleve lo más potable posible a las colonias cerca del Zapotal, San Pedro Sula.

Se calibraron algunos sensores ya que el cliente ocupaba la instalación del panel para dichos sensores para poder monitorear cada uno de los tanques.

Se instalará un panel con PLC Phoenix Contact que estará monitoreando todos los sensores mediante un SCADA que se estará visualizando todos los parámetros de los sensores en la planta de tratamiento siendo posible. La secuencia dependerá del master en este caso asignado a cada sensor como por ejemplo la presión de la tubería por el cual pasará el agua entre los filtros tomando en cuenta el material filtrante de cada tanque entre otros elementos sensoriales en el proyecto.

La interacción del master se realizará mensualmente ya que se estará registrando en una base de datos todos los parámetros y niveles que debe llevar el agua tanto de cloro una vez pase por el proceso de filtrado para eliminar los malos olores y residuos que contrae antes de dicho proceso para poder ser utilizado en el hogar.

Se observaran datos de monitoreo de cada sensor mencionado por medio de un PLC y HMI Phoenix Contact y la comunicación de los dispositivos por medio Modbus TCP/IP.

La lógica de programación se realizara por el lenguaje de bloque realizando una programación optimizada y funcional.

La comunicación que se realizara es por medio de una pantalla táctil donde se podrá visualizar las unidades en proceso inmediatamente o si se presentara algún problema en el futuro.

4.1.1 VARIABLES DEPENDIENTES

El proyecto ya ejecución con los cuatros tanques instalados listo con su material filtrante serán controlados por sensores de presión según las especificaciones por el cual está diseñado el tanque, el flujo por el cual deberá pasar por la tubería, la turbidez por el cual vendrá el agua si es posible ser tratada antes de la filtración. También la pronta reacción del equipo en caso de mantenimiento por lo que la secuencia se realice sin afectar el sistema.

Por lo que iniciar el proceso en los tanques vacío podría ocasionar daños y no sufran del fenómeno de la cavitación en las bombas instaladas.

4.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

La calibración de cada sensor en los tiempos de mantenimiento será un factor que podría afectar en el sistema.

4.2 MÉTODO Y ENFOQUE

El método a utilizarse es el científico debido a que esta técnica se centra en los fenómenos y procesos de la naturaleza que afectan los sistemas que rigen las leyes del universo. La investigación realizada es de acuerdo a ofrecer una solución por medio de esquemas sencillos, comprensibles y lógicos utilizando herramientas matemáticas y tecnológicas para la aplicación del mismo. Un método de investigación debe basarse en lo empírico y en la medición, sujeto a los principios de las pruebas de razonamiento.

El enfoque está caracterizado:

- Un enfoque cuantitativo refleja la necesidad de medir de los fenómenos o problemas de investigación." En el proceso el investigador tiene que tratar de tener el mayor control posible, de manera que una posible relación entre las variables de su estudio no pueda explicarse por otros factores que sea distintos a los que él ha medido." (Ramos, 2015)
- Un enfoque cualitativo está basado en el método de recolección de datos sin ningún cálculo matemático solo basa en la asignación numérica utilizando el trabajo de campo y datos reales (Pérez, 2002). Por lo que se diseñó en la pantalla HMI una interfaz para que el operario tenga facilidades de estar observando los datos que recoge el sensor.

4.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la realización del proyecto trajo consigo la recopilación de varias fuentes de información para la investigación y confirmación de dicho proyecto. Siendo las fuentes primarias son resultados de trabajos referenciados, originales y bien documentados, mientras que las fuentes secundarias toman la información de las fuentes secundarias y crean sus propios criterios basados en el análisis.

Fuentes primarias empleadas:

- Monografías de referencia.
- Libros electrónicos recopilados del CRAI (Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación) por parte de UNITEC.
- Libros físicos referentes al tema.
- Revistas científicas.
- Diccionarios especializados.

Fuentes primarias empleadas:

- Libros con interpretación.
- Catálogos.
- Manuales técnicos.
- Tesis de referencia.

