



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Electrotecnia y Computación

Ingeniería electrónica

*Trabajo monográfico para optar al título de  
Ingeniero Electrónico*

**“Implementación de un sistema de control de automatización de osmosis inversa en la empresa SAUBER Nicaragua, logrando el tratamiento de agua y optimizando el recurso hídrico en beneficio de la empresa.”**

**Autor (es):**

Br. José Daniel Ruiz López. Carnet 2015-0432U

Br. Cristhel Fernanda Amoretti Rivera. Carnet 2014-0131U

**Tutor (a):**

Msc. Ing. Dora Inés Reyes Chávez

Abril 2022

Managua, Nicaragua

## **Dedicatoria y Agradecimiento.**

*“Porque el Señor da la sabiduría; conocimiento y ciencia brotan de sus labios.  
Proverbios 2:6”*

En primer lugar, hacemos dedicatoria a Dios, por brindarnos salud y por darnos la oportunidad de llegar hasta este punto en donde culminaremos una importante etapa en nuestras vidas, la cual es defender nuestro trabajo monográfico, en donde a lo largo de años de estudios universitarios hemos adquirido los conocimientos que nos preceden en este importante acontecimiento, por darnos sabiduría, inteligencia y sobre todo perseverancia antes los obstáculos presentados.

En segundo lugar y no menos importante a nuestros padres (**Jose Dolores Ruiz – Rosa Emilia López**), (**Alvaro Enrique Amoretti – Meybis del Socorro Torres**) que han sido un gran apoyo en nuestras vidas tanto económica como moral, grandes pilares que han forjado la base de todo lo que nos precede hoy en día, siendo los principales ejemplos de superación.

Agradecemos también al **Ing. Nelson Solorzano** quien fue el que nos ayudó a visualizar y nos orientó para diseñar la planta de osmosis inversa en la empresa SAUBER.

Damos agradecimiento infinito a **Msc. Ing. Dora Inés Reyes Chávez**, tutora y guía académica, por su tiempo y conocimientos brindados en la elaboración del presente trabajo. A la Universidad Nacional de Ingeniería por los años de enseñanza junto a cada docente que fue parte de nuestra formación como profesionales y a la empresa SAUBER NICARAGUA por brindarnos su apoyo en todo momento.

Br. José Daniel Ruiz López.

Br. Cristhel Fernanda Amoretti Rivera.

## Resumen

En el siguiente trabajo monográfico, se realiza un estudio técnico acerca de la osmosis inversa para poder desarrollar y diseñar una planta totalmente automatizada de acuerdo a las necesidades que requiere la empresa SAUBER, en este estudio se tomaron en cuenta trabajos e investigaciones previas en otros países, a través de estos trabajos se obtuvo información para ver las necesidades y los requerimientos que esta planta puede necesitar.

Para realizar el diseño se estudió el programa TIA POTAL v15.1, software a utilizar como herramienta principal en la simulación del proyecto, para ello se tuvo que aprender a programar en lenguaje LADDER, previamente a esto se creó un GRAFCET con las etapas del proyecto, el cual se dividen en dos: recolección del líquido a tratar y posterior a eso el tratamiento del mismo, el cual al momento de programar el PLC ayuda a visualizar mejor el funcionamiento del sistema haciendo que la programación sea más fácil.

Con los trabajos previos se pudo determinar cuáles eran los requerimientos para una planta de osmosis inversa, así como los instrumentos a utilizarse, partiendo de allí se definieron las necesidades del proyecto para adaptarlas al mismo.

# Contenido

<b><i>I. Introducción.....</i></b>	<b><i>1</i></b>
<b><i>II. Justificación.....</i></b>	<b><i>3</i></b>
<b><i>III. Objetivos.....</i></b>	<b><i>4</i></b>
<b><i>IV. Marco Teórico.....</i></b>	<b><i>5</i></b>
<b><i>Capítulo I – Generalidades.....</i></b>	<b><i>5</i></b>
1.1 Etapas de Obtención y tratamiento del agua: .....	6
1.2 Principios físico-químicos básicos.....	11
1.3 Osmosis .....	14
1.4 Presión osmótica .....	15
1.5 Osmosis Inversa .....	16
<b><i>Capítulo II – Sistemas y elementos.....</i></b>	<b><i>18</i></b>
1.6 Instrumentación .....	18
1.7 Equipos .....	22
2.1 Descripción del funcionamiento de una planta de Osmosis Inversa.....	29
2.2 Parámetros de Control .....	40
<b><i>Capítulo III – Programación .....</i></b>	<b><i>58</i></b>
3. Grafcet.....	58
3.1 Programación .....	61
<b><i>V. Conclusiones.....</i></b>	<b><i>73</i></b>
<b><i>VI. Recomendaciones .....</i></b>	<b><i>75</i></b>
<b><i>VII. Bibliografía.....</i></b>	<b><i>76</i></b>

## Lista de Tablas

<i>Tabla 1: Datos técnicos de bomba centrífuga o bombas gemelas.</i>	31
<i>Tabla 2: Datos técnicos Filtro de Arena.</i>	32
<i>Tabla 3: Datos Técnicos Bomba posfiltro de Arena.</i>	33
<i>Tabla 4: Datos Técnicos Filtro de Carbón.</i>	34
<i>Tabla 5: Datos Técnicos Bomba Dosificadora Anti-escalante.</i>	35
<i>Tabla 6: Datos Técnicos Bomba Dosificadora de Soda Cautica.</i>	35
<i>Tabla 7: Datos Técnicos Controlador de Osmosis Inversa.</i>	37
<i>Tabla 8: Datos Técnicos Bomba de recirculación de Tanque LOOP.</i>	38
<i>Tabla 9: Datos Técnicos S7-300</i>	43
<i>Tabla 10: Tipos de Módulos</i>	43
<i>Tabla 11: Datos Técnicos Electroválvula</i>	45
<i>Tabla 12: Datos Técnicos Sensor Ultrasónico.</i>	47
<i>Tabla 13: Datos Técnicos Sensor Capacitivo</i>	49
<i>Tabla 14: Datos Técnicos Electrodo de Cloro.</i>	52
<i>Tabla 15: Datos Técnicos Transmisor de pH.</i>	54
<i>Tabla 16: Datos Técnicos Electrodo de Conductividad</i>	57

## Lista de Figuras.

<i>Figura 1: Pretratamiento de Osmosis Inversa.</i>	7
<i>Figura 2: Ejemplo de filtro de Arena.</i>	8
<i>Figura 3: Ejemplo de Filtro de Carbón.</i>	9
<i>Figura 4: Difusión de Moléculas.</i>	12
<i>Figura 5: Difusión con membrana permeable.</i>	14
<i>Figura 6: Proceso natural de Osmosis.</i>	15
<i>Figura 7: Presión Osmótica.</i>	16
<i>Figura 8: Proceso de Osmosis.</i>	17
<i>Figura 9: Sensor de nivel tipo Ultrasónico.</i>	19
<i>Figura 10: Sensor Capacitivo</i>	20

<i>Figura 11: Sensor o electrodo de pH y escala de pH.</i>	21
<i>Figura 12: Sensor de Conductividad.</i>	22
<i>Figura 13: Bomba Centrífuga.</i>	23
<i>Figura 14: Principios de operación bomba Dosificadora.</i>	24
<i>Figura 15: Válvula check.</i>	24
<i>Figura 16: Controlador Osmosis Inversa.</i>	25
<i>Figura 17: Principio de operación de electroválvula.</i>	26
<i>Figura 18: Ejemplo de un PLC.</i>	29
<i>Figura 19: Primera Etapa.</i>	30
<i>Figura 20: Bomba Centrífuga.</i>	31
<i>Figura 21: Esquema filtro de arena y filtro de carbón.</i>	32
<i>Figura 22: Filtro de Arena.</i>	33
<i>Figura 23: Filtro de Carbón.</i>	34
<i>Figura 24: Bomba Dosificadora.</i>	36
<i>Figura 25: Controlador de Osmosis Inversa.</i>	38
<i>Figura 26: Proceso completo de Osmosis Inversa.</i>	39
<i>Figura 27: Partes de un PLC.</i>	41
<i>figura 28:Electroválvula</i>	45
<i>Figura 29: Sensor Ultrasónico.</i>	48
<i>Figura 30: Ejemplo de Funcionamiento del sensor Ultrasónico.</i>	48
<i>Figura 31: Sensor Capacitivo.</i>	50
<i>Figura 32: Partes de un sensor Capacitivo.</i>	50
<i>Figura 33: Sensor de Cloro.</i>	52
<i>Figura 34: Transmisor de PH.</i>	55
<i>Figura 35: Electrodo de conductividad.</i>	57
<i>Figura 36: Etapa 1</i>	58
<i>Figura 37: Etapa 2</i>	60
<i>Figura 38: Inicio del Sistema</i>	63
<i>Figura 39: Sensor Capacitivo de bajo Tanque 1</i>	64
<i>Figura 40: Sensor Capacitivo de bajo Tanque 2</i>	64
<i>Figura 41: Sensor Capacitivo de alto Tanque 1</i>	65

<i>Figura 42: Sensor Capacitivo de alto Tanque 2.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 43: Sensor ultrasónico Tanque 1.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 44: Sensor ultrasónico Tanque 2.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 45: Sensor ultrasónico abre electroválvula.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 46: Sensor ultrasónico enciendo osmosis Inversa .....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 47: Sensor ultrasónico cierra electroválvula .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 48: Sensor ultrasónico apaga osmosis inversa .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 49: Bloque de Electroválvula .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 50: Bloque de Osmosis Inversa.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 51: Bloque de las bombas gemelas .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 52: diagrama de un presostato.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 53: Señal de advertencia Tanque 1.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 54: Señal de advertencia Tanque 2.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 55: Osmosis Inversa.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 56: Bombas dosificadoras de soda caustica y anti Escalante .....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 57: Bomba post filtro de arena .....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 58: Pantalla HMI.....</i>	<i>90</i>
<i>Figura 59: Etapa 1 Prototipo.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 60: Etapa 2 Prototipo.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 61: Pantalla del Logo.....</i>	<i>91</i>





# I. Introducción

En el documento se estará abordando conceptos importantes para el desarrollo del proyecto como la ósmosis inversa (proceso de tratamiento de agua que utiliza una membrana semipermeable para eliminar residuos o sólidos que se encuentren en el agua). Esta técnica se usa para desalinizar agua del mar o agua salobre de los pozos, suavizar aguas, remover materia orgánica y separa contaminantes específicos que posea el agua. [1]

Los objetivos a proponer es dejar plasmado el siguiente método de tratamiento de agua poco desarrollada a nivel nacional, pero con grandes resultados internacionalmente, incursionando como una alternativa muy eficiente en cuanto a mayor producción y bajas perdidas, parámetros que se buscan a la hora de realizar un proyecto.

Se explicará de forma breve las Etapas en la cual se desarrolla el método descrito, técnicas de sanitización, los instrumentos a utilizar en la automatización de la planta de ósmosis inversa para el tratamiento de agua.

Se abordará sobre la metodología en que se realizaran las etapas del proyecto desde sus inicios hasta concluir con la simulación en el software que mejor se adapté a las especificaciones a utilizar.

SAUBER es una empresa nacional que brinda servicios en plantas de tratamiento de agua residual e ingeniería mecánica, con la visión proveer a sus clientes de soluciones de ingeniería de alto valor agregado a través de una excelente gestión de la calidad en sus servicios, profundidad de sus competencias técnicas y atención a los detalles.

Por lo que se propone a la empresa el diseño con un sistema automatizado para el tratamiento de agua mediante osmosis inversa, incluyendo las etapas de pretratamiento en donde se conciba un sistema capaz de purificar y garantizar un líquido limpio, todo esto mediante el uso de un Controlador Lógico Programable para el control y monitoreo del sistema, quedando un proyecto para el beneficio de la empresa con una mejor vida útil y menos perdida así como una contribución al medio ambiente en reducir los factores de contaminación de los suelos que estas empresas arrojan a los alcantarillados de aguas residuales, siendo una de las primeros mercados a nivel nacional en desarrollar el proyecto para futuras referencias.

Es importante mencionar que las plantas mecánicas o semiautomáticas desarrolladas actualmente generan una pérdida de tiempo para el operario encargado y una ineficiencia en el proceso para la empresa donde talvez el resultado sea el mismo o inferior pero con un costo mayor en tiempo, dinero y recursos ya que se desperdicia gran cantidad de agua dentro de estos procesos, es allí donde se hace latente la necesidad de desarrollar un sistema completamente automatizado y eficiente para proporcionar a la planta un mejor desempeño. También en ser una técnica en donde contribuya a la reutilización del agua una vez que fue seleccionada, para otros usos tanto económicos o bien en actividades empresariales cotidianas.

## II. Justificación

El proyecto de automatización con base a un método de osmosis inversa viene a dar un progreso en cuanto a la calidad, mejor funcionamiento, menor costo de producción a largo plazo y una mejora en el rendimiento de la planta de que ocupen las empresas.

En la actualidad la tecnología ha ido evolucionando conforme a las necesidades del ser humano, dando paso a la integración de nuevas técnicas como lo es la automatización, que reemplaza a sistemas en donde casi la mayor parte del trabajo es manual, como futuros Ingenieros Electrónicos es allí en donde nuestros conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica entran en acción para poder dar solución a problemas y mitigar la ineficiencia de sistemas antiguos.

En Nicaragua el proyecto de automatización con la técnica de osmosis inversa está muy poco desarrollada, por eso se ha planteado este tema para que más adelante se le dé un enfoque más detallado y así los futuros estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica o a fines al control de sistemas Automatizados adquieran nuevos métodos en donde se mejora la eficiencia, se produzcan menos perdidas y mejor aún amigable con el medio ambiente, en otro enfoque pero no menos importante está dirigido al sector industrial y comercial que podrán invertir en nuevos sistemas que garanticen una alta calidad en un producto de primera necesidad como lo es el agua, y también viendo por el bien común de sus trabajadores en no tener aglomeración en donde el operario pueda trabajar de una manera remota o en especificados tiempos dependiendo a los parámetros programados.

### **III. Objetivos**

#### **Objetivo General**

- Proponer el diseño de un sistema automatizado, utilizando un controlador lógico programable, para el tratamiento de agua en la empresa SAUBER Nicaragua mediante el uso de ósmosis inversa.

#### **Objetivos Específicos**

- Establecer los parámetros de control que permitan la selección del controlador lógico programable y los sensores adecuados en el funcionamiento de la planta.
- Organizar las etapas del proyecto con el modelo grafico GRAFCET junto con la programación en lenguaje LADDER, usando el software Tia Portal v15.1
- Verificar el funcionamiento del diseño de cada etapa usando PLCsim como medio de simulación en la demostración del proyecto y que este haya cumplido los parámetros planteados.

## **IV. Marco Teórico**

### **Capítulo I – Generalidades.**

El presente trabajo está enfocado al diseño del control automático para una planta de ósmosis inversa mediante un controlador lógico programable para la empresa SAUBER Nicaragua, esta planta será dividida en etapas para mejor visualización y función de la misma. La automatización permitirá obtener el mayor rendimiento y eficiencia que la planta pueda ofrecer, así como reducir los costos de producción.

La empresa SAUBER comenzó en 2011 en Costa Rica. Sus fundadores combinaron como un grupo de pasiones individuales y conjuntas (Química, mecánica, logística, desarrollo social, industrial, comercial y humano), todas ellas con un elemento común y preponderante, la sostenibilidad del recurso hídrico a través de su tratamiento.

Esta empresa se enfoca en ser parte de las soluciones a los desafíos globales mejorando la eficiencia del agua y la energía para el bien común. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas son parte de su filosofía, que busca constantemente soluciones sostenibles para permitir el acceso y el tratamiento confiables al agua segura y asequible en industrias y comunidades desafiantes en países en desarrollo.

Actualmente esta empresa se expandió e hizo sus bases en Nicaragua ofreciendo tratamiento de agua a las empresas Nacionales.

## **1.1 Etapas de Obtención y tratamiento del agua:**

La planta está dividida en dos etapas que se describen a continuación.

### **1.1.1 Obtención de agua:**

Para el presente proyecto el agua se obtendrá directamente del suministro de agua, cabe destacar que ya viene de un proceso de purificación el cual el agua es clorada para luego ser distribuida mediante las tuberías, la cual será almacenada en un tanque para ser tratada mediante los diferentes filtros que se implementaran en la planta. Debido a que el agua ya viene clorada este paso se omitirá en la planta de osmosis inversa.

Esta etapa contará con una válvula electromecánica la cual controlará el paso del agua hacia el tanque de almacenamiento, esta válvula a su vez estará controlada por el controlador lógico programable y dependiendo el nivel de agua que posea el tanque, este mandará una señal eléctrica para abrir o cerrar la válvula.

### **1.1.2 Tratamiento del agua:**

En la siguiente etapa el agua pasará del primer tanque de almacenamiento hacia el filtro de arena, posteriormente se dirigirá al filtro de carbón activo, previo a la osmosis estará el anti Escalante que es uno de los filtros principales para la osmosis inversa, todo esto como pretratamiento del agua, de esta manera se logra un líquido con menos contaminantes y se evita daños a las membranas de la osmosis, obteniendo un líquido de alta calidad. También se incorporará al sistema lo que son lámparas ultravioletas, una antes de la osmosis y otra posterior a esta.

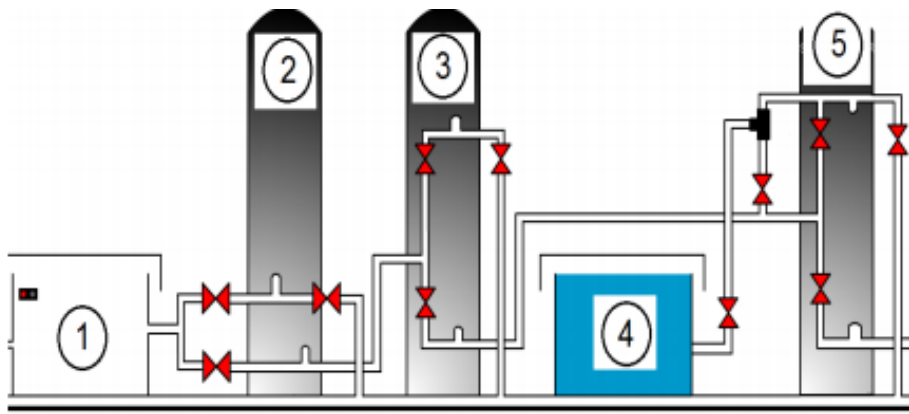


Figura 1: Pretratamiento de Osmosis Inversa.

Dónde:

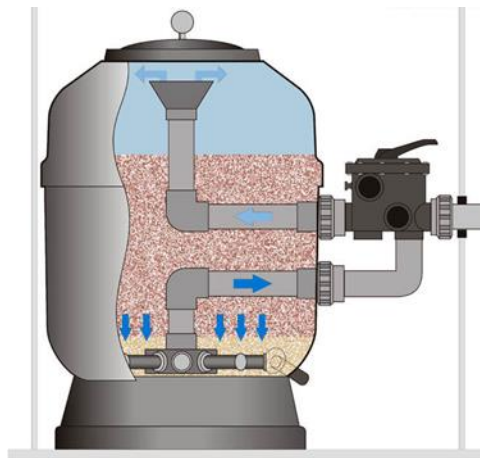
- (1). Tanque de almacenamiento de Agua.
- (2). Filtro de arena.
- (3). Filtro de carbón activado.
- (4). Filtro anti Escalante.
- (5). Filtro soda caustica.

### 1.1.3 Filtros de pre tratamiento de agua

- **Filtro de arena:** El filtro de arena es un proceso de separación de agentes contaminantes que se utiliza para la separación de solidos en el agua, estos son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de arena. Una vez que el filtro se haya cargado de impurezas, alcanzando una pérdida de carga prefijada, puede ser regenerado por lavado a contra corriente.

Dentro del proceso de filtrado mediante este filtro se inyecta el agua en el tanque o bomba de filtración, donde hace el recorrido de capas, filtrando el agua y almacenándola en la tubería. Luego se pasa a invertir el proceso de modo que el material atrapado por las capas filtrantes sea expulsado. Se inyecta agua nuevamente y se expulsan los sedimentos y la arena hasta que el agua salga limpia.

Este proceso posee varios tipos de filtrado: filtración lenta, filtración rápida y filtración en capas. Para este proyecto se utilizará el filtrado rápido que es cuando el agua es empujada a presión al interior de la bomba donde es filtrada por una serie de capas de diferentes tamaños de gránulos, atrapando los sedimentos y almacenándolos en el fondo. En el otro extremo sale el agua limpia. [2]



*Figura 2: Ejemplo de filtro de Arena.*

- **Filtro de Carbón Activo:** Parte del proceso de purificación del agua es la cloración, el agua que se utilizara en este proceso proviene del suministro y está ya viene clorada para eliminar los contaminantes, incluyendo las bacterias y los pesticidas. Sin embargo, el cloro también puede afectar negativamente a la salud humana, y puede alterar el sabor del agua.



El Carbón activo es el material primario usado en sistemas de tratamiento de agua para el control del cloro, sabor y olor. Los filtros de carbón activado contienen pequeños trozos de carbón, en forma granular o de bloques, que han sido tratados para ser extremadamente porosos. La ventaja de carbón activo es principalmente el amplio rango de capacidad de absorción de químicos orgánicos; también promueve la reducción química/catalítica de los desinfectantes del cloro, que contribuyen al mal sabor del agua potable.

Cuando el agua fluye a través de filtros de carbón activo, los productos químicos se adhieren al carbono, lo que da como resultado una salida de agua más pura. Los filtros de carbón activado de alta calidad pueden eliminar el 95% o más del cloro en el agua. Es por eso que el uso de este filtro es indispensable en nuestro sistema. [3]



*Figura 3: Ejemplo de Filtro de Carbón.*

- **Filtro anti Escalante:**

El anti Escalante es un aditivo inyectado en agua antes de someterlo a ósmosis inversa. Un anti Escalante, como su nombre indica, sirve para retrasar la escala de sales y partículas como carbonato de calcio, sulfato de calcio y sulfato de bario. Escalar simplemente significa la acumulación de sal y partículas en la membrana utilizada en la ósmosis inversa, causando bloqueo. La mayoría del agua natural tendrá altos niveles de

sales y partículas, y la adición de un anti Escalante hará que el proceso de ósmosis inversa vaya más suave y rápido.

