



**Programación del controlador del sistema de automatización de la planta de
tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) en la Empresa Sedemi S.C.C**

Maiquiza Tituaña, Luis Efraín y Suárez Lema, Allison Lisbeth

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en
Automatización e Instrumentación

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

17 de agosto del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Tesis_MaiquizaSuarez_final.docx

Scan details

Scanned: August 3th, 2023 at 18:48 UTC
 Total Pages: 69
 Total Words: 17032

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.4%	407
Minor Changes	1.5%	249
Paraphrased	2.6%	442
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
 AI text
 Human text

Plagiarism Results: (52)

<p>M.G. González González 1 y A. Ruiz-Canales 1. Ctra. ... 1.2%</p> <p>https://bibliolayer.es/25796111-m-g-gonzalez-gonzalez-1-y-a-ruiz-canales-1-depar... iniciar la sesión ...</p>
<p>cb6bec08-4b24-47c9-940f-09e80965fcd9 1.1%</p> <p>https://www.um.es/documento/745678114575063/automate... Jose Luis La importancia de los elementos de automatización para la gestión eficiente del agua M.G. González González1 y A. Ruiz-Canales1 1 Depar...</p>
<p>Guzmán_Pérez_Alejandro_2019.pdf?sequence=1 1%</p> <p>https://repositorio.uilobosque.edu.co/bitstream/handle/00150... Alejandro Guzmán EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE AGUA PARA SU USO EN AGRICULTURA ALTERNATIVA EN EL CORREGIMIENTO DE CAMARONES, LA...</p>

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

C.C.: 0503390239



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: "Programación del controlador del sistema de automatización de la planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) en la Empresa Sedemi S.C.C" fue realizado por los señores Maiquiza Tituaña, Luis Efraín y Suárez Lema, Allison Lisbeth, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 17 de agosto del 2023

Ing. Calvopina Osorio, Jenny Paola

C.C.: 0503390239



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Maiquiza Tituaña, Luis Efraín**, con cédula de ciudadanía n°185022323-9, y **Suárez Lema, Allison Lisbeth**, con cédula de ciudadanía n° 172733926-7 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Programación del controlador del sistema de automatización de la planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) en la Empresa Sedemi S.C.C”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 17 de agosto del 2023

Maiquiza Tituaña, Luis Efraín

C.C.: 1850223239

Suárez Lema, Allison Lisbeth

C.C.: 1727339267



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Autorización de Publicación

Nosotros **Maiquiza Tituaña, Luis Efraín**, con cédula de ciudadanía n°185022323-9, y **Suárez Lema, Allison Lisbeth**, con cédula de ciudadanía n°172733926-7, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: "Programación del controlador del sistema de automatización de la planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) en la Empresa Sedemi S.C.C" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 17 de agosto del 2023

Maiquiza Tituaña Luis Efraín

C.C.: 1850223239

Suárez Lema Allison Lisbeth

C.C.: 1727339267

Dedicatoria

Estudiante Maiquiza Tituaña Luis Efrain

Hoy, al culminar esta etapa de mi vida académica, hago esta dedicatoria con cariño a todos aquellos que me han acompañado, impulsado y motivado a lo largo de este camino.

Dedico este logro de forma especial, a mi única familia: mi madre, mi padre, y mis hermanas, quienes desde el principio creyeron en mí y me brindaron un apoyo incondicional, su amor inquebrantable y constante aliento en cada paso que he dado. Siempre han estado a mi lado, celebrando mis logros y ofreciendo su hombro en los momentos de frustración y cansancio.

También quiero dedicar este logro a una persona anónima que es muy especial para mí, su número favorito es el 15 y su animal favorito es el conejo, ella ha marcado una gran diferencia en mi vida y en mi carrera universitaria. Su presencia ha sido como un viento favorable que me impulsa hacia adelante cuando la fatiga y el cansancio quieren detenerme.

Y me la dedico a mí, por la perseverancia y la determinación para enfrentar los desafíos que se presentaron en el transcurso del camino. Este logro es el resultado de mi esfuerzo constante y mi compromiso con el aprendizaje.

Dedicatoria

Estudiante Suárez Lema Allison Lisbeth

Dedico de manera especial esta tesis a Dios que sin él no hubiera tenido la fuerza, perseverancia y sabiduría para culminar mis estudios, a mis padres que mediante su esfuerzo me han ayudado a ser una profesional, que gracias a sus buenos valores he sido una persona de bien que, con su dedicación, confianza, y perseverancia me han ayudado a sus hijos a ser personas de bien y a culminar sus carreras universitarias, que mediante su sacrificio y obstáculos en la vida han logrado ayudarnos a llegar a nuestros objetivos propuestos.

A mis hermanos que me han ayudado dándome su apoyo en días que más lo he necesitado, especialmente a mi hermana Karina que ha sido un pilar fundamental en mi vida estudiantil y personal que más que ser mi hermana es como mi segunda madre.

A Sary que es mi hombro en momentos difíciles de mi vida que, con su amor y permanente cariño me apoyo con su espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

Agradecimiento

Estudiante Maiquiza Tituaña Luis Efrain

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que, directa o indirectamente, formaron parte en el desarrollo y culminación de esta tesis.

En primer lugar, doy gracias a Dios, fuente de toda sabiduría y guía en cada paso de este camino académico. Agradezco infinitamente sus bendiciones y la oportunidad de crecer y aprender a través de esta tesis.

A mis padres, por su inquebrantable amor, esfuerzo y sacrificio que día a día hicieron y demostraron con la única intención y voluntad de apoyar, guiar, aconsejar y luchar para que yo pueda celebrar junto con ellos esta gran etapa de mi vida. Gracias por creer en mí y ser mi mayor fuente de motivación. Sin ustedes, este logro no sería posible.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe sede Latacunga. Sus profesores y mentores, han sido guías en este camino del conocimiento. La sabiduría, dedicación y pasión por la enseñanza han dejado una huella profunda en mi formación académica y personal.

A la empresa Sedemi S.C.C., y al personal del departamento de Ingeniería e Innovación Tecnológica. A todos ustedes, mi más profundo agradecimiento por abrir sus puertas y por ser parte fundamental de esta etapa en mi carrera. Su respaldo y colaboración han sido fundamentales para la realización de esta tesis. Y de forma especial, agradezco a la ingeniera Irina Viera y la ingeniera Stefany Camino, cuyo apoyo y guía han sido invaluable en cada etapa de este proyecto. Su experiencia y dedicación han sido un faro que iluminó mi camino en medio de la investigación.

Agradecimiento

Estudiante Suárez Lema Allison Lisbeth

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que me ayudado, a formarme y en ella a todas las personas que fueron participes en este proceso de enseñanza, que sin su ayuda no hubiera sido posible esta meta académica.

Agradezco a la empresa SEDEMI S.C.C por su colaboración para la elaboración de esta tesis. Especialmente a la Ing. Stefany Camino encargada de ser nuestra tutora en la empresa por su paciencia y dedicación en el proyecto por ser una mano amiga con su conocimiento, a la Ing. Irina Viera que gracias a su apertura y tomarnos a nosotros en cuenta pudimos culminar el proyecto, a la Ing. Paola Calvopiña por la contribución en la dirección de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
ÍNDICE DE CONTENIDOS	10
ÍNDICE DE TABLAS	15
ÍNDICE DE FIGURAS.....	16
Resumen.....	19
Abstract	20
Capítulo I: Generalidades	21
Antecedentes.....	21
Planteamiento del Problema.....	24
Objetivos.....	25
<i>General</i>	25

<i>Específicos</i>	25
Justificación, Importancia y Alcance del Proyecto.....	26
Capítulo II: Marco Teórico Referencial	28
Desalinización	28
<i>Introducción</i>	28
<i>Definición</i>	28
<i>Clasificación</i>	28
Ósmosis inversa.....	29
Sistema de Control.....	30
<i>Proceso</i>	30
<i>Sensor</i>	31
<i>Elementos de medición que intervienen en la PTA-D</i>	31
Transmisor de conductividad.....	31
Transmisor de pH/ORP.	32
Transmisor analizador de cloro.....	33
Transmisor de flujo.	34
Transmisor de presión.....	35
Transmisor de temperatura.	36
Transmisor analizador de turbidez.	36
Transmisor de nivel ultrasónico.....	37
<i>Controlador</i>	38
Lenguajes de programación.....	39
<i>Actuador</i>	40
<i>Válvulas</i>	40
<i>Actuadores relevantes que intervienen en la PTA-D</i>	41
Válvulas motorizadas.....	41

Bombas de alta presión.....	42
Tipos de control	43
<i>Control Automático</i>	43
<i>Control Semiautomático</i>	44
<i>Control Manual</i>	45
<i>Sistema de control de Lazo Cerrado</i>	45
<i>Sistema de control de Lazo Abierto</i>	46
Software de programación	47
<i>Studio 5000</i>	48
<i>RSLogix Emulate 5000</i>	48
<i>RSLinx Classic</i>	49
<i>FactoryTalk View Studio</i>	50
Lista de entregables de ingeniería	50
<i>Lista de instrumentos</i>	51
<i>Lista de cables</i>	51
<i>Lista de señales</i>	51
<i>Hojas de datos</i>	51
<i>Layouts interno/externo</i>	52
<i>Diagrama de lazo</i>	52
<i>Diagrama de conexionado</i>	52
<i>Diagrama de borneras</i>	53
<i>Diagrama de bloques</i>	53
<i>Diagrama de flujo</i>	53
Capítulo III: Desarrollo.....	54
Introducción.....	54
Descripción del sistema.....	55

<i>Detalles de la planta</i>	56
<i>Zona de abastecimiento o captación de agua</i>	57
<i>Zona de filtración multimedia</i>	58
<i>El sistema de backwash</i>	60
<i>Zona de filtración por cartuchos</i>	61
<i>Zona de ósmosis inversa (OI)</i>	63
<i>Zona de dosificación</i>	64
<i>Sistema fresh flush</i>	65
Relevamiento de la información técnica de la Planta (PTA-D).....	66
<i>Lista de entregables de ingeniería</i>	66
Lista de instrumentos.	67
Lista de cables.....	67
Lista de señales.....	68
Hoja de datos.....	69
Layouts interno/externo.....	71
Diagrama de bloques.	72
Diagrama de conexionado.....	73
Diagramas de lazo de control.....	73
Normativa utilizada.....	74
Selección del hardware (controlador).....	75
<i>Equipos y materiales existentes</i>	76
Asignación de entradas y salidas	78
Diagrama de Flujo	85
Modo de operación.....	94
Programación	95
<i>Análisis de requisitos</i>	95

<i>Diseño del programa</i>	95
Configuración del proyecto.	95
Definición de las rutinas de programa.....	95
Programación de las rutinas.	95
Configuración de las E/S.	96
<i>Desarrollo e implementación</i>	96
<i>Desarrollo de las Pantallas HMI en FactoryTalk View</i>	97
Capítulo IV: Pruebas y resultados	100
Comunicaciones entre los softwares.....	100
<i>Comunicación entre Studio 5000 y Studio 5000 Logix Emulate</i>	100
<i>Comunicación entre Studio 5000 y RSLinx Classic</i>	100
<i>Comunicación entre Studio 5000 y FactoryTalk View Studio</i>	101
Pruebas	102
Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	111
Conclusiones.....	111
Recomendaciones.....	113
Bibliografía	114
Anexos	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Descripción del sistema de la planta PTA-D.</i>	55
Tabla 2 <i>Ubicación de los documentos que contiene las hojas de datos.</i>	70
Tabla 3 <i>Características entre el PLC MicroLogix vs el PLC CompactLogix.</i>	76
Tabla 4 <i>Equipos y accesorios necesarios para realizar la migración.</i>	77
Tabla 5 <i>Materiales necesarios para realizar la migración del CompactLogix.</i>	77
Tabla 6 <i>Equipos necesarios para el sistema HMI en la migración del PLC.</i>	78
Tabla 7 <i>Lista de entradas.</i>	79
Tabla 8 <i>Lista de salidas.</i>	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estadística sobre el acceso al agua.	21
Figura 2 Demostración del proceso de desalinización.	29
Figura 3 Planta desalinizadora.	30
Figura 4 Sensores industriales.	31
Figura 5 Transmisor de conductividad Georg Fischer.	32
Figura 6 Transmisor de pH/ORP Georg Fischer.	33
Figura 7 Transmisor analizador de cloro Micro Chem.	34
Figura 8 Transmisor de flujo Georg Fischer.	35
Figura 9 Transmisor de presión de la marca WIKA.	35
Figura 10 Transmisor de temperatura signet.	36
Figura 11 Transmisor analizador de turbidez Clarity II™.	37
Figura 12 Sensor de nivel ultrasónico Flowline.	38
Figura 13 Controlador ALLEN BRADLEY 1769-L33ER COMPACTLOGIX 5370.	39
Figura 14 Actuador industrial.	40
Figura 15 Válvula De Mariposa Motorizada JIS 10k Tripple Offert.	41
Figura 16 Válvula motorizada.	42
Figura 17 Bomba de alta presión.	43
Figura 18 Gráfico demostrativo sobre el sistema de control automático.	44
Figura 19 Diagrama demostrativo sobre el sistema de control semiautomático.	44
Figura 20 Diagrama explicativo sobre el sistema de control manual.	45
Figura 21 Diagrama representativo de un sistema de control de lazo cerrado.	46
Figura 22 Diagrama representativo de un sistema de control de lazo abierto.	47
Figura 23 Logotipo del software de programación Studio 5000.	48
Figura 24 Logotipo del software RSLogix Emulate 5000.	49
Figura 25 Logotipo del software RSLinx Classic.	49
Figura 26 Logotipo del software FactoryTalk View Studio.	50
Figura 27 Procesos de la "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)".	56

Figura 28 <i>Identificación de instrumentos en la zona de abastecimiento.</i>	58
Figura 29 <i>Identificación de instrumentos en la zona de filtración multimedia.</i>	60
Figura 30 <i>Identificación de instrumentos en el sistema de backwash.</i>	61
Figura 31 <i>Identificación de instrumentos en la zona de filtración por cartuchos.</i>	62
Figura 32 <i>Identificación de instrumentos en zona de ósmosis inversa.</i>	64
Figura 33 <i>Identificación de instrumentos en la zona de dosificación.</i>	65
Figura 34 <i>Identificación de instrumentos en el sistema fresh flush.</i>	66
Figura 35 <i>Lista de instrumentos de la PTA-D.</i>	67
Figura 36 <i>Lista de cables de la PTA-D.</i>	68
Figura 37 <i>Lista de señales de la PTA-D.</i>	69
Figura 38 <i>Ejemplo de las hojas de datos de los instrumentos de la PTA-D.</i>	70
Figura 39 <i>Layout interno/externo del variador de frecuencia de la PTA-D.</i>	71
Figura 40 <i>Diagrama de Bloques del Sistema Principal MCP-101 de la PTA-D.</i>	72
Figura 41 <i>Diagrama de conexionado de la PTA-D.</i>	73
Figura 42 <i>Diagrama de lazo de la PTA-D.</i>	74
Figura 43 <i>Diagrama de flujo del Mantenimiento programado.</i>	85
Figura 44 <i>Diagrama de flujo de la zona de abastecimiento parte 1.</i>	86
Figura 45 <i>Diagrama de flujo de la zona de abastecimiento parte 2.</i>	87
Figura 46 <i>Diagrama de flujo de la zona de filtros multimedia.</i>	88
Figura 47 <i>Diagrama de flujo del sistema Backwash.</i>	89
Figura 48 <i>Diagrama de flujo de los filtros de cartucho.</i>	90
Figura 49 <i>Diagrama de flujo de los sistemas auxiliares.</i>	91
Figura 50 <i>Diagrama de flujo de la zona Ósmosis inversa.</i>	92
Figura 51 <i>Diagrama de flujo del sistema Fresh flush.</i>	93
Figura 52 <i>Pantalla del Main Rutine en studio 5000 con el programa para la PTA-D.</i>	96
Figura 53 <i>Pantalla de acceso del HMI para la PTA-D.</i>	98
Figura 54 <i>Menú principal del HMI de la PTA-D.</i>	99
Figura 55 <i>Secuencia de comunicación.</i>	102

Figura 56 <i>Pantalla del abastecimiento e inyección de cloro de la PTA-D.</i>	103
Figura 57 <i>Pantalla del proceso filtración multimedia de la PTA-D.</i>	104
Figura 58 <i>Pantalla del proceso filtros de cartucho de la PTA-D.</i>	105
Figura 59 <i>Pantalla del proceso de ósmosis inversa de la PTA-D.</i>	106
Figura 60 <i>Pantalla del proceso de dosificación de la PTA-D.</i>	107
Figura 61 <i>Pantalla del control de bombas de la PTA-D.</i>	108
Figura 62 <i>Pantalla de tendencias de la PTA-D.</i>	109
Figura 63 <i>Pantalla del histórico de alarmas de la PTA-D.</i>	110

Resumen

La escasez de agua potable es un desafío global y la desalinización se ha convertido en una solución efectiva para abordar este problema. En virtud de lo cual, este proyecto se enfoca en el proceso de automatización para la Planta de Tratamiento de Agua Desalinizadora (PTA-D) de la empresa Sedemi SCC. Esta planta tendrá la tarea de convertir el agua salada en agua dulce utilizable, eliminando la sal y otros contaminantes. Para hacer esto, se emplea un sistema automatizado que monitorea y gestiona los diversos pasos del proceso de desalinización. El centro de atención es el "controlador del sistema", una parte esencial de la automatización. El controlador utilizará información proporcionada por sensores para tomar decisiones en tiempo real y enviar instrucciones a los componentes de la planta, conocidos como actuadores. El objetivo principal es mantener los parámetros del proceso de desalinización dentro de límites seguros y óptimos. Además, al trabajar en colaboración con la empresa Sedemi SCC, se tiene acceso a datos reales y confidenciales de la planta para situaciones prácticas, lo que facilitará la implementación y validación de las mejoras propuestas lo cual es esencial para abordar desafíos relacionados con la escasez de agua dulce y contribuir a una solución sostenible y confiable en el suministro de agua que se pueda utilizar en diversas situaciones acorde a las necesidades en donde se emplee la planta. El sistema también cuenta con un HMI (Interfaz de Usuario Humano-Máquina) como parte fundamental del proceso de automatización y control de la planta, siendo una interfaz visual y funcional que permite la interacción fluida entre los operadores humanos y el sistema automatizado de la Planta de Tratamiento de Agua Desalinizadora. Esta interfaz proporciona información en tiempo real, gráficos, indicadores de estado y controles intuitivos, que facilitan el monitoreo, la gestión y la toma de decisiones relacionadas con el proceso de desalinización.

Palabras clave: Desalinización, ósmosis inversa, CompactLogix 5370, SEDEMI.

Abstract

The scarcity of drinking water is a global challenge and desalination has emerged as an effective solution to address this problem. By virtue of which, this project focuses on the automation process for the Desalination Water Treatment Plant (PTA-D) of the company Sedemi SCC. This plant will be tasked with converting saltwater into usable freshwater, removing salt and other contaminants. To do this, an automated system is employed that monitors and manages the various steps of the desalination process. The center of attention is the "system controller", an essential part of automation. The controller will use information provided by sensors to make decisions in real time and send instructions to plant components, known as actuators. The main objective is to keep the parameters of the desalination process within safe and optimal limits. In addition, by working in collaboration with the company Sedemi SCC, you have access to real and confidential data from the plant for practical situations, which will facilitate the implementation and validation of the proposed improvements, which is essential to address challenges related to the shortage of fresh water and contribute to a sustainable and reliable solution in the water supply that can be used in various situations according to the needs where the plant is used. The system also has an HMI (Human-Machine User Interface) as a fundamental part of the plant automation and control process, being a visual and functional interface that allows fluid interaction between human operators and the plant's automated system. Desalination Water Treatment. This interface provides real-time information, graphs, status indicators, and intuitive controls, making it easy to monitor, manage, and make decisions related to the desalination process.

Key words: Desalination, reverse osmosis, CompactLogix 5370, SEDEMI.