4.4 CRONOGRAMA

| No | Actividad | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5 | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | Semana 9 | Semana 10 |
|----|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 1 | Capacitación Valvulas KROHNE | ■ | | | | | | | | | |
| 2 | Capacitación Programa Visual + | | ■ | | | | | | | | |
| 3 | Capacitación PCWORX | | ■ | | | | | | | | |
| 4 | Visita Proyecto Tratamiento de Agua, ASP | | | | | ■ | | | ■ | | |
| 5 | Programación Proyecto de Tratamiento de Agua, ASP | | ■ | | | ■ | | | | | |
| 6 | Visita RN6, Gildan | | | ■ | | | | | | | |
| 7 | Diseño de Pantalla Tratamiento de Agua, ASP | | | ■ | | | | ■ | ■ | | |
| 8 | Curso Power BI | | | | ■ | | | | | ■ | |
| 9 | Levantamiento en Ceiba, Textile | | | | | ■ | | | | | |
| 10 | Investigación de Visu + Mobile | | | | | ■ | | | | | |
| 11 | Levantamiento en Tecno Supplier | | | | | ■ | ■ | | | | |
| 12 | Instalación de Control de Temperatura Tecno Supplier | | | | | | ■ | | | | |
| 13 | Pruebas de Paneles Solares, Zip Bufalo | | | | | | | ■ | | | |
| 14 | Lectura de Manuales para entrenamiento | | | | | | ■ | | | | ■ |
| 15 | Visita a Hosiery textile, Gildan Probleamas PLC | | | | | | | ■ | ■ | | |
| 16 | Calibración de Variadores, RN6 ,Gildan | | | | | | | | ■ | | |
| 17 | Calibración de Variadores, HONTEX, Gildan | | | | | | | | ■ | | |
| 18 | Visita a ELCATEX, Instalacion de Valvulas Chrome | | | | | | | | | ■ | |
| 19 | Levantamiento CHOLTEX, Gildan | | | | | | | | | ■ | ■ |

Ilustración 19. Cronograma de Actividades

Fuente: Propia

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 ANALISIS

SENSOR DE PRESIÓN

Ante todos los sistemas que se proponen un análisis general y específico es importante controlar el sistema de tratamiento de manera para mantener todos los componentes instalados en el correcto orden diseñado evitando pérdidas monetarias y de energía. Donde se debe centrar la mirada y tener mucha precaución es el elemento de la instalación para que no tenga ningún fallo las bombas para poder alimentar los tanques. Analizando los factores que podrían dañar o afectar el sistema de distribución seria la falta de fluido en las tuberías generando presiones no adecuadas que tiene que soportar el tanque. Otro factor muy importante es el ambiente donde está instalado el sensor está expuesto a la intemperie de cualquier cosa sobre natural causando daño a futuro o mandando datos equivocadamente. Por lo que se tomaran en cuenta dichos factores en la lógica y alertas en el PLC y HMI respectivamente.

Para determinar se encuentra a un nivel óptimo para el correcto funcionamiento del sistema, es necesario utilizar un dispositivo que nos indique numéricamente esa elevación por lo tanto, debido a la gran elevación que está ubicado se utilizara un sensor de presión y utilizando la ***¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*** Ecuación de Bernoulli, se determinara el sensor necesario.