La ósmosis inversa a su vez es el proceso de filtración en el que grandes moléculas e iones se eliminan del agua a través de la presurización y haciendo que pase a través de una membrana selectiva. Sólo el agua solvente o purificada sale del otro lado. Este proceso se utiliza generalmente para purificar agua subterránea, agua salada o incluso agua del grifo en los hogares.

Los anti Escalante inhiben las reacciones de precipitación utilizando tres principios: inhibición del umbral, modificación de cristal y dispersión. Los anti Escalante son más baratos en comparación con el ablandamiento del agua, por lo que es una opción preferida en operaciones de ósmosis inversa a gran escala. [4]

- **Filtro Soda cáustica:** Una de las sustancias que se generan gracias a la utilización del hidróxido de sodio es la alúmina de la bauxita. Adicionalmente, se utiliza para el control del pH<sup>1</sup>, específicamente en la neutralización de ácidos residuales, debido a su fuerte alcalinidad y su facilidad de almacenamiento. También se emplea en el lavado cáustico de gases residuales, catálisis y extracción cáustica.

Al igual que para las piscinas, el uso de la soda cáustica para el tratamiento de aguas se realiza con el objetivo de realizar un control de los niveles de pH, pero además para regenerar el intercambio iónico y la generación de hipoclorito de sodio sobre el terreno. [5]

---

<sup>1</sup> Grado de acidez o alcalinidad.

Generalmente, se sabe que la ósmosis inversa reduce el pH en el agua de permeado, lo que requiere la adición de algo de soda cáustica para neutralizar el pH a un nivel aceptable. Además de aumentar el pH, la soda cáustica también funciona para convertir grandes cantidades de dióxido de carbono en materiales alcalinos con concentraciones habituales que se utilizan entre 2 y 100 mg/L<sup>2</sup>. Se pueden necesitar mayores concentraciones con agua de alimentación de muy mala calidad.

La soda caustica se encuentra en 4 estados: Líquida, Polvo, Pellets y Granaya. Para fines de este proyecto la soda que se utilizara es líquida y esta tendrá su propia bomba dosificadora al igual que el anti Escalante.

## 1.2 Principios físico-químicos básicos

- **Soluto**

Es la sustancia presente en menos cantidad de la solución (aunque existen excepciones), esta sustancia se encuentra disuelta en un determinado disolvente

- **Solvente**

Sustancia que permite la dispersión de otra en su seno, es la sustancia presente en mayor cantidad de la solución, el solvente más comúnmente usado es el agua.

- **Solución**

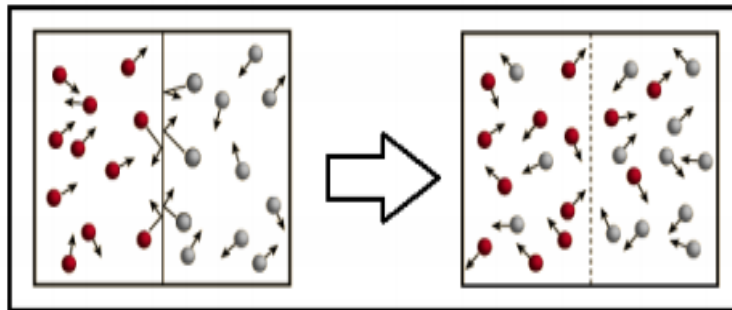
Es la mezcla normalmente homogénea de dos o más sustancias. La solución expresa la relación de la cantidad de soluto a la cantidad de solvente.

---

<sup>2</sup> Miligramo por litro.

- **Difusión**

La difusión se refiere al proceso mediante el cual las moléculas se mezclan, como resultado de su energía cinética del movimiento aleatorio. Considere la posibilidad de dos contenedores de gas o líquido A y B separados por un tabique. Las moléculas de ambos gases o líquidos están en constante movimiento y hacen numerosas colisiones con la partición. Si la partición se ha eliminado como en la figura (4), los gases o líquidos se mezclan debido a las velocidades al azar de sus moléculas.



*Figura 4: Difusión de Moléculas.*

El fenómeno de la difusión molecular conduce finalmente a una concentración completamente uniforme de sustancias a través de una solución que inicialmente pudo haber sido no uniforme.

- **Tasa de difusión.**

Su tasa de difusión promedio de espera depende de la velocidad promedio, lo que da una tasa de difusión en relación con:

$$\textit{Tasa de defusion} = K \sqrt{\frac{T}{m}}$$

Donde la constante K depende de factores geométricos incluyendo las zonas a través de las cuales la difusión se está produciendo. La tasa de difusión relativa de dos especies moleculares diferentes se da entonces por:

$$\frac{\textit{Tasa de Difusion de A}}{\textit{Tasa de Difusion de B}} = \sqrt{\frac{mB}{mA}}$$

- **Gradiente de concentración**

La diferencia de concentraciones ( $\Delta C$ ), es la diferencia entre las concentraciones de dos soluciones diferentes, es decir:

$$\Delta C = C_2 - C_1$$

La distancia de separación entre las dos soluciones se la llama  $\Delta X$ , siendo en este caso, el espesor de la membrana, y el gradiente de concentración de difusión, el cual es la relación entre la variación de concentración y la separación de las dos soluciones, es igual a:

$$\textit{Gradiente de concentracion} = \frac{\Delta C}{\Delta X}$$

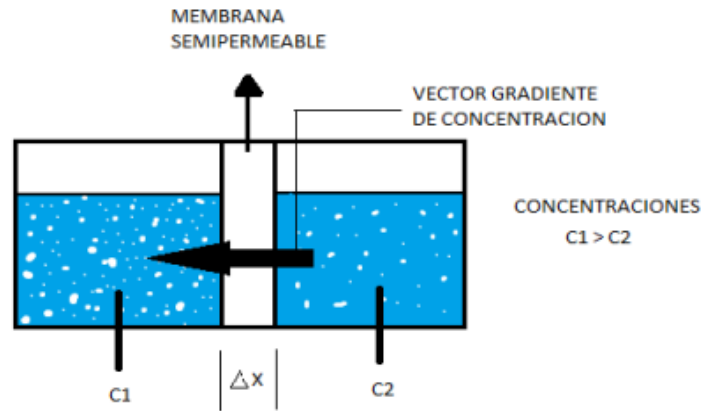


Figura 5: Difusión con membrana permeable.

- **Ley de Fick de la difusión.**

De acuerdo a la figura 5, la ley de Fick nos dice que el flujo de soluto que atraviesa la membrana es proporcional al gradiente de concentración, pero en sentido contrario. Todo esto está multiplicado por una constante D llamada constante de difusión o constante de Fick. [6]

$$\phi = D * \frac{C1 - C2}{\Delta X}$$

### 1.3 Osmosis

La osmosis es un proceso natural donde el solvente, principalmente agua, fluye a través de una membrana semipermeable, lo que significa que solo deja pasar las moléculas más pequeñas de solvente, de una solución con una baja concentración de sólidos disueltos a una solución con una alta concentración de sólidos disueltos. El solvente, fluye a través de la membrana hasta que la concentración se iguale en ambos lados de la membrana. [7]

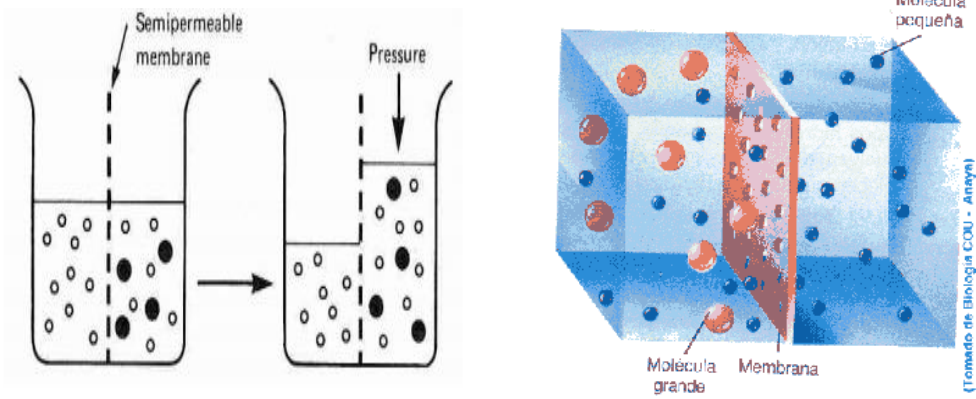


Figura 6: Proceso natural de Osmosis.

## 1.4 Presión osmótica

Esa especie de impulso de la naturaleza que obliga al líquido a pasar de un lado al otro se llama presión osmótica. A la presión osmótica se la simboliza con la letra  $\pi$  (PI). El valor de se calcula con la Ecuación de Van't

Hoff:

$$\pi = \text{Presión Osmótica (Atmosferas)}$$

$$\pi = (C_1 - C_2) \cdot R \cdot T$$

Donde:

$C_1 - C_2$  = Diferencia de concertaciones

$R = 0.082$  Constante de los gases ideales (litros x atm / Kelvin x Mol)

$T$  = Temperatura absoluta (grados Kelvin)

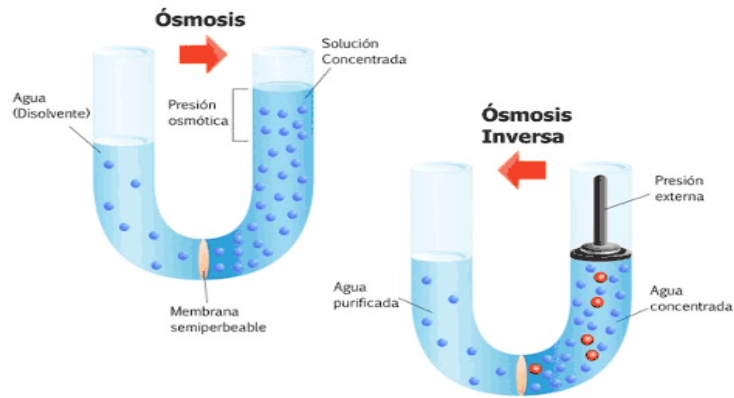


Figura 7: Presión Osmótica.

## 1.5 Osmosis Inversa

Para poder purificar el agua necesitamos llevar a cabo el proceso contrario al de ósmosis convencional, es lo que se conoce como Ósmosis Inversa. Se trata de un proceso con membranas, en el cual se aplica una presión mayor a la presión osmótica, esta presión es ejercida en el compartimiento que contiene la más alta concentración de sólidos disueltos. Esta presión obliga al agua a pasar por la membrana semipermeable en dirección contraria al del proceso natural de osmosis, dejando las impurezas detrás. La permeabilidad de la membrana puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y los virus, son separados del agua. [8]



### 1.5.1 Principio de Operación de la Osmosis inversa.

El solvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada a través de una membrana semipermeable, pero al aplicar una presión mayor que la presión osmótica a la solución más concentrada, el solvente comenzara a fluir en el sentido inverso, el flujo del solvente depende de:

- Presión aplicada
- Presión Osmótica aparente
- Área de la membrana presurizada

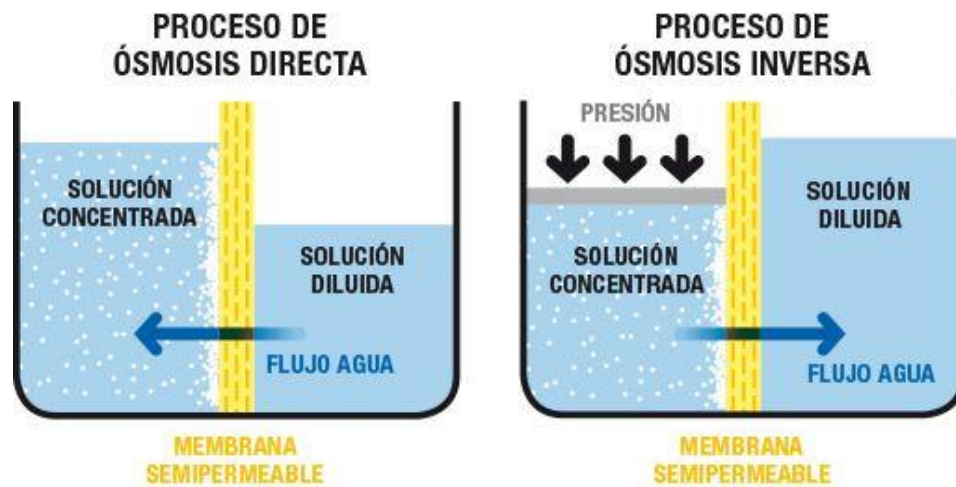


Figura 8: Proceso de Osmosis.

### 1.5.2 Características de las membranas semipermeables.

Una membrana semipermeable, también llamada membrana selectivamente permeable, es una membrana que permitirá que ciertas moléculas o iones pasen a través de ella por difusión. El índice del paso de las moléculas depende de la presión ejercida, la concentración de partículas de soluto, la temperatura de las moléculas y la permeabilidad de la membrana para cada soluto. A las moléculas que logran atravesar la membrana se las conoce como “el permeado” y a las que no lo hacen es las conoce como “el rechazo”.

### 1.5.3 Características de la osmosis inversa.

- Permite remover la mayoría de los sólidos (inorgánicos u orgánicos) disueltos en el agua (99%)
- Remueve los materiales suspendidos y microorganismos
- Proceso de purificación de forma continua
- Tecnología simple, que no requiere de mucho mantenimiento
- Es modular y necesita poco espacio, de acuerdo a los caudales deseados.

## Capitulo II – Sistemas y elementos

### 1.6 Instrumentación

La instrumentación industrial es la ciencia del control y medición automatizados. La aplicación de esta ciencia está en la industria de investigaciones moderna y en la vida diaria. La automatización nos rodea desde los sistemas de control del motor de los automóviles hasta los pilotos automáticos de aviones, pasando por la fabricación de medicamentos.

Los instrumentos de variable física:

#### 1.6.1 Sensor de nivel tipo ultrasónico:

El sensor ultrasónico funciona según el principio “impulso-eco” en combinación con la triangulación. Cuando recibe de la unidad de control un impulso digital de emisión, el circuito electrónico excita la membrana de aluminio mediante impulsos rectangulares dentro de la frecuencia de resonancia para generar vibraciones típicas de aprox.  $300\mu\text{s}^3$ , emitiéndose entonces ondas ultrasónicas: la onda sonora reflejada por el obstáculo hace vibrar a su vez la membrana, que entretanto se había estabilizado (durante el período de extinción de aprox.  $900\mu\text{s}$  no es

---

<sup>3</sup> Microsegundo.

posible ninguna recepción). La piezocerámica convierte estas vibraciones en una señal eléctrica analógica [9]

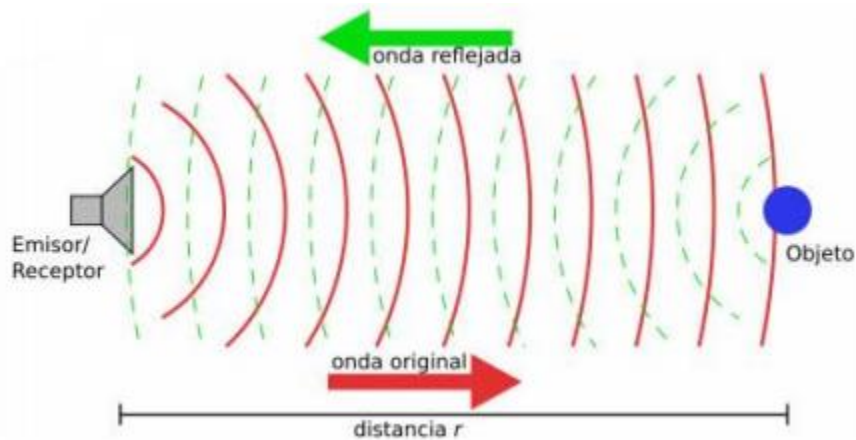


Figura 9: Sensor de nivel tipo Ultrasónico.

### 1.6.2 Sensor de nivel tipo capacitivo:

Es un tipo de sensor eléctrico que reaccionan ante metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad. La distancia de conexión respecto a un determinado material es tanto mayor cuanto más elevada sea su constante dieléctrica.<sup>4</sup>

Estos sensores se emplean para la identificación de objetos, para funciones contadoras y para toda clase de controles de nivel de carga de materiales sólidos o líquidos. También son utilizados para muchos dispositivos con pantalla táctil, como teléfonos móviles, ya que el sensor percibe la pequeña diferencia de potencial entre membranas de los dedos eléctricamente polarizados de una persona. [10]

---

<sup>4</sup> Material con una baja conductividad eléctrica ( $\sigma \ll 1$ ).

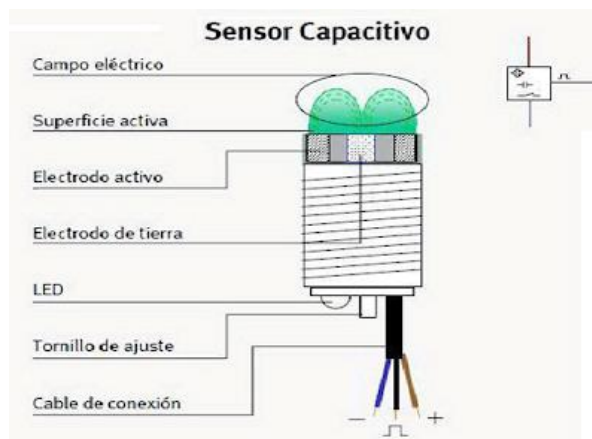


Figura 10: Sensor Capacitivo

### 1.6.3 Sensor o electrodo de cloro:

El sensor de cloro es un elemento electroquímico para la medición del contenido de cloro libre de una fuente inorgánica (gas de cloro, solución de hipoclorito de sodio, etcétera). Consiste en la medida de la intensidad de corriente generada en la reacción de reducción u oxidación de un analito al aplicar un potencial eléctrico adecuado, su unidad de medida es ppm<sup>5</sup>.

### 1.6.4 Sensor o electrodo de pH:

El medidor de pH (figura 11) es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución, también llamado de pH. El pH es la unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad y es medido en una escala que va de 0 a 14. [11]

---

<sup>5</sup> Partes por millón.

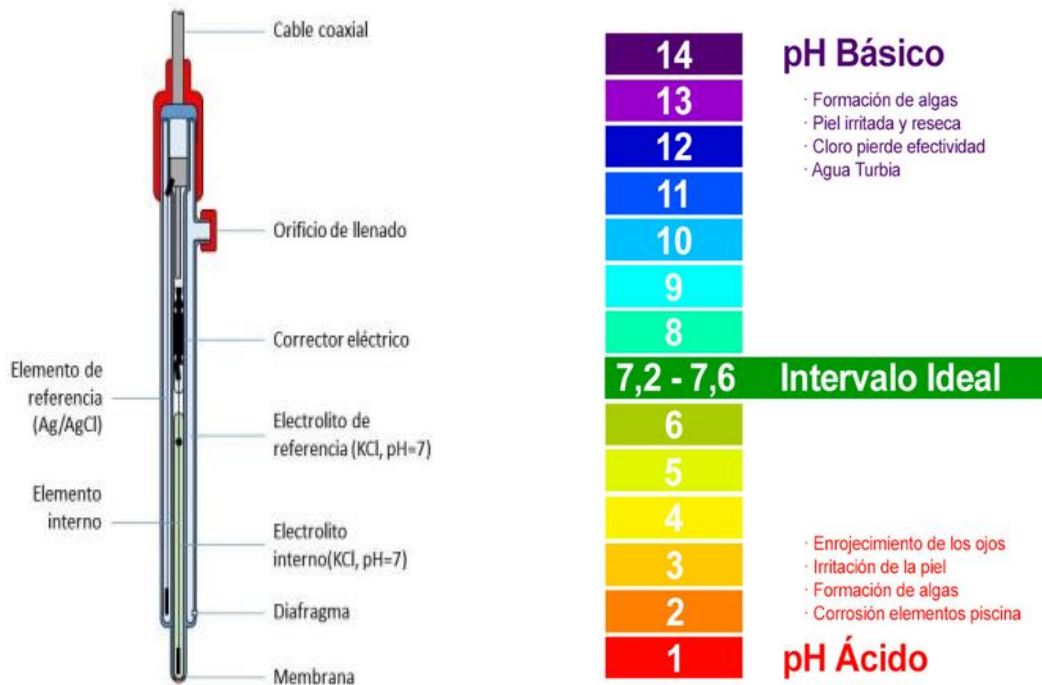


Figura 11: Sensor o electrodo de pH y escala de pH.

### 1.6.5 Sensor o electrodo de conductividad:

Un Sensor de conductividad, (figura 12) mide la cantidad de corriente eléctrica que un material puede transportar. Por ejemplo, la salinidad de los suelos, sistemas de agua de riego o soluciones de fertilizantes es un parámetro importante que afecta el medio ambiente. La conductividad de la solución acuosa es diferente. Este sensor puede incluir frascos de solución para la calibración [12]. Su unidad de medida es S/m<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Siemens por metro.

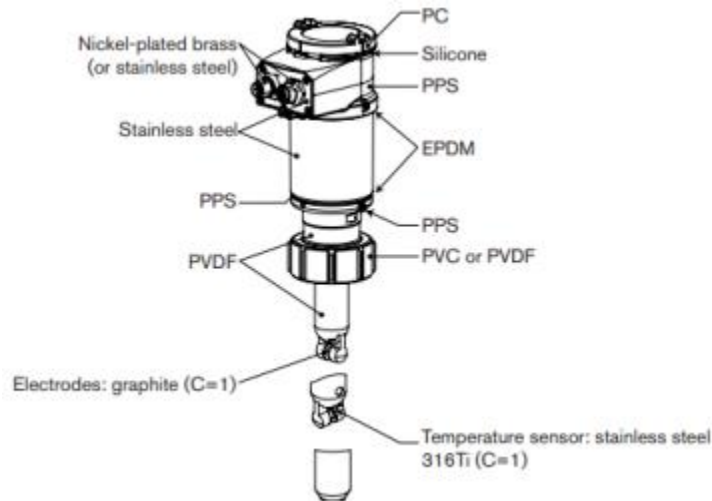


Figura 12: Sensor de Conductividad.