Capítulo I: Generalidades

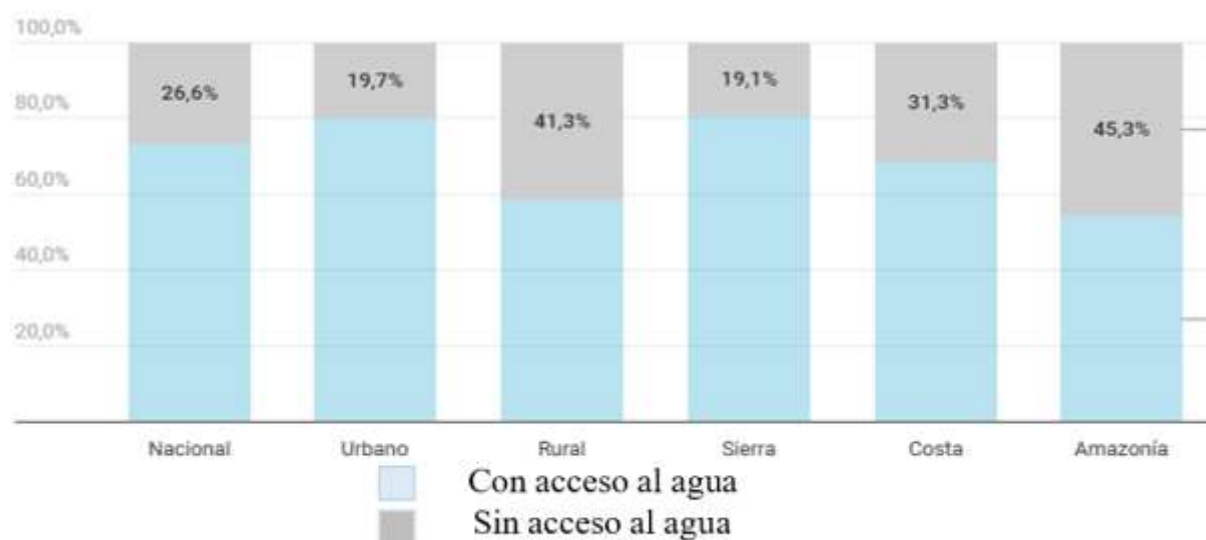
Antecedentes

En Ecuador, uno de cada dos niños, niñas y jóvenes no tiene acceso a agua, saneamiento e higiene en el hogar. La situación es aún más grave para los niños aborígenes del país, ya que ocho de cada 10 niños aborígenes también carecen de estos servicios. A pesar de ser uno de los países con mayor agua dulce por habitante en América Latina, según cifras del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), el 26,6% de la población del país no tiene acceso a una fuente de agua potable y el 90% de las aguas residuales del país permanece sin tratamiento. Como resultado, más de la mitad de las fuentes de agua son de calidad insuficiente para el consumo humano. (Unicef, 2021).

Los datos presentados provienen del estudio “Agua, Saneamiento e Higiene: Midiendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible del Ecuador” realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) con el apoyo de UNICEF, (**Figura 1**).

Figura 1

Estadística sobre el acceso al agua.



Nota. Tomado de Primicias INEC: <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/ecuador-7-cada-10-personas-no-tienen-agua-potable/>.

En la región ecuatorial, el desafío de la escasez de agua se presenta de manera aguda. A pesar de su ubicación geográfica caracterizada por climas tropicales y abundantes precipitaciones en ciertas áreas, la creciente demanda de agua para diversos usos ha exacerbado la disponibilidad limitada de este recurso. Esta situación acentúa la importancia de enfoques innovadores y sostenibles, como la desalinización de agua salada, para garantizar el acceso a recursos hídricos vitales en una región que depende en gran medida de la agricultura, la industria y el consumo humano.

La desalinización emerge como una prometedora alternativa para combatir la escasez de agua en Ecuador dado que el país cuenta con una extensa costa bañada por el Océano Pacífico, se presenta como una solución viable para aprovechar esta inagotable fuente de agua. Este proceso tecnológico consiste en eliminar la sal y otras impurezas del agua de mar, convirtiéndola en una fuente potable y utilizable para diversos fines. (Ortiz, 2021)

A lo largo de la historia, este proceso ha experimentado una notable evolución, pasando por diversas etapas y mejoras tecnológicas que han permitido aumentar su eficiencia, reducir los costos y ampliar su aplicación en diferentes contextos. En sus primeras etapas, la desalinización se basaba principalmente en métodos de destilación, que consisten en calentar el agua salada para producir vapor, y luego condensarlo para obtener agua dulce. (SciELO, 2023)

Estos métodos, como la destilación en alambique, eran efectivos, pero altamente intensivos y energéticamente costosos, pero a medida que avanzaba la tecnología, surgieron nuevas técnicas cada vez más eficientes. Una de las innovaciones clave fue la introducción de la desalinización por ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés) en la década de 1960. En el proceso de ósmosis inversa, el agua salada se presuriza y se fuerza a pasar a través de una membrana semipermeable, que retiene los iones de sal y otras impurezas, dejando pasar solo el agua dulce. (Aquaefundación, 2023)

Esta tecnología permitió una mejora significativa en la eficiencia y reducción de costos, ya que requería menos energía que la destilación tradicional. Hoy en día se ha

trabajado en la optimización y el diseño de plantas de desalinización. Además de las mejoras en técnicas de desalinización, se han implementado sistemas automatizados de control y monitoreo, que permiten ajustar los parámetros de operación en tiempo real y garantizar un funcionamiento óptimo. (ABB, 2023)

Actualmente, los Controladores Lógicos Programables (PLC, por sus siglas en inglés) desempeñan un papel fundamental en la automatización de plantas desalinizadoras. Los PLC son dispositivos electrónicos programables que se utilizan para controlar y supervisar diferentes procesos industriales, incluyendo la desalinización.

Los PLC actuales son dispositivos altamente avanzados, capaces de manejar múltiples entradas y salidas digitales y analógicas además de estar equipados con múltiples interfaces de comunicación, como Ethernet, Modbus, Profibus y OPC, que permiten la integración con otros sistemas y dispositivos, como sensores, actuadores, sistemas de supervisión & control (SCADA) y sistemas de control distribuido (DCS). Estos controladores están diseñados para resistir las condiciones ambientales adversas, como la humedad, el polvo y las fluctuaciones de temperatura, lo que los hace adecuados para su uso en plantas industriales. (SDI, 2023)

El establecimiento de un programa para los PLC se realiza utilizando lenguajes de programación específicos, como el lenguaje de programación en escalera (Ladder), el lenguaje de programación estructurado (Structured Text) o los bloques de función. Estos lenguajes permiten configurar y programar las secuencias de control necesarias para automatizar las operaciones de una planta desalinizadora.

La programación del controlador en una planta de tratamiento de agua desalinizadora implica la configuración de un sistema que supervise y controle las diferentes etapas del proceso de desalinización del agua de mar. El objetivo principal de la programación del controlador es garantizar que los procesos de entrada y salida de agua, así como la operación de los equipos de tratamiento, se realicen de manera óptima y eficiente. Esto implica la programación de algoritmos y lógicas que controlen los diferentes

componentes y dispositivos involucrados en la planta, como bombas, válvulas, sensores y equipos de filtración. (TAYLOR, 2021)

Algunas de las tareas comunes en la programación del controlador del sistema de automatización de una PTA-D pueden incluir:

- Configuración de los puntos de entrada y salida
- Programación de la lógica de control
- Implementación de alarmas y sistemas de seguridad
- Integración con sistemas de supervisión y control.

Es importante destacar que la programación del controlador del sistema de automatización de una planta desalinizadora, es un proceso continuo y requiere ajustes y actualizaciones periódicas para adaptarse a cambios en la operación de la planta o en las condiciones externas. (Alemán, 2017).

Planteamiento del Problema

Transformar agua salada en agua dulce tiene una evolución enorme en los últimos 50 años, de manera que la tecnología predominante en cada época ha ido variando hasta llegar a nuestros días, en los cuales la desalación mediante membranas de ósmosis inversa es, claramente, la principal técnica utilizada. (Cabero García, 2016)

La automatización del proceso industrial llevado a cabo en una planta desalinizadora abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones en planta.

El sistema de automatización de la Planta Desalinizadora cuenta con un PLC MicroLogix 1500 el cual juega un papel fundamental en el funcionamiento y operación de la PTA-D, ya que controla y supervisa los procesos de desalinización, regulación de presión, flujo de agua y otros parámetros críticos.

El problema radica en que, según la “Carta del ciclo de vida del producto MicroLogix 1500” emitido por Rockwell Automation; **el PLC Micrologix 1500 fue descontinuado desde el 30 de junio de 2017**, ya no cuenta con soporte técnico y se dejó de fabricar. En caso de ser conservado el PLC MicroLogix 1500 y existiera algún fallo o llegase a dañarse, este no tendría repuesto, dejando a la Planta Desalinizadora PTA-D inhabilitada.

Además, se realizaron cambios técnicos acorde a las recomendaciones de los ingenieros de procesos que se enfocan en el funcionamiento general de la desalinización, por lo que se hace necesario actualizar diagramas, planos y la programación propia del PLC. De no realizar estas actividades en paralelo a las recomendaciones de los ingenieros de proceso y químicos, puede resultar en un consumo excesivo de energía, un uso ineficiente de los recursos y posibles fallos en la calidad del agua producida.

Además, la programación existente no toma en cuenta las fluctuaciones de la demanda de agua a lo largo del día y las diversas condiciones ambientales, lo que podría conducir a un rendimiento inadecuado del sistema.

El objetivo es modificar la programación del controlador del sistema de automatización de la PTA-D en la empresa SEDEMI S.C.C. Esto implica el estudio de las variables clave que influyen en el rendimiento del sistema, como la demanda de agua, la disponibilidad de recursos, las condiciones ambientales y las restricciones operativas.

Objetivos

General

- Programar el controlador del sistema de automatización de la planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) en la empresa SEDEMI S.C.C.

Específicos

- Entender el principio de funcionamiento de ósmosis inversa para establecer las condiciones de operación de cada una de las etapas que conforma la Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) considerando valores y parámetros proporcionados por los ingenieros de procesos.

- Levantar información de las características técnicas de los equipos de instrumentación & control de la Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) mediante hojas de datos proporcionadas por el fabricante para establecer su conexión y modo de funcionamiento.
- Definir la lógica de control del proceso para implementar la programación del controlador mediante un lenguaje de programación definido para el PLC seleccionado.

Justificación, Importancia y Alcance del Proyecto

Con el propósito de aportar con nuevas soluciones para el abastecimiento del agua en el Ecuador, esta investigación busca contribuir con alternativas para el tratamiento de agua. La automatización de la Planta de Tratamiento de Agua Desalinizadora (PTA-D) a través de la programación avanzada del controlador ofrece una solución integral para la eficiencia del proceso de desalinización.

Al mejorar la programación del controlador, se espera lograr una serie de beneficios significativos como:

- Una programación adecuada del controlador permitirá una mejor operación de la planta. Esto se traducirá en un consumo conveniente de los recursos, como la energía y los productos químicos utilizados en el proceso de desalinización.
- La adecuada programación del controlador debe considerar las fluctuaciones en la demanda de agua potable. Al tener en cuenta las variaciones en la demanda a lo largo del día y las condiciones ambientales cambiantes, se podrán ajustar los procesos de desalinización de manera adecuada para satisfacer la demanda de agua.
- Una programación adecuada del controlador para el sistema de automatización de la planta PTA-D, ayudará a mantener los estándares de calidad del agua producida. Al tener en cuenta los parámetros clave de calidad del agua y las condiciones de operación, se podrán implementar estrategias de control que garanticen la

producción de agua potable de alta calidad en todo momento. Esto es esencial para la salud y el bienestar del sector que dependerá de este suministro de agua.

- La programación del controlador del sistema de automatización de la PTA-D en la empresa SEDEMI S.C.C., es de gran importancia por las siguientes razones:
- Mejora de la eficiencia operativa
- Suministro confiable de agua potable
- Cumplimiento de estándares de calidad del agua

El alcance del proyecto de programación para el controlador del sistema de automatización de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” en la empresa SEDEMI S.C.C., se enfocará en el relevamiento de la información técnica de los equipos de instrumentación y control, así como la programación del Autónoma Programable que se utilizará para la automatización de la planta.

El objetivo principal del proyecto será recopilar los datos necesarios para comprender en detalle el funcionamiento de los equipos y el sistema de control existente, a fin de proponer mejoras en la programación del controlador.

La empresa SEDEMI S.C.C., pone a disposición de sus instalaciones, recursos de alta calidad para alcanzar los objetivos establecidos en el procedimiento del proyecto “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”. En este contexto, se llevó a cabo la programación del PLC junto con el diseño de un HMI.

El personal estudiantil de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga desempeñó un papel fundamental en este proceso. Su labor consistió en recopilar información técnica relevante sobre la planta desalinizadora, lo cual ayudó a avanzar hacia la ejecución del proyecto que consiste en que la planta se encuentre operativa, por lo que la contribución de este proyecto es realizar la programación del Autómata Programable que controlara los elementos que intervienen en el sistema de operación de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”.

Capítulo II:

Marco Teórico Referencial

El proceso de desalinización de agua de mar mediante ósmosis inversa es un sistema con cierto grado de complejidad que necesita la utilización de los medios más modernos de automatización y control para poder operar con garantías de fiabilidad y seguridad, esto es, automatizar el proceso al máximo nivel viable. En esta comunicación se exponen de manera general la instrumentación y los sistemas de control presentes actualmente en una planta de tratamiento de aguas mediante ósmosis inversa. (González1, 2013)

Desalinización

Introducción

Las técnicas para desalar el agua siguieron avanzando después de la II Guerra Mundial, cuando empezaron a instalarse las primeras plantas desaladoras. Este proceso comenzó a desarrollarse por motivos bélicos en la Segunda Guerra Mundial, debido a que las tropas necesitaban agua pura en zonas donde no era fácil conseguirla o no existía del todo. Durante los años 60 y 70 se construyeron las primeras plantas desalinizadoras en Oriente Medio. En los años 80 la actividad se hizo completamente comercial y en los 90 el uso de esta tecnología se hizo extremadamente común. Entre los años 2000 y 2002, la cantidad de agua potable a nivel mundial se duplicó. (González, 2016)

Definición

La desalinización o desalación, como también se le conoce, es un proceso de tratamiento que permite obtener agua potable a partir de agua salobre, marina o residual, que de otra forma no podría utilizarse. (Iagua, 2023)

Clasificación

Dentro de las tecnologías de desalinización o desalación según (AEDyR, 2023), existen diferentes métodos para minimizar los niveles de salinidad en el agua. Los principales son:

- Destilación

- Congelación
- Ósmosis inversa
- Formación de hidratos
- Evaporación relámpago
- Electrodialisis

El método seleccionado para desarrollar la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”, es la OSMOSIS INVERSA, ya que es el sistema de la desalinización más extendido y avanzado en todo el mundo. Su implementación supone más del 60 % respecto al resto de métodos.

Ósmosis inversa. Se trata del sistema de desalinización más extendido y avanzado en todo el mundo (**Figura 2**). La ósmosis inversa es una tecnología basada en una membrana semipermeable que separa dos soluciones con distinta concentración en la cual, al aplicar una presión superior a la presión osmótica en el lado de mayor concentración se produce un flujo de agua que va desde la solución con mayor salinidad (agua de mar) hasta otra de menor salinidad (agua dulce). (Cabero García, 2016)

Figura 2

Demostración del proceso de desalinización.



Nota. Tomado de Blogs <https://blogs.iadb.org/agua/es/desalinizacion-el-futuro-del-agua/>.

Sistema de Control

Un sistema de control es un conjunto de componentes interconectados que trabajan juntos para administrar y regular el comportamiento de un sistema o proceso en particular. Estos componentes incluyen entradas, que son las señales o datos que ingresan al sistema; un proceso o sistema que opera sobre esas entradas; un controlador que toma decisiones basadas en la información de las entradas y las condiciones del proceso; y salidas, que son las acciones o resultados generados por el sistema. Utilizando retroalimentación y acciones correctivas, los sistemas de control permiten mantener un equilibrio o alcanzar objetivos específicos, lo que los convierte en componentes esenciales en una amplia gama de aplicaciones, desde la automatización industrial hasta la regulación de sistemas biológicos y la gestión de recursos. Un sistema de control está compuesto por diversos elementos fundamentales que trabajan en conjunto para garantizar su correcto funcionamiento. Estos elementos incluyen:

Proceso

Es el sistema o dispositivo que se desea controlar. Puede ser un proceso industrial, una máquina, un equipo electrónico, o cualquier sistema físico que requiera un control preciso para su funcionamiento óptimo (**Figura 3**).

Figura 3

Planta desalinizadora.



Nota. Tomado de Nova <https://www.agenzianova.com/es/news/arabia-saud%C3%AD-inaugur%C3%B3-la-planta-desalinizadora-de-agua-jubail-3a/>

Sensor

Es sensor industrial (**Figura 4**). es un componente electrónico que tiene la capacidad de detectar o evaluar una característica de medición en un proceso (como temperatura, presión, nivel, entre otros). Al emplear un transductor, se convierte esta característica en una señal eléctrica que cambiará según el comportamiento de la variable del proceso.

(Cloudtec, 2023)

Figura 4

Sensores industriales.



Nota. Tomado de Cloudtec <https://cloudtec.pe/blog/automatizacion-industrial/sensores/>

Elementos de medición que intervienen en la PTA-D

Transmisor de conductividad. Es un dispositivo utilizado para medir la capacidad de un líquido para conducir electricidad. Esta propiedad está relacionada con la presencia de iones disueltos en el líquido, como sales, ácidos o bases. Cuanto mayor es la concentración de iones en el líquido, mayor será su capacidad para conducir electricidad y, por lo tanto, mayor será su conductividad. (Distron, 2023)

En el proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" en la empresa SEDEMI S.C.C., el sensor de conductividad de la marca Georg Fischer (**Figura 5**), será utilizado para medir la conductividad del agua de mar en el proceso de desalinización.

Figura 5

Transmisor de conductividad Georg Fischer.



Nota. Tomado de Coinsa-Matik <https://coinsamatik.com/producto/gf-signet-2850-sensor-de-conductividad-resistencia-electronica-y-sistemas-integrales/>

Transmisor de pH/ORP. El transmisor de pH/ORP generalmente consta de dos electrodos: un electrodo sensible al pH y un electrodo de referencia, como en el caso del sensor de pH estándar. Además, cuenta con un tercer electrodo que mide el potencial de oxidación-reducción (ORP). El electrodo ORP mide la diferencia de potencial entre sí mismo y un electrodo de referencia en contacto con el líquido. El pH/ORP es ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, especialmente en la industria del agua y el tratamiento de aguas residuales, ya que proporciona información valiosa sobre la calidad y la capacidad de desinfección del agua. En una planta desalinizadora de agua de mar, la combinación de estas capacidades en un solo sensor es especialmente útil debido a que destaca en su capacidad de monitoreo y el control de procesos. (Técnicas y controles, 2023)

En cuanto al proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora PTA-D" en la empresa SEDEMI S.C.C., se menciona que se utilizará el sensor de pH/OPR de la marca Georg Fischer como se muestra en la **Figura 6**.

Figura 6

Transmisor de pH/ORP Georg Fischer.



Nota. Tomado de Ryan Herco Flow Solutions <https://www.rhfs.com/root/5909.274>

El uso del sensor de pH/ORP de Georg Fischer en el proceso de desalinización permite medir y controlar de manera precisa el pH/ORP del agua de mar durante el proceso de desalinización. Mantener el pH/ORP adecuado es esencial para optimizar el rendimiento de los equipos, prolongar la vida útil de las membranas utilizadas y garantizar la producción de agua dulce de alta calidad.

Transmisor analizador de cloro. Es un dispositivo utilizado para medir la concentración de cloro en el agua. El cloro es un desinfectante comúnmente utilizado en el tratamiento de agua para eliminar microorganismos patógenos y mantener la calidad microbiológica del agua. Se emplea ampliamente en plantas de tratamiento de agua potable, plantas desalinizadoras y piscinas, entre otros usos. El sensor de cloro funciona mediante una reacción química que ocurre entre el cloro presente en el agua y un reactivo sensible al cloro en el sensor. Esta reacción produce una señal eléctrica que es proporcional a la concentración de cloro presente. Por lo tanto, el uso de sensores de cloro en proyectos como una planta desalinizadora de agua de mar es esencial para monitorear y controlar adecuadamente la concentración de cloro en el agua durante el proceso de tratamiento. (Hach, 2023)

Con respecto al proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" en la empresa SEDEMI S.C.C., se menciona que se utilizará el sensor de cloro del modelo "T17MB41D214-T17MB4400D2141" (**Figura 7**), para medir la concentración de cloro en el agua de mar durante el proceso de desalinización.

Figura 7

Transmisor analizador de cloro Micro Chem.



Nota. Tomado de Eathisa <http://eathisa.com/productos/analizador-transmisor-y-controlador-multifuncional/>

Transmisor de flujo. Es un dispositivo utilizado para medir la cantidad de fluido que pasa a través de un sistema o una tubería en un período de tiempo determinado. Este tipo de sensor es esencial en numerosas aplicaciones industriales y de ingeniería, incluyendo plantas de tratamiento de agua, plantas desalinizadoras, sistemas de calefacción y refrigeración, sistemas de distribución de agua y muchas otras. El sensor de flujo generalmente se instala en la tubería o canal por donde fluye el fluido y se basa en varios principios de medición para determinar el caudal. (Técnicas y control, 2023)

En el proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" en la empresa SEDEMI S.C.C., menciona que se utilizará el sensor de flujo de la marca Georg Fischer modelo 8512 (**Figura 8**), para medir el caudal del agua de mar y monitorear el flujo a través del sistema de tratamiento.

Figura 8

Transmisor de flujo Georg Fischer.