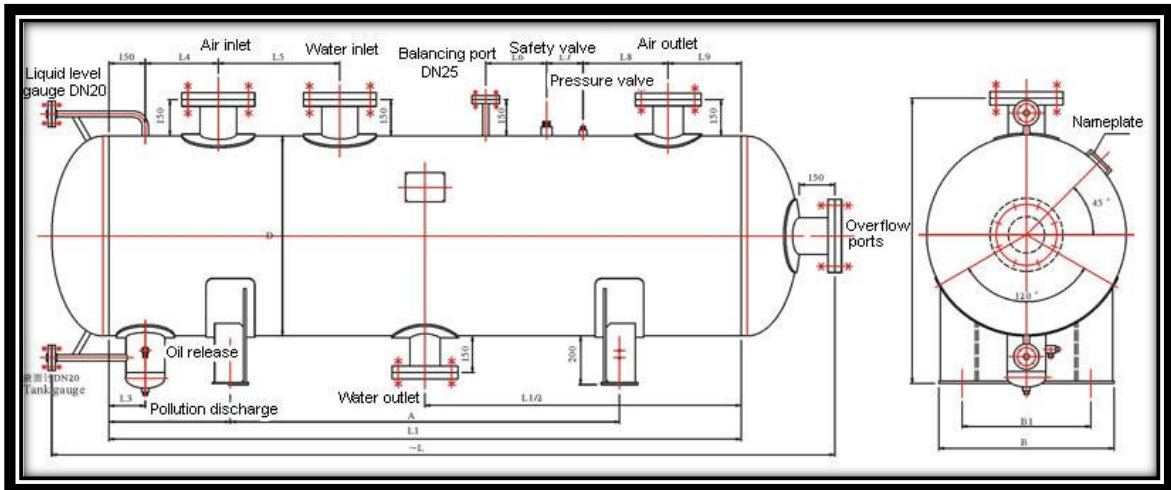


Ilustración 20. Diseño de los Tanques

Fuente: ICCE

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

Sabiendo que: $p_1 = 1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ bar}$

$$h = 15 \text{ m}$$

$$\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Al analizar la instalación de los tanques consideramos que hay ciertas irregularidades en el diseño de las tuberías que ocasionarían una caída de presión por lo se puede analizar un sistema estático reduciendo los términos a la ecuación de hidroestática y considerando la altura del tanque de la presión 1:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$p_1 + \rho g h_1 = p_2$$

$$p_2 = 1.01325 \text{ bar} + (1000 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(1E - 5)$$

$$p_2 = 1.01325 \text{ bar} + 0.981 \text{ bar}$$

$$p_{2(\text{absoluta})} = 1.99 \text{ bar}$$

La presión está dada para presión absoluta, pero en el caso del sensor la presión es considerada en manométrica ya que hace referencia para la diferencia de presión dentro del sensor a la atmosférica.

$$p_{2(\text{absoluta})} = 1.99 \text{ bar} = p_{2(\text{atmosferica})} + p_{2(\text{manométrica})}$$

$$p_{2(\text{manométrica})} = p_{2(\text{absoluta})} - p_{2(\text{atmosferica})}$$

$$p_{2(\text{manométrica})} = 1.99 \text{ bar} - 1.01325 \text{ bar}$$

$$p_{2(\text{manométrica})} = 0.981 \text{ bar}$$

El sensor deberá tener una especificación de presión de al menos 1 bar de presión manométrica o de 2 bar si se emplea la presión absoluta, para poder ser aplicado en el tanque sin sufrir daños erróneos. Ya obtenidos estos cálculos se prosiguió a la elección del sensor llegando a la conclusión que debido a los factores ambientales que pueden afectarlo como ser lluvia, la exposición al sol eligiendo la característica de grados de protección IP65 siendo este disponible en el inventario mostrado en la ilustración.



Ilustración 21. Sensor de Presión PN2294

Fuente: Página Oficial IFM

Tabla 1. Rango de Presión PN2294

| Rango de configuración / medición | | | |
|-----------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Rango de medición | -1...10 bar | -14,6...145 psi | -0,1...1 MPa |
| Punto de conmutación SP | -0,94...10 bar | -13,6...145 psi | -0,094...1 MPa |
| Punto de desconmutación rP | -0,98...9,96 bar | -14,2...144,4 psi | -0,098...0,996 MPa |
| Punto inicial analógico | -1...8 bar | -14,6...116 psi | -0,1...0,8 MPa |
| Punto final analógico | 1...10 bar | 14,6...145 psi | 0,1...1 MPa |
| En intervalos de | 0,02 bar | 0,2 psi | 0,002 MPa |

Fuente: Hoja Técnica IFM

5.1.1 LINEALIZACION DE SEÑALES

Debido a la configuración del sensor, la señal obtenida del sensor de presión será de 4 a 20mA, pero lo que se necesita es el valor de la presión, de manera que muestra la hoja técnica en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, indicando la variable " I ", como la corriente de salida del sensor y " P " la presión que se desea medir y dentro de esta " MAW ", como el rango inicial de valor medido y " MEW ", como el rango final de valor medido.