## 1.7 Equipos

Todo proceso cuenta con equipos o máquinas que ayudan a la eficiencia y agilización de la producción, dichos equipos requieren ser monitoreado y controlado en tiempo real. Los instrumentos y equipos son los encargados de mantener las variables dentro de las condiciones de operación necesarias, esto con el objetivo de reducir los riesgos de operación y evitar el desgaste prematuro en dichas unidades.

### 1.7.1 Bomba centrífuga

Las bombas centrífugas (figura 13) mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles; son pues, máquinas hidráulicas que transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico. Están compuesta por 3 elementos principales:

- **Eje:** Es el elemento sólido encargado de unir el motor eléctrico con el rodete o impulsor, y transfiera la energía eléctrica en energía de torque.

- **Rodete:** Está formado por un conjunto de álabes que presentan distintas formas y tamaños, estos álabes giran dentro de la voluta, al rodete va acoplado el eje de transmisión que viene directamente de un motor eléctrico.
- **Voluta:** Es un elemento en forma de caracol, por el cuál internamente circula el líquido a bombear. [13]

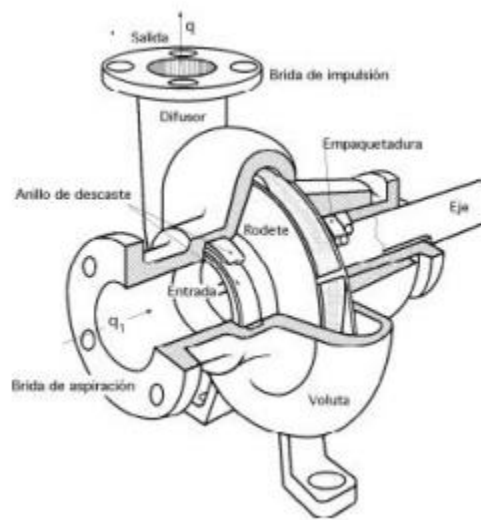


Figura 13: Bomba Centrífuga.

### 1.7.2 Bomba dosificadora:

Las bombas dosificadoras (figura 14) de diafragma son bombas reciprocantes de desplazamiento positivo que combinan la alta eficiencia de la bomba de pistón con un diafragma sellado que previene la fuga del producto. Cada bomba consiste de un lado de potencia y un lado de proceso separados por un diafragma operado hidráulicamente. [14]

La bomba dosificadora debe permitir el ajuste del caudal y presión del volumen desplazado.

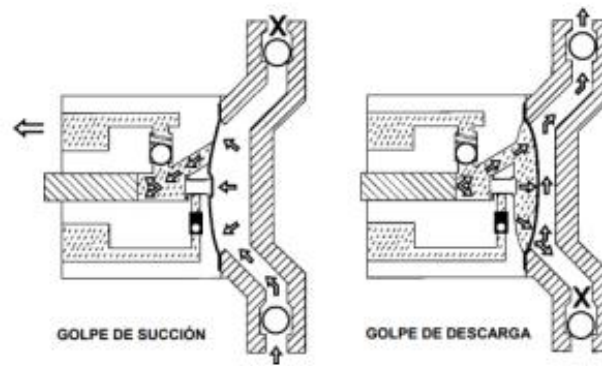


Figura 14: Principios de operación bomba Dosificadora.

### 1.7.3 Válvula Check

Es un dispositivo generalmente usado para sistemas hidráulicos que permite solo el flujo de líquidos en una sola dirección, es decir, previene el flujo en reversa aislando completamente la zona anterior de donde ahora están los fluidos. Éstas son de las pocas válvulas que ya están automatizadas y que no requieren asistencia manual para que puedan funcionar completamente.

Las válvulas check son sensibles al flujo y dependen de la corriente o presión de los fluidos. El disco interno permite el paso lo que hace que la válvula se abra, después, el mismo disco, comienza a cerrar la válvula mientras el flujo de agua se va reduciendo o retrocediendo, dependiendo del diseño. La construcción de estos sistemas es simple, normalmente sus piezas son el cuerpo, asiento, disco y cubierta. [15]

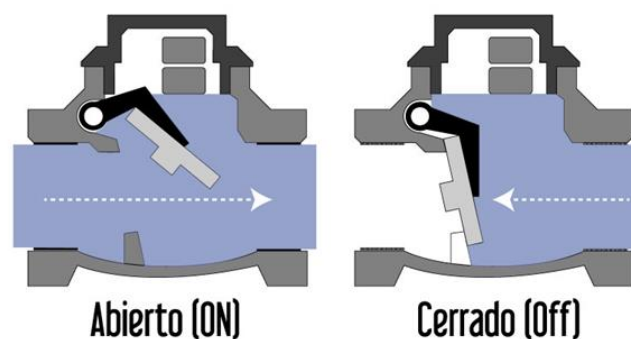


Figura 15: Válvula check.



#### 1.7.4 Controlador de ósmosis inversa

Es un elemento de instrumento de control (figura 16) combinado de una reserva de ósmosis inversa y un control de conductividad en línea. Puedes realizar operaciones de pruebas, control de estado y monitoreo de la conductividad en la línea de agua, toma múltiples medidas únicas adaptadas al proceso del fluido y un panel de control gráfico con indicador LED en la parte frontal para la operación del usuario, si requiera la modificación de los parámetros o la operación automática de la misma.



Figura 16: Controlador Osmosis Inversa.

#### 1.7.5 Electroválvula

Es una válvula electromecánica, (figura 17) diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo, o nada. [16]

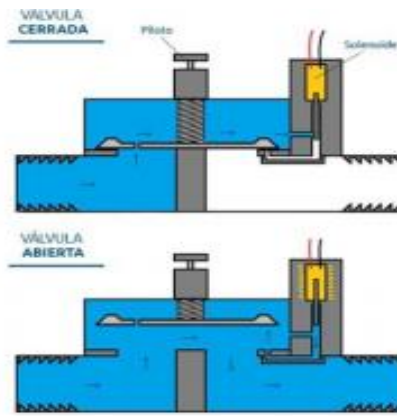


Figura 17: Principio de operación de electroválvula.

### 1.7.6 Controlador Lógicos Programable

Un Controlador Lógico Programable, conocido también como PLC (Programmable Logic Controller) es básicamente una computadora que se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para el control de la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas. [17]

Se trata de un dispositivo electrónico programable que se puede adaptar a las necesidades de cualquier fábrica o compañía, sobre todo en las líneas de producción. Existen diferentes proveedores que ayudarán a programar cada uno de estos dispositivos, con el objetivo de que funcione correctamente, pero, sobre todo, que esté personalizado para el uso de un determinado proceso.

Para este proyecto el PLC a utilizarse será el S7-300 este es la solución autómatas ideal para los campos que requieren optimización en productividad. Algunas de las industrias que mayor provecho pueden obtener son:

- Procesos de construcción y máquinas en serie.
- Líneas de producción PROFINET<sup>7</sup> y PROFIBUS<sup>8</sup>, descentralizadas.
- Industria alimentaria, automotriz, empaquetado y hasta de procesado de plásticos.

Este PLC puede acoplarse perfectamente a cualquier proyecto ya que se pueden agregar hasta 32 módulos de entrada y salidas y en la industria es uno de los PLC más usados, además de eso el S7 300 cuenta con características sobresalientes que lo hacen muy adaptable entre ellas podemos mencionar: [18]

- **Programación modular:** esto es uso inteligente, y reduce costos tanto en ingeniería como en operación. De esta forma es posible reutilizar el programa y sus librerías.
- **Eficiencia:** El PLC Siemens S7 300 no solo puede automatizar, sino que además es capaz de integrar otros procesos. Dos factores importantes son la seguridad y el control de movimiento, y este PLC es capaz de integrar ambos de manera funcional.
- **STEP 7:** Tal vez la característica más importante a la fecha en un PLC de este tipo. Se trata de una interfase orientada a objetos, con configuración gráfica en lugar de programación. Además, ofrece diagnósticos inteligentes y un proceso de simulación offline.

---

<sup>7</sup> Es el estándar abierto de Ethernet Industrial de la asociación PROFIBUS Internacional (PI) según IEC 61784-2 ;y uno de los estándares de comunicación más utilizados en redes de automatización.

<sup>8</sup> Es un estándar de red de campo abierto e independiente de proveedores, donde la interfaz de ellos permite amplia aplicación en procesos, fabricación y automatización predial.

### 1.7.7 Funcionamiento de un PLC [19]

Para poder explicar el funcionamiento de un PLC es necesario definir primeramente sus partes:

- Interfaces de entradas y salidas
- CPU (Unidad Central de Proceso)
- Memoria
- Dispositivos de Programación

Al PLC se le ingresa el programa a través del dispositivo adecuado, ya sea un cargador de programa o PC, y éste es almacenado en la memoria de la CPU que es la que va a ejecutar todos los comandos durante su funcionamiento.

La CPU, se constituye como el cerebro del PLC, este procesa la información que recibe del exterior proveniente de los distintos sensores a través de la interfaz de entrada y de acuerdo con el programa, emite una salida a través de la interfaz de salida con la que se logra actuar sobre el proceso.

En los módulos de entrada pueden ser conectados distintos dispositivos externos tales como:

- Sensores inductivos, capacitivos, ópticos
- Interruptores
- Pulsadores
- Llaves
- Finales de carrera
- Detectores de proximidad

En los módulos de salida pueden ser conectados dispositivos externos para actuar directamente en el proceso tales como:

- Contactores
- Electroválvulas
- Variadores de velocidad
- Alarmas

La CPU funciona cíclicamente ejecutando el programa, al comenzar el ciclo, la CPU lee el estado de las señales de entrada, seguido ejecuta el programa a continuación la CPU ejecuta tareas internas de diagnóstico y comunicación, ya al final del ciclo se actualizan las señales de salidas con las que se actúa sobre el proceso. El tiempo del ciclo depende del tamaño y complejidad del programa del programa, del número de entradas y salidas y de la cantidad de comunicación requerida.



*Figura 18: Ejemplo de un PLC.*

## **2.1 Descripción del funcionamiento de una planta de Ósmosis Inversa**

El tratamiento de agua por medio de ósmosis inversa, se basa básicamente en dos etapas, la primera es la adquisición del vital líquido, el cual es proporcionada por el abastecedor en turno, para ser almacenada a una cisterna. La segunda etapa es el pretratado del agua, en combinación con el sistema de ósmosis inversa. El líquido es filtrado y dosificado con ciertos agentes químicos, antes de su ingreso a las membranas de ósmosis. A continuación, se expondrá una descripción a detalle de dichas etapas.

### 2.1.1 Captación de agua:

El agua se deposita en una cisterna de almacenamiento la cual tiene una capacidad determinada a las necesidades de la planta, el bombeo de la cisterna al abastecimiento del complejo se realiza por medio de unas bombas centrífugas llamadas bombas gemelas, tienen las siguientes características (tabla 1), dichas bombas trabajan paralelamente.



Figura 19: Primera Etapa.

### 2.1.2 Características Bomba Centrífuga o Bomba Gemelas

- Gabinetes abiertos estándar NEMA<sup>9</sup> a prueba de goteo, totalmente cerrados refrigerados por ventilador o a prueba de explosiones. Diseño de cojinete de bolas resistente para servicio continuo en todas las condiciones de funcionamiento.

---

<sup>9</sup> Es una organización de normalización en Washington, EE.UU., que publica una serie de estándares técnicos.

- Materiales de construcción superiores: Componentes completos de acero inoxidable AISI 316L<sup>10</sup> para manejo de líquidos y soporte de montaje para resistencia a la corrosión, apariencia de calidad y mayor resistencia y ductilidad.
- Impulsor de alta eficiencia: el impulsor cerrado con un diseño exclusivo de anillo de sello flotante mantiene la máxima eficiencia durante la vida útil de la bomba sin necesidad de ajustes. [20]

BOMBAS GEMELAS								
GOULDS WATER TECHNOLOGY								
MODELO	KW	HZ	HP	RPM	VOLT	FL AMPS	ALTURA	Q m <sup>3</sup> /h
NPE 2ST1J2G4	3.73	60	5	3450	208-230/460	13-12.6/6.3	150ft.	40
MODELO	KW	HZ	HP	RPM	VOLT	FL AMPS	ALTURA	Q m <sup>3</sup> /h
NPE 2ST1J2G4	3.73	60	5	3450	208-230/460	13.7-13/6.5	150ft.	40

Tabla 1: Datos técnicos de bomba centrífuga o bombas gemelas.



Figura 20: Bomba Centrífuga.

<sup>10</sup> **Acero inoxidable austenítico** de cromo-níquel que contiene entre dos y 3% de molibdeno. El contenido de molibdeno aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la resistencia a las picaduras en soluciones de iones de cloruro y aumenta la resistencia a altas temperaturas.

### 2.1.3 Tratamiento de agua en combinación con sistema de ósmosis inversa

El proceso continua (figura 21) con el ingreso del líquido a un filtro de arena con las características (tabla 2), antes de su paso por el filtro antes descrito se encuentra un punto de muestreo, de donde se recopilan muestras para ser analizadas, posterior al filtro de arena encontramos una bomba centrífuga con las características (tabla 3), la cual es la encargada de bombear el fluido, luego encontramos un filtro de carbón, antes y después de estos filtros hay dos puntos de muestreo. El filtro presenta las siguientes características (tabla 4), respectivamente.

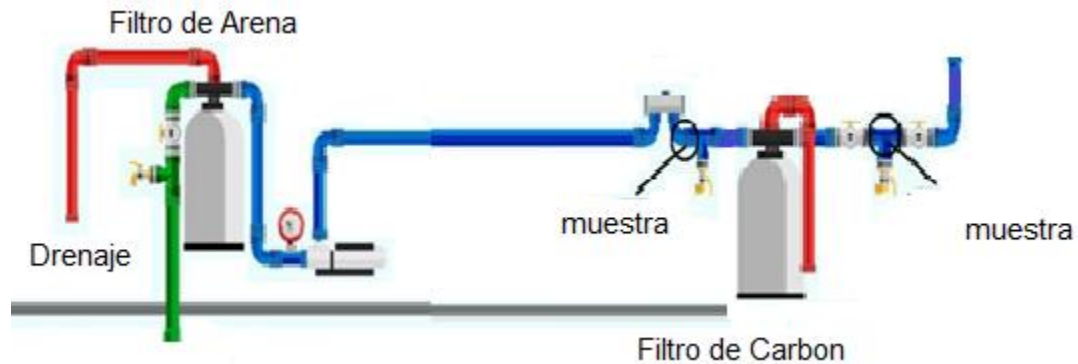


Figura 21: Esquema filtro de arena y filtro de carbón.

FILTRO DE ARENA						
Ima Water Technology						
MODELO	KW	HZ	VOLT	FL AMPS	GPM	REGENERA CIÓN MIN.
780	0.007	60	24	0.3	13.5-18	25-30

Tabla 2: Datos técnicos Filtro de Arena.

Características filtro de sílex manual:

- Cuerpo construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio.
- Válvula manuales o automáticas según demanda del cliente.



- Manómetros de entrada y salida para control de la perdida de carga en el lavado.
- Todos nuestros filtros van con la carga y lecho filtrante incluido.
- Temperatura de trabajo 0 a 35° C. [21]



Figura 22: Filtro de Arena.

BOMBA POSFILTRO DE ARENA								
GOULDS PUMPS, ITT								
MODELO	KW	HZ	HP	RPM	VOLT	FL AMPS	ALTURA	Q m <sup>3</sup> /h
NPE 1ST1E5C4	0.745	60	1	3450	208-230/460	3.5-3.4/1.7	150ft.	9.08

Tabla 3: Datos Técnicos Bomba posfiltro de Arena

#### Características bomba posfiltro de Arena:

- Gabinetes abiertos estándar NEMA a prueba de goteo, totalmente cerrados refrigerados por ventilador o a prueba de explosiones.
- Materiales de construcción superiores: Componentes completos de acero inoxidable AISI 316L para manejo de líquidos y soporte de montaje para resistencia a la corrosión, apariencia de calidad y mayor resistencia y ductilidad.
- Impulsor de alta eficiencia. [22]

FILTRO DE CARBÓN						
Ima Water Technology						
MODELO	KW	HZ	VOLT	FL AMPS	GPM	REGENERA CIÓN MIN.
Dec/M-780	0.007	60	24	0.3	11	20

Tabla 4: Datos Técnicos Filtro de Carbón.

Características de Filtro carbón activado:

- Está indicado para su funcionamiento presurizado sin conexión eléctrica. Se recomiendan para casos donde se desee un control del contra lavados de filtro y un mantenimiento mecánico sin necesidades de válvulas y conexiones eléctricas.
- Baja probabilidad de fallo al no tener componentes eléctricos.
- Mantenimiento reducido al únicamente precisar de la activación de la válvula del cabezal manual para los contras lavados. [23]



Figura 23: Filtro de Carbón.

Hasta este punto el agua ha pasado por un proceso de pretratado y se encuentra casi lista para poder ser bombeadas a través de la membrana de ósmosis inversa, antes de que el fluido penetre las membranas es necesario realizar dosificación de anti-escalante y soda caustica, esto se hace a través de unas bombas dosificadoras con las siguientes características (tabla 5 y tabla 6), respectivamente, dichas bombas son programadas de manera manual. Una vez el líquido fue dosificado pasa por un filtro de 4.5 micras<sup>11</sup> y nuevamente por otra lampara de rayos UV<sup>12</sup>.

<b>BOMBA PARA DOSIFICAR ANTI-ESCALANTE</b>						
<b>PULSATRON</b>						
<b>MODELO</b>	<b>SERIES</b>	<b>KW</b>	<b>HZ</b>	<b>VOLT</b>	<b>FL AMPS</b>	<b>PRESIÓN</b>
LD54SA-VTC1-XXX	C PLUS	0.069	60	115	0.6	80psi/5.6bar

*Tabla 5: Datos Técnicos Bomba Dosificadora Anti-escalante.*

<b>BOMBA PARA DOSIFICAR SODA CAUSTICA</b>						
<b>PULSATRON</b>						
<b>MODELO</b>	<b>SERIES</b>	<b>KW</b>	<b>HZ</b>	<b>VOLT</b>	<b>FL AMPS</b>	<b>PRESIÓN</b>
LB64SA-VTC1-XXX	A PLUS	0.069	60	115	0.6	100psi/7bar

*Tabla 6: Datos Técnicos Bomba Dosificadora de Soda Caustica.*

#### Características:

- Control manual por la velocidad de carrera ajustable on-line y longitud de la carrera.
- Circuito temporizador altamente confiable.
- Circuito de protección contra el voltaje y la corriente se molesta.
- Solenoide protección por sobrecarga térmica de rearme automático.
- Resistente al agua, para aplicaciones exteriores e interiores.

<sup>11</sup> Una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro

<sup>12</sup> Componente natural de la radiación solar.

- Válvula de Bola Check, sistemas de guiado, para reducir el nuevo flujo y mejorar las características sobresalientes del oscurecimiento.
- Caja fuerte & fácil cebado con ensamble de la válvula de purga durable libre de fugas (estándar).

Aplicaciones:

- Cloruro
- Floruro
- Tratamiento residual
- Sistemas de Desinfección
- Platas de Embotellamiento
- Bombeo de productos químicos de purificación de agua
- Adición de productos químicos de ajuste de pH [24]



*Figura 24: Bomba Dosificadora.*

El fluido está listo para penetrar la membrana. El controlador de ósmosis inversa presenta las siguientes características (tabla 7) es un equipo integral que contiene sus propios elementos, el agua que logró penetrar la membrana es llamado permeado, el permeado del controlador pasa por un filtro de 4.5 micras, una lámpara de rayos UV y nuevamente por otro filtro este más pequeño que el anterior 2 micras, post a este filtro se encuentra otro punto de muestreo, finalmente llega al tanque de acero inoxidable llamado tanque de LOOP este tiene la capacidad de (800litros), ahí se almacena hasta que producción demanda

consumo de agua purificada, el bombeo se hace por medio de una bomba centrífuga llamada bomba recirculadora de agua de LOOP con las siguientes características (tabla 8).

<b>ÓSMOSIS INVERSA</b>							
<b>REVERSE OSMOSIS CONTROLLER</b>							
<b>MODELO</b>	<b>KW</b>	<b>HZ</b>	<b>EXACTITUD</b>	<b>RPM</b>	<b>VOLT</b>	<b>FL AMPS</b>	<b>PRESIÓN DE OPERACIÓN</b>
CCT-7320/ROC-2313	0.003	50	1.5 level	3450	220 AC +-15%	3	0 a 0.5 Mpa

*Tabla 7: Datos Técnicos Controlador de Osmosis Inversa.*

El controlador de ósmosis inversa puede realizar la prueba de funcionamiento, el control de estado y el monitoreo en línea de la conductividad de la calidad del agua (combinando el controlador PLC y el medidor de conductividad). El controlador de ósmosis inversa toma múltiples medidas anti-interferentes, adopta un flujo de proceso único y un panel de control gráfico con lámpara indicadora LED incorporada, la interfaz es amigable; Se utiliza la operación guiada por menú, se pueden configurar y modificar múltiples grupos de parámetros, se cumplen los requisitos de operación automática.



Figura 25: Controlador de Osmosis Inversa.

BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA PERMEADA								
TOP-FOW PUMP								
MODELO	KW	HZ	HP	RPM	VOLT	FLAMPS	ALTURA	Q m <sup>3</sup> /h
C114 56C	1.49	60	2	3450	208-230/460	6/3	180ft.	10.91

Tabla 8: Datos Técnicos Bomba de recirculación de Tanque LOOP

La bomba centrífuga TF-C114 es ideal para su uso en aplicaciones de procesos de tamaño pequeño y mediano en las industrias láctea, alimentaria, de bebidas, farmacéutica y otras industrias de procesos sanitarios. Las bombas TOP-FLO<sup>®</sup> son adecuadas para su uso en instalaciones CIP (limpieza en el lugar). Esta función permite una autolimpieza sencilla sin necesidad de desmontar ni desmontar. La desinfección de todas las áreas de contacto con el producto es automática. [25]

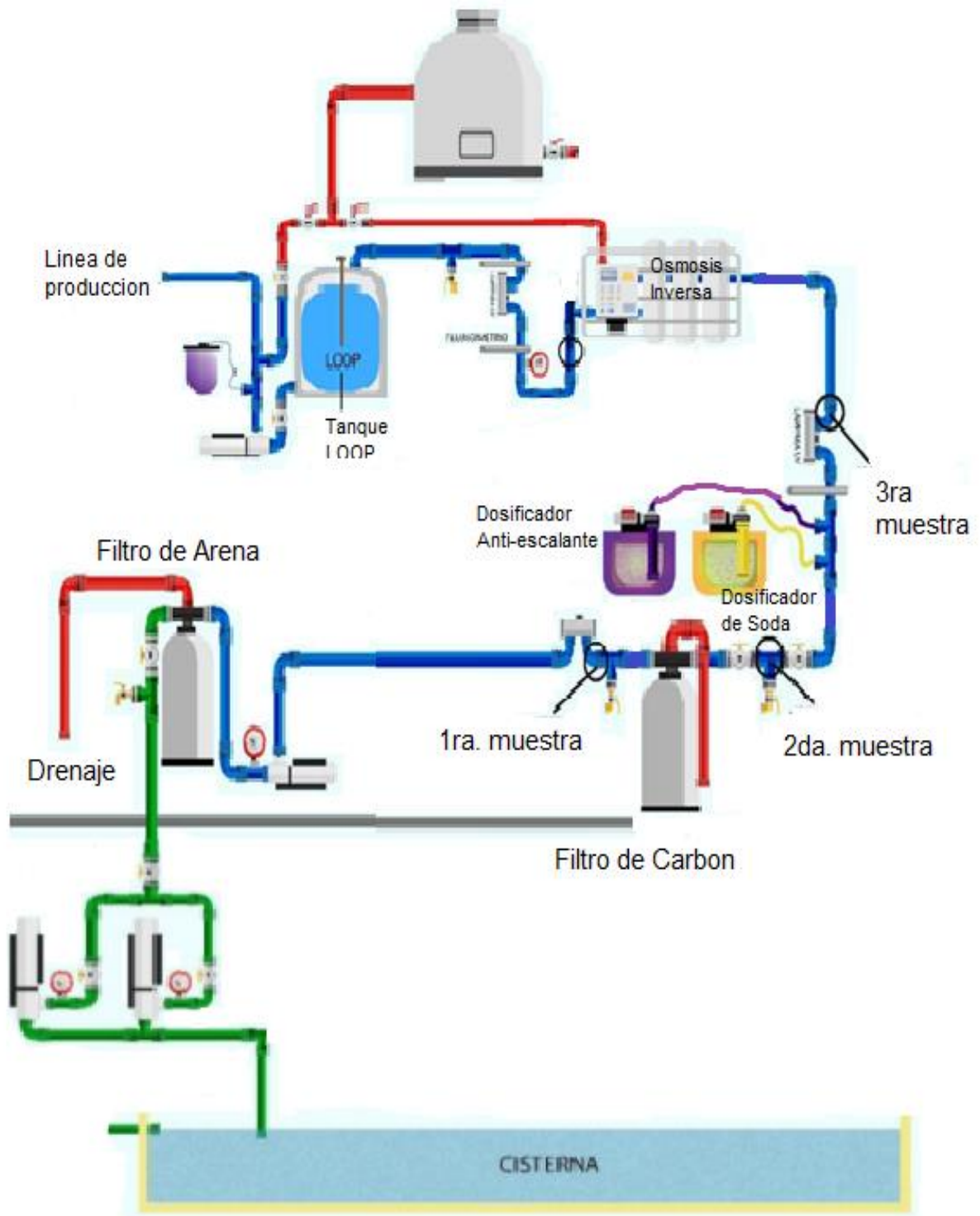


Figura 26: Proxecto completo de Osmosis Inversa.

## 2.2 Parámetros de Control

Es necesario especificar los parámetros que deben tener los distintos equipos que se añadirán al diseño, dichos parámetros se definen teniendo en cuenta el funcionamiento y diseño de la planta.

### 2.2.1 Controlador Lógico Programable.

Para seleccionar un controlador lógico programable se debe tomar en cuenta varios aspectos fundamentales, en este proyecto se tomó en cuenta los siguientes:

- Número de entrada y salidas del proceso.
- Tipos de señales emitidas por el sistema (Sensores, motores, válvulas, etcétera.).
- Necesidad de diferentes tipos de comunicación (ProfiBus<sup>13</sup>, ProfiNet<sup>14</sup>, Ethernet, etcétera).
- Complejidad del sistema.
- Agentes nocivos del ambiente de trabajo.

Se hace la propuesta de los siguientes equipos con base a su rendimiento, especificaciones buscadas y control de calidad.

- a) SIMATIC S7 1500.
- b) SIMATIC S7 300.

Luego de examinar las características de cada uno de los equipos ofrecidos por los distintos fabricantes, se realiza la propuesta de los elementos que cumplen con la topología necesarias para llevar a cabo el proyecto, tomando en cuenta el coste de los mismos. A continuación, se presenta una breve descripción del equipo seleccionado.

---

<sup>13</sup> Método común de comunicación serial, existen maestros y esclavos.

<sup>14</sup> Está basado en Ethernet estándar, la misma Ethernet que puede encontrar en su casa u oficina.



## SIMATIC S7 300.

Siemens S.A. es una empresa de origen alemán, Opera en los negocios de Industria, Energía, Movilidad e Infraestructuras. En la gama SIMATIC encontrará el equipo adecuado para cualquier empresa. Todos ellos tienen en común alta potencia de procesamiento en el espacio más reducido, robustez contra los más duros efectos mecánicos y climáticos, alta velocidad y facilidad de ampliación. Encuentre lo que necesite en la familia de autómatas SIMATIC. [26]

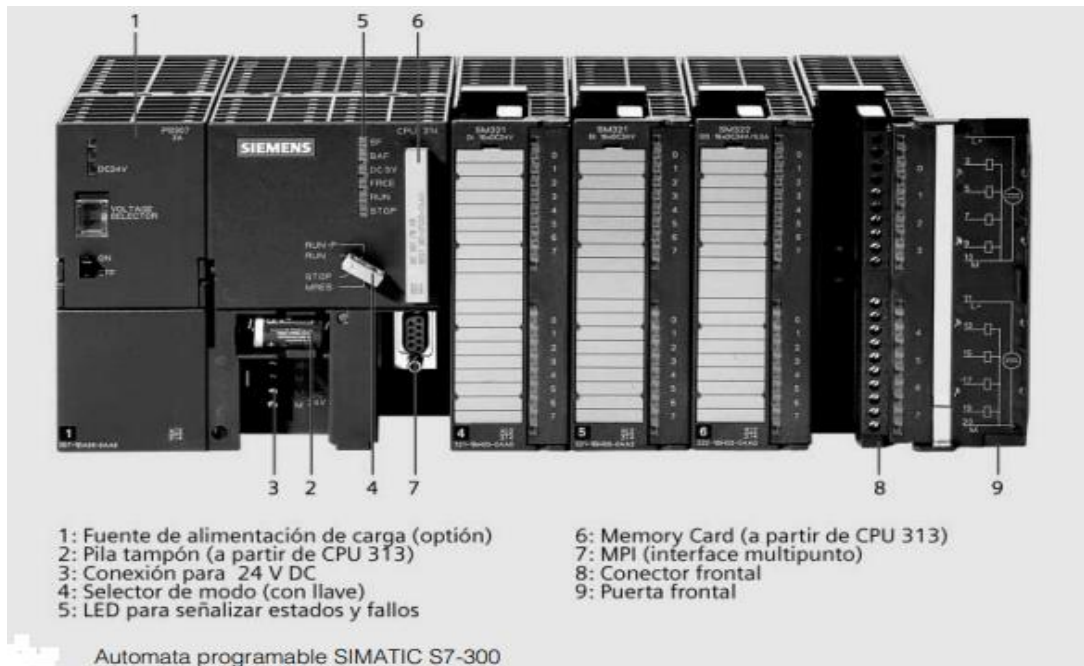


Figura 27: Partes de un PLC.

- El sistema de mini autómatas modulares para las gamas baja y media
- Con un amplio abanico de módulos para una adaptación óptima a la tarea de automatización en particular
- De aplicación flexible gracias a la posibilidad de realizar estructuras descentralizadas e interconexiones por red
- Cómodo de aplicar gracias a su facilidad de uso y a su instalación simple y sin necesidad de ventilación
- Ampliable sin problemas en el caso de que aumenten las tareas
- Potente gracias a la gran cantidad de funciones integradas [27]

## CPU 319-3 PN/DP

### Diseño

La CPU 319-3 PN / DP está equipada con lo siguiente:

- Sistema multiprocesador
- Rendimiento de comunicaciones y procesamiento de alto mando
- 2 MB de memoria de trabajo (corresponde a aproximadamente 680 K instrucciones);  
la amplia memoria de trabajo para los componentes del programa relevantes para la ejecución ofrece suficiente espacio para los programas de usuario. Las Micro Memory Cards SIMATIC (8 MB máx.) Como memoria de carga para el programa también permiten almacenar el proyecto en la CPU (completo con símbolos y comentarios) y se pueden utilizar para el archivo de datos y la gestión de recetas.
- Capacidad de expansión flexible; máx. 32 módulos (configuración de 4 niveles)

### Función

- Protección de contraseña: un concepto de contraseña protege el programa de usuario del acceso no autorizado.
- Bloquear el cifrado: las funciones (FC) y los bloques de función (FB) se pueden almacenar en la CPU de forma cifrada mediante S7-Block Privacy para proteger el know-how de la aplicación.
- Copia de seguridad de datos sin mantenimiento; la CPU guarda automáticamente todos los datos (hasta 700 KB) en caso de corte de energía para que los datos vuelvan a estar disponibles sin cambios cuando vuelva la energía. [28]

PLC							
SIEMENS							
MODELO	I/O DIGITALES	I/O ANÁLOGAS	MAX. I/O DIGITALES	MAX. I/O ANÁLOGAS	BUS DE COMUNICACIÓN	IP	TENSIÓN
S7 300	Según modulo a utilizar	Según modulo a utilizar	Ilimitado	Ilimitado	Si	20	24 VDC

Tabla 9: Datos Técnicos S7-300

TIPOS DE MÓDULOS PARA S7 300	
Nombre del Modulo	Nº de puntos de conexión
Digital Input	8 x DC24V/2ª
Digital Input	8 x AC 120/230V
Digital Input	16 x DC24V
Digital Input	16 x AC120/230V/1ª
Digital Input	32 x DC24V
Digital Input	32 x AC120V
Digital Input	64 x 24V; Sinking/Sourcing
Digital Output	8 x DC24V/2ª
Digital Output	8 x AC120/230 V/ 2ª
Digital Output	16 x DC24V/0, 5ª
Digital Output	16 x AC120/230V/1ª
Digital Output	32 x DC24V/0, 5ª
Digital Output	32 x AC120/230V/1ª
Digital Output	64 x DC24V/0,3A Sourcing
DI/DO	DI 16/DO 16 x DC 24 V/ 0,5 A
DI/DO	DI 8/DO 8 x DC 24 V/0,5 A
DI/DO	DI 8/DX 8 x DC 24 V/0,5 A, parametrizable
Analog Input	8 x 16 Bit
Analog Input	8 x 14 Bit High Speed
Analog Input	8 x 0/4...20 mA HART
Analog Input	6 x TC
Analog Input	2 x 12 Bit
Analog Output	8 x 12 Bit
Analog Output	8 x 0/4...20mA HART
Analog Output	4 x 16 Bit
Analog Output	4 x 12 Bit
Analog Output	2 x 12 Bit
AI/AO	AI 4/AO 2 x 8/8 Bit
AI/AO	AI 4/AO 2 x 12 Bit

Tabla 10: Tipos de Módulos

## 2.2.2 Electroválvulas

Para evitar que el tanque se rebalse o quede por debajo del 30% de su capacidad, se requiere la instalación de válvulas solenoides que permitan el cierre al paso del fluido, o a su vez habrá el paso del fluido. A continuación, se presenta las características de las electroválvulas a seleccionar.

- Posición de inicio normalmente cerrada.
- Para tubería de 2".
- Accionada por medio de actuador.
- Presión de trabajo mayor o igual a 60 psi<sup>15</sup>.
- Material acero inoxidable.

Se hace la propuesta de equipos con base a su rendimiento, especificaciones buscadas y control de calidad.

- a) AVK PN6.
- b) DOROT 75T.
- c) Danfoss. EV220B 50B NC.

Se propone trabajar con la válvula DANFOSS EV-220B, dicho elemento es el único dentro de los propuestos que cuenta con las características deseada, además que es una de las marcas de prestigio en este entorno.

### **Danfoss. EV220B 50B NC**

Calidad, confiabilidad e innovación. Impulsado por el potencial de una sociedad electrificada y potenciado por las oportunidades de la digitalización, Danfoss es tecnología de ingeniería que ayuda al mundo a sacar mucho más de menos. Juega un papel importante en la transición verde hacia menores emisiones de carbono y más electrificación, haciendo que el consumo de energía mundial sea más sostenible. [29]

---

<sup>15</sup> Libra de fuerza por pulgada cuadrada. 1psi = 0.704 mts

EV220B 50 se compone de válvulas solenoide universales, servo-accionadas e indirectas de 2/2 vías. Todas ellas están disponibles con cuerpo de latón, latón resistente a la desgalvanización (latón DZR) y acero inoxidable, lo cual garantiza su validez para un amplio abanico de aplicaciones. Cuentan, además, con filtro piloto integrado, tiempo de cierre ajustable para optimizar su rendimiento incluso en condiciones de trabajo extremas.

Características:

- Para agua, vapor, aceite, aire comprimido y gases
- Rango de caudal para agua: 1.3 – 160 m<sup>3</sup>/h
- Presión diferencial: 0.3 – 16 bar<sup>16</sup>
- Temperatura del medio: -30 – 140 °C
- Temperatura ambiente: hasta 80 °C
- Protección de la bobina: hasta IP67<sup>17</sup> [30]

ELECTROVÁLVULA						
DANFOSS						
MODELO	POSICIÓN INICIAL	MATERIAL	CONEXIÓN	PRESIÓN MAX. DE TRABAJO	TIEMPO DE APERTURA	TIEMPO DE CIERRE
EV-220B 15-50	N/C	Acero Inoxidable	G2	10 bar	300 ms	1000 ms

Tabla 11: Datos Técnicos Electroválvula



figura 28:Electroválvula

<sup>16</sup> Una unidad de presión.

<sup>17</sup> Grado de protección. Éstas son una manera alfanumérica de puntuar el nivel de resistencia frente al polvo y al agua de todo tipo de dispositivos.

### 2.2.3 Sensores de nivel

El parámetro a controlar en la cisterna, tanque de agua permeada y tanque LOOP es el nivel del líquido dentro de los mismos, esta señal debe enviarse hacia el PLC donde dependiendo del nivel al que se encuentre este realizará la tarea correspondiente, dicho control se hará por medio de un sensor ultrasónico además contará con un sistema de seguridad donde la cisterna tendrá 2 sensores capacitivos (bajo y sobre paso). A continuación, se presentan las características de los sensores a seleccionar.

Características de operación deseada del sensor ultrasónico:

- Rango de operación superior a los tres metros (3m).
- Tipo de salida analógica.
- IP 67 o 68.
- Temperatura de trabajo  $\geq 35$  °C

Se hace la propuesta de los siguientes instrumentos con base a su rendimiento, especificaciones buscadas y control de calidad.

- a) IFM UGT208.
- b) OMEGA LVRD501.
- c) BANNER QT50U.

Para controlar la medición de todos los tanques de almacenamiento de agua tratada del proceso se propone el sensor BANNER QT50U, dicho sensor se adecúa a las necesidades del proyecto, con un rango de alcance configurable que va de los 200mm a 8000mm, a su vez genera una señal continua de 4-20 mA la cual se aprovechará su uso dentro del PLC, es de fácil instalación e idóneo para el censado de nivel de agua.

#### **BANNER QT50U.**

Banner Engineering es una empresa global y un líder mundialmente reconocido en el campo de la automatización industrial y de procesos. Los sensores Banner y de visión, luces LED e indicadores, productos inalámbricos y de seguridad son

utilizados por las empresas grandes y pequeñas, desde los líderes de la industria en la Fortune 500 hasta los innovadores que recientemente han entrado en el mercado. [31]

Sensor ultrasónico resistente a productos químicos de alcance de 8 m

- Detecta un rango extendido de hasta 8 m
- Disponible en modelos de CC analógicos o discretos y en modelos de voltaje universal CA / CC con salida de relé electromecánico
- Cuenta con una carcasa completamente sellada y resistente a los golpes que es ideal para monitorear niveles de líquidos y sólidos
- Utiliza un haz de detección estrecho para detectar objetivos a gran distancia dentro de áreas confinadas, como un tanque de almacenamiento, sin interferencia de las paredes del tanque
- Compensa la temperatura, para una mayor precisión de detección
- Simplifica la configuración con la programación de modo de ENSEÑANZA remota y con botones
- Muestra el estado durante la configuración y el funcionamiento mediante indicadores LED de alta visibilidad. [32]

SENSOR ULTRASÓNICO							
BANNER							
MODELO	RANGO DE OPERACIÓN	SALIDA	RANGO DE TEMPERATURA	IP	VOLT	FRECUENCIA ULTRASÓNICA	CORRIENTE MAX. SALIDA DE COMMUTACIÓN
QT50U	200mm a 8m	Análoga	-20°C a 70°C	67	10 a 30 Vdc	75 kHz	150 mA

Tabla 12: Datos Técnicos Sensor Ultrasónico.



Figura 29: Sensor Ultrasónico.

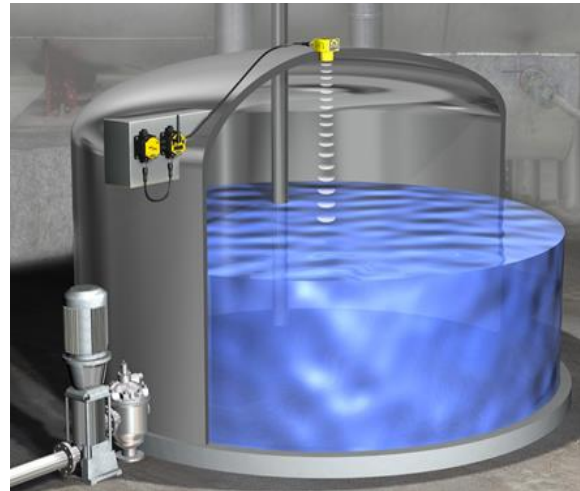


Figura 30: Ejemplo de Funcionamiento del sensor Ultrasónico.

Características de operación deseada del sensor capacitivo:

- Material derivado de PVC
- Tipo de salida digital.
- IP 67 o 68.
- Aplicación para líquidos.
- Temperatura de trabajo  $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$

Se hace la propuesta de los siguientes instrumentos con base a su rendimiento, especificaciones buscadas y control de calidad.

- a) KROHNE BM26
- b) SELET BQ80
- c) BALLUFF BCS D500002

Luego de analizar las características de cada uno de los instrumentos ofrecidos por los distintos fabricantes, las opciones de sensores capacitivos para el sistema de seguridad de los tanques de almacenamiento se presentan como opción BALLUFF BSC, dicho sensor destaca por el material de fabricación por el cual está compuesto.



## BALLUFF BCS D500002.

Como empresa orientada al futuro, se centra en las áreas tradicionales de automatización, también se dedica a desarrollar aplicaciones integrales para un mundo cada vez más digital y conectado. Se le llama Calidad Balluff, a un estándar más alto que va más allá de los estándares oficiales aplicables, no solo en producción sino también en consultoría y servicios. [33]

Los sensores capacitivos de Balluff no solo son superiores en las aplicaciones de detección de objetos y de nivel, sino que también son sumamente especializados para una amplia gama de aplicaciones exigentes. Los sensores capacitivos cuentan con clasificaciones para altas temperaturas y presión, carcasas de acero inoxidable y PTFE<sup>18</sup> para entornos rigurosos, amplio rango de voltajes de alimentación y factores de forma especialmente compactos.

Los sensores capacitivos para la detección de objetos cuentan con un campo eléctrico rectilíneo. Detectan tanto cuerpos sólidos, como obleas, placas de circuito impreso, embalajes de cartón, pilas de papel, botellas, bloques y placas de plástico, como también líquidos a través de las paredes del recipiente o de tubos de vidrio o plástico (con un grosor máximo de 4 mm). [34]

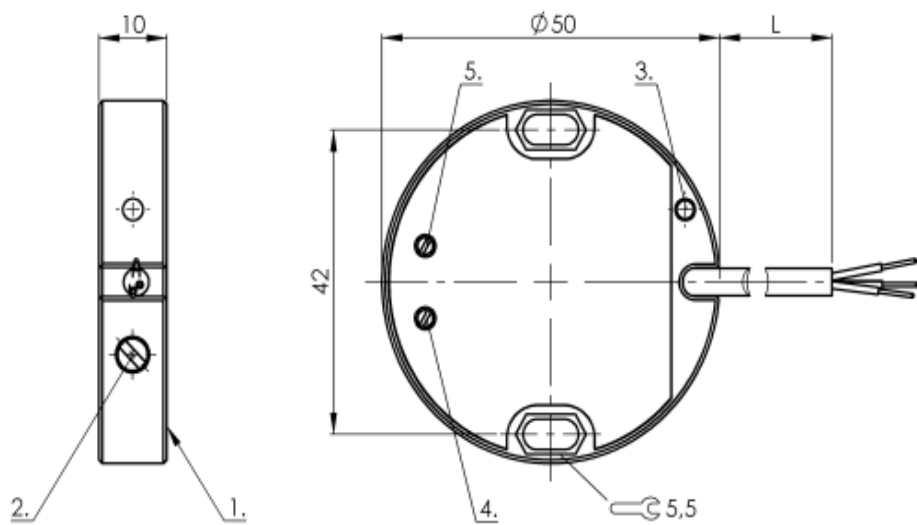
SENSOR CAPACITIVO							
BALLUFF							
MODELO	Material	SALIDA	RANGO DE TEMPERATURA	APLICACIÓN	IP	VOLT	RANGO DE OPERACIÓN
BCS D500002	POM	Digital	-30°C a 60°C	Líquidos	67	10 a 30 Vdc	2 a 25 mm

Tabla 13: Datos Técnicos Sensor Capacitivo

<sup>18</sup> El politetrafluoroetileno (PTFE), más conocido como teflón.