Nota. Tomado de Ercoshop <https://www.ercoshop.com.mx/products/gf-signet-totalizador-de-flujo-3-8150-p0>

Transmisor de presión. Es un dispositivo utilizado para medir la presión de un fluido o gas en un sistema. La presión es la fuerza ejercida por el fluido o gas sobre una superficie, y se mide en unidades de presión, como psi (libras por pulgada cuadrada) o bar. El sensor de presión se basa en diferentes principios de medición, dependiendo del tipo de sensor y la aplicación específica. (Instruments, 2023)

En la " La Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) " de la empresa SEDEMI S.C.C., se utilizará el sensor de presión de la marca WIKA (**Figura 9**), para medir la presión en diferentes puntos del sistema. Esto es esencial para monitorear el funcionamiento de la planta y garantizar que se mantengan las condiciones operativas adecuadas.

Figura 9

Transmisor de presión de la marca WIKA.



Nota. Tomado de Automation24 <https://www.automation24.es/transmisor-de-presion-wika-s-11-9023585>

Transmisor de temperatura. Es un dispositivo utilizado para medir la temperatura de un objeto o ambiente. La temperatura es una medida de la energía térmica presente en un sistema, y se expresa en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F), entre otras escalas. Los sensores de temperatura son ampliamente utilizados en diversas aplicaciones, desde controlar la temperatura en electrodomésticos hasta monitorear procesos industriales críticos. (Hnsa, 2023)

En este proyecto se utilizará el sensor de temperatura Signet 2350 +GF+ (**Figura 10**), para medir la temperatura del agua de mar en diferentes puntos del sistema.

Figura 10

Transmisor de temperatura signet.



Nota. Tomado de Tval <https://www.tval.cl/portfolio/sensor-de-temperatura-2350-de-signet/>

Transmisor analizador de turbidez. Es un dispositivo utilizado para medir la cantidad de partículas suspendidas o sustancias no disueltas en un líquido que afectan la dispersión de la luz. Estas partículas pueden incluir sólidos en suspensión, sedimentos, microorganismos y otras sustancias que hacen que el agua o el líquido se vuelva opaco o turbio. El sensor de turbidez funciona mediante la emisión de luz en una muestra de líquido y la detección de la luz dispersada o absorbida por las partículas en suspensión. Cuanto mayor sea la turbidez del líquido, más dispersión o absorción de luz se producirá, lo que se traduce en una señal eléctrica que puede ser interpretada como un valor de turbidez.

(Emerson, 2023)

En el proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" en la empresa SEDEMI S.C.C., se utilizará el sensor de turbidez Clarity II™ Turbidimeter (**Figura 11**), para medir la turbidez del agua de mar durante el proceso de desalinización.

Figura 11

Transmisor analizador de turbidez Clarity II™.



Nota. Tomado de Emerson <https://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-producto-rosemount-clarity-ii-t1056-sistema-de-medici%F3n-de-turbidez-es-es-7503874.pdf>

Transmisor de nivel ultrasónico. Un transmisor de nivel ultrasónico es un dispositivo utilizado para medir y controlar el nivel de un líquido o material en un tanque, contenedor o cualquier otro recipiente. Funciona utilizando ondas ultrasónicas, que son ondas de sonido con frecuencias superiores a la capacidad auditiva del oído humano (generalmente por encima de 20 kilohercios). La operación básica de un transmisor de nivel ultrasónico se basa en el principio de eco o reflexión. Consiste en enviar un pulso de ondas ultrasónicas desde el transmisor hacia el material o líquido en el tanque. Cuando estas ondas alcanzan la superficie del líquido, parte de la energía se refleja de vuelta hacia el transmisor y es detectada por un receptor. Midiendo el tiempo que toma para que las ondas de sonido viajen desde el transmisor hasta la superficie del líquido y regresen, el transmisor puede determinar la distancia entre él y la superficie del líquido. (Hnsa, 2023)

En el proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" de la empresa SEDEMI S.C.C., se ha elegido utilizar el transmisor de nivel ultrasónico de la marca Flowline modelo LU84-5101 (**Figura 12**), para monitorear el nivel del agua de mar en diferentes etapas del proceso de desalinización.

Figura 12

Sensor de nivel ultrasónico Flowline.



Nota. Tomado de RS <https://es.rs-online.com/web/p/sensores-de-nivel/1240123>

Controlador

Es el cerebro del sistema de control. Recibe las señales de los sensores, las compara con los valores deseados o de referencia y determina las acciones de control necesarias para corregir cualquier desviación. (SDI, 2023)

El controlador CompactLogix 5370 es un modelo específico de controlador desarrollado por la empresa Rockwell Automation, conocida anteriormente como Allen-Bradley (**Figura 13**). Este controlador forma parte de la familia de controladores CompactLogix y se caracteriza por su rendimiento, flexibilidad y capacidad de integración con otros dispositivos y sistemas. Algunas características del controlador CompactLogix 5370 incluyen:

- Acepta la reutilización de las E/S 1769 existentes.
- Opciones flexibles de memoria de hasta 3 MB
- Ofrece soporte para el movimiento integrado en EtherNet/IP™ a fin de lograr una mayor capacidad de escalado.
- Incluye una tarjeta Secure Digital (SD) de hasta 2 GB para guardar y restaurar los programas rápidamente.
- A nivel de E/S, se pueden agregar módulos de comunicación según los protocolos industriales requeridos, como EtherNet/IP, DeviceNet o ControlNet. Estos módulos permiten la conexión del PLC a redes industriales y otros dispositivos.

(Rockwellautomation, 2013)

Figura 13

Controlador ALLEN BRADLEY 1769-L33ER COMPACTLOGIX 5370.



Nota. Tomado de Infoplac <https://www.infoplac.net/noticias/item/101204-compactlogix-5370-l3-rockwell-automation>

Lenguajes de programación. Los lenguajes de programación para un PLC son el medio utilizado para crear el software que determina el comportamiento y la lógica de control del PLC. De acuerdo con (Seika, 2023), existen varios lenguajes de programación utilizados en PLC, y cada uno tiene sus características y aplicaciones específicas.

Algunos de los lenguajes más comunes son:

- Lenguaje de escalera (Ladder Logic o Ladder Diagram): Se basa en la representación gráfica de circuitos eléctricos con contactos (normalmente abiertos o normalmente cerrados) y bobinas. Es especialmente útil para lógicas secuenciales y de control de máquinas.
- Lenguaje de instrucciones en lista (Instruction List o IL): Es un lenguaje de programación de bajo nivel basado en una lista de instrucciones en formato texto. Se utiliza para programación de PLC más simple y directa, y es especialmente adecuado para programadores experimentados y tareas específicas.
- Lenguaje de texto estructurado (Structured Text o ST): Permite utilizar estructuras de control como bucles y condicionales, y es útil para tareas complejas y lógicas avanzadas.

- Diagrama de bloques de función (Function Block Diagram o FBD): Es un lenguaje gráfico que utiliza bloques para representar funciones y operaciones. Es especialmente útil para programación modular y reutilización de código.
- Lenguaje de listas de instrucciones (Sequential Function Chart o SFC): Es un lenguaje gráfico que representa la secuencia de estados y transiciones de un proceso o máquina. Es ideal para programar tareas secuenciales y sincronizadas.

La selección del lenguaje de programación para un PLC depende de diversos factores, como la complejidad del proceso a controlar, las capacidades del PLC, las preferencias del programador y la experiencia del equipo de automatización.

Actuador

Es el componente encargado de ejecutar las acciones de control determinadas por el controlador (**Figura 14**). Transforma la señal eléctrica o digital procedente del controlador en una acción física, como el movimiento de una válvula, el encendido o apagado de un motor, entre otros. (Sdindustrial, 2023)

Figura 14

Actuador industrial.



Nota. Tomado de IQR <https://www.industriasociadas.com/producto/actuador-electrico-serie-85/>

Válvulas

Las válvulas son dispositivos mecánicos utilizados en una variedad de aplicaciones industriales y sistemas de control para regular, controlar o detener el flujo de líquidos, gases o fluidos en un conducto o tubería. Estas piezas fundamentales pueden operar abriendo o cerrando un paso, o ajustando la cantidad de flujo a través de una apertura variable. Las

válvulas pueden tener diseños y funciones diferentes, como válvulas de globo, de compuerta, de mariposa y de aguja, entre otras (**Figura 15**). Su aplicación puede abarcar desde sistemas de suministro de agua y petróleo hasta procesos de manufactura y automatización industrial, donde juegan un papel crucial en la regulación precisa y eficiente de fluidos en diversas operaciones y entornos. (Caloryfrio, 2023)

Figura 15

Válvula De Mariposa Motorizada JIS 10k Tripple Offert.



Nota. Tomado de IQR <http://www.ks-valves.com/butterfly-valve/motorized-jis-10k-tripple-offert-butterfly.html>

Actuadores relevantes que intervienen en la PTA-D.

Válvulas motorizadas. Las válvulas motorizadas son un tipo de válvula que incorpora un actuador motorizado para controlar su apertura y cierre de forma remota. Estas válvulas son ampliamente utilizadas en aplicaciones industriales y sistemas de automatización, donde se requiere un control preciso y eficiente del flujo de fluidos, como agua, gases, aceites u otros líquidos. El funcionamiento de las válvulas motorizadas se basa en la utilización de un actuador eléctrico, neumático o hidráulico, que se acopla a la válvula y es responsable de aplicar la fuerza necesaria para mover el elemento de cierre (como una compuerta, bola, mariposa o disco) dentro del cuerpo de la válvula.

(Covnaactuador, 2023)

En el proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" en la empresa SEDEMI S.C.C., intervienen las válvulas motorizadas de la marca Valbia (**Figura 16**), para controlar el flujo de agua y otros fluidos a lo largo de las diferentes etapas del proceso de desalinización.

Figura 16

Válvula motorizada.



Nota. Tomado de Impolama <https://impolama.com/producto/valbia>

Estos elementos trabajan en conjunto en un ciclo continuo, donde los sensores captan las variables del proceso, el controlador las analiza, determina las acciones necesarias, los actuadores las ejecutan, y la retroalimentación permite ajustar el control. De esta manera, se logra mantener el sistema bajo control y alcanzar los objetivos de operación y rendimiento establecidos. (SICMA21, 2023)

Bombas de alta presión. Las bombas de alta presión son dispositivos diseñados para generar una presión significativamente mayor que las bombas convencionales. Estas bombas son ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones industriales y de ingeniería, donde se requiere una presión elevada para llevar a cabo ciertos procesos o para superar altas resistencias en el flujo de líquidos. En una planta desalinizadora de agua de mar, las bombas de alta presión son esenciales para impulsar el agua de mar a través de un sistema de ósmosis inversa (OI) o cualquier otro método de desalinización que requiera superar la presión osmótica natural del agua de mar. (Tallerescuencia, 2023)

La bomba de alta presión Cat JMM4114T (**Figura 17**) mencionada en el proyecto "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" en la empresa SEDEMI S.C.C. será utilizada para proporcionar la presión necesaria para el proceso de ósmosis inversa.

Figura 17

Bomba de alta presión.



Nota. Tomado de Baldor <https://www.baldor.com/catalog/JMM4114T>

Tipos de control

Existen diversos tipos de control que se utilizan para supervisar y regular los sistemas y procesos industriales. Estos controles se clasifican en tres categorías principales: control manual, control automático y control semiautomático. Los programas de supervisión y control de las instalaciones, denominados SCADA (Supervisory, Control And Data Acquisition), tienen como cometido la monitorización y control de máquinas y procesos, realizar aplicaciones de automatización a medida de las necesidades fiables y seguras con disposición de todo tipo de pantallas y diagramas de bloques gráficos y soportar una arquitectura distribuida a lo largo de múltiples servidores (NUNSYS, 2023).

Control Automático

El control automático se refiere a un proceso en el cual un sistema o dispositivo ajusta automáticamente su operación en función de señales y condiciones predefinidas, sin la intervención directa de un operador humano (**Figura 18**). A través de sensores y actuadores, el sistema mide variables relevantes y utiliza esa información para tomar decisiones y modificar sus acciones con el objetivo de mantener parámetros específicos o alcanzar un estado deseado. Este enfoque se aplica en una amplia gama de industrias y aplicaciones, desde la automatización industrial y el control de procesos hasta sistemas de control de temperatura en electrodomésticos, garantizando eficiencia, precisión y consistencia en la operación. (Cienciauanl, 2023)

Figura 18

Gráfico demostrativo sobre el sistema de control automático.



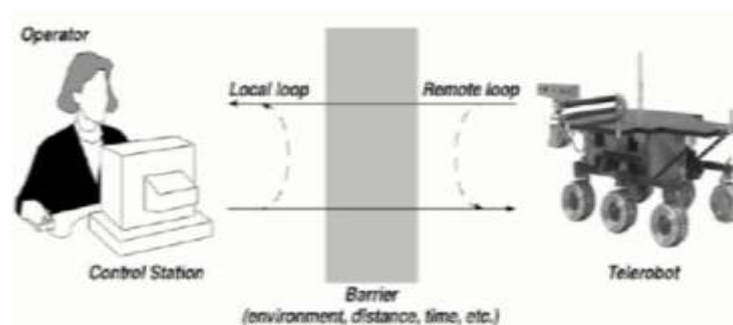
Nota. Tomado de Tino <https://www.edsrobotics.com/blog/automatizacion-procesos-industriales/>

Control Semiautomático

El control semiautomático es un enfoque intermedio entre el control manual y el control automático completo. En este tipo de control, existe una combinación de intervención humana y automatización en la ejecución de tareas y procesos (**Figura 19**). Este enfoque es comúnmente utilizado en situaciones donde se requiere un equilibrio entre la eficiencia y la flexibilidad del control automático y la capacidad de adaptación y toma de decisiones del ser humano. Al combinar la automatización con la intervención humana, se logra optimizar la operación del sistema, manteniendo un nivel adecuado de control y logrando la adaptación a situaciones imprevistas o cambiantes. (Colegiosanalfonso, 2023)

Figura 19

Diagrama demostrativo sobre el sistema de control semiautomático.



Nota. Tomado de Revista Tino, <https://revista.jovenclub.cu/maqueta-de-sistema-de-control-automatico/>

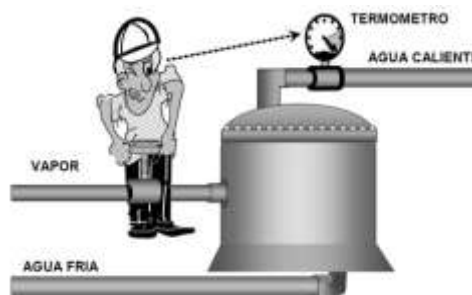
Control Manual

El control manual es un enfoque en el que las tareas y operaciones son realizadas directamente por personas sin la ayuda de sistemas automatizados. En este tipo de control, los individuos son quienes intervienen y toman las decisiones necesarias para el control y supervisión de un sistema (**Figura 20**).

En el control manual, por lo general los operadores son los principales actores que intervienen en el control manual. Estos operadores son responsables de monitorear el funcionamiento del sistema, realizar ajustes y tomar decisiones basadas en su experiencia y conocimiento. (Prezi, 2023)

Figura 20

Diagrama explicativo sobre el sistema de control manual.



Nota. Tomado de Predictiva21

<https://controlautomaticoeducacion.com/controlrealimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>

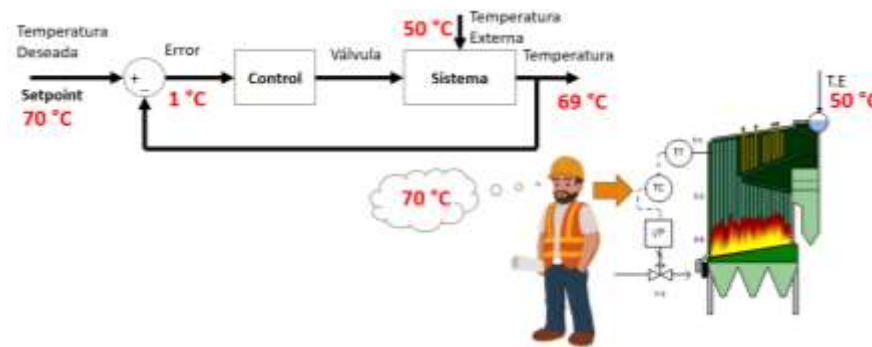
Sistema de control de Lazo Cerrado

El sistema de control de lazo cerrado es un enfoque utilizado para regular y mantener el comportamiento de un sistema o proceso de manera precisa y constante. En este tipo de control, se utiliza una retroalimentación continua para comparar el estado del sistema con un valor de referencia deseado y realizar ajustes en tiempo real (**Figura 21**).

Este sistema consta de varios elementos clave. En primer lugar, se requiere un sensor o conjunto de sensores que monitorean las variables relevantes del sistema y capturan su estado actual. La información obtenida por los sensores se envía a un controlador, que compara esos datos con los valores de referencia establecidos. (Perez., 2007)

Figura 21

Diagrama representativo de un sistema de control de lazo cerrado.



Nota. Tomado de Control automático Lazo abierto y lazo cerrado

<https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>

Sistema de control de Lazo Abierto

El sistema de control de lazo abierto es un enfoque utilizado para realizar tareas y operaciones sin la retroalimentación continua del estado actual del sistema. En este tipo de control, las acciones se llevan a cabo de manera predefinida, sin ajustes basados en el rendimiento real del sistema (**Figura 22**).

En un sistema de control de lazo abierto, se establecen valores y secuencias de operación específicas que se ejecutan sin monitoreo constante. No hay sensores o mecanismos de retroalimentación que proporcionen información sobre el estado real del sistema. Esto significa que cualquier desviación o perturbación en el sistema no se corrige automáticamente.

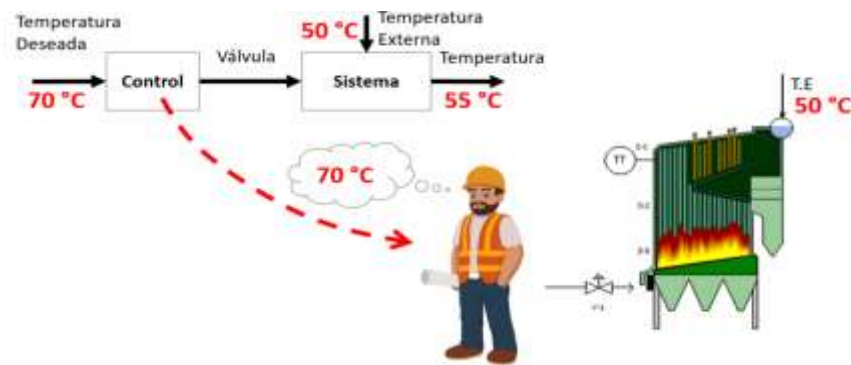
El sistema de control de lazo abierto se utiliza en situaciones donde se puede confiar en que las condiciones de funcionamiento son constantes y predecibles, y donde no se requiere una corrección continua. Por ejemplo, en dispositivos y procesos simples y bien definidos, como relojes, temporizadores o sistemas de riego con programación de tiempo, donde las operaciones se realizan de acuerdo con una secuencia predeterminada sin tener en cuenta el estado actual del sistema.

Es importante destacar que el sistema de control de lazo abierto no es adecuado para aplicaciones en las que se requiere un alto nivel de precisión, adaptación o corrección

de errores. Dado que no hay mecanismos para ajustar la operación en tiempo real, cualquier perturbación o cambio en el sistema puede afectar negativamente su desempeño. (Educa2, 2023)

Figura 22

Diagrama representativo de un sistema de control de lazo abierto.



Nota. Tomado de Control automatico Lazo abierto y lazo cerrado

<https://controlautomaticoeducacion.com/control-realimentado/lazo-abierto-y-lazo-cerrado/>

Software de programación

Los softwares de programación son herramientas clave en la automatización industrial y el control de sistemas. Estos programas permiten a los usuarios y desarrolladores crear, editar y depurar lógicas y algoritmos de control para dispositivos como controladores lógicos programables (PLCs) y sistemas de automatización. Estos softwares varían en funcionalidad, interfaz y capacidades, y su elección **depende en gran medida del fabricante del equipo y del protocolo de comunicación utilizado.**

Fabricantes como Siemens, Allen-Bradley (Rockwell Automation), Schneider Electric y otros, ofrecen sus propios programas de programación, que están diseñados para ser compatibles con sus dispositivos específicos.

Los softwares de programación desarrollados por Allen-Bradley, una marca de Rockwell Automation, desempeñan un papel fundamental en la automatización industrial y el control de procesos. Estas herramientas, como RSLogix 5000 y Studio 5000, brindan una plataforma integral para diseñar, programar y monitorear sistemas basados en controladores lógicos programables (PLCs) y otros dispositivos de automatización. A

continuación, se proporciona una explicación de los softwares de programación más comunes, con un enfoque específico en Studio 5000, RSLinx Classic, RSLogix Emulate 5000 y FactoryTalk View Studio, los cuales son parte del entorno de desarrollo de Rockwell Automation.