5.2 RESULTADOS

5.2.1 DISEÑOS EN HMI

5.2.1.1 PANTALLA PRINCIPAL



Ilustración 22. Pantalla Principal

Fuente: Propia

Se diseñó una interfaz adecuada para la facilidad del operario en la selección de los filtros a elegir. Se insertaran los filtros de interés como monitoreo y control de cada uno en modo automático dando lectura a cada sensor instalado y la visualización de los datos de cada uno de los sensores.

Ver *Ilustración 19*.

5.2.1.2 SISTEMA FILTRACIÓN 1



Ilustración 23. Filtrado de Arena 1

Fuente: Propia



Ilustración 24. Filtrado de Carbón 1

Fuente: Propia

Para la elaboración del diseño de cada una de las pantallas se utilizó como herramienta el software CAD SOLIDWORKS de modo que se visualizara las maquinas a controlar y los datos a monitorear. En las Ilustración 20-21, se aprecian las tablas elaboradas de la medición de cada sensor con sus diferentes unidades de medición para el correcto funcionamiento de los cuatros tanques de carbón y arena.

En la parte superior se colocaron botones para desplazarse a través de todos los tanques para visualizar los datos y poder trasladarlo a una base de datos.



Ilustración 25. Filtrado de Arena 2

Fuente: Propia



Ilustración 26. Filtrado de Carbón 2

Fuente: Propia

Como tercera opción ya en la "SALIDA" seleccionamos la opción en la cual se podrá visualizar los diferentes parámetros una vez el agua pasa por el proceso ya descrito en lo anterior cumpliendo los parámetros que se requiere para no activar el sistema de alarma.



Ilustración 27. Salida

Fuente: Propia

5.2.2 LOGICA EN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

La lógica de programación mostrada en las siguientes secciones, fue aplicada a todos los sensores por lo que se muestran los valores una vez tratada el agua, para demostrarlo y poder visualizarlo.

5.2.2.1 MAIN

El módulo utilizado para la energización de todas las funciones de los bloques de programación fue nombrado Main de manera que la programación fuera organizada y estructurada. De igual manera fue distribuido en sus respectivas áreas.