Figura 31: Sensor Capacitivo.



- 1) Superficie activa, 2) Potenciometro, 3) LED de indicación de función, 4) NA o NC seleccionable, 5) PNP o NPN seleccionable

Figura 32: Partes de un sensor Capacitivo.

#### **2.2.4 Sensor o electrodo de medición de propiedades presente en el agua.**

Antes del ingreso del líquido al proceso de ósmosis inversa, se requiere monitorear tres propiedades presentes en el mismo, las cuales son: cloro, pH y conductividad.

Características de las variables a monitorear.

Sensor o electrodo de cloro:

- Rango de medida entre 0 a 5 ppm.
- Salida análoga.
- Material acero inoxidable.
- Conexión a línea de 1 ½ ".

Se hace la propuesta de los siguientes instrumentos de medición para lograr un monitoreo en tiempo real, con certeza y exactitud, buscando buen rendimiento y un control de calidad.

- a) DULCOTEST CLB1.
- b) JUMO CI12.
- c) BURKERT 8232.

Finalmente, para lograr un monitoreo en tiempo real con certeza y exactitud de las variables en medición, es necesario contar con una trayectoria intachable y años de experiencia en, por tal razón se propone la marca BURKERT.

#### **BURKERT 8232**

A partir del control de los procesos, en Bürkert nació una organización abierta al aprendizaje que mejoraba día a día. Gracias a la ampliación de nuestra red mundial y a la optimización de procesos en todas las áreas es posible realizar un mejor intercambio de experiencias con respecto al control de fluidos.

El sensor de cloro Tipo 8232 es un sensor electroquímico diseñado para medir la concentración de cloro libre generado a partir de fuentes inorgánicas, como cloro gaseoso e hipoclorito de sodio.

Los electrolitos utilizados en el Tipo 8232 permiten realizar mediciones prácticamente independientes del pH del contenido de cloro libre.

#### Características

- Los rangos de medición van desde 0.005-2.000 ppm y tan alto como 0.01-20.00 ppm.
- Disponibilidad de una versión con dependencia del pH drásticamente reducida.
- Versión especial para uso en agua sin cloro.
- Conexión y calibración fáciles de usar mediante multiCELL Tipo 8619.
- Combinación individual de sensores para crear paneles de análisis de múltiples parámetros. [35]

BURKERT					
MODELO	INTERVALO DE OPERACIÓN	PRESIÓN MAX.	CONECTOR	CONEXIÓN A LÍNEA	TIPO DE ROSCA
8232	0°C a 45°C	10 bar	4 PIN PPS	G1	1" NPT

Tabla 14: Datos Técnicos Electrodo de Cloro.

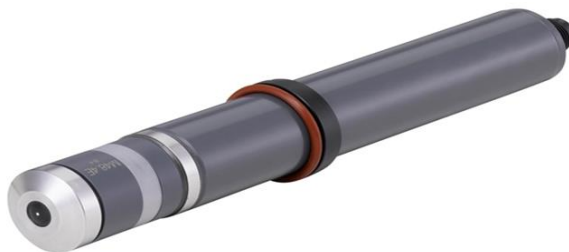


Figura 33: Sensor de Cloro.

Sensor o electrodo de pH:

- Rango de medida entre 0 a 7 pH.
- Salida análoga.
- Material acero inoxidable.
- Conexión a línea de 1 ½ ".

Se hace la propuesta de los siguientes instrumentos de medición para lograr un monitoreo en tiempo real, con certeza y exactitud, buscando buen rendimiento y un control de calidad.

- HANNA HI1002/5.
- JUMO 201020/51.
- BURKERT 8202.

Finalmente, para lograr un monitoreo en tiempo real con certeza y exactitud de las variables en medición, es necesario contar con una trayectoria intachable y años de experiencia, por tal razón se propone la marca BURKERT.

### **BURKERT 8202.**

El tipo de dispositivo 8202 de Bürkert es un aparato de medición compacto para medir el valor de pH o el potencial redox (ORP).

Valor de pH: en líquidos limpios o sucios o que contengan sulfuros o proteínas

Potencial redox: en líquidos limpios o sucios o que contengan sulfuros o proteínas, así como líquidos que presenten una conductividad baja.

Con este concepto constructivo, Bürkert simplifica los trabajos de montaje y mantenimiento.

Características:

- Dispositivo de medición compacto integrado para conexión directa al nivel de control (PLC)
- Parametrización, calibración y transmisión de datos de parametrización gracias al módulo de pantalla/configuración extraíble
- Reequipamiento rápido y sencillo entre mediciones de pH y de ORP
- Utilización de sondas de pH/potencial redox PG 13,5 estándar de 120 mm con conexión S8 (se recomienda el Tipo 8203).
- Calibración de uno o dos puntos directamente en el equipo, simulación de valores de proceso y funciones de diagnóstico. [36]

Certificación:

UL-Recognized for USA and Canada.

UL-Listed for USA and Canada

FDA (Food and Drug Administration, USA).

ACS

TRASMISOR DE pH O POTENCIAL RÉDOX										
BURKERT										
MODELO	INTERVALO DE pH	EXACTITUD DE pH	MATERIAL	INTERVALO DE OPERACIÓN	PRESIÓN MAX.	CONECTOR	LONGITUD DEL CABLE	SALIDA ANÁLOGA	CONEXIÓN A LÍNEA	VOLT
8202	0 a 14 pH	+0.02	Acero Inox. 316Ti	0 a 60°C	6 bar	M12,5 Fijo	2 m	SÍ	1 ½"	12 a 36 V DC

Tabla 15: Datos Técnicos Transmisor de pH



Figura 34: Transmisor de PH.

Sonda de conductividad:

- Rango de medida entre 0 a 10  $\mu$ s.
- Salida análoga.
- Material acero inoxidable.
- Conexión a línea de 1 ½ ".

Se hace la propuesta de los siguientes instrumentos de medición para lograr un monitoreo en tiempo real, con certeza y exactitud, buscando buen rendimiento y un control de calidad.

- a) JUMO Ci.
- b) HANNA HI3011.
- c) BURKERT 8221.

Finalmente, para lograr un monitoreo en tiempo real con certeza y exactitud de las variables en medición, es necesario contar con una trayectoria intachable y años de experiencia, por tal razón se propone la marca BURKERT.

### **BURKERT 8221.**

Las sondas higiénicas de conductividad 8221 se usan para medir la conductividad eléctrica en una amplia variedad de fluidos puros o concentrados. Debido a su construcción higiénica y robusta, estas sondas de conductividad son adecuadas para las industrias alimentaria, farmacéutica, biotecnológica y química.

Las sondas de conductividad se basan en dos tecnologías diferentes:

- Las sondas construidas según el principio de 2 electrodos son apropiadas para mediciones en líquidos puros, especialmente en agua desmineralizada o ultrapura.
- Las sondas construidas según el principio de 4 electrodos evitan los efectos de polarización y son insensibles a la suciedad. Así se garantiza una excelente linealidad en toda la zona de medición.

Características:

- Perfecto para aplicaciones exigentes en los procesos higiénicos (compatible con CIP y SIP<sup>19</sup>)
- Rango de conductividad ampliado mediante las variantes disponibles
- Compatible con las conexiones de proceso más habituales, por lo que es posible adaptarse a las necesidades específicas del cliente. [37]

---

<sup>19</sup> Los sistemas Cleaning-In-Place (CIP) y Sterilization-In-Place (SIP) son sistemas diseñados para realizar la limpieza y la esterilización de forma automática.



Certificación:

- FDA.
- EC-Regulation 1935/2004/EC.
- USP Class VI

ELECTRODO DE CONDUCTIVIDAD					
BURKERT					
MODELO	INTERVALO DE OPERACIÓN	PRESIÓN MAX.	CONECTOR	CONEXIÓN A LÍNEA	TIPO DE ROSCA
8221	0.1 $\mu\text{S/cm}$ ...500 $\text{mS/cm}$	6 bar	M12	PG 13,5	NPT 3/4"

Tabla 16: Datos Técnicos Electrodo de Conductividad



Figura 35: Electrodo de conductividad.

## Capitulo III – Programación

### 3. GRAFCET

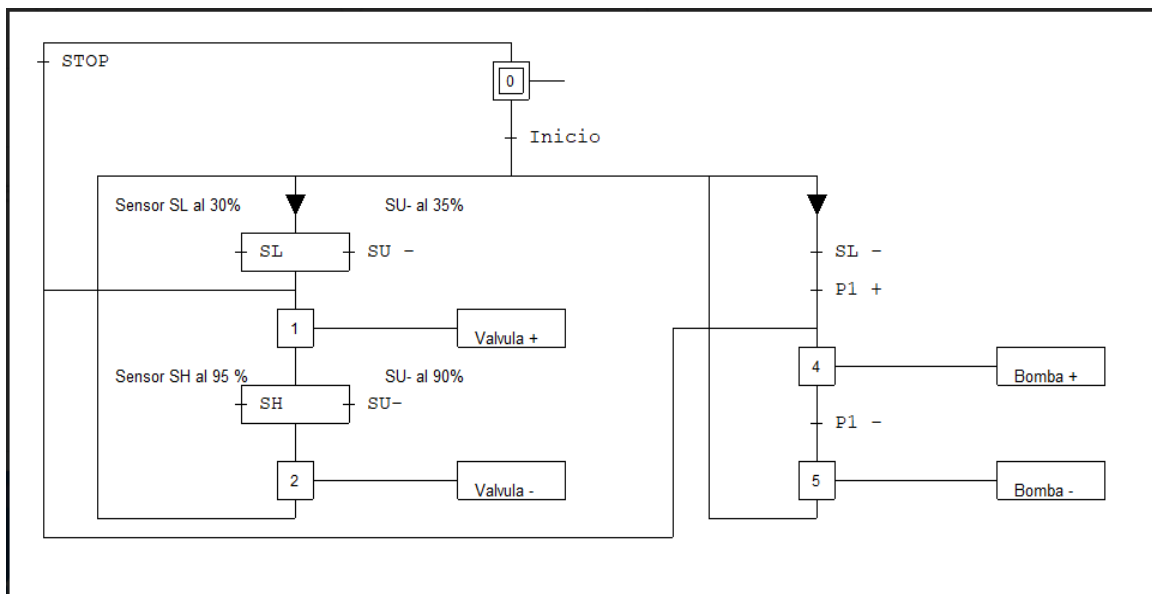


Figura 36: Etapa 1

En la figura (36) se muestra el GRAFCET<sup>20</sup> de la etapa 1 del sistema, el cual funciona de la siguiente manera:

Los sensores están ubicados en el tanque 1, sensor capacitivo está al 30% y 95% mientras que el sensor ultrasónico está al 35 % y 90% del tanque, cabe destacar que el sensor ultrasónico se ubica en la parte de arriba del depósito y dentro de la programación se definen los valores en porcentaje del tanque, el sistema estará funcionando de forma efectiva con el sensor ultrasónico, cuando el nivel de agua este menor al 35% el sensor mandara una señal para abrir la electroválvula para que inicie el proceso de llenado del tanque, una vez que el agua alcance el 90% el sensor mandara otra señal esta vez para cerrar la electroválvula.

<sup>20</sup> Diagrama de control con etapas y transiciones

El sistema funciona de manera óptima con solo el sensor ultrasónico, pero se deben de tomar medidas de precaución por si el sensor llega a fallar, es por eso que se agregaron los sensores capacitivos respectivamente, estos empiezan su función una vez que el sensor ultrasónico deja de funcionar, una vez que esto pase el sistema podrá seguir funcionando con normalidad para que la producción no se detenga, pero una señal de advertencia se mandara para que los operadores de la planta estén al tanto que el sensor ultrasónico dejo de funcionar, una vez que estos sensores se activen el sistema se tiene que reiniciar apagando y volviendo a encenderlo.

Por otra parte, se encuentran las bombas gemelas, que estarán funcionando con un presostato y el sensor capacitivo al 30%, las bombas empiezan a funcionar si la presión baja a los 35 psi y se apagan cuando alcancen un valor a los 45 psi, el sensor capacitivo se incorpora como precaución para que las bombas no funcionen si el nivel de agua está por debajo de 30%, esto para evitar que las bombas inyecten aire a las tuberías.

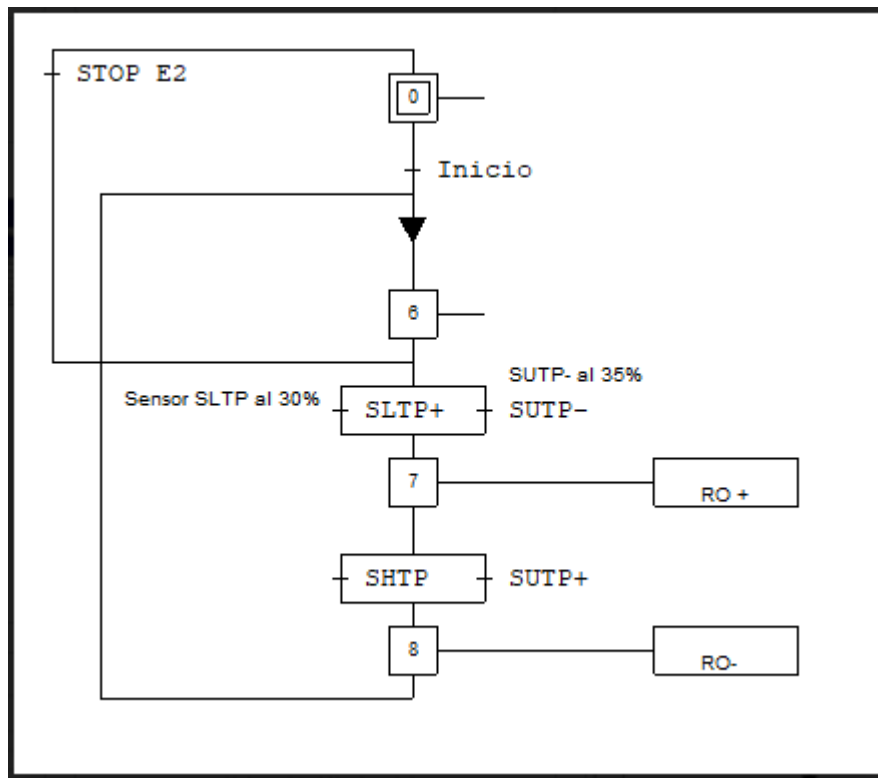


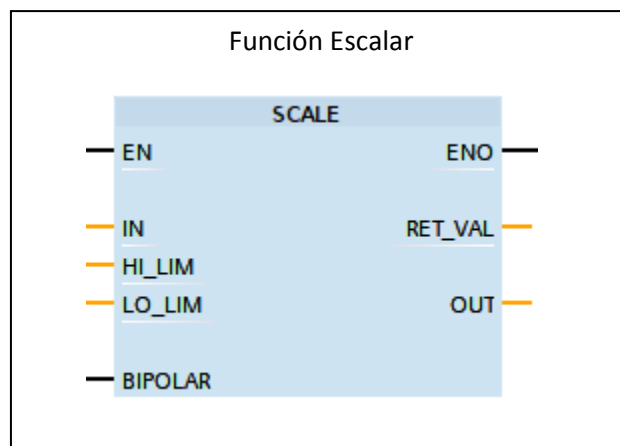
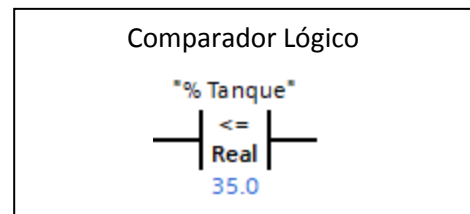
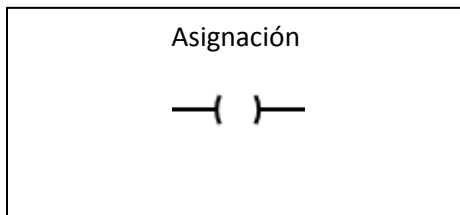
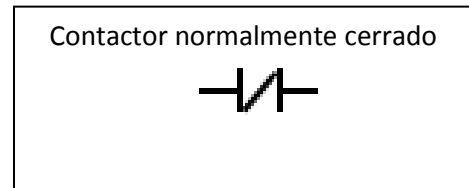
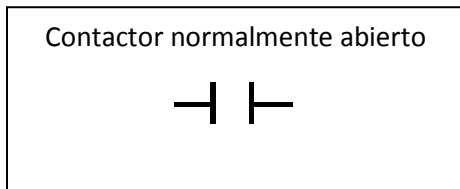
Figura 37: Etapa 2

En la figura (37) se define la etapa 2 del sistema, esta tiene una similitud a la etapa 1 ya que tenemos los sensores capacitivos y ultrasónico en los mismos porcentajes que en la primera etapa, la diferencia está en que en esta etapa se controla la Osmosis Inversa, una vez que el tanque este por debajo al 35% el sensor ultrasónico manda una señal al panel de la osmosis inversa para encenderla, esta empieza a tratar el agua para luego ser almacenada en al tanque n°2 una vez que el tanque alcance el 90% la osmosis se apagara, el nivel del tanque n2 va a depender de la producción que tenga la planta mientras que el tanque n°1 va a depender de cuánto tiempo la osmosis inversa esté funcionando. Al igual que a etapa 1 en esta se encuentran los sensores capacitivos para que el sistema siga funcionando aun cuando el sensor ultrasónico este dañado.

### 3.1 Programación

Como se mencionó anteriormente el PLC a utilizarse será el S7-300 y para la Programación del mismo se usará el programa de Tia Portal V15.1, este cuenta con un sin número de funciones el cual nos facilita la simulación de este proyecto ya que trae integrado otro programa llamado PLCSim que el encargado de virtualizar todo el programa con las variables tanto analógicas como digitales y sus salidas digitales también.

#### 3.1.1 Simbología de Tia Portal



### 3.1.2 Variables del Programa

Entradas Analógicas			Descripcion
Nombre	Tipo	Address	
SU	Int	%IW256	Sensor Tanque 1
SU 2	Int	%IW258	Sensor Tanque 2

Entradas Digitales			
Nombre	Tipo	Address	Descripcion
SH	Bool	%I4.0	Sensor alto Tanque 1
SL	Bool	%I4.1	Sensor de Bajo Tanque 1
P1	Bool	%I4.2	Presostato 1
SHT2	Bool	%I4.4	Sensor Alto Tanque 2
SLT2	Bool	%I4.5	Sensor de Baja Tanque 2
Stop	Bool	%I4.6	OFF
Inicio	Bool	%I4.7	ON

Salidas Digitales			Descripcion
Nombre	Tipo	Address	
Valvula	Bool	%Q4.0	Electro Válvula
RO	Bool	%Q4.1	Osmosis Inversa
Bomba	Bool	%Q4.2	Bombas Gemelas
Warning 1	Bool	%Q4.3	Alarma 1
Warning 2	Bool	%Q4.4	Alarma 2

Memorias			Descripcion
Nombre	Tipo	Address	
M - Inicio	Bool	%M1.0	Start
M - LH	Bool	%M1.1	Memoria sensores
SU +	Bool	%M1.2	Sensor Ultrasonico enciende
SU -	Bool	%M1.3	Sensor Ultrasonico apaga
M - SH	Bool	%M1.4	Memoria sensor de Alto
M - LHT2	Bool	%M2.0	Memoria sensores 2
SUT2 +	Bool	%M2.1	Sensor ultrasonico tanque 2 enciende
SUT2 -	Bool	%M2.2	sensor ultrasonico tanque 2 apaga
M - SHT2	Bool	%M2.3	sensor de Alto 2
% Tanque	Real	%MD6	Porcentaje de agua tanque 1
% Tanque 2	Real	%MD8	Porcentaje de agua Tanque 2

### 3.1.3 Bloques del programa

Este programa funciona de la siguiente forma: el llenado de los tanques estará controlado por un sensor Ultrasónico, cuando el tanque este al 35% el sensor ultrasónico mandara a abrir la electroválvula para que inicie el llenado o si esta falla un sensor capacitivo al 30% mandara a abrir la electroválvula, por otro lado, cuando el tanque este al 90% el sensor ultrasónico mandará a cerrar la electroválvula para que el llenado se detenga y si esta falla otro sensor capacitivo al 95% la mandará a cerrar también.