Studio 5000

Es un software de programación y desarrollo de Rockwell Automation utilizado para configurar y programar los controladores Allen-Bradley de la serie Logix 5000 (**Figura 23**), que incluye PLCs como ControlLogix y CompactLogix. Studio 5000 proporciona un entorno de desarrollo integrado que combina varias herramientas, incluyendo RSLogix 5000, FactoryTalk View Studio y otros complementos. (Elvatron, 2023)

Figura 23

Logotipo del software de programación Studio 5000.



Nota. Tomado de Markaingenieria <https://markaingenieria.wordpress.com/curso-de-plc-controllogix-5000-studio-5000-logix-designer/>

RSLogix Emulate 5000

Es una herramienta de simulación utilizada para emular el comportamiento y la lógica de los controladores Logix 5000 en un entorno de PC sin la necesidad de hardware físico (**Figura 24**). Permite a los programadores desarrollar y probar su lógica de control en un ambiente virtual antes de implementarla en un PLC real. Esto ayuda a acelerar el desarrollo y la depuración de programas. (Rockwellautomation, 2023)

Figura 24

Logotipo del software RSLogix Emulate 5000.



Nota. Tomado de Xybernetics <http://xybernetics.com/techtalk/engineering/a-quick-tutorial-on-rslogix-emulator-5000/>

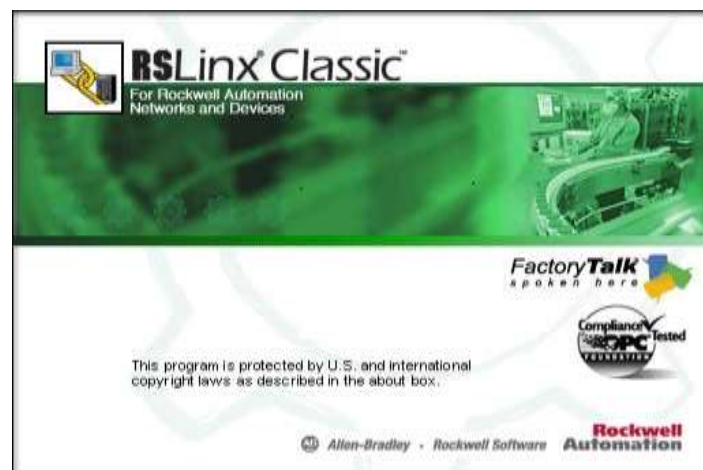
RSLinx Classic

Es un software de comunicación de Rockwell Automation que permite establecer conexiones entre los dispositivos de automatización industrial y las aplicaciones de software en un sistema de control (**Figura 25**). Proporciona una interfaz para configurar conexiones con PLCs y otros dispositivos, y también permite la comunicación con dispositivos HMI (Human Machine Interface) y SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).

(Rockwellautomation, RSLinx Classic, 2008)

Figura 25

Logotipo del software RSLinx Classic.



Nota. Tomado de kb-controls <https://www.kb-controls.io/post/what-is-rslinx-classic>

FactoryTalk View Studio

Es una herramienta de desarrollo de Rockwell Automation utilizada para crear interfaces gráficas de usuario (HMI) y sistemas SCADA (**Figura 26**). Permite a los usuarios diseñar y desarrollar pantallas de operador, alarmas, tendencias y otras interfaces para supervisar y controlar procesos industriales. FactoryTalk View Studio también se integra con otros productos de Rockwell Automation, como los controladores Logix 5000, para facilitar la visualización y control de datos en tiempo real. (Rockwellautomation, 2023)

Figura 26

Logotipo del software FactoryTalk View Studio.



Nota. Tomado de Infopl <https://www.infopl.net/descargas/195-rockwell/hmi-scada/2789-programacion-panelview-factorytalk-view-studio>

Lista de entregables de ingeniería

La lista de entregables de ingeniería es un documento detallado que enumera todos los productos, documentos y elementos que deben ser entregados al cliente o a los interesados en un proyecto de ingeniería específico. Estos entregables son productos finales o resultados que se generan durante las distintas etapas del proyecto y son esenciales para completar y validar la ejecución exitosa del mismo.

(Recursosenprojectmanagement, 2023)

Cada proyecto de ingeniería puede tener una lista de entregables personalizada y específica, que se desarrolla en función del alcance del proyecto y de las necesidades del cliente. A continuación, se detalla los documentos que son parte de la lista de entregables de este proyecto:

Lista de instrumentos

Es un documento detallado que enumera todos los instrumentos y equipos de medición necesarios para controlar, supervisar y operar adecuadamente los diferentes procesos. Esta lista incluye una amplia variedad de dispositivos de medición, sensores y transmisores entre otros elementos que se distribuyen en diversas áreas y etapas de un sistema. (Aula21, 2023)

Lista de cables

Es un documento que detalla todos los tipos y cantidades de cables necesarios para la instalación y puesta en marcha de los equipos de un sistema. Contiene una variedad de cables específicos para diferentes aplicaciones, como cables de alimentación para suministrar energía, cables de control para conectar los dispositivos y sensores a los controladores y sistemas de automatización, cables de comunicación para transmitir datos, cables de instrumentación para conectar los instrumentos de medición y sensores a los sistemas de monitoreo, entre otros. La lista de cables industriales debe incluir información detallada, como la longitud requerida de cada cable, el tipo de conductor, el aislamiento, la resistencia eléctrica, la clasificación de temperatura y otros detalles técnicos necesarios. (Scribd, 2023)

Lista de señales

Es un documento que enumera y describe todas las señales eléctricas, electrónicas o de instrumentación utilizadas en un sistema o proceso industrial para monitorear, controlar o transmitir información relevante. La lista puede incluir señales analógicas, como corriente y voltaje, que representan mediciones de variables físicas como temperatura, presión, caudal o nivel. También puede contener señales digitales, como señales binarias que indican estados de encendido/apagado o alarmas. (Sapiensman, 2023)

Hojas de datos

Es un documento técnico que contiene información detallada sobre un equipo, dispositivo o instrumento utilizado en un proceso industrial. Esta hoja de datos proporciona datos específicos y relevantes para el diseño, selección, instalación y operación de dicho

equipo en un entorno industrial. En la hoja de datos se pueden encontrar detalles como las especificaciones técnicas del equipo, como la capacidad de rendimiento, dimensiones físicas, rangos de operación, características eléctricas y mecánicas, conexiones de entrada y salida, requisitos de alimentación eléctrica, clasificaciones de temperatura y humedad, entre otros. (Keepcoding, 2023)

Layouts interno/externo

Es un plano o diseño detallado que representa la disposición y ubicación de los componentes eléctricos en el tablero, tanto en su interior como en su exterior. El layout interno muestra la distribución interna de los dispositivos, como interruptores, relés, contactores, fusibles, PLCs y otros componentes, indicando cómo están conectados y cableados entre sí. Esta representación interna es esencial para los electricistas y técnicos, ya que les permite entender la configuración del tablero y facilita el mantenimiento y diagnóstico de problemas eléctricos. (Racking, 2023)

Diagrama de lazo

También conocido como diagrama de bucle de control o loop de control, es una representación gráfica que muestra la secuencia y las interconexiones de los elementos que conforman un sistema de control automatizado. Este diagrama es fundamental para entender cómo se realiza el control de un proceso industrial específico. En un diagrama de lazo, se identifican y se conectan elementos clave, como sensores, actuadores, controladores, elementos finales de control y señales de retroalimentación. (Scribd, 2023)

Diagrama de conexionado

Es una representación gráfica detallada que muestra cómo están conectados físicamente los diferentes componentes eléctricos y electrónicos en un sistema industrial. Este tipo de diagrama es esencial para entender y visualizar la configuración eléctrica de un proceso industrial, incluyendo cómo se interconectan los equipos, dispositivos y componentes en el sistema de control. En el diagrama de conexionado se pueden identificar elementos como interruptores, relés, contactores, sensores, actuadores, PLCs, paneles de

control, tableros eléctricos y otros dispositivos utilizados en la automatización y control de procesos industriales. (Eplan, 2023)

Diagrama de borneras

Es una representación gráfica detallada que muestra cómo se conectan físicamente los cables y conductores eléctricos a los terminales o bornes de diferentes equipos, dispositivos y componentes en un sistema industrial. Este tipo de diagrama es esencial para entender la disposición y la interconexión eléctrica de los diferentes elementos en un tablero eléctrico o sistema de control. En el diagrama de borneras, cada borne o terminal se representa de manera clara y se etiqueta con su respectiva función o conexión. (Dokumen, 2023)

Diagrama de bloques

Es una representación gráfica que utiliza bloques o rectángulos para mostrar de manera simplificada la estructura y secuencia de un sistema de control o proceso industrial. Cada bloque representa una función o una etapa del proceso, y las líneas de conexión entre los bloques indican el flujo de información, señales o materiales entre las diferentes partes del sistema. Este tipo de diagrama proporciona una visión clara y fácil de entender de la interacción entre los componentes y etapas del proceso industrial, lo que facilita la identificación de los elementos clave y su relación en la operación general del sistema. (UGR, 2023)

Diagrama de flujo

Es una representación gráfica que utiliza símbolos y flechas para mostrar el flujo o secuencia de pasos de un proceso o procedimiento. Este tipo de diagrama contiene una serie de símbolos que representan diferentes acciones, decisiones, conexiones y puntos de inicio o fin del proceso. Cada símbolo se conecta mediante flechas que indican el flujo de la información o las acciones que se llevan a cabo en cada paso del proceso. (Lucidchart, 2023)

Capítulo III:

Desarrollo

Introducción

La escasez de agua en diversas regiones, exige enfoques innovadores para garantizar un suministro constante y confiable de agua potable. A través de la investigación, se aborda la eficiencia y la calidad en la desalinización del agua mediante la programación avanzada del controlador. La eficiencia operativa de la PTA-D es esencial para garantizar un suministro confiable y sostenible de agua potable. En este sentido, la automatización y el control del sistema de la planta desempeñan un papel crucial.

El controlador del sistema de automatización es responsable de supervisar y regular los procesos de desalinización, controlar los flujos de agua, regular la presión y garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua. Sin embargo, la programación actual del controlador del sistema de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” en SEDEMI S.C.C. no está actualizada según las modificaciones solicitadas por los ingenieros de procesos, lo que puede resultar en un uso ineficiente de los recursos, un consumo excesivo de energía y posibles fallas en la calidad del agua producida.

Por lo tanto, es fundamental abordar esta problemática y buscar mejoras en la programación del controlador para maximizar la eficiencia operativa de la planta. El objetivo es realizar un análisis detallado de la programación del controlador del sistema de automatización de la PTA-D en la empresa SEDEMI S.C.C. Se recopilará información técnica sobre los equipos de instrumentación y control utilizados, así como evaluar el desempeño actual del sistema. A partir de este análisis, se propondrán mejoras en la programación del controlador, con el fin de mejorar la eficiencia operativa, reducir los costos y garantizar la producción de agua potable de alta calidad.

El resultado de este proyecto tendrá un impacto significativo en la operación de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” de la empresa SEDEMI S.C.C., permitiendo una gestión más adecuada del sistema de control. Además, los hallazgos y las

recomendaciones obtenidas podrán ser utilizados como base para futuros proyectos de mejora y expansión de la infraestructura de tratamiento de agua desalinizada.

Descripción del sistema

Para describir la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”, se presenta el diagrama de la

Figura 27, en el cual se señala los procesos operativos principales de la planta resumidos en la **Tabla 1**:

Tabla 1

Descripción del sistema de la planta PTA-D.

Identificador	Nombre	Descripción
a (color rojo)	Zona de abastecimiento	Tanque de suministro en el que ingresa agua cruda con un punto de inyección para la dosis de Cloro
b (color amarillo)	Zona de filtración multimedia	Tanques de filtración de partículas, sedimentos y otras impurezas sólidas presentes en el agua de mar antes de que ingrese a la siguiente etapa del proceso
c (color chocolate, énfasis 2 80%)	Sistema de backwash	Sistema que desaloja las partículas y sólidos acumulados en los medios filtrantes, llevándolos fuera del sistema de filtración.
d (color azul claro)	Zona de filtración por cartuchos	Elementos cilíndricos compuestos de materiales filtrantes que permite el paso del fluido para acciones de limpieza
e (color azul)	Zona de ósmosis inversa	Serie de módulos de ósmosis inversa que contienen membranas semipermeables que permiten el paso de moléculas de agua a través de ellas, mientras que rechazan las sales y otras partículas más grandes.
f (color naranja, énfasis 4)	Zona de dosificación	Se encarga de agregar y mezclar productos químicos en cantidades controladas al agua de mar pretratada antes de entrar a la etapa de ósmosis inversa
g (color chocolate, énfasis 2)	Sistema fresh flush	Realizar un lavado o enjuague periódico de las membranas de ósmosis inversa

Nota. Esta tabla muestra la descripción del sistema de la planta por zonas de forma general para el proceso de desalinización.

Figura 27

Procesos de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”.



Nota. La figura esta dibujado en 3D y representa la estructura de la planta desalinizadora.

Detalles de la planta

En la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”, la zona de abastecimiento está delimitada por el tanque subterráneo TK-101 que es alimentado por medio de la línea SW-10”-001-PVC-80, El mismo que alimentará por medio de las tuberías al sistema de presión para la filtración multimedia MMF feed pump skid #1 y MMF feed pump skid #2.

Por otro lado, el sistema de filtración multimedia es alimentado por la línea (SW-10”-004-PVC-80), este sistema cuenta con 9 tanques de filtración, un sistema de retro lavado (backwash) y un sistema enjuague rápido (fast rinse). Para los sistemas de fast rinse y backwash existe un tanque de almacenamiento subterráneo (TK-302), el cual es alimentado por el caudal de la línea (FW-8”-058-PVC-80), de esta reserva se alimenta al MMF Backwash pump skid y este a su vez alimenta al sistema de retro lavado y de enjuague rápido de los filtros multimedia, esta zona es llamada la zona de filtración multimedia.

La planta de tratamiento cuenta con dos sistemas de filtración por cartuchos (Cartridge filter skid #1 y Cartridge filter skid #2), los mismos que son alimentados por las líneas de tubería FW-8”-012-PVC-80 y FW-8”-031-PVC-80 respectivamente, cada skid

cuenta con un sistema de limpieza que es alimentado por las corrientes de flujo de salida PW-4"-059-PVC-80 y PW-4"-060-PVC-80 del fresh flush pump skid, a esta zona se la denomina zona de filtración por cartuchos.

La zona de osmosis inversa cuenta con 2 skids (Reverse osmosis skid Unit No.1 y Reverse osmosis skid Unit No.2), los cuales son alimentados por las líneas de tuberías FW-6"-015-2205 DUPLEX SS-40 y FW-6"-033-2205 DUPLEX SS-40, estas corrientes de flujo provienen de los skid de alta presión (high pressure pump skid #1 y high pressure pump skid #2), la zona de osmosis cuenta con un sistema de limpieza "in situ" o mejor conocido como "CIP" (Clean in place), que se encargara del lavado de tuberías tanto de entrada y de salida del proceso de osmosis inversa.

Cada proceso tiene factores importantes que deben intervenir y cumplir sus funciones en el sistema operativo de la "Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)" por lo que es necesario entender de manera más detalla su funcionamiento, y de acuerdo a la identificación de la **Figura 27**, se explica a continuación:

Zona de abastecimiento o captación de agua

El fluido a transportar corresponde a agua cruda de mar que proviene de un reservorio (alcance del cliente). El agua en la línea de entrada, contiene un punto de inyección para la dosis de Cloro, posteriormente se ubica un mezclador en línea 10"-MX-101 para alcanzar una solución homogénea y por ende una mayor desinfección.

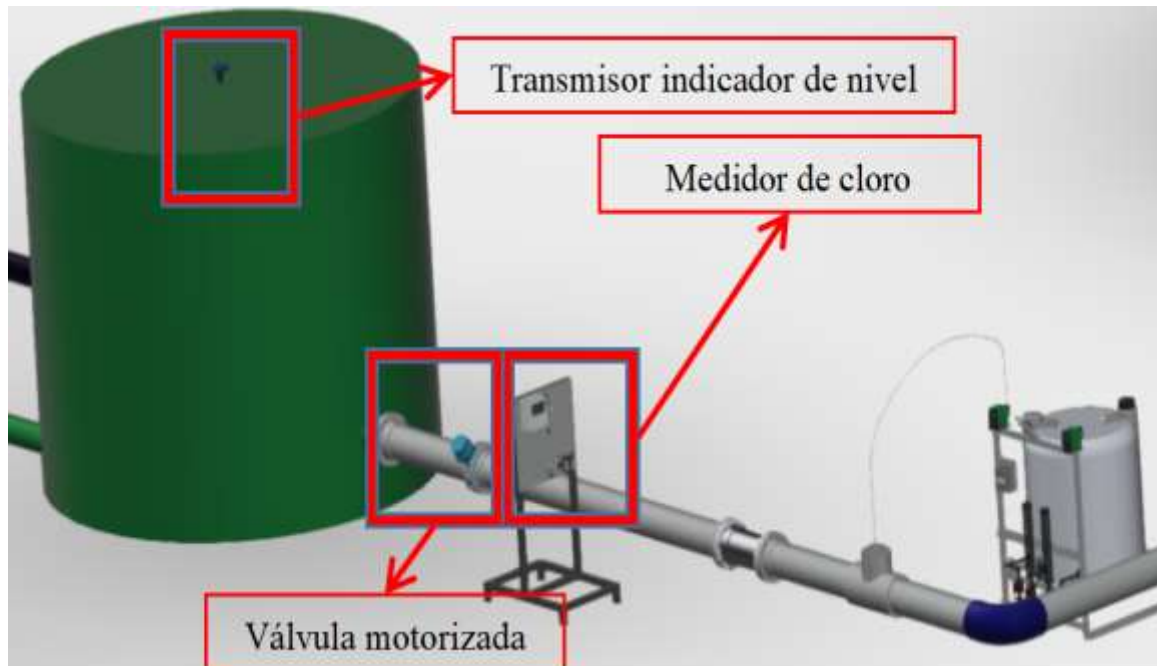
Continuando por la línea a aproximadamente 10-15 ft se tiene un medidor de cloro libre con puntos de referencia (sets): 0 y 10 ppm y una válvula motorizada; la tubería SW-8"-003-PVC-80 está supervisada por una válvula motorizada para llenado de tanque (MBF-131). La corriente se almacena en el tanque TK-101 el cual contiene un indicador, transmisor de nivel con puntos de referencia (sets): 10%, 20% y 80%. Finalmente, para el suministro, el tanque conecta con dos válvulas de pie (FV-111-1) y (FV-111-2) con las corrientes SW-8"-002-PVC-80 y SW-8"-003-PVC-80.

La instrumentación presente en la zona de abastecimiento se cita a continuación y se muestra en la **Figura 28**.

- Un (1) medidor de cloro libre (AI-146)
- Un (1) transmisor indicador de nivel (LIT-161)
- Una (1) válvula motorizada (MBF-131)

Figura 28

Identificación de instrumentos en la zona de abastecimiento.