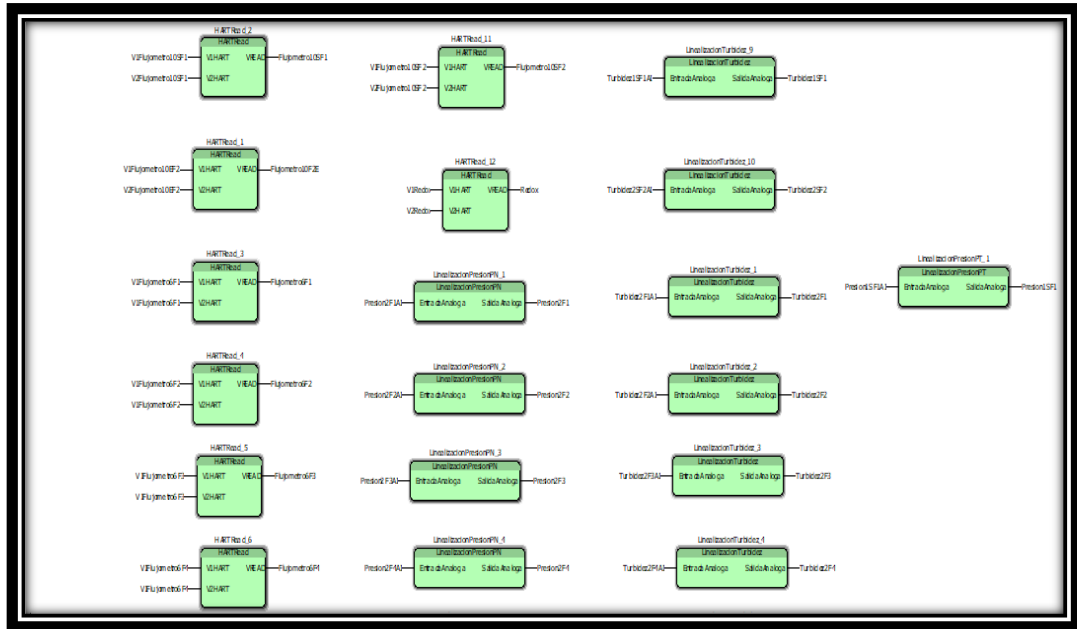


Ilustración 28. Main

Fuente: Propia

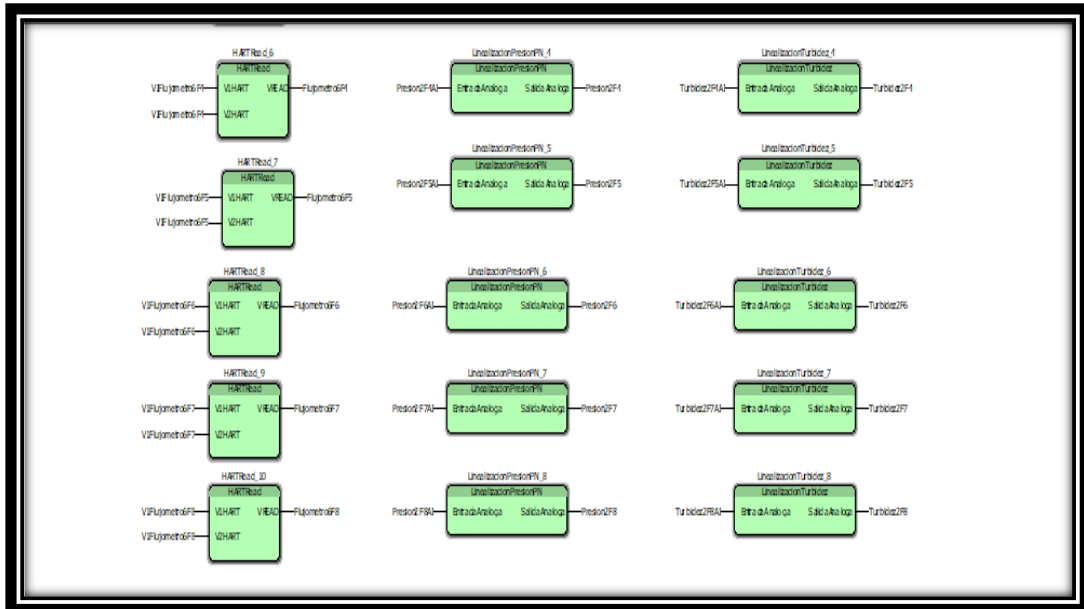


Ilustración 29. Main

Fuente: Propia

5.2.2.2 CONTROL DE SENSORES

```
1 EntradaAnologaReal:=INT_TO_REAL(EntradaAnologa);
2
3 if((PresionMaxPN - PresionMinPN)=0.0) then
4 SalidaAnologa:=-99999.9;
5 else
6 SalidaAnologa := ((PresionMaxPN - PresionMinPN)/(30000.0 - 0.0)) * (EntradaAnologaReal - 0.0) + PresionMinPN;
7 end_if;
```

Ilustración 30. Control de Sensores- Linealización

Fuente: Propia

La utilización de sensores en nuestro caso, se utilizan las señales de 4 a 20mA, pero este valor debido a la gráfica aplicada en dichos sensores se requiere la utilización de una linealización por medio de escalas para convertir las unidades digitales, que son los datos con los que trabaja el PLC, con los valores reales que lee el sensor o con valores de porcentaje.