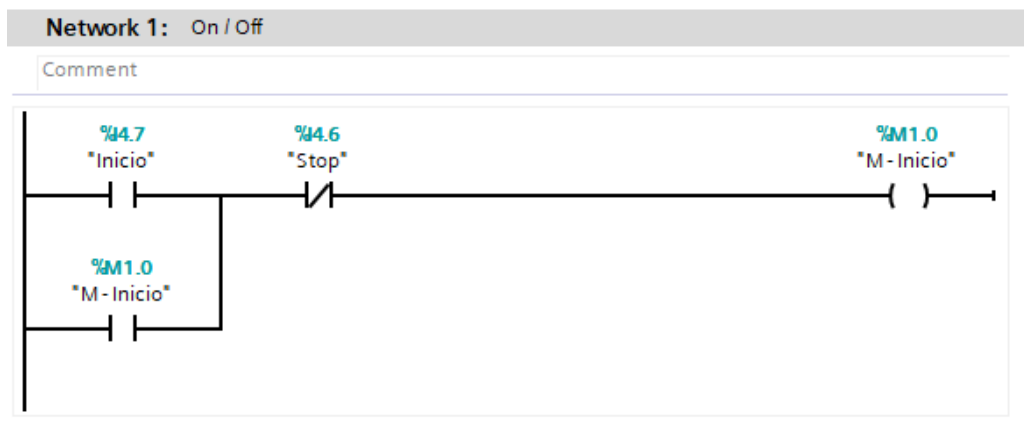


Figura 38: Inicio del Sistema

Iniciando el programa se encuentra el primer bloque Figura (38) que se encarga de encender y apagar todo el sistema, este posee una retención para que cuando se pulse el start o Inicio el contactor normalmente abierto se cierre provocando que el sistema se encienda y cuando este deje de pulsar quede en ese mismo estado, sin la retención el sistema se volvería a apagar, de esta manera se mantienen energizados los siguientes bloques de programación. Una vez que se pulse el botón de stop el contactor normalmente cerrado se abre y deja de mandar señal apagando la retención y todo el sistema por consecuente.

En cada uno de los bloques de programación se colocará al comienzo la memoria de Inicio, ya que es la encargada que controlar el encendido y apagado de todo el sistema, si este no se coloca en los bloques estos están totalmente independientes y el sistema tendría un fallo en la programación.

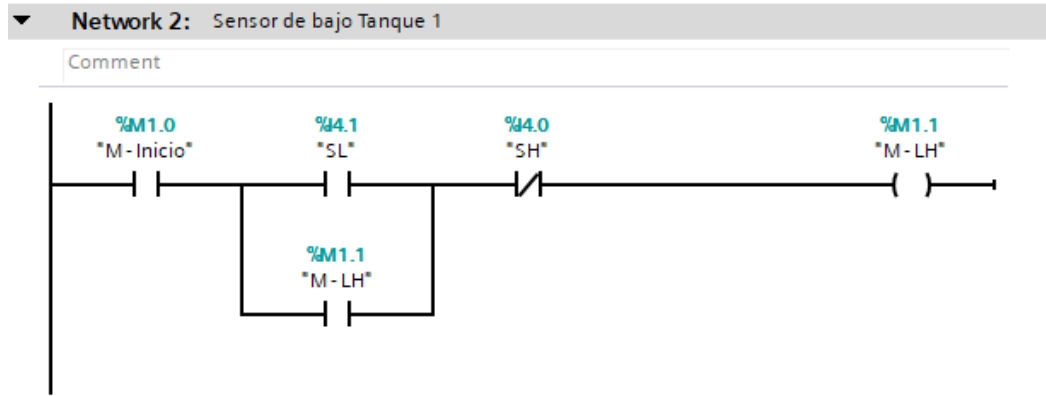


Figura 39: Sensor Capacitivo de bajo Tanque 1

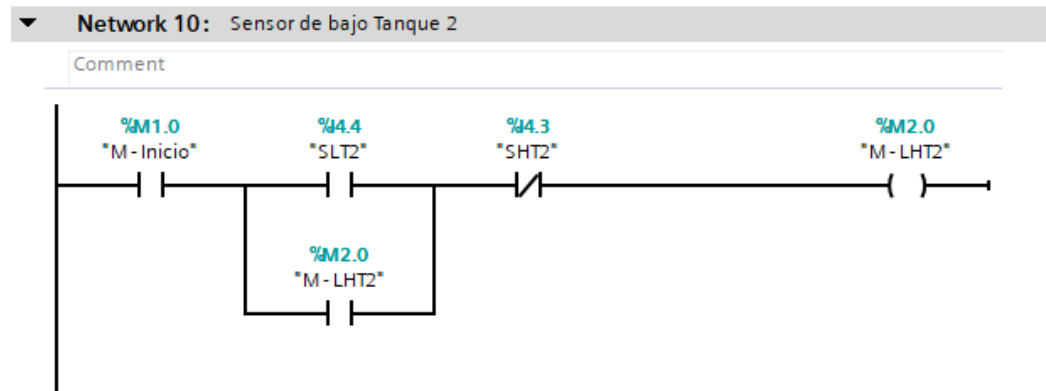


Figura 40: Sensor Capacitivo de bajo Tanque 2

En la figura (39) y (40) se muestran los bloques de los sensores capacitivos de los tanques, son los sensores que se encuentran a manera de seguridad si el sensor Ultrasónico deja de funcionar, haciendo que el sistema siga funcionando sin ningún problema, evitando que el tanque se rebalse o bien que se quede sin agua.

Cabe destacar que cuando estos sensores se activen se mandara una señal de alerta con un mensaje advirtiendo que el sensor ultrasónico dejo de funcionar y es necesario cambiarlo, una vez que esto pase el sistema se tiene que reiniciar para que funcione de manera óptima con el nuevo sensor Ultrasónico.

Estos bloques son los que evitan que el tanque se quede sin agua, están conformados por los sensores de bajo que están al 30%. Cuando el sensor de bajo no detecta agua este manda una señal y el contactor normalmente abierto se cierra provocando que la memoria M-LH/M-LHT2 se encienda, en este bloque también se utilizara una retención ya que estos sensores trabajan como



pulsadores, una vez que este detecta agua el contactor normalmente abierto se abre y la retención queda encendida provocando que el tanque comience su llenado hasta que el sensor de alto se active.

Una vez que el sensor de alto detecte agua el contactor normalmente cerrado se abrirá provocando que la retención se apague. Aunque el sensor de alto está presente en este bloque este no es el encargado de cerrar la electroválvula solo de abrirla cuando el tanque baje del 30%.

Como bien se detalló previamente la memoria de inicio está presente al comienzo de cada bloque de programación

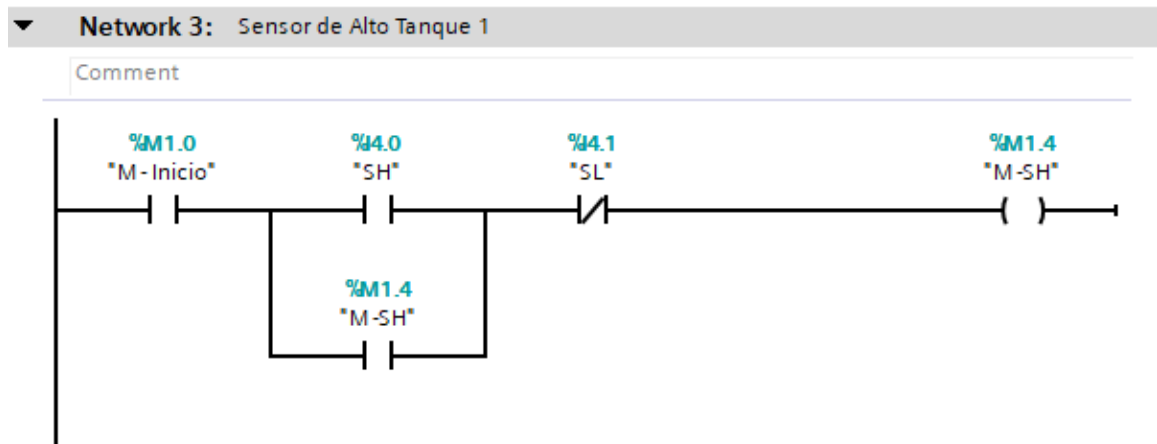


Figura 41: Sensor Capacitivo de alto Tanque 1

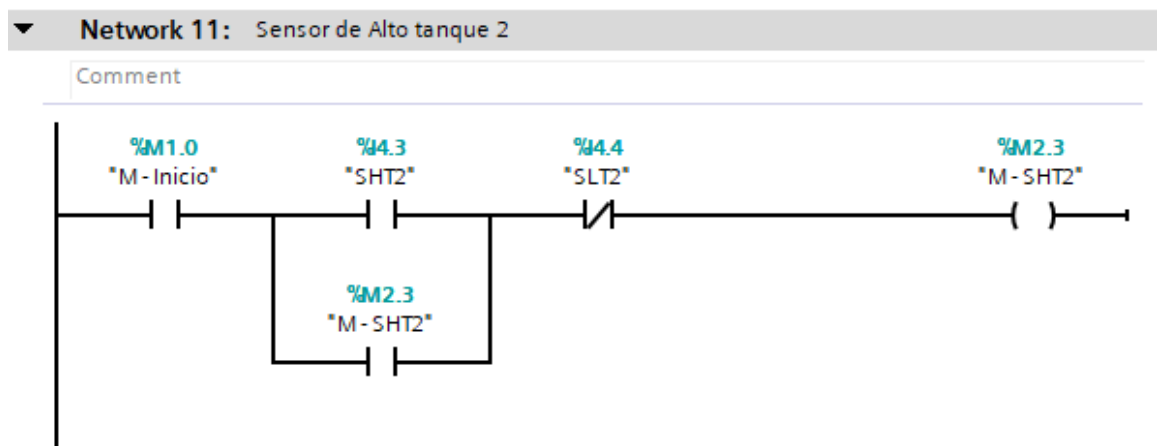


Figura 42: Sensor Capacitivo de alto Tanque 2

Para el cerrado de la Electroválvula se usan los siguientes bloques figura (41) y (42), una vez que el sensor de alto detecte agua el contactor normalmente abierto se cierra provocando que la retención se active, casi en todos los bloques de programación se utiliza la retención ya que es la que mantiene la función activa, ya sea el abierto y cerrado de la electroválvula o el encendido y apagado de las osmosis inversa, una vez que la retención este activa esta mandara a cerrar la electroválvula y apagar la osmosis deteniendo el llenado de los tanques, una vez que el sensor de bajo no detecte agua el contactor normalmente cerrado se abrirá apagando la retención.

Los bloques previamente mencionados de los sensores de bajo y alto son únicamente para la retención o bien la memoria de ellos, estas se usarán luego en el bloque de la electroválvula y osmosis inversa.

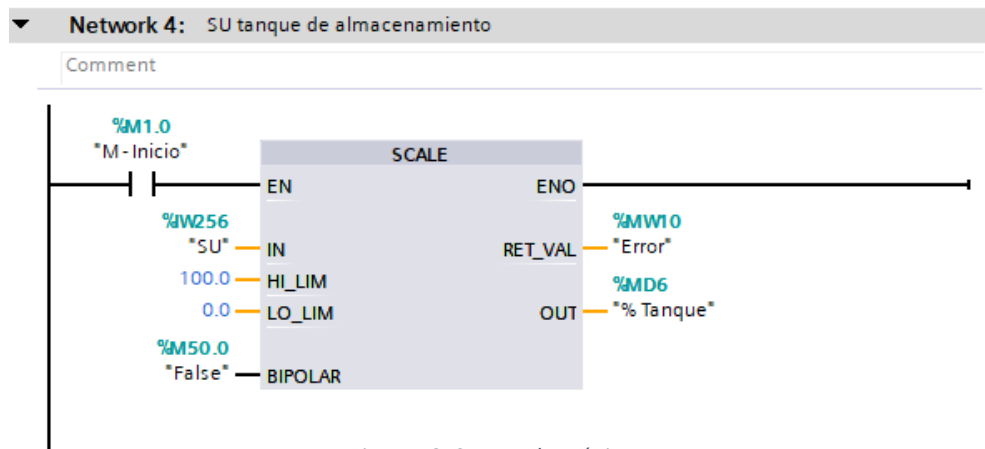


Figura 43: Sensor ultrasónico Tanque 1

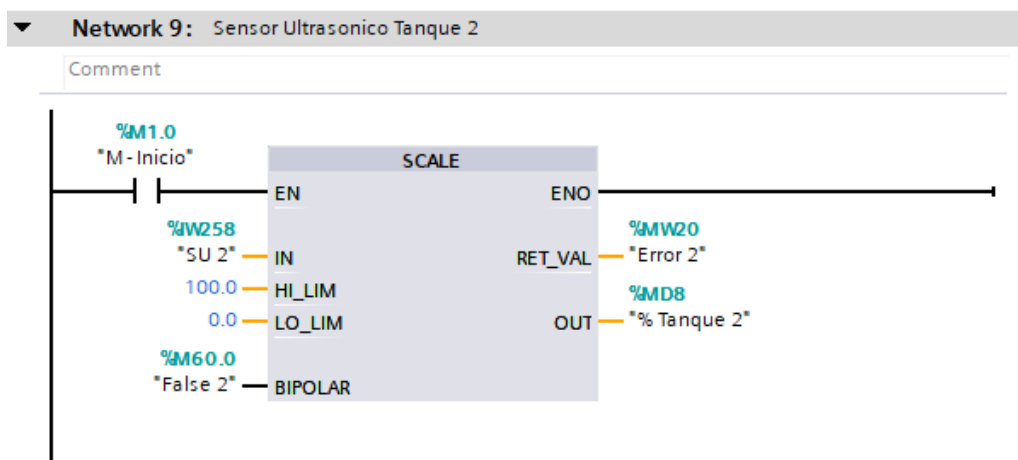


Figura 44: Sensor ultrasónico Tanque 2

En la figura (43) y (44) se muestran los bloques de los sensores ultrasónicos, en este bloque se encuentra la función escalar ya que el sensor ultrasónico recibe una señal de 0v – 10v este la representa en el programa con valores decimales de 0 a 27648, para poder trabajar con porcentajes del tanque se escala estos valores entre 0 a 100, de esta manera las memorias MD6 y MD8 podrán usarse en los bloques a continuación para mandar a abrir o cerrar la electroválvula y encender o apagar la osmosis, ya que estas memorias contienen el valor que el sensor está midiendo. Este valor será luego comparado con los valores de operación de la planta.

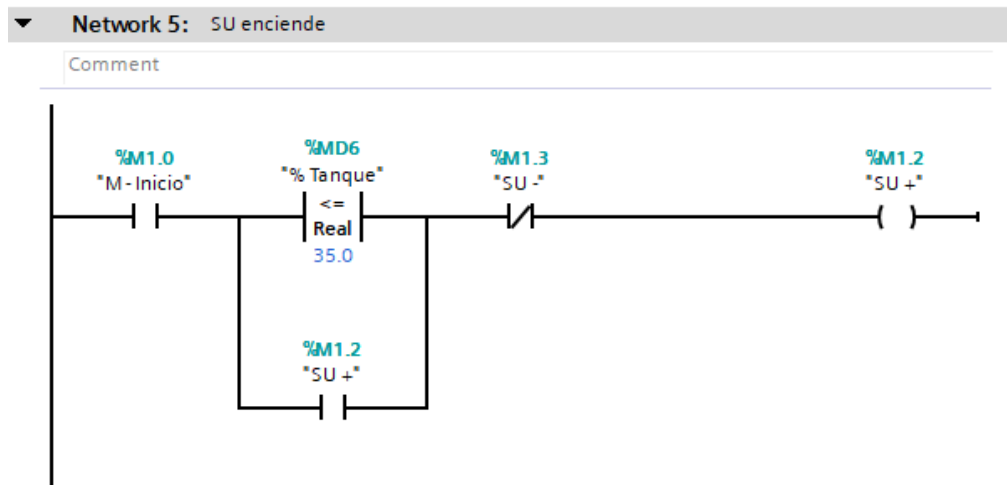


Figura 45: Sensor ultrasónico abre electroválvula

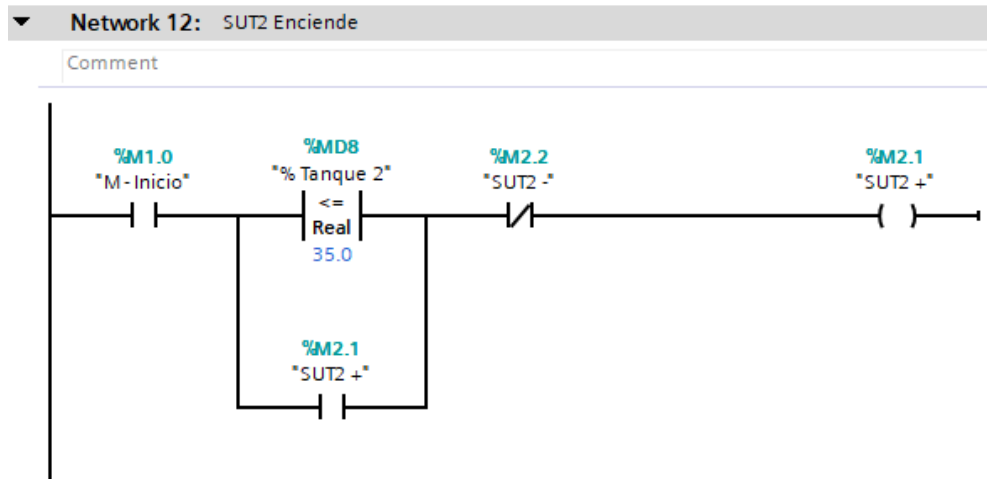
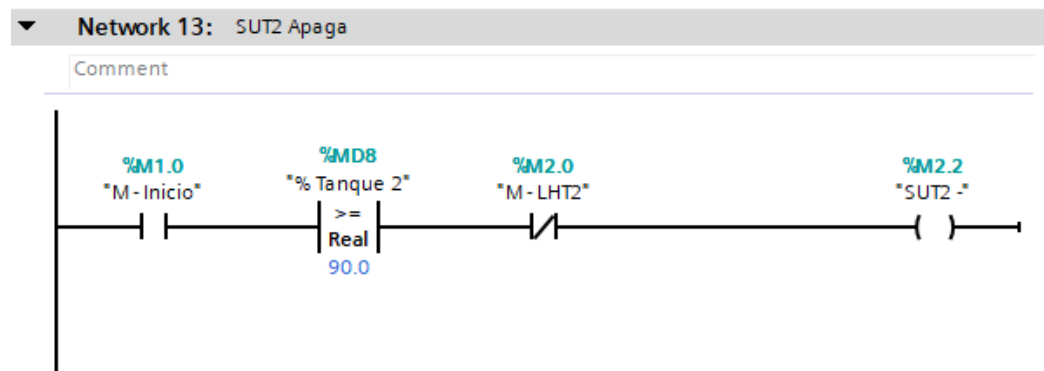
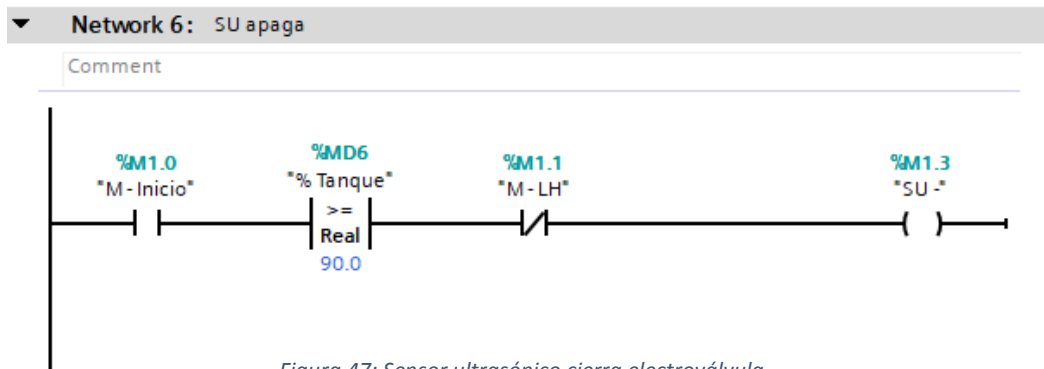


Figura 46: Sensor ultrasónico enciende osmosis Inversa

En los bloques de la figura (45) y (46) son los encargados de la memoria de los sensores ultrasónicos para abrir la electroválvula o encender la osmosis. Se usa un comparador al 35% del tanque, si el nivel del agua es igual o menor a este valor en la retención se activa, una vez que inicie el llenado del tanque la retención se desactivara hasta que el contactor normalmente cerrado se abra, este corresponde a la memoria de SU- / SUT2- que es cuando el sensor ultrasónico detecta que el porcentaje de agua está al 90% o más y esta manda a cerrar la válvula y a apagar la osmosis.

Cada bloque lleva una semejanza o una lógica de programación, estos bloques se usan para las memorias, las que guardan el estado de las funciones o el trabajo que se requiere hacer, en este caso mantener abierta o cerrada la electroválvula o para encender o apagar la osmosis inversa.



En las figuras (47) y (48) se muestran los bloques encargados de cerrar la válvula y apagar la osmosis, este comparador está al 90% del tanque, cuando el sensor detecta ese nivel de agua la memoria SU- / SUT2- se activa permitiendo que los tanques dejen de ser llenados, cabe destacar que encada uno de los bloques de los sensores ultrasónicos se agregan la memorias de los sensores de alto y bajo que son los sensores capacitivos que estarán a cargo si el sensor ultrasónico por alguna razón deja de funcionar.