Zona de filtración multimedia

El sistema de filtración multimedia es alimentado por dos skids de bombas (P-301-1) y (P-301-2), cada bomba cuenta con un switch de desconexión. En la línea del proceso (de alimentación o de succión de la bomba) está ubicado un punto de medición conformado por una válvula de bola (BV-373-1/2) conectada a un indicador de presión (PI-373-1/2) y un transmisor de presión (PT-373-1/2) respectivamente para cada skid, continuando por la línea de descarga de forma similar se tiene un punto de medición conformado por una válvula de bola (BV-373-1/2) conectada a un indicador de presión (PI-374-1/2) y un transmisor de presión (PT-374-1/2) respectivamente para cada skid. El agua a presión alta expulsada por las bombas (P-301-1 y P-301-2) converge en un punto de unión (SW-10"-004-PVC-80), se encuentra un analizador de turbidez (AT-344A) y un transmisor de presión

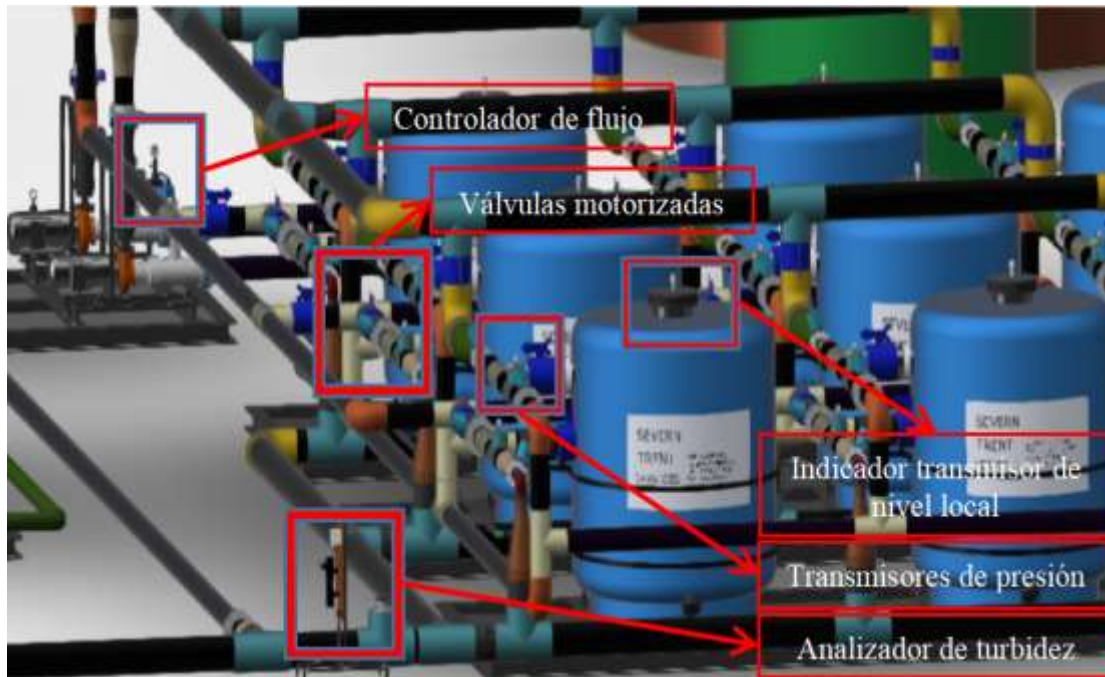
(PT-378), el fluido es llevado hacia los filtros multimedia y por medio de bifurcaciones se va alimentando a los diferentes tanques de filtración. Se tienen 9 filtros multimedia (MMF-301A/B/C/D/E/F/G/H/J), cada filtro cuenta con cinco válvulas motorizadas (MBF-321/2/3/4/5), las cuales regulan el paso del caudal para el backwash y el fast rinse a través de la corriente de flujo por la línea FW-8"-006-PVC-80 y controlan la entrada y salida de la corriente principal (SW-12"-004-PVC-80 Y SW-12"-010-PVC-80) respectivamente, además cada filtro cuenta con 2 indicadores de presión (PI-371/2), unidos a válvulas de bola (BV-371/2), cada corriente de drenaje contiene un controlador de flujo, para la línea FW-2"-011-PVC-80 se tiene el (FC-351-1) y para la línea FW-8"-009-PVC-80 se tiene el (FC-352-1), por otro lado se tiene la corriente de flujo FW-12"-010-PVC-80 que cuenta con varios puntos de unión para las distintas corrientes de agua filtrada, esta cuenta con un transmisor de presión(PI-371/2), y un analizador de turbidez (AT-344B), continuando por la línea de proceso existe una trifurcación, dos de los ramales (FW-8"-012-PVC-80 y FW-8"-031-PVC-80) serán la alimentación para la zona de filtración por cartuchos, y el tercer ramal (FW-8"-058-PVC-80), será controlado por la válvula motorizada (MBF-328) y dirigido al sistema de backwash.

La instrumentación presente en zona de filtración multimedia se detalla a continuación y se muestra en la **Figura 29**.

- Veinte y cuatro (24) indicadores de presión: (PI-373-1/2, 374-1/2, 376, 375, 371A/B/C/D/E/F/G/H/J, 372A/B/C/D/E/F/G/H/J).
- Ocho (8) Transmisores de presión (PT-379,378,377,375, 374-1/2, 373-1/2)
- Un (1) indicador transmisor de nivel local en tanque (LIT-361)
- Dos (2) analizadores de turbidez (AT-344 A/B)
- Dos (2) Controladores de flujo (FC-351-1,352-1).
- Cuarenta y seis (46) válvulas motorizadas (MBF-328, 321A/ B/ C/ D/ E/ F/ G/ H/ J, 322 A/ B/ C/ D/ E/ F/ G/ H/ J, 323 A/ B/ C/ D/ E/ F/ G/ H/ J, 324 A/ B/ C/ D/ E/ F/ G/ H/ J, 325 A/ B/ C/ D/ E/ F/ G/ H/ J).

Figura 29

Identificación de instrumentos en la zona de filtración multimedia.



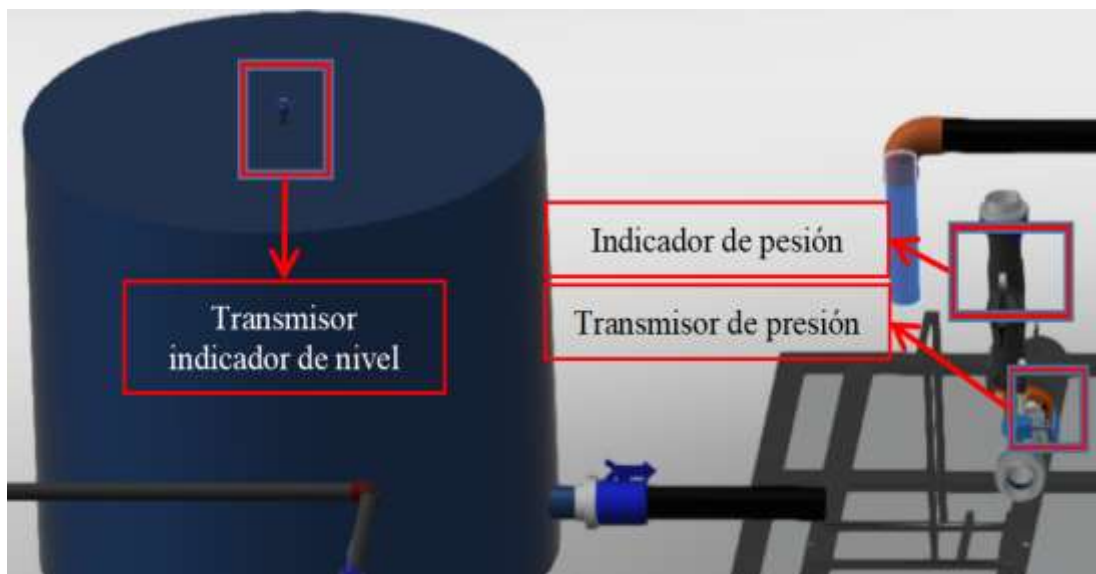
El sistema de backwash

Es alimentado por la corriente de flujo FW-8"-058-PVC-80 y almacenado en el tanque (TK-302), el tanque cuenta con un transmisor, indicador de nivel (LIT-361) y con una válvula de pie FV-311. La bomba de backwash (P-302) es alimentada por la corriente de flujo FW-8"-005-PVC-80 la misma que contiene una válvula de mariposa (BF-318), un transmisor de presión (PT-377), y un punto de medición con acople a una válvula de bola (BV-376) a un indicador de presión (PI-376), la línea de salida FW-8"-005-PVC-80 de la bomba (P-302), presenta una válvula check (CK-312), que controla la dirección del fluido, un punto de medición con acople a una válvula de bola (BV-375) a un indicador de presión (PI-375), un transmisor de presión (PT-375) y una válvula de mariposa (BF-319). La instrumentación presente en el sistema backwash se detalla a continuación y se muestra en la **Figura 30**.

- Un (1) transmisor, indicador de nivel (LIT-361)
- Dos (2) transmisor de presión (PT-377)
- Dos (2) indicadores de presión (PI-375)

Figura 30

Identificación de instrumentos en el sistema de backwash.



Zona de filtración por cartuchos

El filter cartridge skid 1 y 2 son alimentados por las corrientes de flujo FW-8"-012-PVC-80 y FW-8"-031-PVC-80, la línea cuenta con una válvula motorizada MBF-421-1/2 que permite el paso del fluido para acciones de limpieza en conjunto con la válvula MBF-921-1/2, además cuenta con dos puntos de inyección para las dosis de anti Escalante y metabisulfito de sodio y un mezclador en línea 8"-MX-401-1/2 para la homogenización de la solución, también cuenta con un by pass que contiene un transmisor de temperatura (TT-481-1/2), un analizador de pH (AT-441-1/2), un transmisor de conductividad (CT-443-1/2), un transmisor de presión (PT-472-1/2) y un indicador de presión (PI-472-1/2) unido a una válvula de bola (BV-472-1/2). En el tanque cuenta con dos salidas de drenaje que tienen una válvula de bola para el cierre y apertura según la necesidad, la salida del filtro es dirigida por la tubería (FW-8"-014-PVC-80), la misma que cuenta con un bypass que a su vez contiene un transmisor de presión (PT-473-1), un switch de presión baja (PSL-571-1), transmisor de potencial de oxidación y reducción (AT-442-1), un indicador de presión (PI-473-1/2) unido a una válvula de bola (BV-473-1/2). Para la limpieza de los filtros de cartucho se cuenta con válvulas motorizadas (MBF-922-1/2) que regularan el paso del fluido hacia los tanques TK-901A/B para ser almacenado, y posteriormente servir como suministro para

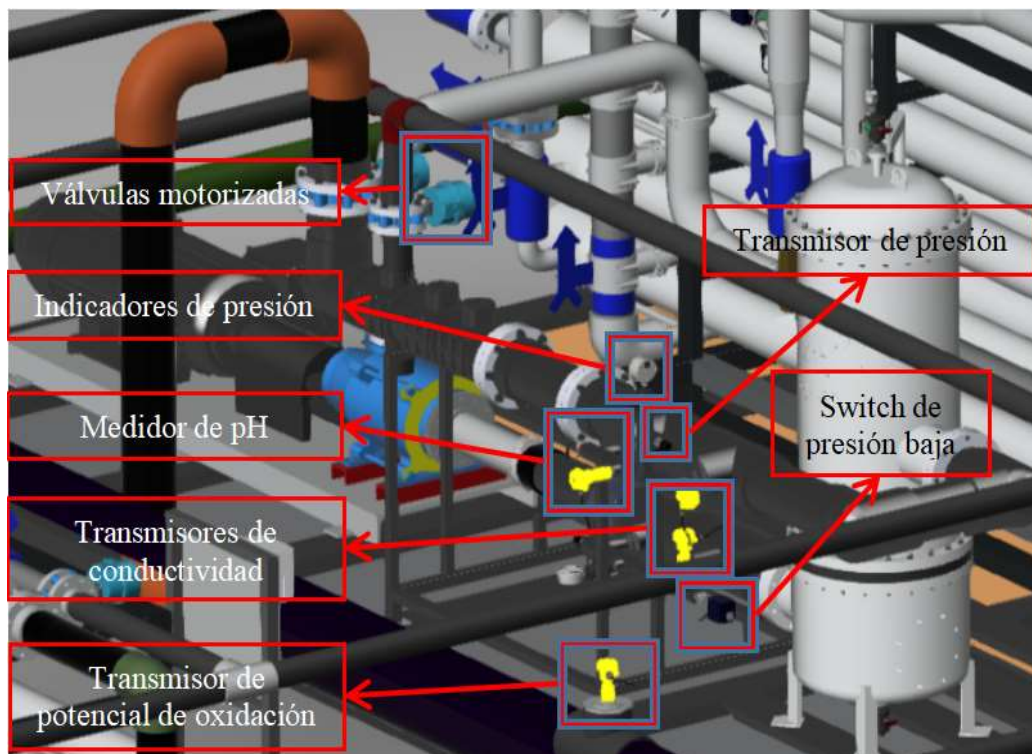
el fresh flush pump skid cuya corriente de alimentación es PW-4"-061-PVC-80, la bomba (P-901) descarga por la línea PW-4"-062-PVC-80 que cuenta con un indicador de presión (PI-972) y a su vez se dividirá en dos para alimentar al sistema de limpieza de los respectivos filtros de cartucho (CF-401-1/2).

La instrumentación presente en zona de filtración por cartuchos se detalla a continuación y se muestra en la **Figura 31**.

- Cuatro (5) indicadores de presión: (PI-472-1/2, 473-1/2).
- Cuatro (4) Transmisores de presión (PT-472-1/2,473-1/2)
- Dos (2) medidor de pH (AT-441-1/2)
- Dos (2) transmisores de conductividad (CT-443-1/2).
- Dos (2) transmisores de temperatura (481-1/2)
- Dos (2) switch de presión baja (PSL-571-1/2)
- Dos (2) transmisor de potencial de oxidación reducción (AT-442-1/2)
- Cuatro (4) válvulas motorizadas (MBF-921-1/2, 421-1/2)

Figura 31

Identificación de instrumentos en la zona de filtración por cartuchos.



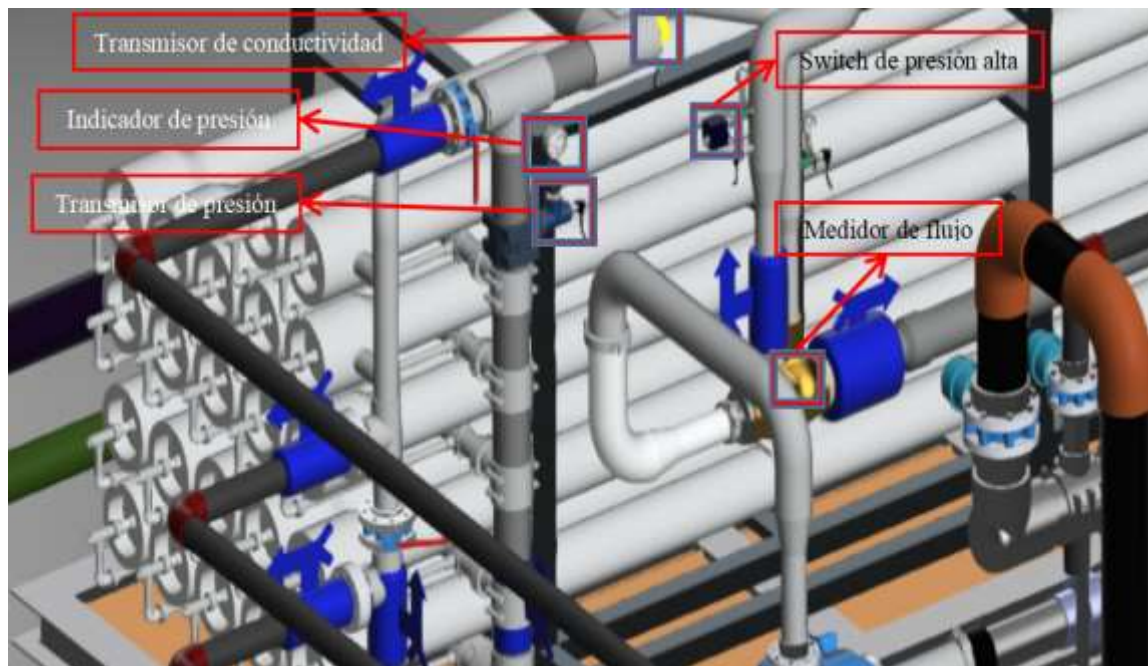
Zona de ósmosis inversa (OI)

Cuenta con dos skids #1 y #2, cada skid requiere que el fluido ingrese a alta presión, motivo por el cual cuenta con una bomba de alta presión (P-501-1/2), cuya corriente de salida (FW-6"-015-2205 DUPLEX SS-40 y FW-6"-033-2205 DUPLEX SS-40) tiene un indicador de presión PI-673-1/2 y alimenta al skid de OI, la corriente de flujo de alimentación del proceso es (FW-6"-016-2205 DUPLEX SS-40 y FW-6"-035-2205 DUPLEX SS-40) que cuenta con indicador de presión (PI-671-1/2), un switch de alta presión (PSH-572-1/2) y un transmisor de presión (PT-671A-1/2), esta misma corriente alimentara a las 5 estaciones de pressure vessels. Las corrientes de salida de agua pura de los pressure vessels desembocan en la corriente (PW-6"-022-PVC-80 y PW-6"-041-PVC-80) la misma que cuenta con un indicador de presión (PI-678-1/2), un transmisor de presión (PT-678-1/2), un transmisor de conductividad (CT-643-1/2) y medidor de flujo tipo magnético (FT-652-1/2). La corriente de flujo de la salmuera (BR-4"-028-PVC-80 y BR-4"-047-PVC-80) cuenta con un indicador de presión (PI-672A-1/2) y un transmisor de presión (PT-672A-1/2), continuando por la línea hay una bifurcación que sirve para medición en la cual existe un transmisor de presión (PT-672B-1/2) y un indicador de presión (PI-672B-1/2). El equipo de ósmosis inversa cuenta con un sistema CIP o clean in place que se utiliza para el lavado de las tuberías del equipo de ósmosis, cuenta con un panel local de control independiente (LCP-801), también contiene un tanque el cual presenta un switch de nivel bajo (LSL-861) y un calentador eléctrico (HE-802), es alimentado por las corrientes de limpieza del producto y abastece a la bomba (P-801) por medio de la corriente PW-6"-050-PVC-80, en la corriente de descarga de la bomba se presenta un reciclo y un medidor de presión (PI-872), por otro lado esta corriente es la alimentación del filtro de cartucho (CF-801B) y a la salida de este equipo se tiene a la corriente PW-6"-051-PVC-80, la que presenta un medidor de presión (PI-871), transmisor de pH (AIT-841) y un medidor de caudal tipo paddlewheel (FT-851). La instrumentación presente en la zona de osmosis inversa se detalla a continuación y se muestra en la **Figura 32**.

- Doce (12) indicadores de presión (PI-673-1/2)
- Un (1) transmisor de presión (PT-671A-1/2)
- Un (1) transmisor de conductividad (CT-643-1/2)
- Un (1) switch de presión alta (PSH-572-1/2)
- Un (1) medidor de flujo tipo magnético (FT-652-1/2)

Figura 32

Identificación de instrumentos en zona de ósmosis inversa.



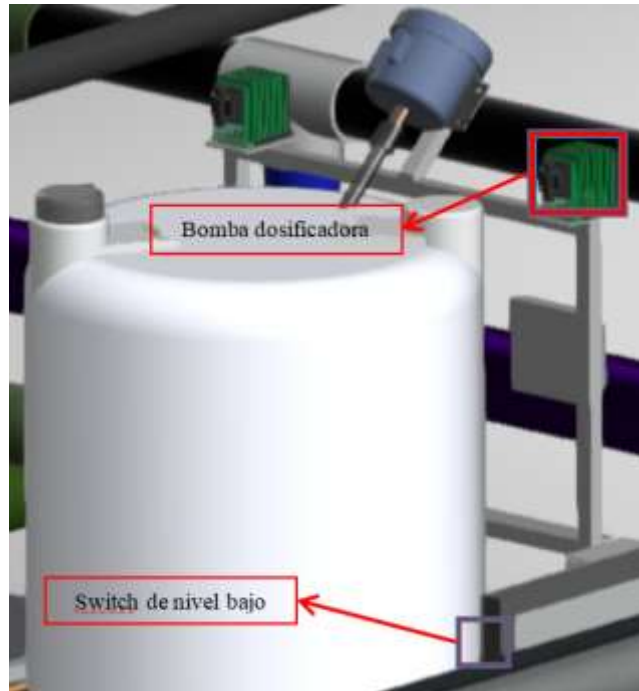
Zona de dosificación

La planta en general cuenta con tres tanques de dosificación (TK-201, TK-203 Y TK-205) para inyección de Pre-cloración, anti Escalante y Metabisulfito de Sodio respectivamente, con capacidad para 220 galones (1 m³), cada tanque cuenta con un mezclador fijo y columnas de calibración para el control del flujo de inyección. Los tanques TK-201, TK-203 y TK-205, cuentan con un switch de nivel bajo cada uno (LSL-261, LSL-263 y LSL-265), y también cada uno posee dos bombas (CP-201A/B, CP-203A/B, CP-205A/B). La instrumentación presente en la zona de dosificación se detalla a continuación y se muestra en la **Figura 33**.

- Tres (3) switch de nivel bajo cada uno (LSL-261, LSL-263 y LSL-265)
- Seis (6) bombas dosificadoras (CP-201A/B, CP-203A/B, CP-205A/B)

Figura 33

Identificación de instrumentos en la zona de dosificación.