5.2.2.3 MODBUS

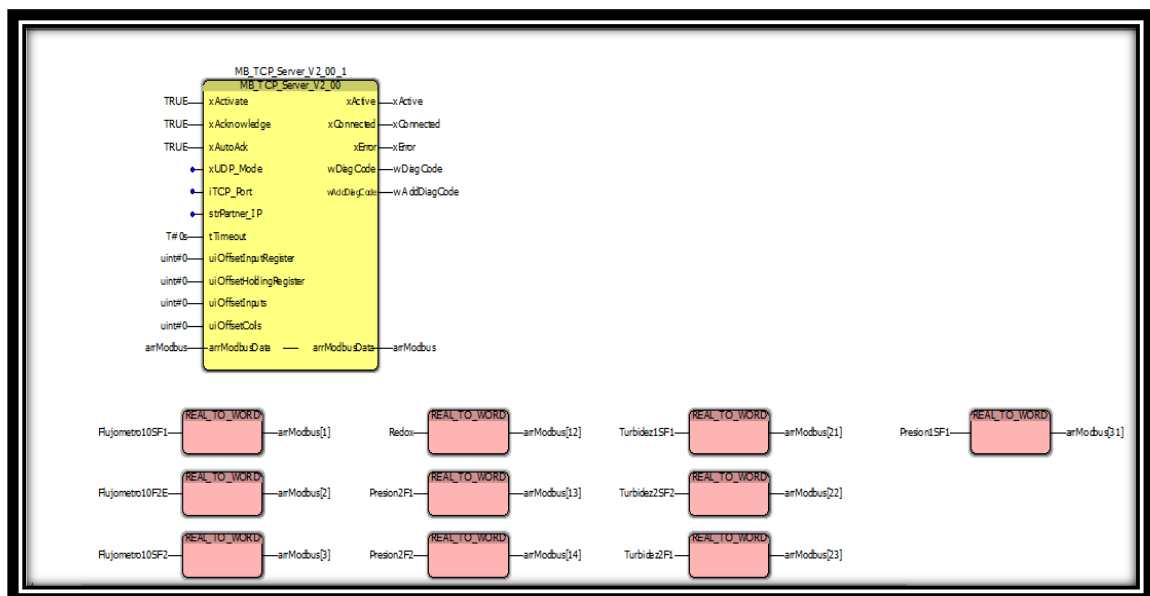


Ilustración 31. Tabla Modbus

Fuente: Propia

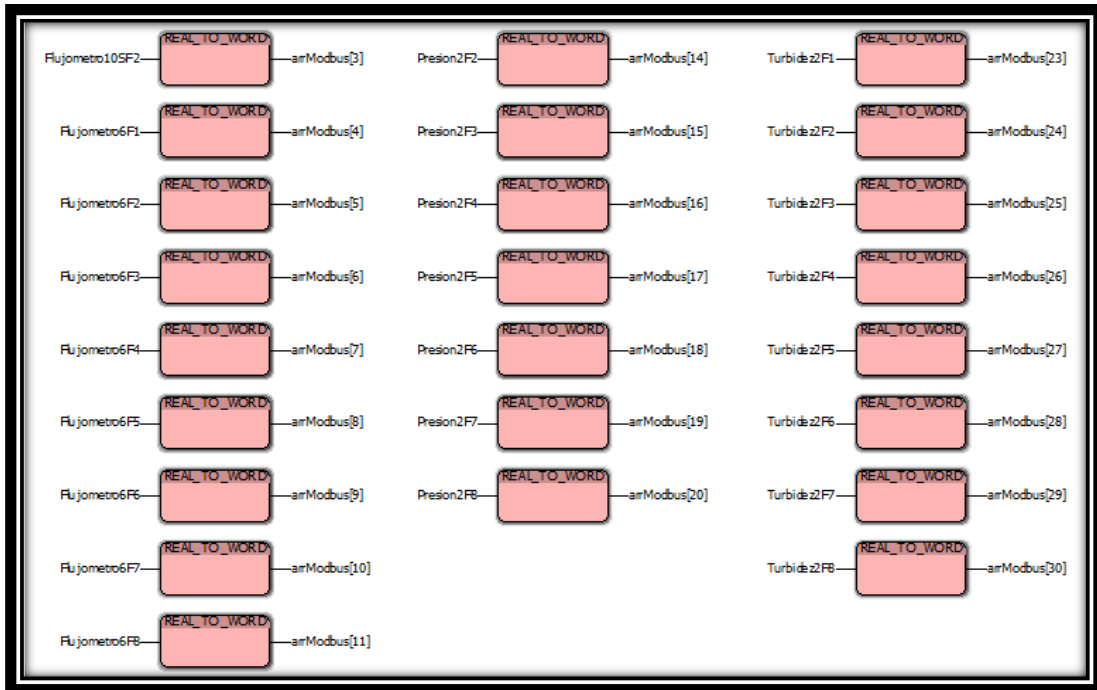


Ilustración 32. Tabla Modbus

Fuente: Propia

En esta sección del programa se realizó el direccionamiento Modbus, en el cual se le indica al PLC en que arreglo de Modbus se enviará la variable correspondiente. Este paso de programación es vital para que el PLC se comunique con los sensores directamente y mande los datos a la HMI.