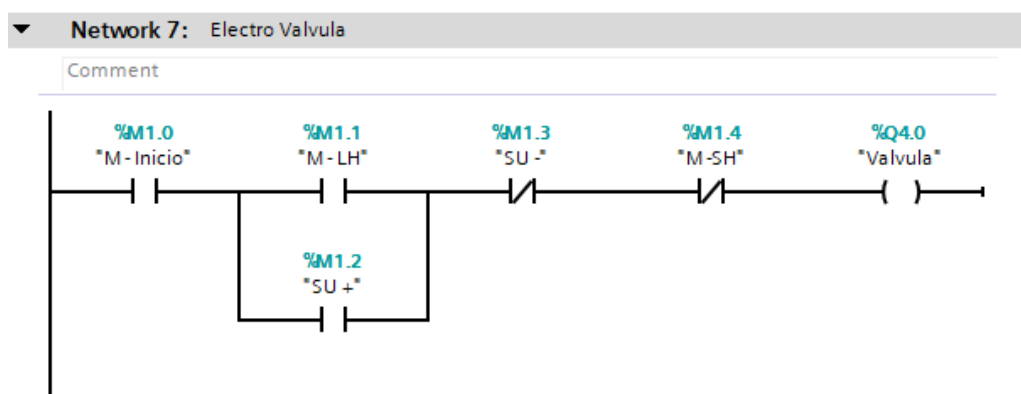
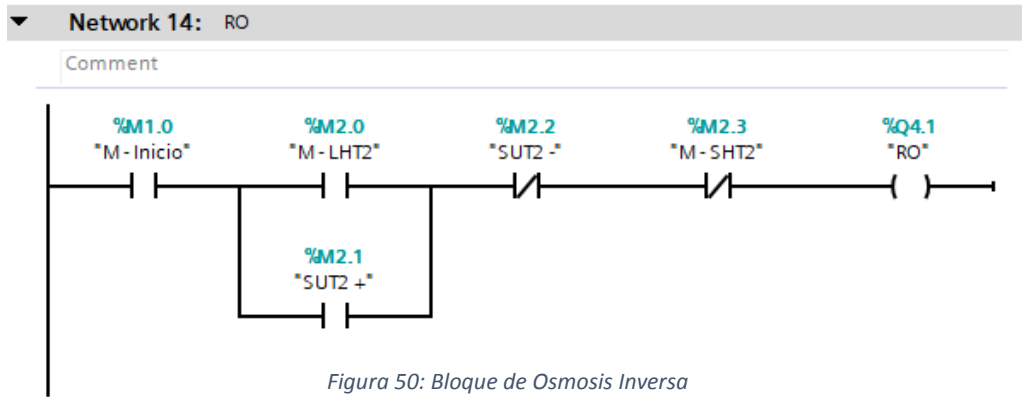


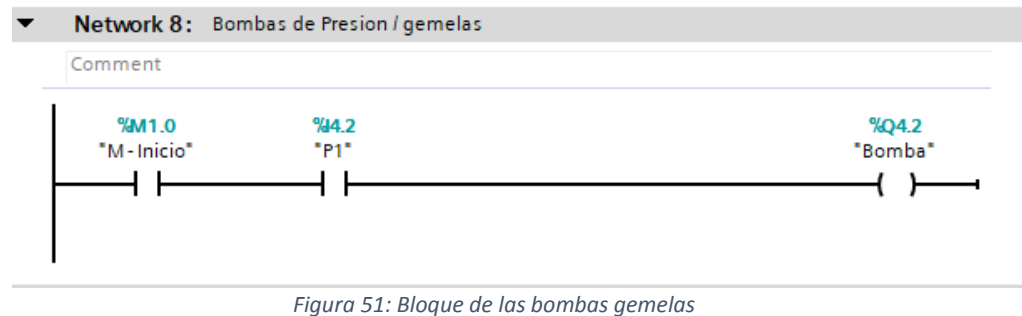
Figura 49: Bloque de Electroválvula

En la figura (49) se puede observar el bloque de la Electroválvula, en este bloque es donde se utilizan las memorias que anteriormente se detallaba su función.

El sensor memoria M-LH como SU+ son las encargadas de mandar a abrir la electroválvula permitiendo el llenado del tanque, estos como se mencionó anteriormente estarán al 30% y 35% de la capacidad del tanque respectivamente, una vez que los sensores de los niveles 90% y 95% se activen los contactores normalmente cerrados se abren apagando la retención y deteniendo el llenado de tanque.



Para el bloque de la osmosis inversa figura (50), se realiza la misma lógica que el bloque de la electroválvula, una vez que los sensores de los niveles bajos se activen mandara a encender la osmosis encendiendo la retención siendo apagada cuando los sensores de los niveles altos se activen y manden a detener el llenado de segundo tanque.



Algo que hay que tener en cuenta es que para que el sistema tenga la suficiente presión para poder pasar por el pre filtrado existen las bombas gemelas estas estarán funcionando cuando la presión baje a los 35 psi y cuando la misma alcance los 45 psi estas bombas se apagaran, estas estarán controladas por un presostato el cual mandara una señal digital cuando la presión llegue a 35 psi para encender, para este sistema se utilizan dos bombas como medida de seguridad si una de ella deja de funcionar, y mandara a apagar cuando alcance los 45 psi.

En este bloque de programación, figura (51), no se encuentra una retención porque el presostato no necesita una ya que este funciona de la siguiente manera:

Primero hay que definir las partes de un presostato, dentro de ellas están:

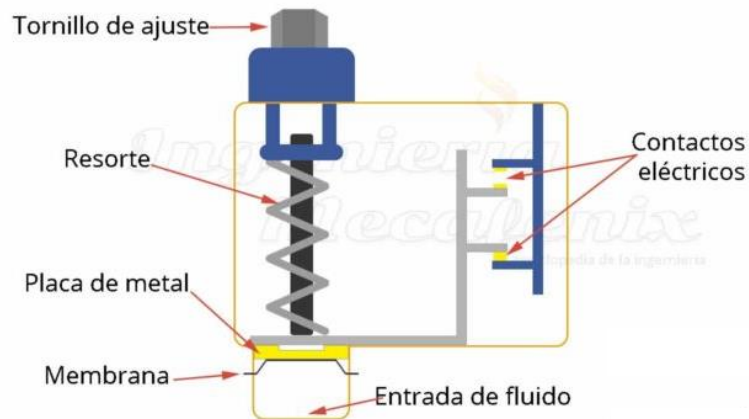


Figura 52: diagrama de un presostato

- Entrada de fluido: Es la entrada del sensor.
- Una membrana: Sirve para aislar el circuito eléctrico de los fluidos y para recibir la presión.
- Pieza de metal (pistón o placa): Recibe la presión de la membrana y cuando es mayor a la programada activa los contactos del presostato.
- Contactos eléctricos: Por lo general podemos encontrar contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.
- Resorte: Genera una presión opuesta y cuando es mayor a la del fluido regresa el presostato a su estado inicial.
- Tornillo de ajuste: Sirve para ajustar la sensibilidad del sensor.

Su funcionamiento es bastante sencillo y ya detalladas las partes que lo conforman a la entrada del dispositivo se encuentra la membrana recibe la presión y la transmite hacia una pequeña pieza de metal, que cuando alcanza el valor deseado empuja a los contactos eléctricos para que cambien de posición.

El proceso para regresarlos a su estado inicial lo hace un resorte que siempre está en contacto con la pieza de metal y cuando la presión es menor que la fuerza que ejercer el resorte, este los regresa a su posición inicial. [38]

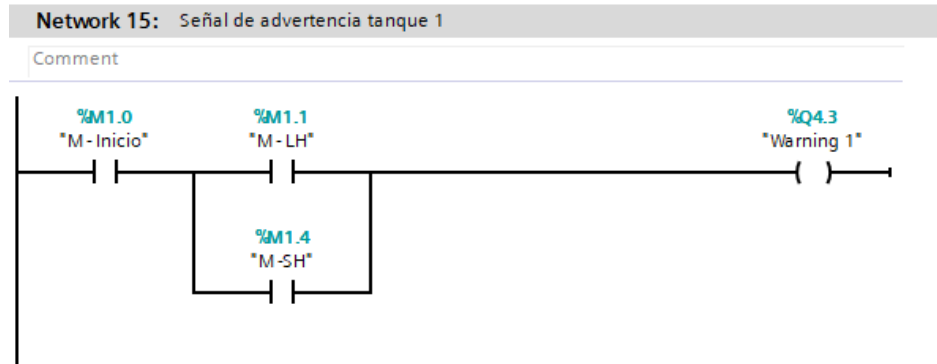


Figura 53: Señal de advertencia Tanque 1

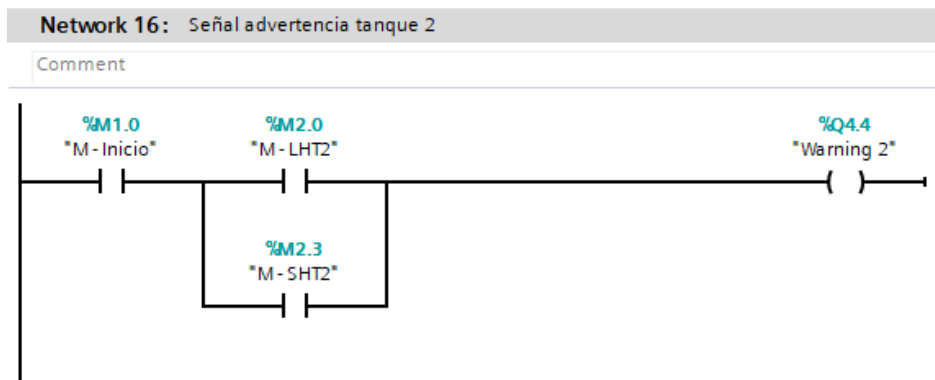


Figura 54: Señal de advertencia Tanque 2

Para la programación de las alarmas, como se observa en las figuras (53) y (54), están controladas por los sensores capacitivos, una vez que estos entran en función las alarmas se activan respectivamente dependiendo de cuál de los sensores se activó, si son los sensores del tanque 1 la advertencia del tanque 1 se activa y así respectivamente con el tanque 2.

Cabe destacar que una vez que las alarmas se activan el sistema tiene que reiniciarse por completo, esto como medida que las debidas acciones fueron tomadas, en este caso el cambio del sensor ultrasónico que se dañó.



## V. Conclusiones

El presente trabajo es de carácter experimental basado en la recolección de datos por medio de los distintos trabajos previos realizados en otros países, como referencia a este trabajo se encuentran:

- Diseño de un sistema automatizado para el tratamiento de agua por ósmosis inversa monitoreado a distancia. [39]
- Automatización y control de una planta de osmosis inversa. [40]
- Diseño y construcción de una planta automatizada para el tratamiento de aguas de pozo mediante el principio de ósmosis inversa en el municipio de Caracolí Atlántico. [41]

Los trabajos previos dieron un punto de soporte para realizar este proyecto, mediante ellos y otras fuentes bibliográficas se determinó los requerimientos que debe tener una planta de osmosis inversa para la empresa SAUBER para su debido funcionamiento y óptimo desempeño.

En conclusión, se obtienen las diferentes etapas del proyecto en la cual:

- Se crea el modelo grafico GRAFCET en donde se explica de manera sencilla las transiciones junto con las acciones que procede para activar las diferentes salidas del proyecto como lo son la electroválvula y la Osmosis inversa.
- Se determina el PLC adecuado, S7-300; el cual se programó en lenguaje LADDER, a cada una de las entradas y salidas que se utilizó para desarrollar el proyecto de automatización.
- Como forma de visualización, el sistema se simuló correctamente en el programa PLCsim en el cual se logra observar el cumplimiento de los parámetros requeridos.

Se concluye también que la primera etapa del proyecto corrió con éxito en el cual se utilizó la siguiente instrumentación:

- Válvulas
- Sensor ultrasónico
- Sensores de medición del caudal del agua en Bajo y Alto
- Tanque de almacenamiento

Para la segunda etapa el proceso que se realizó fue un poco más sencillo ya que los pasos de la primera etapa son repetitivos, con la diferencia que el modelo grafico GRAFCET cambia junto con las entradas y salida para la programación del lenguaje en LADDER.

En la instrumentación para la siguiente etapa se trabajó con:

- Sensor ultrasónico
- Sensor de medición de caudal del agua en Bajo y Alto
- Presostato
- Bomba Osmótica

En la segunda etapa también se obtuvieron resultados positivos en la programación como en la simulación logrando así el óptimo funcionamiento de la planta para la empresa SAUBER Nicaragua.

## **VI. Recomendaciones**

- Incorporar un sistema híbrido el cual permita trabajar de manera autónoma el sistema y de manera manual si por alguna razón este deja de funcionar.
- Simular la planta de osmosis inversa en el programa de Factory I/O para mejor visualización del proceso de llenado de los tanques y el funcionamiento de los sensores.
- Anexar sistemas embebidos para el control de las bombas dosificadoras con el propósito de regular de una manera más efectiva los niveles de conductividad y pH en el agua.

## VII. Bibliografía

- [1] J. C. Crittenden, R. R. Trussell, D. W. Hand y K. J. Howe, Water Treatment Principles and Design, vol. III, New Jersey: MWH, 2012.
- [2] M. D. S. D. MEZCLAS, «Qué es y el Funcionamiento de Filtros de Arena,» [En línea].  
Available: <https://metodosdeseparaciondemezclas.com/filtros-de-arena/>. [Último acceso: junio 2021].
- [3] CARBOTECNIA, «Qué es el carbón activado,» [En línea].  
Available: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-carbon-activado/>.  
[Último acceso: Junio 2021]
- [4] U. a. d. conocimiento, «Que es Antiscalant,» [En línea].  
Available: [informory.com](http://informory.com). [Último acceso: Junio 2021].
- [5] AMOQUIMICOS, «Principales características de la soda cáustica,» [En línea].  
Available: <https://www.amoquimicos.com/caracteristicas-de-la-soda-caustica>.  
[Último acceso: Julio 2021]
- [6] J. A. M. BENAVIDES, «DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE OSMOSIS INVERSA P,» 2011.  
[En línea]. Available: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3077/TBM00990.pdf>  
[Último acceso: 13 Julio 2021]
- [7] J. A. Moreno, «Diseño de planta de tratamiento de agua de osmosis inversa para la empresa Dober Osmotech de Colombia LTDA.,» Universidad Autonoma de Occidente, Santiago de Cali, 2011.
- [8] «Carbotecnia,» 11 noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/osmosis-inversa/que-es-la-osmosis-inversa-purificador/>. [Último acceso: Agosto 2021].
- [9] C. d. libro, «Sinopsis de LOS SENSORES EN EL AUTOMOVIL,» ROBERT BOSCH GMBH, 2000. [En línea].  
Available: <https://www.casadellibro.com/libro-los-sensores-en-el-automovil/9783934584570/874973>.  
[Último acceso: 20 Agosto 2021]

- [10] S. Capacitivo, «Capacitivo, Sensores,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Sensor\\_capacitivo](https://www.ecured.cu/Sensor_capacitivo).  
[Último acceso: Octubre 2021]
- [11] PCE, «Electrodos de pH,» [En línea]. Available: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/electrodos-pH.htm>. [Último acceso: Junio 2021].
- [12] E. y. Laboratorios, «SENSOR DE CONDUCTIVIDAD,» [En línea].  
Available: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/sensor-de-conductividad>.  
[Último acceso: Octubre 2021]
- [13] seguas, «Bombas centrífugas y su uso en instalaciones hidráulicas,» [En línea].  
Available: <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>.  
[Último acceso: Julio 2021]
- [14] F. E. COMPANY, «¿Qué es una bomba dosificadora?,» 11 Abril 2018. [En línea].  
Available: <https://fluideco.com/que-es-una-bomba-dosificadora/>. [Último acceso: Julio 2021].
- [15] QIMA, «Qué es una Válvula Check,» [En línea]. Available: <https://quima.com/blogs/blog/que-es-una-valvula-check>. [Último acceso: Julio 2021].
- [16] DISTRICTE, «Qué es una electroválvula y para qué sirve?,» [En línea].  
Available: <https://www.distritec.com.ar/que-es-una-electrovalvula-y-para-que-sirve/>.  
[Último acceso: Noviembre 2021]
- [17] «AUTYCOM,» [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/para-que-sirve-un-plc/>.
- [18] SIMENS, «PLC-SIMENS-S7-300,» [En línea].  
Available: <https://www.autycom.com/plc-siemens-s7-300-caracteristicas>. [Último acceso: Julio 2021].
- [19] «EcuRed,» [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Controlador\\_l%C3%B3gico\\_programable](https://www.ecured.cu/Controlador_l%C3%B3gico_programable).  
[Último acceso: Noviembre 2021]
- [20] g. w. technology, «Bomba Goulds 1ST2C1A5,» [En línea].  
Available: <https://gouldspumpcatalog.com/goulds-water-pumps/1st2c1a5-goulds-pump#tab-description>.

[Último acceso: 15 Noviembre 2021]

- [21] IMAWATERTECHNOLOGY, «Filtro de arena tratamiento de agua cabezal manual,» [En línea].

Available: <https://www.plantasdeosmosis.com/productos/filtros-de-agua-industriales/filtros-de-arena-industriales/82/filtro-de-arena-tratamiento-de-agua-cabezal-manual.html>.

[Último acceso: Noviembre 2021]

- [22] g. w. technology, «Bomba Goulds 1ST1E5C4,» [En línea].

Available: <https://gouldspumpcatalog.com/goulds-water-pumps/1st1e5c4-goulds-pump>.

[Último acceso: 20 Noviembre 2021]

- [23] IMAWATERTECHNOLOGY, «Filtro carbón activado cabezal manual,» [En línea].

Available: <https://www.plantasdeosmosis.com/productos/filtros-de-agua-industriales/filtros-de-carbon-activo/101/filtro-carbon-activado-cabezal-manual.html>. [Último acceso: junio 2021].

- [24] I. PURE AQUA, «Pulsafeeder Pulsatron Serie A PLUS,» [En línea].

Available: <https://es.pureaqua.com/pulsatron-serie-a-plus/>. [Último acceso: junio 2021].

- [25] T. LINE, «Bombas centrifugas TOP-FLO<sup>®</sup> TF-C114 (3-A),» [En línea].

Available: <https://www.toplineonline.com/product/top-flo-tf-c114-centrifugal-pumps-3-a/>.

[Último acceso: Agosto 2021]

- [26] SIEMENS, «Controladores SIMATIC,» [En línea].

Available: <https://new.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic.html>.

[Último acceso: Agosto 2021]

- [27] S. S7-300, «ps4\_ST70\_2003.pdf,» [En línea]. Available: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4298/Simatic\\_S7\\_300\\_PLC.pdf?sequence=12&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4298/Simatic_S7_300_PLC.pdf?sequence=12&isAllowed=y).

[Último acceso: Noviembre 2021]

- [28] SIEMENS, «CPU 319-3 PN / DP,» [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10036011?activeTab=ProductInformation>.

[Último acceso: Octubre 2021]

[29] DANFOSS, «sobre danfoss,» [En línea]. Available: <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/company/danfoss-at-a-glance/>. [Último acceso: Agosto 2021].

[30] DANFOSS, «AI236986444669es-000103.pdf,» [En línea].

Available: <https://assets.danfoss.com/documents/38773/AI236986444669es-000103.pdf>.

[Último acceso: Agosto 2021]

[31] BANNER, «Quiénes Somos: Descripción de la Compañía,» [En línea].

Available: <https://www.bannerengineering.com/mx/es/company/overview.html>.

[Último acceso: Octubre 2021]

[32] BANNER, «Serie QT50U,» [En línea]. Available: <https://www.bannerengineering.com/us/en/products/sensors/ultrasonic-sensors/long-range-ultrasonic-sensors-qt50u-series.html?pageNum=1&sort=4#all>.

[Último acceso: Octubre 2021]

[33] «BALLUF,» [En línea]. Available: <https://www.balluff.com/en/de/company/company-profile/>.

[34] BALLUFF, «BCS003K - BCS D500O02-YPC25C-EV02,» [En línea]. Available: [https://www.balluff.com/es-mx/mx/productfinder/product/?key=BCS003K#](https://www.balluff.com/es-mx/mx/productfinder/product/?key=BCS003K#/). [Último acceso: Julio 2021].

[35] ENVIPRO, «Sensor de cloro tipo 8232,» [En línea]. Available: <https://www.enviropro.co.uk/entry/124077/Brkert-Fluid-Control-Systems/Type-8232-chlorine-sensor/>. [Último acceso: Agosto 2021].

[36] BURKERT, «Tipo 8202 - Transmisor de pH o de potencial redox, diseño ELEMENT,» [En línea].

Available: <https://www.burkert.es/es/type/8202>. [Último acceso: Agosto 2021].

[37] BURKERT, «Tipo 8221 - Sensor de conductividad para aplicaciones higiénicas,» [En línea].

Available: <https://www.burkert.es/es/type/8221>. [Último acceso: Agosto 2021].

[38] F. d. presotasto. [En línea]. Available: ¿Qué es un presostato y cómo funciona? -

Ingeniería Mecafenix (ingmecafenix.com). [Último acceso: Junio 2021].

- [39] R. L. Villamonte, Diseño de un sistema automatizado para el tratamiento de agua por ósmosis inversa monitoreado a distancia, Los Olivos: Universidad de Ciencias y Humanidades, 2018.
- [40] J. G. Saavedra, Automatización y control de una planta de ósmosis inversa, Santiago de Chile: Universidad Mayor, 2008.
- [41] L. J. Charris y R. D. Guerra, Diseño y construcción de una planta automatizada para el tratamiento de aguas de pozos mediante osmosis inversa., Cartagena, Colombia, 2018.
- [43] ENACAL, «Análisis sectorial del agua potable y saneamiento en Nicaragua,» Noviembre 2004. [En línea]. Available: [https://www.paho.org/nic/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=desarrollo-sostenible-y-salud-ambiental&alias=32-analisis-sectorial-de-agua-potable-y-saneamiento-nic&Itemid=235](https://www.paho.org/nic/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=desarrollo-sostenible-y-salud-ambiental&alias=32-analisis-sectorial-de-agua-potable-y-saneamiento-nic&Itemid=235). [Último acceso: 12 Marzo 2021]
- [44] «fao\_nic\_recursohidricos\_cepai.pdf,» [En línea]. Available: [https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao\\_nic\\_recursohidricos\\_cepai.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao_nic_recursohidricos_cepai.pdf). [Último acceso: 12 Marzo 2021].