Sistema fresh flush

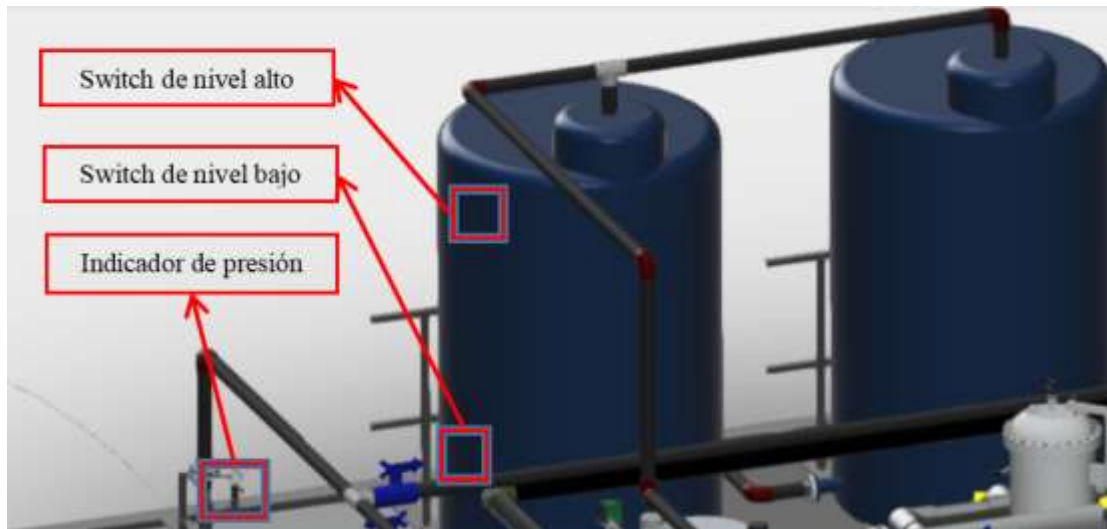
Está conformado por dos tanques de almacenamiento de agua (TK-901A, TK-901B) que ingresa por la corriente de entrada PW-4"-049-PVC-80, con capacidad de 3600 galones cada taque, pero solo uno de ellos cuenta con un switch de nivel bajo y un switch de nivel alto (LSL-961 y LSH-961) que serán únicamente alimentados si las válvulas de salida de ósmosis inversa (MBF-922-1 y MBF-922-2) están abiertas. La bomba de fresh flush (P-901) cuenta con un switch de desconexión, en la corriente de succión, la bomba está ubicado un punto de medición conformado por una válvula de bola (BF-911) y sensores de temperatura a la entrada y salida de la bomba, la corriente de salida de la bomba (P-901), presenta una válvula check (CK-911), que controla la dirección del fluido, un punto de medición con acople a una válvula de bola (BF-912) y un indicador de presión (PI-972).

La instrumentación presente en la zona de dosificación se detalla a continuación y se muestra en la **Figura 34**.

- Un (1) switch de nivel alto (LSH-961)
- Un (1) switch de nivel bajo (LSL-961)
- Un (1) indicador de presión (PI-972)

Figura 34

Identificación de instrumentos en el sistema fresh flush.



Relevamiento de la información técnica de la Planta (PTA-D)

Lista de entregables de ingeniería.

Sedemi cuenta con los equipos necesarios dentro de sus instalaciones (sección bodega) para realizar el montaje de la planta desalinizadora PTA-D, el mismo que es de vital importancia para el desarrollo de la programación del controlador a utilizar.

Dentro del contenido necesario para el desarrollo del presente proyecto, se realiza el levantamiento de la información técnica que debe ser presentado mediante planos, diagramas, listados, etc.

La realización de estos documentos se llevó a cabo en el departamento de Ingeniería e Innovación Tecnológica de la empresa Sedemi S.C.C., que son codificados y administrados en el sistema de la empresa.

El personal estudiantil se trasladó a la bodega de la empresa, donde se encuentran los contenedores enumerados de forma ascendente que contienen los instrumentos y equipos pertenecientes del proyecto "Rehabilitación de la planta de tratamiento de agua

desalinizadora (PTA-D)”, y se llevó a cabo la verificación y recopilación de datos de cada componente. A continuación, se explica que información contiene cada uno.

Lista de instrumentos. Se elaboró el listado de instrumentos con la recopilación de datos adquiridos en un formato proporcionado por la empresa en Microsoft Excel (Ver Anexo 1), además de P&IDs existentes. Este documento contiene la descripción de los equipos que intervienen en el proceso, e incluye información como: tag, serie, marca, modelo de los instrumentos entre otros datos en el cual se puede identificar varios detalles que se debe considerar para realizar el montaje (Figura 35).

El documento se encuentra dentro del sistema empresarial con la siguiente codificación: 5421011-IIT-60-LDI-001-C.

Figura 35

Lista de instrumentos de la PTA-D.

PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR (PTA)											Departamento:	GERENCIA DE PROYECTOS	
											Código No.:	5421011-IIT-60-LDI-001-C	
											Revisor:	C	
											Página No.:	1 de 2	
LISTA DE INSTRUMENTOS													
ITEM	ETIQUETA	DESCRIPCIÓN	P&ID / DRAWING	UBICACIÓN	MODELO/ TIPO	LÍNEA	RANGO / UNIT			HOJA / SEÑALADOR	FABRICANTE	MODELO	NOTAS
							MIN	MAX	UNIDAD				
1	LSE 201	Indicador de nivel de agua en el tanque de pre-filtración	5421011-IIT-60-LDI-001-C	OFF SHED	CHEMICAL, OCEANO (SIS)	---	---	---	---	5421011-IIT-60-LDI-001-C	---	---	4
2	AT 148	Transmisor analógico de nivel del tanque de agua	5421011-IIT-60-LDI-001-C	OFF SHED	---	OFFSHORE	0	15	mm	5421011-IIT-60-LDI-001-C	TRISYS TRINT 40 100	TRISYS - L10000	5
3	LIT 181	Transmisor indicador de nivel en el tanque de agua	5421011-IIT-60-LDI-001-C	OFF SHED	---	---	0	10	mm	5421011-IIT-60-LDI-001-C	FLUORID	5421011-IIT-60-LDI-001-C	6
4	PT 373-1	Transmisor de presión en el feed pump (A&R)	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #1	OFFSHORE	-100	200	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	---
5	PI 373-1	Indicador de presión de aspiración de la bomba de alimentación del feed	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #1	OFFSHORE	-100	200	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	---
6	PT 374-1	Transmisor de presión en el feed pump (A&R)	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #1	OFFSHORE	-100	200	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	---
7	PI 374-1	Indicador de presión de aspiración de la bomba de alimentación del feed	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #1	OFFSHORE	0	100	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	---
8	PT 374-2	Transmisor de presión en el feed pump (A&R)	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #2	OFFSHORE	0	100	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	---
9	PI 374-2	Indicador de presión de aspiración de la bomba de alimentación del feed	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #2	OFFSHORE	0	100	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	---
10	PT 375-1	Transmisor de presión en el feed pump (A&R)	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #2	OFFSHORE	-100	200	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	---	---	1.2
11	PI 375-1	Indicador de presión de aspiración de la bomba de alimentación del feed	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #2	OFFSHORE	-100	200	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	---	---	1.3
12	AT 3446	Transmisor analógico de turbidez	5421011-IIT-60-LDI-001-C	ON SHED	FEED PUMP #2	OFFSHORE	0	200	NTU	5421011-IIT-60-LDI-001-C	TRISYS TRINT 40 100	TRISYS - L10000	---
13	PI 378	Transmisor de presión	5421011-IIT-60-LDI-001-C	OFF SHED	TURBINA MEDICION	OFFSHORE	0	100	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	5
14	PI 379	Transmisor de presión	5421011-IIT-60-LDI-001-C	OFF SHED	TURBINA MEDICION	OFFSHORE	0	100	kPa	5421011-IIT-60-LDI-001-C	WISA	541500	5
15	AT 3448	Transmisor analógico de turbidez	5421011-IIT-60-LDI-001-C	OFF SHED	TURBINA MEDICION	OFFSHORE	0	200	NTU	5421011-IIT-60-LDI-001-C	---	---	1.3

Nota. No se adjunta la lista de instrumentos completa por confidencialidad de información de la empresa.

Lista de cables. Se verificó los datos de los cables que están conectados y cables que se necesitan adquirir para la instalación de cada instrumento y equipo que intervienen en el proceso y desarrollo del proyecto a ejecutarse por la empresa SEDEMI (Figura 36).

Esta lista incluye detalles como el tipo de cable, el número de conductores, el material de construcción, la longitud requerida, la función específica del cable en el sistema

entre otros datos, por lo que es necesario identificarlos detalladamente dentro de un formato exclusivo que contienen diversas especificaciones (Ver Anexo 2).

La lista de cables realizada se encuentra en el sistema de la empresa siguiendo las designaciones de códigos de la siguiente manera: 5421011-ITT-60-LDC-001-C.

Figura 36

Lista de cables de la PTA-D.

PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR (PTA-D)													Departamento:		INGENIERIA E INNOVACION TECNOLOGICA	
													Código No.:		5421011-ITT-60-LDC-001-C	
													Revisión:		C.	
LISTA DE CABLES													Página No.:		2 de 3	
IDEM	IDENTIFICACION DE CABLES	TIPO DE CABLE	# PARES CONDUCTORES	FABRICANTE	MODELO	D.S. (m)	POLTAJE (V)	LONGITUD (m)	#PARES DE CABLES	ESQUE	CONECTOR	INSTR	CONECTOR	NOTAS		
1	AT146	S&S	2 x 6 20 AWG	MINIM-PTANEXT	4000 6 100V	0.100	15000 VDC	100.0000	NETSA	CONEXT	AT146	PS 10.5	PS 10.5	1.0		
2	LT1711	TD	1PR 16 AWG	BEIDEN O EQUIVALENTE	8000	0.20	34 VDC	NETSA	CONEXT	LT1711	ORNDOR-HW00	ORNDOR-HW00	1.0			
3	PT211	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT211	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
4	PT212	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT212	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
5	PT213	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT213	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
6	PT214	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT214	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
7	PT215	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT215	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
8	PT216	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT216	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
9	PT217	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT217	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
10	PT218	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT218	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
11	PT219	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT219	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
12	PT220	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT220	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
13	PT221	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT221	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
14	PT222	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT222	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
15	PT223	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT223	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
16	PT224	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT224	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
17	PT225	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT225	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
18	PT226	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT226	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			
19	PT227	PL70 DR FC	1PR 16 AWG	BEIDEN METR CABLE	100-8000	0.200	34 VDC	NETSA	CONEXT	PT227	14" NPT, INSTRU 0100	14" NPT, INSTRU 0100	1.0			

Nota. No se adjunta la lista de cables completa por confidencialidad de información de la empresa.

Lista de señales. Se elaboró el listado de señales utilizando Microsoft Excel donde se identifican varios detalles para la comunicación entre el controlador y el elemento a controlar, como son los sensores y equipos del proceso (Ver Anexo 3). Para esto se realizó un listado mediante un formato en el que incluye características que se debe valorar para el tipo de control que se va a realizar (**Figura 37**), como: lo que se da conocer es la función de cada uno de los tags, en el P&ID este ayuda a tener un etiquetado para conocer cada proceso que cumple la planta desalinizadora de agua.

El documento se encuentra archivado en una carpeta única y exclusiva del sistema de la empresa Sedemi S.C.C., presentado mediante la codificación designada, 5421011-IIT-60-LDS-001-B_CM

Figura 37

Lista de señales de la PTA-D.

PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR													Departamento:		INGENIERIA		
													Código No.:		6421011-IT-40-LDS-001-C		
													Revisión:		C		
LISTA DE SEÑALES													Página No.:		2 de 2		
ITEM	TAG N°	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	P&ID	PLC/RID	TIPO DE SEÑAL	UNIDAD	RANGO		ALARMAS			DISTRIBUCIÓN			NOTAS	
								MIN	MAX	LOW-LOW	LOW	HIGH	HIGH-HIGH	SLOT	CANAL		MÓDULO
SEÑALES AL PLC																	
1	LSL 201	Switch de nivel en bajo en el tanque de pre-chlorinación	Monitoreo	6421011-IT-16-012-A	JB 201	DI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	AT 140	Transmisor analizador de cloro del raw water supply	Control	6421011-IT-16-002-A	PLC-140	AI	ppm	0	10	-	-	10	-	-	-	-	-
3	LIT 101	Transmisor indicador de nivel en underground water storage tank	Control	6421011-IT-16-003-A	PLC-101	AI	%	-	-	-	10	80	-	-	-	-	-
4	PT 373-1	Transmisor de presión sobre la línea al feed pump skid#1	Control	6421011-IT-16-003-A	PLC-373-1	AI	kPa	-100	200	-	-	-	-	-	-	-	-
5	PT 374-1	Transmisor de presión en el feed pump skid#1	Control	6421011-IT-16-003-A	PLC-374-1	AI	PSI	0	100	-	-	85	-	-	-	-	-
6	PT 374-2	Transmisor de presión en el feed pump skid#2	Control	6421011-IT-16-003-A	PLC-374-2	AI	PSI	0	100	-	-	85	-	-	-	-	-
7	PT 373-2	Transmisor de presión en el feed pump skid#2	Control	6421011-IT-16-003-A	PLC-373-2	AI	kPa	-100	200	-	-	-	-	-	-	-	-
8	AT 344 A	Transmisor analizador de turbidez	Control	6421011-IT-16-005-A	PLC-344A	AI	NTU	0	200	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota. No se adjunta la lista de señales completa por confidencialidad de información de la empresa.

Hoja de datos. Se elaboró la hoja de datos con ayuda de la lista de instrumentos ya realizada, en base a la norma ISA 20 (Ver Anexo 4). Cada hoja de datos proporciona información detallada sobre las características y especificaciones de los instrumentos que forman parte del sistema de instrumentación y control, además incluyen parámetros técnicos como el rango de medición, la precisión, la resolución, la respuesta dinámica, el tipo de señal de entrada/salida, la capacidad de comunicación, los requisitos de alimentación, las condiciones ambientales admitidas, las opciones de montaje entre otras especificaciones (**Figura 38**).

Se desarrolló individualmente las hojas de datos de acuerdo a los instrumentos identificados dentro de la empresa Sedemi, los mismos que se encuentran archivados dentro de las siguientes carpetas como se muestra en la **Tabla 2**:

Tabla 2

Ubicación de los documentos que contiene las hojas de datos.

Carpeta principal	Carpeta secundaria	Código del documento
Hoja de datos	Transmisor de ph	5421011-iiit-60-ds-013-A
	Conductividad	5421011-iiit-60-ds-009-A
	Indicador de presión	5421011-itt-60-dc-004-C
	Interruptor de presión	5421011-itt-60-ds-012-B
	Transmisor de cloro	5421011-iiit-60-ds-010-A
	Transmisor de flujo	5421011-iiit-60-ds-007-C
	Transmisor de presión	5421011-itt-60-ds-005-C
	Transmisor de temperatura	5421011-itt-60-ds-006-B
	Transmisor de turbidez	5421011-iiit-60-ds-011-A
	Transmisor indicador de nivel	5421011-iiit-60-ds-003-B
	Transmisor orp,	5421011-itt-60-ds-013-B
	Válvulas	5421011-itt-60-dc-004-A

Figura 38

Ejemplo de las hojas de datos de los instrumentos de la PTA-D.

PLANTA DESALINIZADORA DE AGUA DE MAR (PTA-D)				Departamento:	INGENIERÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	
HOJA DE DATOS - TRANSMISOR DE PRESIÓN				Código No.:	5421011-ITT-80-DS-005-C	
				Revisión:	C	
				Página No.:	2 de 4	
Operating Parameters						
FLOWMETER BODY			PERFORMANCE CHARACTERISTICS			
11	Body/Flange type	In Line		61	Max press at design temp	At
12	Process conn nominal size	1/2	Rating	62	Min working temperature	15 °C (59 °F) Max 25 °C (77 °F)
13	Process conn termn type	Threaded	Style NPT (M)	63	Accuracy rating	≤ ±0.5 % of span
14	Vent/Drain location	N/A		64	Pressure LRL	0 URL 100 PSI
15	Mounting type	Manifold Valve		65	Min ambient working temp	(-4) °F Max 176 °F
16	Body/Flange material	316 SST		66		
17	Vent/Drain material	317 SST		67		
18	Bolting material	318 SST		68		
19	Flange adapter material	N/A		69		
20	Gasket/O ring material	Viton		70		
21	Mounting kit material	N/A		71		
22				72		
23				73		
24				74		
25				75		
26	SENSING ELEMENT			76		
27	Detector type	Piezoresistive Sensor		77		
28	Min pressure span	0,4	Max 100 INWC	78		
29	Diaphragm/Wetted material	N/A		79		
30	Fill fluid material	N/A		80		
31				81		
32				82		
33				83		
34	TRANSMITTER OR CONVERTER					

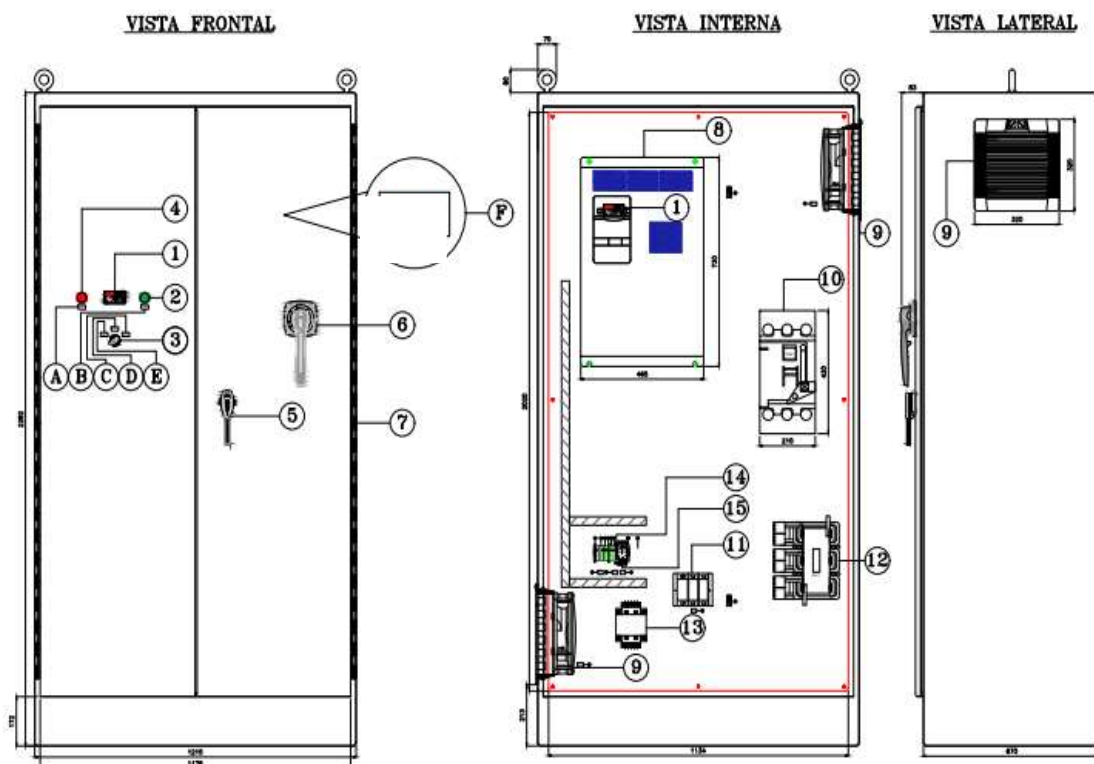
Nota. No se adjunta la hoja de datos completa por confidencialidad de información de la empresa.

Layouts interno/externo. Se obtuvo datos de medición de los tableros Junction Box, variador de frecuencia, (LCP- 0801) y del tablero principal (MCP-101) que se encuentran preinstalados en los Skid dentro de los contenedores en la empresa Sedemi S.C.C., (sección bodega). Después de realizar las mediciones y levantamiento fotográfico de información, se procedió a elaborar el layout interno y externo (Ver Anexo 5). Estos documentos realizados en el software AutoCAD, representan gráficamente el contenido de cada tablero existente pertenecientes a la planta PTA-D, así como; el proceso de distribución del espacio tanto externo como interno de la instalación, diferentes tipos de vistas y también los elementos que conforman internamente dibujado sobre el plano, entre otros datos específicos (**Figura 39**).

Continuando con la realización de los layouts, se presentó y se archivó dentro de una carpeta en el sistema empresarial, cada uno codificados previamente de acuerdo a la secuencia designada. LAYOUT INTERNO EXTERNO.

Figura 39

Layout interno/externo del variador de frecuencia de la PTA-D.