VI. CONCLUSIONES

Para finalizar un proyecto de graduación, se debe demostrar y plantear lo que sucedió en dicho proyecto afirma Paz (2014):

son el lugar para que le digas al lector que sucedió, pero además son tus hallazgos más importantes de la investigación,... (p. 138)

A continuación, se detallamos las conclusiones obtenidas durante la ejecución del proyecto.

- La interfaz en el HMI fue diseñada con exitosamente y además muestra características con una correcta señalización y observación de datos para la facilitación para los operarios de la planta.
- La lógica de programación que se desarrollo toma en cuenta cada uno de los sensores que se instalarían unos en el tanque y otros en entradas y salidas en la tubería manteniendo toda la línea de distribución constante teniendo una margen de linealización correcto de cada sensor.
- Mediante el análisis matemático y márgenes de seguridad se demostró la elección de los sensores de manera que no influyan en un problema en el sistema.

VII RECOMENDACIONES

HACIA LA EMPRESA

El desarrollo del proyecto fue realizada en R y D, para ser implementado en La Planta de Tratamiento El Zapotal. A continuación, se detallan las recomendaciones para la empresa

Primeramente, en el caso de R y D, se recomienda elaborar un informe con los detalles sobre nuevas implementaciones, proyectos desarrollados, desarrollo de nuevas tecnologías y cualquier información que sirva como fuente en un futuro proyecto.

De igual manera la implementación de diseños CAD en las HMI o SCADA's se vuelve una prioridad a la hora de visualizar procesos y sistemas debido a la rapidez con la que se pueden atacar los problemas por parte de los ingenieros o los técnicos de mantenimiento por lo que de ahora en adelante se vuelve un requerimiento del cliente.

HACIA LA UNIVERSIDAD

Durante la integración del proyecto se aplicaron muchos conceptos teóricos y prácticos durante los años cursados en UNITEC, por lo que gracias a la base por nuestros catedráticos el desarrollo del mismo ese dio con éxito.

Pero de igual manera los aspectos en los que se sintió deficiencia son los que se plantearan a continuación debido a que requirieron mayor tiempo de investigación y consulta a ingenieros o técnicos en el tema, sin embargo, pueden tener mayor enriquecimiento durante cada catedra en el aula de clase.

- Protocolos de comunicación. Ante las demandas de los clientes, se necesitan una profundización más a detalle de cada una de las comunicaciones empleadas en la planta, ya que en nuestro medio se utilizan comunicaciones industriales basadas en métodos antiguos, pero que en la actualidad por su facilidad de conexión y bajo costo aún son técnicas muy utilizadas y básicas.
- Programación de bloques y codificación tipo C. Dentro de la gama de controladores PLC se recurrió a la marca Phoenix Contact, su método de programación es la creación de bloques creados por el usuario por medio de codificación en C, que próximamente se podrá utilizar como un bloque de programación. Siendo esta una manera más fácil de programación para ciertos usuarios debido a la comodidad con este tipo de programación, pero de mejor manera sentir la confianza de tener el conocimiento de la programación de bloques.
- Sensórica. La amplia variedad de sensores implica una gran cantidad de información casi imposible de conocerla, pero el conocimiento del empleo y funcionalidad básica de estos sensores conlleva a la experimentación con gran facilidad reconociendo los pros y contras de cada uno de los sensores que pueden ser accesibles dentro de las clases en las que se puedan atacar estos temas.
- Redes industriales. Se recomienda potenciar esta área, ya que en el rubro de la automatización es uno de los factores más importantes, protocolos de comunicación como Modbus y OPC deberían ser tomados en cuenta.