## Anexos

### Anexo A – SAUBER Nicaragua

Equipos de campo:



*Figura 55: Osmosis Inversa*



Figura 56: Bombas dosificadoras de soda caustica y anti Escalante



Figura 57: Bomba post filtro de arena

# Anexo B – Hoja de características de Bomba Centrifuga y Electroválvula

Modelo 2ST – 5 HP – 3500 RPM

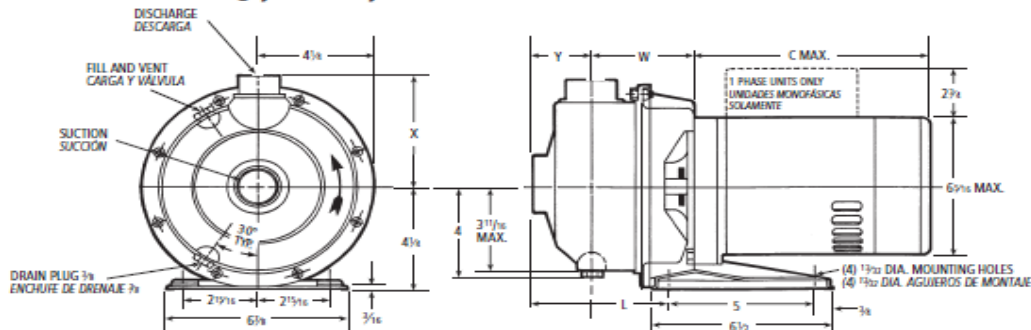
## Goulds Water Technology

Commercial Water

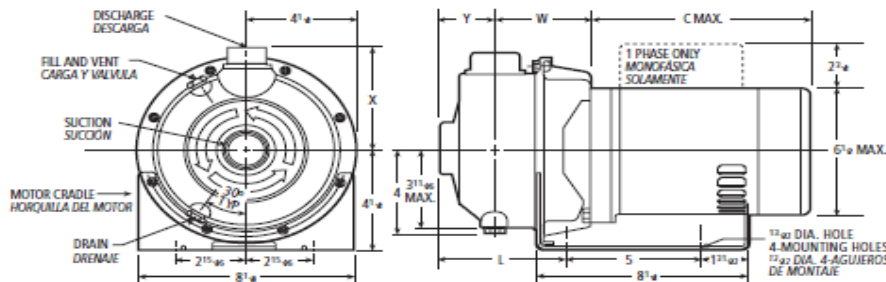
### NPE CLOSE COUPLED - DIMENSIONS, WEIGHTS AND SPECIFICATIONS NPE ACOPLE CERRADO - DIMENSIONES, PESOS Y ESPECIFICACIONES

**Clockwise Rotation Viewed from Drive End**

**Rotación en Dirección de las Agujas del Reloj Visto desde el Extremo del Motor**



ODP and TEFC 1/2, 3/4 and 1 HP (standard), ODP y TEFC 1/2, 3/4 y 1 HP (estándar)



ODP and TEFC 1 1/2, 2 and 3 HP (standard), ODP y TEFC 1 1/2, 2 y 3 HP (estándar)

### SPECIFICATIONS - ESPECIFICACIONES

**Capacities to:**

85 GPM (322L/min) at 1750 RPM  
170 GPM (643L/min) at 3500 RPM

**Heads to:**

39 feet (12 m) at 1750 RPM  
150 feet (46 m) at 3500 RPM

**Working pressures to:** 125 PSIG (9 bars)

**Maximum temperatures to:** 250°F (121°C)

**Direction of rotation:** Clockwise when viewed from motor end.

**Motor specifications:**

NEMA 56J frame, 1750 RPM, 1/2 HP. 3500 RPM 1/2 through 5 HP. Open drip-proof, totally enclosed fan-cooled or explosion proof enclosures. Stainless steel shaft with ball bearings.

**Single phase:** Voltage 115/230 ODP and TEFC. (3 and 5 HP model - 230 V only) Built-in overload with auto-reset provided.

**Three phase:** Voltage 208-230/460 ODP, TEFC and EX PROOF.

**NOTE:** For three phase motors, overload protection must be provided in starter unit. Starter and heaters must be ordered separately.

**Capacidades:**

85 GPM (322L/min) a 1750 RPM  
170 GPM (643L/min) a 3500 RPM

**Cargas:**

39 pies (12 m) a 1750 RPM  
150 pies (46 m) a 3500 RPM

**Presión de trabajo:** 125 PSIG (9 bars)

**Temperatura máxima:** 250°F (121°C)

**Dirección de rotación:** En dirección de las agujas del reloj visto desde el extremo final del motor.

**Motores:**

Armazón 56J NEMA, 1750 RPM 1/2 HP. 3500 RPM 1/2 a 5 HP.

Cubiertas abiertas resguardadas, totalmente encerradas enfriadas por ventilador o a prueba de explosiones. Eje de acero inoxidable con balineras de bolas.

**Monofásicos:** Voltaje 115/230 ODP y TEFC. (modelo 3 y 5 HP - 230 voltios solamente) Se proporciona protección térmica contra sobrecarga construida con reseteo automático.

**Trifásicos:** Voltaje 208-230/460 ODP, TEFC y EX PROOF.

**NOTA:** Para motores trifásicos se debe proporcionar la protección térmica contra sobrecarga en la unidad de arranque. El arrancador y los calentadores se deben pedir por separado.

Data sheet | Solenoid valves, type EV220B 15-50 and EV220BW 40-50

EV220B 15-50  
Brass valve body, NO



- WRAS (see table below)
- ACS
- PZH
- In accordance with:
  - Low Voltage Directive 2014/35/EU
  - EN60730-1
  - EN60730-2-8
  - Pressure Equipment Directive 2014/68/EU
- UL recognized

Connection ISO228/1	Seal material	Orifice size	K <sub>v</sub> - value	Differential pressure min. to max. [bar] <sup>4)</sup>	Max. working pressure [bar]	Media temperature min. to max. [°C]	Approval	Code no.
			[m <sup>3</sup> /h]					
G ½	EPDM <sup>1)</sup>	15	4	0.3 – 10	10	-30 – 120 <sup>2)</sup>		032U7117
	NBR <sup>2)</sup>	15	4	0.3 – 10	10	-10 – 90		032U7180
	FKM <sup>3)</sup>	15	4	0.3 – 10	10	0 – 100 <sup>3)</sup>		032U7118
G ¾	EPDM <sup>1)</sup>	20	8	0.3 – 10	10	-30 – 120 <sup>2)</sup>		032U7122
	NBR <sup>2)</sup>	20	7.5	0.3 – 10	10	-10 – 90		032U7181
	FKM <sup>3)</sup>	20	8	0.3 – 10	10	0 – 100 <sup>3)</sup>		032U7123
G 1	EPDM <sup>1)</sup>	25	11	0.3 – 10	10	-30 – 120 <sup>2)</sup>		032U7127
	NBR <sup>2)</sup>	25	11	0.3 – 10	10	-10 – 90		032U7182
	FKM <sup>3)</sup>	25	11	0.3 – 10	10	0 – 100 <sup>3)</sup>		032U7128
G 1 ¼	EPDM <sup>1)</sup>	32	18	0.3 – 10	10	-30 – 120 <sup>2)</sup>		032U7134
	NBR <sup>2)</sup>	32	18	0.3 – 10	10	-10 – 90		032U7183
	FKM <sup>3)</sup>	32	18	0.3 – 10	10	0 – 100 <sup>3)</sup>		032U7135
G 1 ½	EPDM <sup>1)</sup>	40	24	0.3 – 10	10	-30 – 120 <sup>2)</sup>		032U7142
	NBR <sup>2)</sup>	40	24	0.3 – 10	10	-10 – 90		032U7184
	FKM <sup>3)</sup>	40	24	0.3 – 10	10	0 – 100 <sup>3)</sup>		032U7143
G 2	EPDM <sup>1)</sup>	50	40	0.3 – 10	10	-30 – 120 <sup>2)</sup>		032U7152
	NBR <sup>2)</sup>	50	40	0.3 – 10	10	-10 – 90		032U7185
	FKM <sup>3)</sup>	50	40	0.3 – 10	10	0 – 100 <sup>3)</sup>		032U7153

<sup>1)</sup> EPDM is recommended for water.

<sup>2)</sup> NBR is suitable for oil, water and air.

<sup>3)</sup> FKM is suitable for oil and air. For water at max. 60 °C.

<sup>4)</sup> Low pressure steam, 4 bar: Max. 140 °C.

BA AC/DC and BB/BE DC coils: Max. 100 °C.

BO and BP coils: Max. 90 °C.

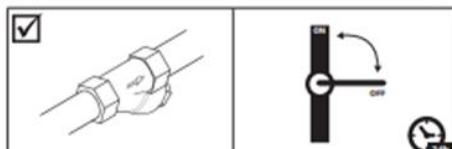
<sup>5)</sup> For water: Max. 60 °C.

BO and BP coils: Max. 90 °C.

<sup>6)</sup> It is recommended to use a filter in front of the valve.

<sup>7)</sup> In water applications, exercise the valves at least once every 24 hours, meaning change the state of the valve.

The valve exercise will minimize the risk of the valve sticking due to calcium carbonate, zinc or iron oxide build-up.





## Anexo C – Hoja de característica de controlador de osmosis inversa

### Technical Proposal & Quotation Water Treatment RO System



S. N	Capacity per hour	FOB Price (USD)	Power
1	1000L/Hour Industrial RO System		1.8KW/H
1000LPH RO System Operating Limit		RO Membrane Specifications	
Recovery	60—75%	Type	TFC (Thin Film Composite)
Operating Temperature	≤50°C	Material	PA (Polyamide)
Operating Pressure	≤20Bar	Charge	Negative
Electrical Power	Optional	Configuration	Spiral-Wound, FRP Wrapping
Max. SDI (15 min)	≤5.0	Membrane Size	Diameter 4" x Length 40"
pH range	3--10	Effective Area	7.9m <sup>2</sup>
Feed Max. Turbidity	≤1.0 NTU	Flow rate	0.25m <sup>3</sup> /Hour
Chlorine Concentration	≤0.1pm	Rejection (%)	98---99%

## Anexo D – Hoja de catálogo de tubería

### TUBERÍAS PRESIÓN A CEMENTAR (CON CAMPANA)

DIÁMETRO		SDR 13.5	SCH 40	SDR 17	SDR 26	SDR 32.5	SDR 41
mm	Pulg.	315 PSI	Variable	250 PSI	160 PSI	125 PSI	100 PSI
12	½	2011404	2010371				
18	¾		2012261	2005337	2005233		
25	1		2005089	2012674	2005237		
31	1¼			2012679	2010414	2012680	2030819
38	1½			2011233	2005275	2010473	2005573
50	2			2011649	2011461	2005498	2005580
62	2½			2012697	2012694	2012696	2012700
75	3			2005365	2010428	2005506	2005590
100	4			2005371	2011527	2005514	2005600
150	6			2005376	2010435	2005528	2005605
200	8			2005383	2008581	2005543	2005609
250	10			2005344	2005240	2005475	2005556
300	12				2005256	2005484	2005565



## Anexo E - Presupuesto

INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS						
No.	MARCA	DESCRIPCION	MODELO	UNIDADES	P/U	TOTAL
1	Siemens	FUENTE DE PODER	PS307 24 V/5 A	1	\$ 159.58	\$ 159.58
2	Siemens	PLC	Simatic s7 300 cpu319-3 pn/DP	1	\$ 984.15	\$ 984.15
3	Siemens	MODULO DE SEÑALES	AO 8x16BIT	1	\$ 734.40	\$ 734.40
4	HINADA	CONTROLADOR DE OSMOSIS INVERSA	CCT-7320	1	\$ 5,820.00	\$ 5,820.00
5	IMA WATER TECHNOLOGY	FILTRO DE ARENA	780	1	\$ 1,080.00	\$ 1,080.00
6	IMA WATER TECHNOLOGY	FILTRO DE CARBON	DEC/M-780	1	\$ 843.25	\$ 843.25
7	Banner	SENSOR ULTRASONICO	QT50U	2	\$ 615.00	\$ 1,230.00
8	Balluff	SENSOR CAPACITIVO	BCS D500O02	4	\$ 145.25	\$ 581.00
9	Burkert	ELECTRODO DE CLORO	8232	5	\$ 916.92	\$ 4,584.60
10	Burkert	TRANSMISOR DE PH	8202	6	\$ 1,100.00	\$ 6,600.00
11	Barker	ELECTRODO DE CONDUCTIVIDAD	8221	6	\$ 806.00	\$ 4,836.00
12	Pulsatron	BOMBA DOSIFICADORA	LB64SA-VTC1-XXX	1	\$ 498.65	\$ 498.65
13	Pulsatron	BOMBA DOSIFICADORA	LD54SA-VTC1-XXX	1	\$ 451.62	\$ 451.62
14	Franklin Electric	BOMBA DE INYECCION	30FMH15	1	\$ 1,971.06	\$ 1,971.06
15	GOULDS PUMPS	BOMBA DE INYECCION	NPE 1ST1E5C4	1	\$ 1,495.00	\$ 1,495.00
16	GOULDS WATER TECHNOLOGY	BOMBA CENTRIFUGA	NPE 2ST1J2G4	2	\$ 3,278.51	\$ 6,557.02
17	DANFOSS	ELECTROVALVULA	EV-220B 15-50	2	\$ 422.00	\$ 844.00
18	AGUA TOPONE	Lámpara Acero inoxidable	UV SS 304	2	\$ 74.25	\$ 148.50
						<b>\$ 39,418.83</b>

ACCESORIO					
No.	MARCA	DESCRIPCION	UNIDADES	P/U	TOTAL
1	Durman	Tubo PVC agua potable 6mts sdr. 26:2":160psi	5	\$ 21.06	\$ 105.30
2	Durman	Te reducida:2x3/4	2	\$ 1.50	\$ 3.00
3	Durman	Te roscada PVC 2"	8	\$ 0.85	\$ 6.80
4	Amanco	Curvas de 90°	6	\$ 1.75	\$ 10.50
5	Durman	Adaptador PVC hembra agua potable:2"	10	\$ 0.79	\$ 7.90
6	Durman	Adaptador PVC macho agua potable:2"	10	\$ 1.01	\$ 10.10
7	Durman	Unión lisa PVC agua potable:2"	5	\$ 1.10	\$ 5.50
8	Charlotte pipe	Unión Y de pvc:2"	1	\$ 8.99	\$ 8.99
9	Durman	Codo PVC combinado agua potable 90 grados:2"	25	\$ 3.52	\$ 88.00
10	GENEBRE	Válvula check vertical:2"	3	\$ 27.19	\$ 81.57
11	GENEBRE	Válvula check horizontal:2"	3	\$ 37.99	\$ 113.97
12	GENEBRE	Nanómetro 0-00150 PSI C/GLICERINA	4	\$ 15.58	\$ 62.32
13	GENEBRE	Presostato	4	\$ 35.00	\$ 140.00
					<b>\$ 643.95</b>



**PRESUPUESTO DE PROTOTIPO.**

<b>No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>P/U</b>	<b>TOTAL</b>
1	LOGO 230RC. 115V/230V/RELE 8 ED/4 SD	1	\$ 120.00	\$ 120.00
2	Hygger mini sumergible, HG-939	2	\$ 8.50	\$ 17.00
3	Pulsador	4	\$ 0.97	\$ 3.88
4	Switch	2	\$ 0.97	\$ 1.94
5	Luces color roja	2	\$ 0.50	\$ 1.00
6	Cepo	2	\$ 0.70	\$ 1.40
7	Caja de madera	1	\$ 10.00	\$ 10.00
8	Bornera	1	\$ 2.00	\$ 2.00
9	Sondas	3	\$ 1.00	\$ 3.00
10	recipiente plástico	3	\$ 2.50	\$ 7.50
11	Cable	2	\$ 0.50	\$ 1.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 168.72</b>

## Anexo F – Pantalla HMI del S7-300

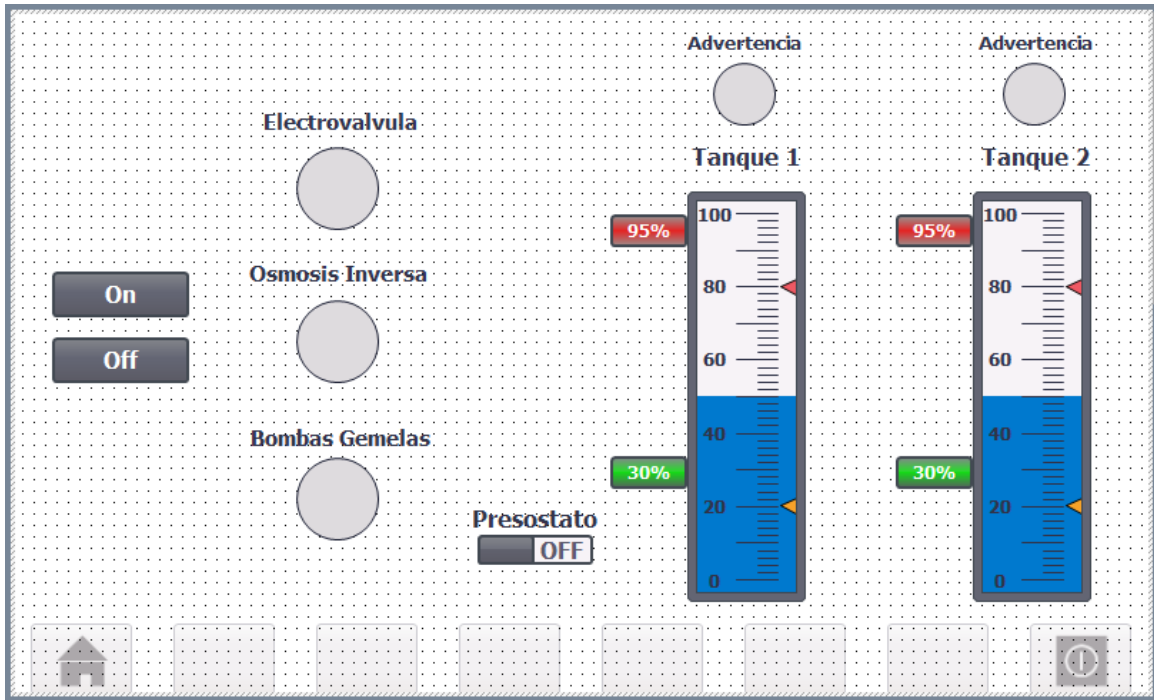


Figura 58: Pantalla HMI

La pantalla HMI funciona a través de las memorias para el uso de los pulsadores, las memorias cumplen la misma función de los sensores solo que estas están definidas en la Pantalla táctil del HMI.

Por otro lado, tenemos las salidas, estas solo se asignan a las figuras que se añaden en la pantalla para mostrar el estado de las mismas, si se encuentran encendidas o apagadas.

# Anexo G – Prototipo

Programación en software LOGO!Soft Comfort:

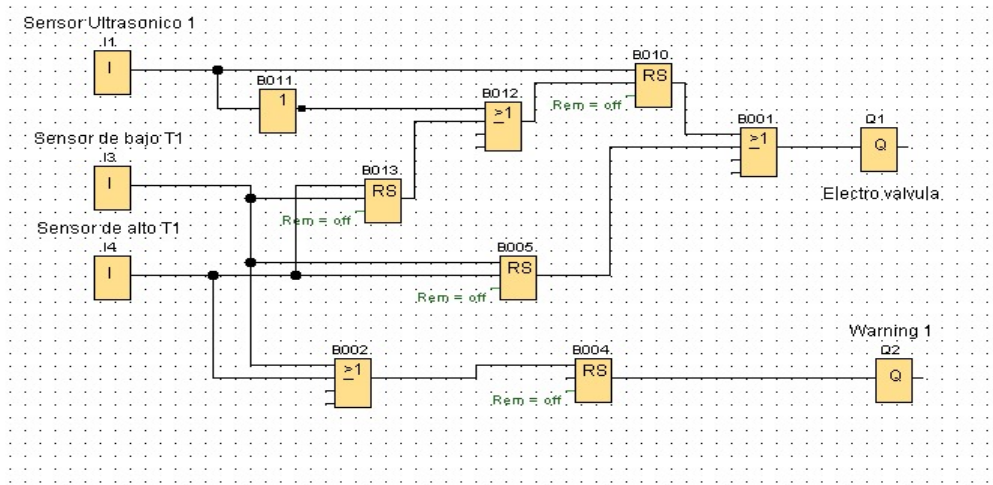


Figura 59: Etapa 1 Prototipo

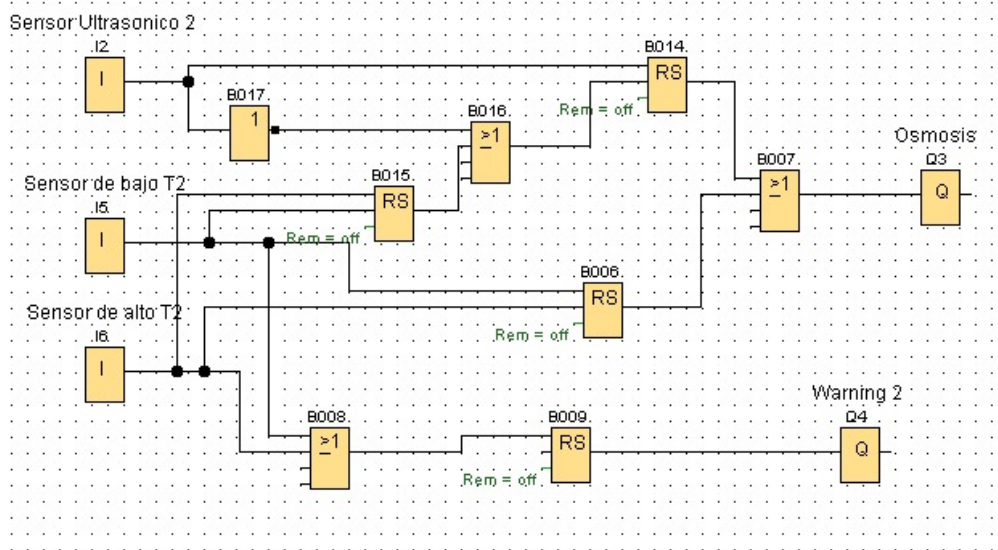


Figura 60: Etapa 2 Prototipo

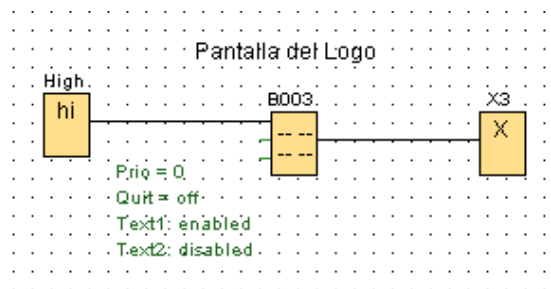


Figura 61: Pantalla del Logo