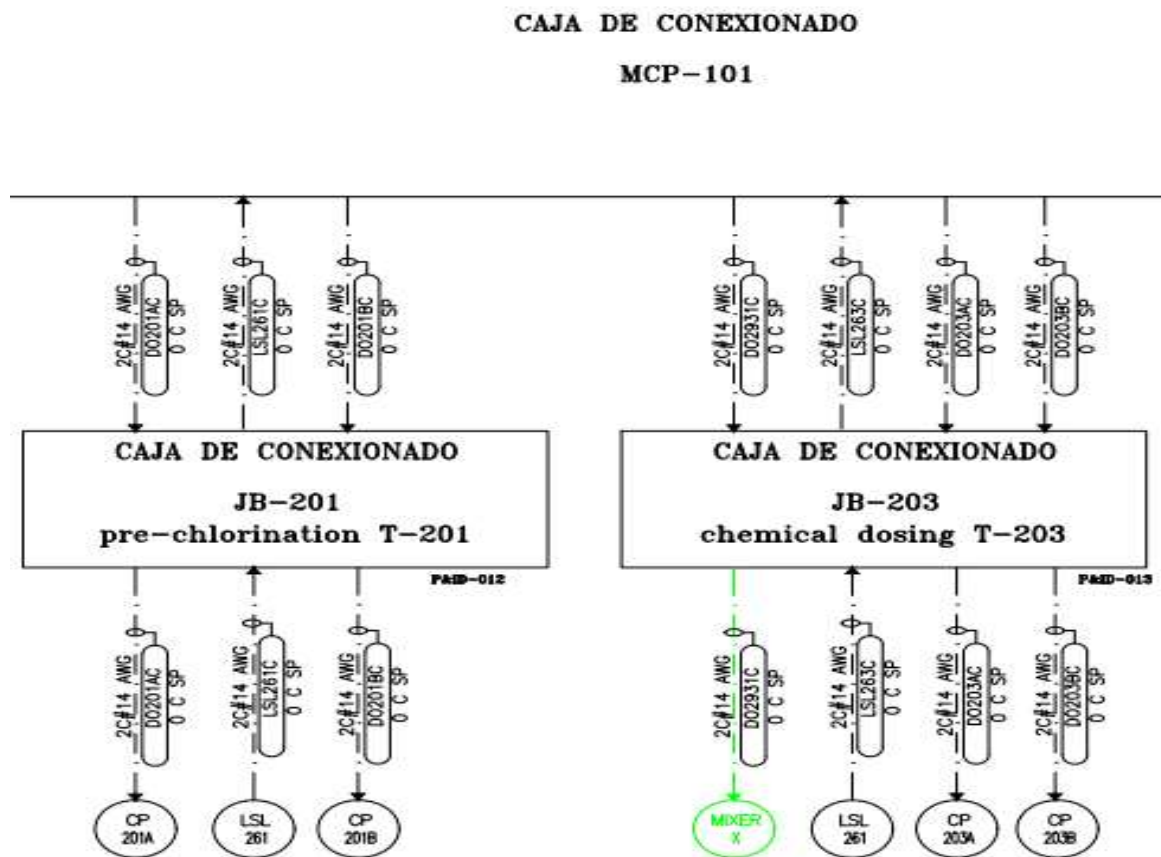
Nota. No se adjunta el layout completo por confidencialidad de información de la empresa.

Diagrama de bloques. Se realizó los diagramas de bloques de la PTA-D los cuales muestran la interconexión y el funcionamiento de los componentes del sistema (Ver Anexo 6). Estos diagramas son esenciales para comprender la lógica y la estructura del sistema de control y permiten visualizar de manera clara y concisa de cómo interactúan los diferentes elementos (**Figura 40**).

Los documentos realizados se encuentran dentro de una carpeta en el sistema empresarial debidamente identificados mediante códigos específicos designados por la empresa Sedemi con la siguiente dirección: DIAGRAMAS DE BLOQUES.

Figura 40

Diagrama de Bloques del Sistema Principal MCP-101 de la PTA-D.



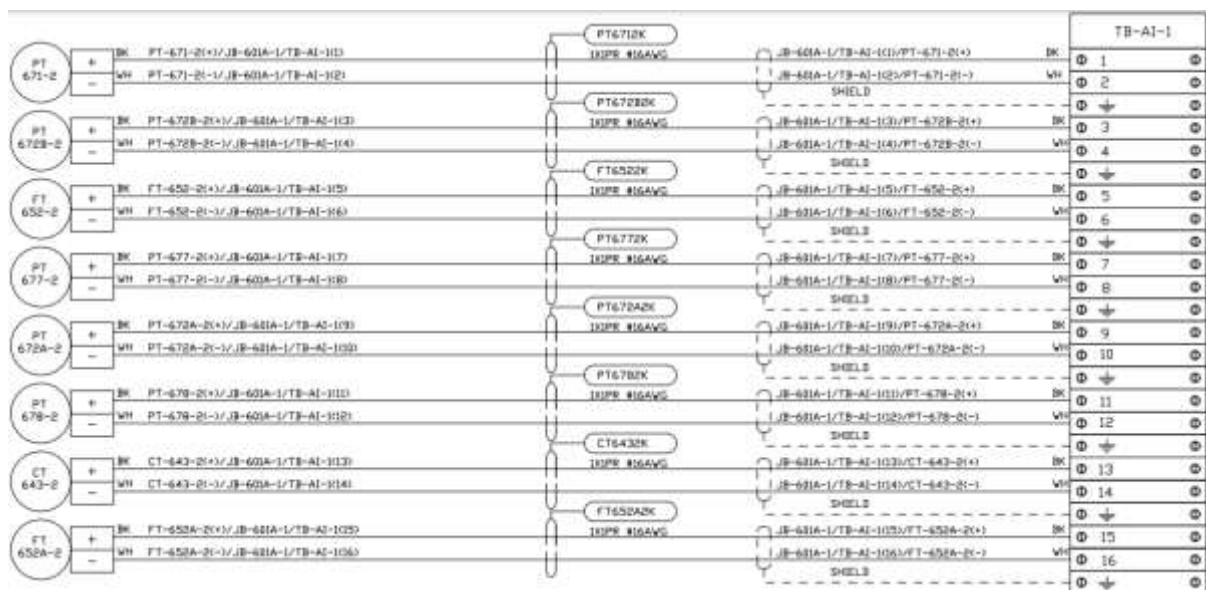
Nota. No se adjunta el diagrama de bloques completo por confidencialidad de información de la empresa.

Diagrama de conexionado. Se elaboró los diagramas de conexionado utilizando el software AutoCAD los mismos que representan gráficamente la conexión eléctrica que se realizara en campo (Ver Anexo 7). En esto se detalla la conexión entre el instrumento y el controlador entre otras especificaciones ya que debido a su forma de dibujar o crear se puede analizar de forma sencilla la instalación del circuito, en ocasiones incluyen actuadores como válvulas, motores entre otros (**Figura 41**).

Estos diagramas de conexionado se encuentran archivados en una carpeta específica dentro del sistema de la empresa Sedemi S.C.C., con el siguiente nombre: **DIAGRAMA DE CONEXIONADO.**

Figura 41

Diagrama de conexionado de la PTA-D.



Nota. No se adjunta el diagrama de conexionado completo por confidencialidad de información de la empresa.

Diagramas de lazo de control. Las elaboraciones de estos diagramas representan de forma gráfica de todo el sistema de control (Ver Anexo 8), y por tanto contiene todos los detalles omitidos en los diagramas PFD y P&ID., en estos diagramas se puede conocer si se existiera algún fallo de algún equipo (**Figura 42**).

Estos diagramas se lo realizo y archivo en una carpeta especifica dentro del sistema de la empresa Sedemi S.C.C., con el siguiente nombre: DIAGRAMA DE LAZO.

Figura 42

Diagrama de lazo de la PTA-D.



Tag Number	Description	Input cal.	Output cal.	Notes
AT-146	Transmisor Analizador de Cloro	10ppm	4-20mA	
LT-161	Transmisor de Nivel	1,70m	4-20mA	

Nota. No se adjunta el diagrama de lazo completo por confidencialidad de información de la empresa.

Normativa utilizada

Se presenta la normativa utilizada para desarrollar los documentos mencionados en el numeral 3. ISA (Instrument Society of America) versión 2006:

- ANSI/ISA-S5.1 (Identificación y símbolos de instrumentación).
- ANSI/ISA-S5.2 (Diagramas lógicos binarios para operaciones de procesos).
- ISA-S5.3 (Símbolos gráficos para control distribuido, sistemas lógicos y computarizados).
- ANSI/ISA-S5.4 (Diagramas de lazo de instrumentación).
- ANSI/ISA-S5.5 (Símbolos gráficos para visualización de procesos)
- ISA-tr200001-2007-measurement-and-control-instruments (Hojas de datos)

Selección del hardware (controlador)

La planta desalinizadora PTA-D se encuentra almacenada en contenedores de la empresa, lo cual ha facilitado la verificación de los componentes del tablero de control que cuenta con un PLC Micrologix 1500 de la marca Allen Bradley con 16 entradas digitales y 12 salidas a relé en su base, un módulo de 16 entradas digitales, 4 módulos de 16 salidas digitales y 7 módulos de 8 entradas analógicas. En total, son 32 entradas digitales, 76 salidas digitales y 56 entradas analógicas, no cuenta con módulos de salidas analógicas. Además, para la visualización existe un PanelView Plus 600.

Cabe recalcar que este PLC se encuentra fuera del mercado por lo que es necesario reemplazarlo por uno similar o de mejores características. La recomendación de Rockwell Automation es realizar la “migración de los sistemas PLC Micrologix 1500 o a los controladores CompactLogix™ 5370 L1, L2 y L3” (Rockwell Automation, 2017), los cuales tienen un mejor rendimiento y mejor capacidad de memoria como se muestra en la comparación de la **Tabla 3**. En base a esta comparación se seleccionó el CompactLogix 5370 con procesador L33ER con puerto ETHERNET que es un controlador lógico programable ampliamente utilizado en aplicaciones industriales debido a su rendimiento y versatilidad, con el fin de reutilizar los módulos y la fuente de alimentación CompactLogix existentes en el tablero que se encuentra almacenado, los cuales incluyen: un módulo de 16 entradas digitales, cuatro módulos de 16 salidas digitales, siete módulos de 8 entradas analógicas y una fuente de alimentación CompactLogix. Se deberá proveer de un nuevo módulo de 16 entradas digitales, un nuevo módulo de 16 salidas digitales, un nuevo módulo de 4 salidas analógicas y una fuente de alimentación CompactLogix, para tener una capacidad total de 32 entradas digitales, 80 salidas digitales, 56 entradas analógicas, 4 salidas analógicas y dos fuentes de alimentación CompactLogix. Además, se incluirá un sistema de supervisor HMI en la plataforma actualizada FactoryTalk View Site Edition SE. También se recomienda incluir un módulo de 4 salidas analógicas para modificar la velocidad de los variadores de frecuencia desde el sistema SCADA.

Tabla 3

Características entre el PLC MicroLogix vs el PLC CompactLogix.

	Micro Logix 1500	CompactLogix 5370 L1	CompactLogix 5370 L2	CompactLogix 5370 L3
Aplicación del controlador	Para uso general	Aplicaciones pequeñas Módulos de E/S incorporados 1734	Aplicaciones pequeñas Módulos de E/S incorporados 1734	Para uso general
Capacidad de memoria	7 kb	1 MB	1 MB	2 MB
Tipo de comunicación	Rs 232	2 EtherNet/IP (3) 1 USB	2 EtherNet/IP (3) 1 USB	2 (1) EtherNet/IP 1 USB

Equipos y materiales existentes

Recopilando la información proporcionada por la página oficial de Rockwell Automation, se utilizará el PLC de la Familia CompactLogix 5370 que es compatible con los siguientes elementos que se van a reutilizar.

- Equipos y accesorios
 - ✓ CMLX Selectable: es un controlador de corriente alterna que es un tipo de corriente que tiene dirección al flujo, que su potencia es de 4A/2A de alimentación.
 - ✓ CompactLogix 16 Pt 24VDC Digital Input Module: es un módulo de entrada de 16 puntos de entradas digitales, su fuente de alimentación es de CC 2A/0.8A.
 - ✓ CompactLogix 16 Pt Digital Output Relay Module: Módulo de salida de contacto digital CompactLogix, 16 salidas de relé (5-265 VCA/5-125 VCC), 2 grupos aislados de 8 puntos, serie A
 - ✓ CompactLogix 4 Pt Analog Output Module: Modulo de entradas analógicas de 4 puntos, el voltaje de entrada es de 10 voltios su temperatura de funcionamiento es de 0 a 60°C, su fuente de alimentación es de 145 mA a 5 VCC, 125 mA a 24 VCC.

Tabla 4

Equipos y accesorios necesarios para realizar la migración.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	1769-PA4	CMPLX Selectable AC 4A/2A Power Supply	1
2	1769-IQ16	CompactLogix 16 Pt 24VDC Digital Input Module	1
3	1769-OW16	CompactLogix 16 Pt Digital Output Relay Module	1
4	1769-OF4	CompactLogix 4 Pt Analog Output Module	1

- Tablero del PLC

El nuevo PLC Allen Bradley será instalado en el mismo tablero de control existente (1800x1500x300 mm) que está almacenado en el contenedor, se reutilizará la fuente de 24VDC, las borneras de control, las borneras de fusible, los relés, las protecciones, las canaletas (**Tabla 5**). Se deberá instalar el nuevo PLC, un módulo de entradas digitales, un módulo de salidas digitales, un módulo de salidas analógicas y una fuente de alimentación CompactLogix faltantes, para lo cual se utilizarán los materiales y accesorios necesarios.

Tabla 5

Materiales necesarios para realizar la migración del CompactLogix.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Transformador 500 VA Alimentación Control	1
2	Lámpara de micro switch	1
3	Cable AWG # 18/16 para control (metros)	200
4	Barra de tierra control	1
5	Borneras control	50
6	Marcas y terminales	1
7	Amarras plásticas y adhesivos	1
8	Accesorios de tablero (tornillos, remaches, etc.)	1
9	Acondicionamiento del tablero	1
10	Ingeniería/supervisión de armado	1

- HMI
- ✓ Computador + monitor 21: se necesitó un monitor y un computador para la realización de la programación HMI.
- ✓ Stratx 2000 08 Puertos no administrables: es necesario contar con switch de conexiones para adquirir redes confiables para desarrollar una buena programación del sistema.
- ✓ FactoryTalk View SE Station, licencia para 25 Displays – Perpetual, Self Support: el programa de FactoryTalk View ayudará a visualizar las aplicaciones locales del HMI ya que este dispone de 25 pantallas donde se pueden observar todos los componentes que se ejecuten.
- ✓ FactoryTalk Activation Memory Dongle: sirve para vincular el software de FactoryTalk en cualquier computadora conectado un dongle.

Tabla 6

Equipos necesarios para el sistema HMI en la migración del PLC.

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	-----	Computador + monitor 21”	1
2	1783 – US8T	Stratx 2000 08 Puertos no administrables	1
3	9701M – VWSTNST40	FactoryTalk View SE Station, licencia para 25 Displays – Perpetual, Self-Support	1
4	9509 – USB – DONG2	FactoryTalk Activation Memory Dongle	1

Asignación de entradas y salidas

La lista de variables y asignación de los instrumentos para los módulos del sistema de automatización de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” es un documento detallado que enumera todas las variables y señales de entrada/salida que están asociadas a cada instrumento utilizado en el sistema de control y monitoreo de la planta el mismo que se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7*Lista de entradas.*

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	FUENTE	SLOT	CANAL	DISPLAY	P&ID
1	AT 146	Analizador de cloro	AI_A146_IN	5	0	1	
2	TT 481-1	Transmisor de temperatura	AI_TT481_1_IN	6	1	15	
3	AT 441-1	Transmisor de pH en la linea del skid	AI_AT441_1_1_IN	6	2	16	
4	CT 443-1	Transmisor de conductividad en la linea del skid	AI_CT443_1_1_IN	6	3	17	6
5	PT 472-1	Transmisor de presión en la linea del skid	AI_P472_1_IN	6	4	18	
6	PT 473-1	Transmisor de presión en la linea del skid	AI_P473_1_IN	6	5	19	
7	TT 481-2	Transmisor de temperatura	AI_TT481_2_IN	6	6	31	
8	AT 441-2	Transmisor de pH en la linea del skid	AI_AT441_1_2_IN	6	7	32	
9	CT 443-2	Transmisor de conductividad en la linea del skid	AI_CT443_2_IN	7	6	33	8
10	PT 472-2	Transmisor de presión en la linea del skid	AI_P472_2_IN	5	6	34	
11	PT 473-2	Transmisor de presión en la linea del skid	AI_P473_2_IN	5	7	35	
12	LIT 361	Transmisor indicador de nivel sobre el tanque de filtrado	AI_LIT361_IN	7	4	12	
13	PT 377	Transmisor de presión sobre la linea del skid	AI_P377_IN	7	5	13	4
14	PT 375	Transmisor de presión sobre la linea del skid	AI_P375_IN	6	0	14	
15	PT 373-1	Transmisor de presión sobre la línea el feed pump skid#1	AI_P373_1_IN	5	2	3	

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	FUENTE	SLOT	CANAL	DISPLAY	P&ID
16	PT 374-1	Transmisor de presión en el feed pump skid#1	AI_P374_1_IN	5	3	4	
17	PT 373-1	Transmisor de presión sobre la línea el feed pump skid#1	AI_P373_2_IN	5	4	5	
18	PT 374-2	Transmisor de presión en el feed pump skid#2	AI_P374_2_IN	5	5	7	
19	AT 344A	Transmisor analizador de turbidez	AI_AT344A_IN	7	0	8	
20	PT 378	Transmisor de presión	AI_P378_IN	7	1	9	
21	PT 379	Transmisor de presión	AI_P379_IN	7	2	10	5
22	AT 344B	Transmisor analizador de turbidez	AI_AT344B_IN	7	3	11	
23	PT 671A-1	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 1	AI_P671A_1_IN	7	7	20	
24	PT 672A-1	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 1	AI_P672A_1_IN	9	0	21	
25	PT 672B-1	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 1	AI_P672B_1_IN	9	1	22	
26	FT 651-1	Transmisor de flujo en el skid de osmosis inversa 1	AI_FT651_1_IN	9	2	23	
27	PT 677-1	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 1	AI_PT677_1_IN	9	3	24	
28	PT 678-1	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 1	AI_PT678_1_IN	9	4	25	7
29	CT 643-1	Transmisor de conductividad en el skid de osmosis inversa 1	AI_CT643_1_IN	9	5	26	
30	FT 652-1	Transmisor de flujo en el skid de osmosis inversa 1	AI_FT652_1_IN	9	6	27	
31	LIT 761	Transmisor indicador de nivel fuera del skid de osmosis inversa 1	AI_LIT761_IN	9	7	28	
32	AT 641	Transmisor pH fuera del skid de osmosis inversa 1	AI_AT641_IN	10	0	29	

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	FUENTE	SLOT	CANAL	DISPLAY	P&ID
33	AT 646-1	Transmisor analizador de cloro fuera de skid de la osmosis inversa 1	AI_AT646_1_IN	10	1	30	
34	PT 671A-2	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 2	AI_PT671A_2_IN	10	2	36	
35	PT 672A-2	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 2	AI_PT672A_2_IN	10	3	37	
36	PT 672B-2	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 2	AI_PT672B_2_IN	10	4	38	
37	FT 651-2	Transmisor de flujo en el skid de osmosis inversa 2	AI_FT651_2_IN	10	5	39	
38	PT 677-2	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 2	AI_PT677_2_IN	10	6	40	
39	PT 678-2	Transmisor de presión en el skid de osmosis inversa 2	AI_PT678_2_IN	10	7	41	
40	CT 643-2	Transmisor de conductividad en el skid de osmosis inversa 2	AI_CT643_2_IN	11	0	42	
41	FT 652-2	Transmisor de flujo en el skid de osmosis inversa 2	AI_FT652_2_IN	11	1	43	
42	LIT 161	Transmisor Indicador de nivel en underground water stoppage tank	AI_LIT161_IN	5	1	2	

Tabla 8*Lista de salidas.*

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PLC	P&ID
1	MBF-131	Válvula motorizada de llenado del tanque	MCP-101	
2	P-301-1	Bomba de alimentación en el skid#1	MCP-101	
3	P-301-2	Bomba de alimentación en el skid#2	MCP-101	
4	P-302	Bomba de retrolavado MMF	MCP-101	6
5	MBF-321A	Válvula de entrada MMF	MCP-101	
6	MBF-322A	Válvula de salida MMF	MCP-101	
7	MBF-323A	Válvula de entrada de retrolavado MMF	MCP-101	
8	MBF-324A	Válvula de salida de retrolavado MMF	MCP-101	
9	MBF-325A	Válvula de salida de enjuague	MCP-101	8
10	MBF-321B	Válvula de entrada MMF	MCP-101	
11	MBF-322B	Válvula de salida MMF	MCP-101	
12	MBF-323B	Válvula de entrada de retrolavado MMF	MCP-101	
13	MBF-324B	Válvula de salida de retrolavado MMF	MCP-101	4
14	MBF-325B	Válvula de salida de enjuague	MCP-101	
15	MBF-321C/D/E/F/G/H/J	Válvula de entrada MMF	MCP-101	

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PLC	P&ID
16	MBF-322C/D/E/F/G/H/J	Válvula de salida MMF	MCP-101	
17	MBF-323C/D/E/F/G/H/J	Válvula de entrada de retrolavado MMF	MCP-101	
18	MBF-324C/D/E/F/G/H/J	Válvula de salida de retrolavado MMF	MCP-101	
19	MBF-325C/D/E/F/G/H/J	Válvula de salida de enjuague	MCP-101	
20	MBF-328	Válvula de aislamiento de llenado del tanque de retrolavado	MCP-101	5
21	MBF-921-1	Válvula de descarga fresca	MCP-101	
22	MBF-421-1	Válvula actuadora de agua de alimentación	MCP-101	
23	P-501-1	Bomba de alta presión	MCP-101	
24	MBF-621-1	Válvula actuadora de permeado	MCP-101	
25	MBF-922-1	Válvula actuadora de llenado del tanque de lavado	MCP-101	
26	MBF-921-2	Válvula de descarga fresca	MCP-101	
27	MBF-421-2	Válvula actuadora de agua de alimentación	MCP-101	
28	P-501-2	Bomba de alta presión	MCP-101	7
29	MBF-921-2	Válvula actuadora de permeado	MCP-101	
30	MBF-922-2	Válvula actuadora de llenado del tanque de lavado	MCP-101	
31	P-901	Bomba de descarga fresca	MCP-101	
32	P-801	Bomba de descarga fresca	MCP-101	
33	CP-201A	Bomba dosificadora	MCP-101	

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	PLC	P&ID
34	CP-201B	Bomba dosificadora	MCP-101	
35	CP-203A	Bomba dosificadora	MCP-101	
36	M	Mixer	MCP-101	
37	CP-203B	Bomba dosificadora	MCP-101	
38	CP-205A	Bomba dosificadora	MCP-101	
39	CP-205B	Bomba dosificadora	MCP-101	

Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo es una herramienta visual útil para comprender el sistema operativo de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” y representar la lógica de control en un formato fácil de seguir.