BIBLIOGRAFÍA

1. IO-Link. (2018). IO-Link System Description. Recuperado a partir de http://www.io-link.com/share/Downloads/At-a-glance/IO-Link_System_Description_eng_2018.pdf
2. Martín Domingo, A. (2011). *Apuntes de Mecánica de Fluidos* (info: eu-repo/semantics/other). Madrid. Recuperado a partir de <http://oa.upm.es/6934>
3. Ortiz, J. E. D. (2006). *Mecánica de los fluidos e hidráulica*. Universidad del Valle.
4. Krohne, L. (2004). *Coordinador de Krohne, Ing. Electrico*. Alemania .
5. Marshall, D. (2001). *Flujo más allá de un cilindro en un plano b, con aplicación a la separación de la corriente del Golfo y la Corriente Circumpolar Antartica* . Reino Unido: Fisica Oceanografica .
6. Martinez, J. C. (2010). *Geometria Analitica* . Ciudad de Mexico : Esfinge.
7. OMS. (2002). *Organizacion Mundial de la Salud* . EEUU: Calidad para agua de pozos.
8. Pérez, S. (2002). *Investigacion Cualitativa*. Madrid: Tecnicas y Analisis.
9. Ramos, C. A. (2015). *Investigador en Ciencias Sociales y Comportamiento Humano* . Ecuador.
10. Schwimm, A. v. (2004). *Tratamiento de Agua*. Alemania : DIN 19543.
12. Penin, A. R. (2012). *Sistemas SCADA*. Marcombo.

13. Ramírez, L. G. C., Jiménez, G. S. A., & Carreño, J. M. (2014). *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria.
14. Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. Editorial Limusa.
15. Rodríguez Penin, A. (2008). *Comunicaciones Industriales*. Marcombo.
16. Sánchez, J. A. (2013). *Instrumentación y control básico de procesos*. Ediciones Díaz de Santos.
17. Jiménez, S. de las H. (2011). *Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas*. Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica.
18. López, R. G. (2005). *Frío industrial: Mantenimiento y servicios a la producción*. Marcombo.
19. Martín Domingo, A. (2011). *Apuntes de Mecánica de Fluidos* (info:eu-repo/semantics/other). Madrid. Recuperado a partir de <http://oa.upm.es/6934/>
20. Martínez, J. L. G.-S., & Estornell, G. C. (2014). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. Editorial Club Universitario.
21. Alonso, N. O., & Vvaa. (2013). *Redes de comunicaciones industriales*. Editorial UNED.

ANEXOS

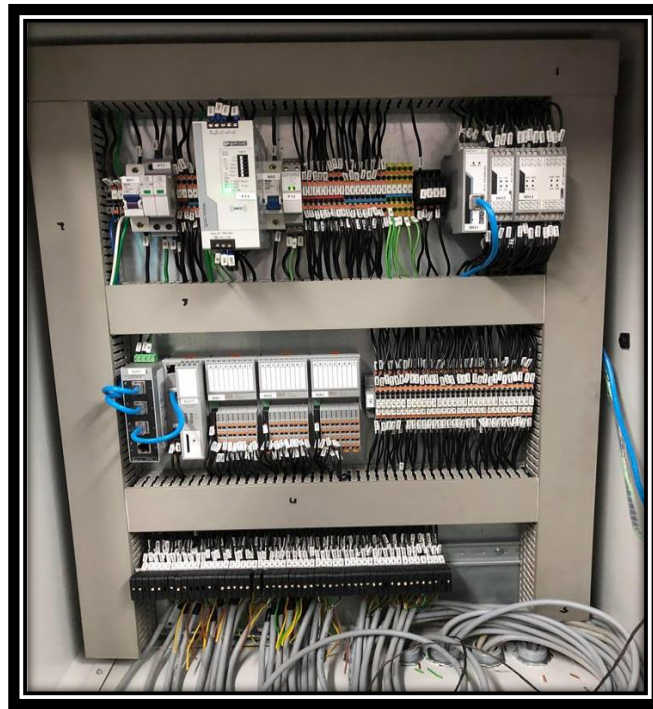


Ilustración 33. Panel de control Planta de Tratamiento, ASP

Fuente: Propia



Ilustración 34. Sensor de Turbidez Planta de Tratamiento, ASP

Fuente: Propia



Ilustración 35 Tanques de Filtración.

Fuente: Propia



Ilustración 36. Flujometro

Fuente: Propia