Se utilizó símbolos gráficos estándar, como rectángulos, diamantes y flechas y se representó cada etapa del proceso e instrucciones correspondientes al programa del PLC que se encargará de la automatización de la planta como se muestra a continuación en las siguientes figuras:

Figura 43

Diagrama de flujo del Mantenimiento programado.

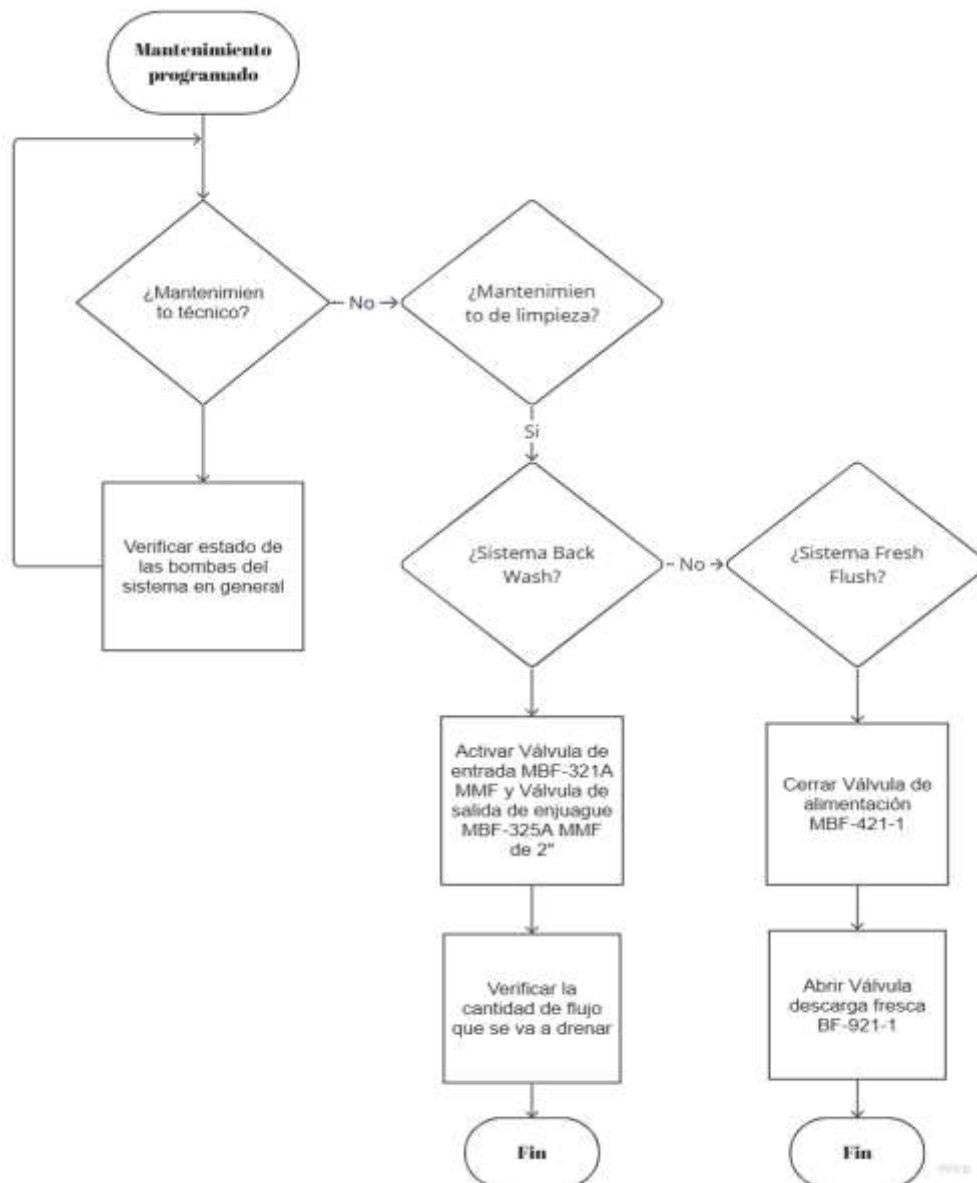


Figura 44

Diagrama de flujo de la zona de abastecimiento parte 1.

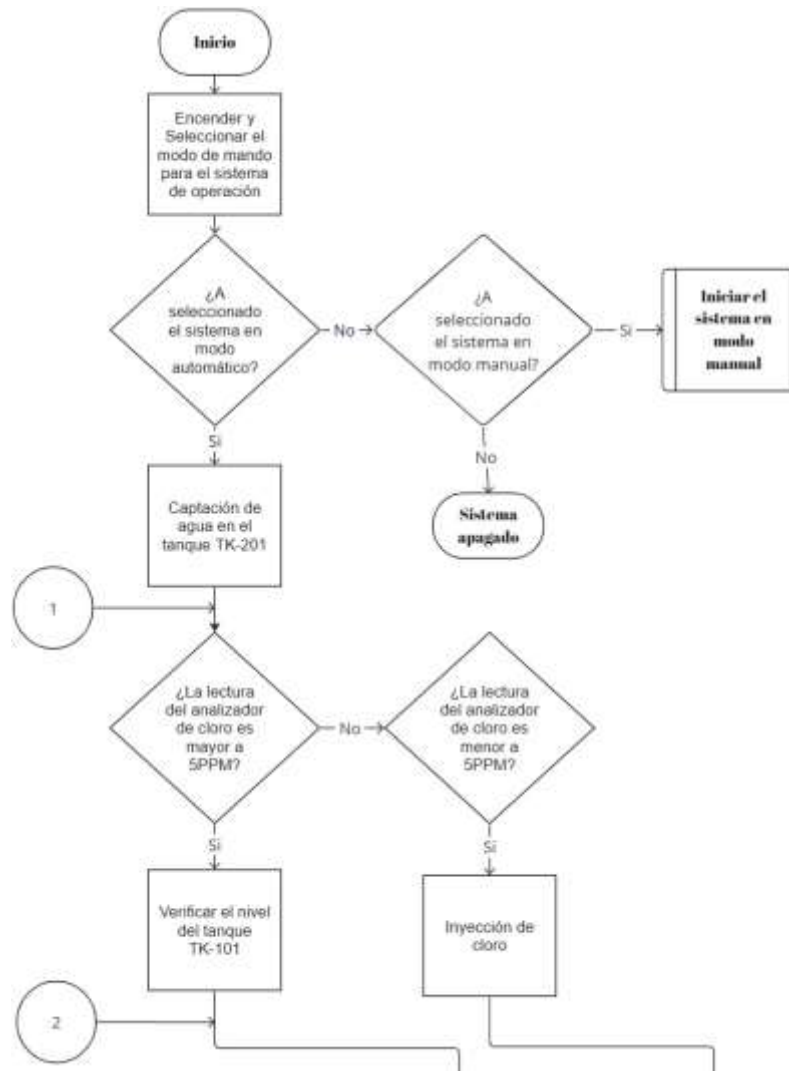


Figura 45

Diagrama de flujo de la zona de abastecimiento parte 2.

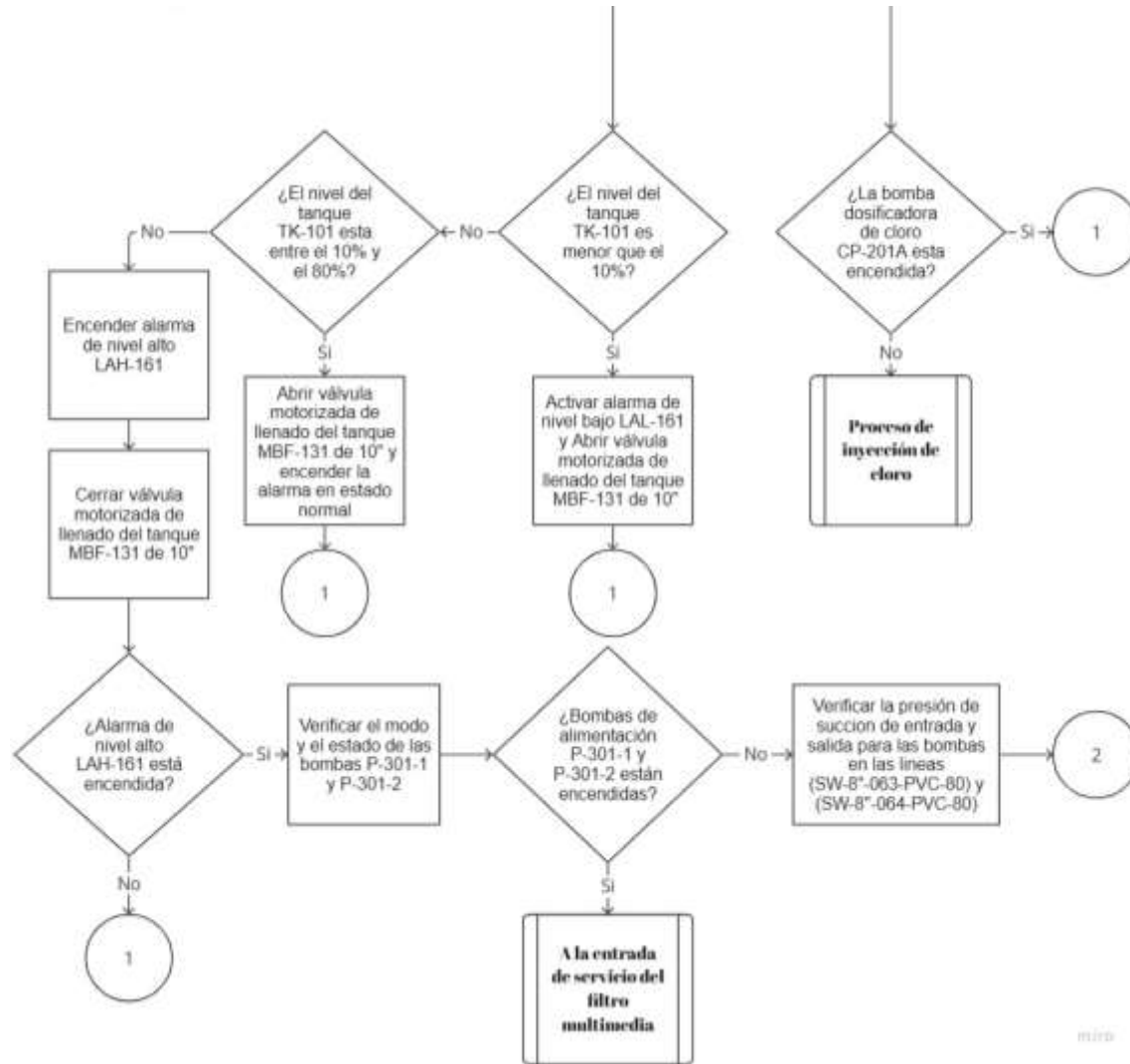


Figura 46

Diagrama de flujo de la zona de filtros multimedia.

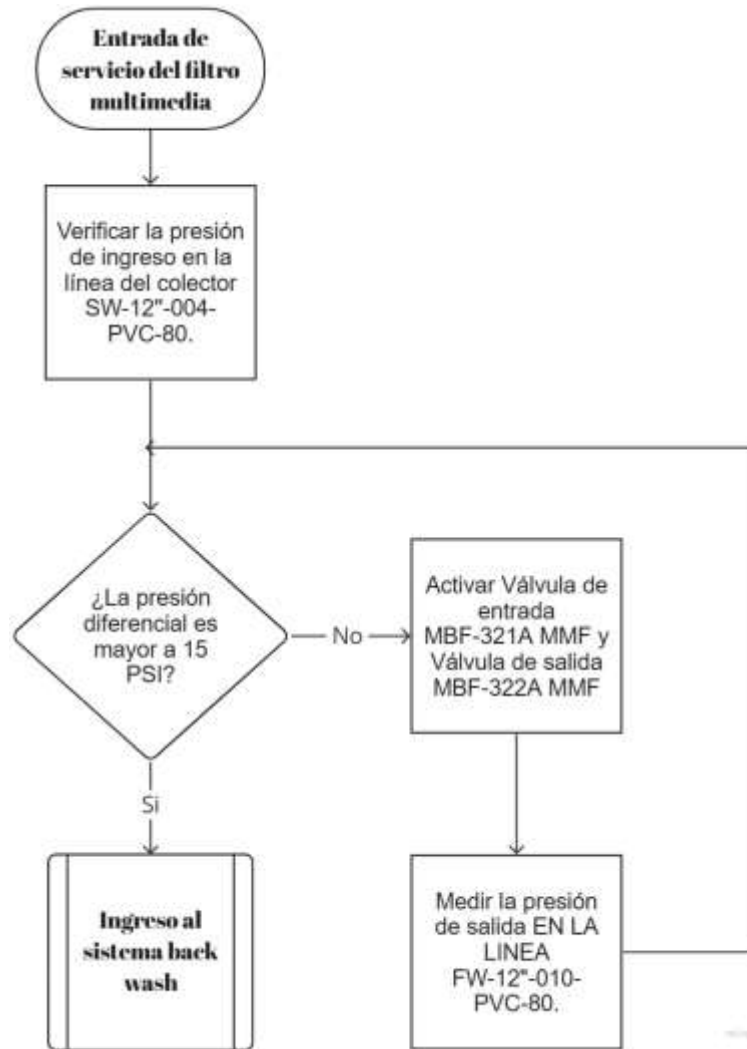


Figura 47

Diagrama de flujo del sistema Backwash.

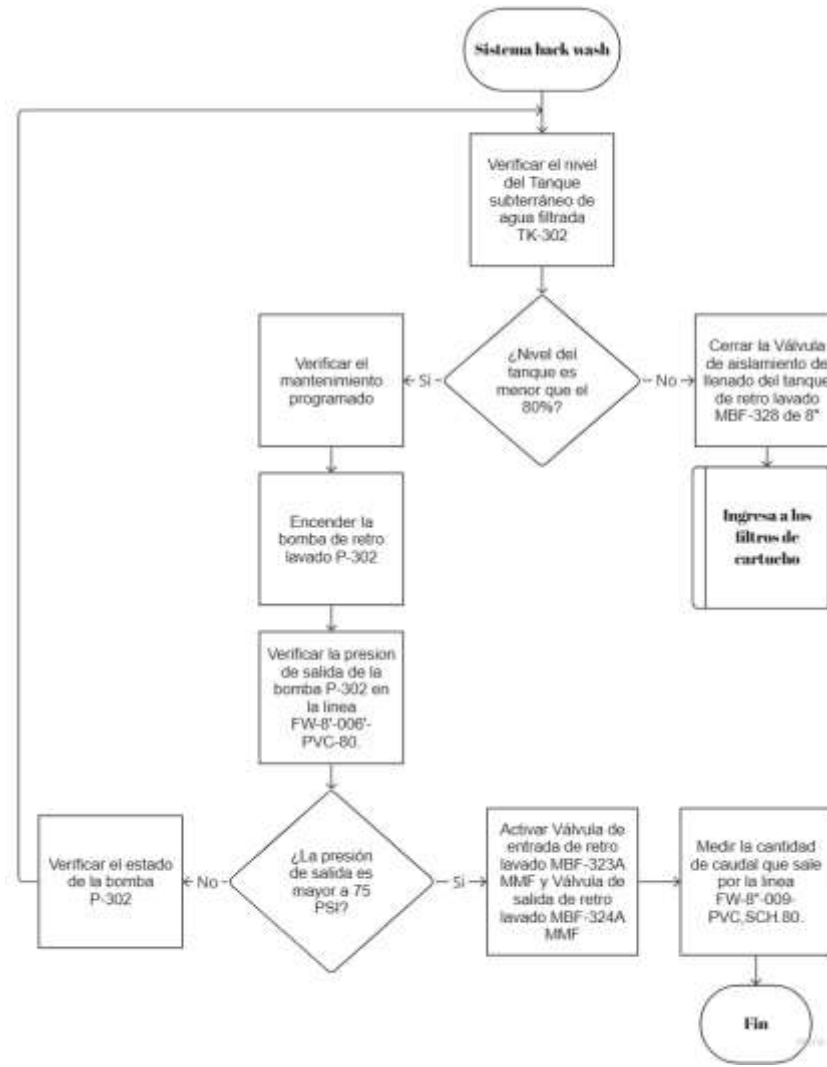


Figura 48

Diagrama de flujo de los filtros de cartucho.

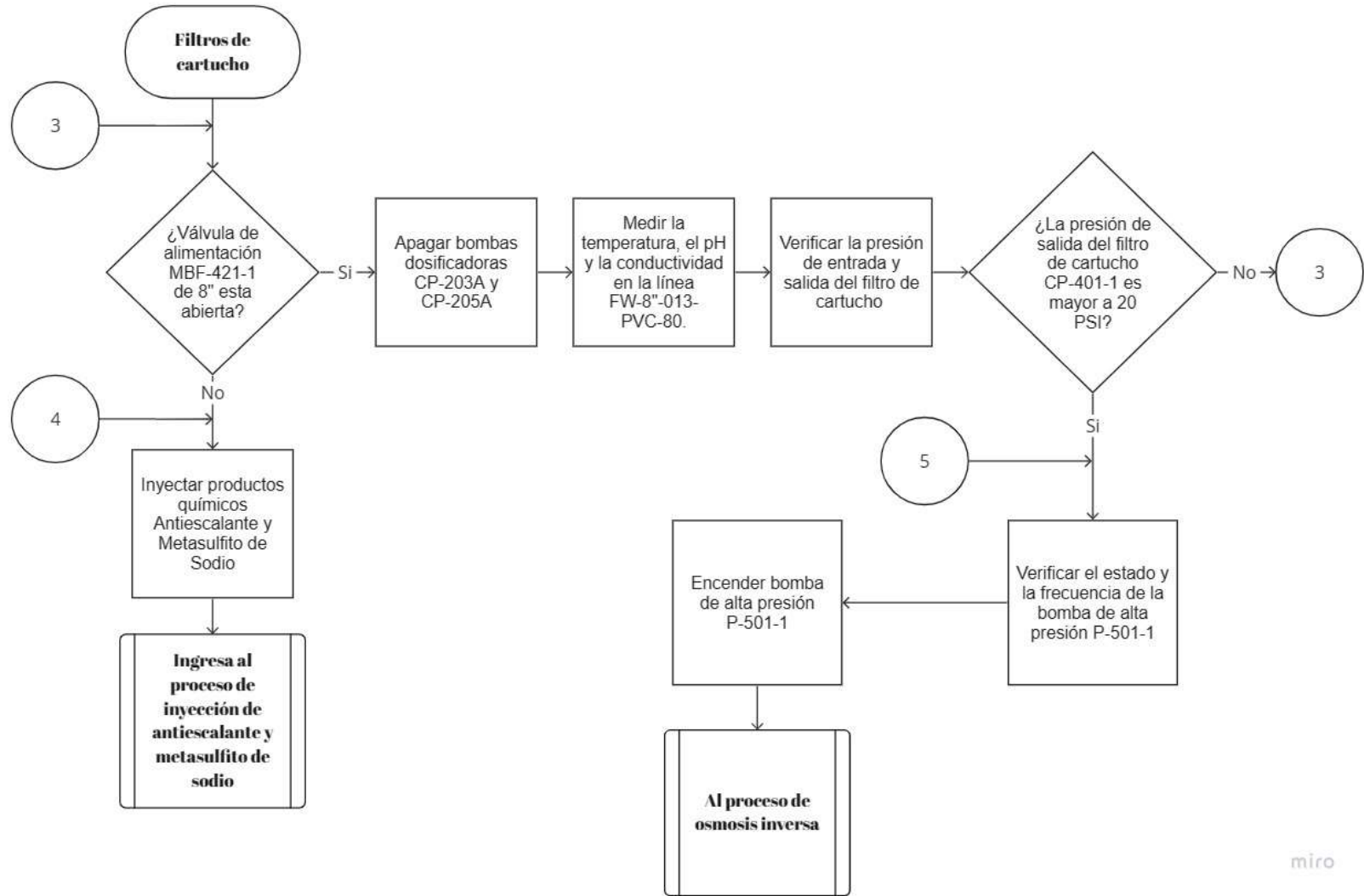


Figura 49

Diagrama de flujo de los sistemas auxiliares.

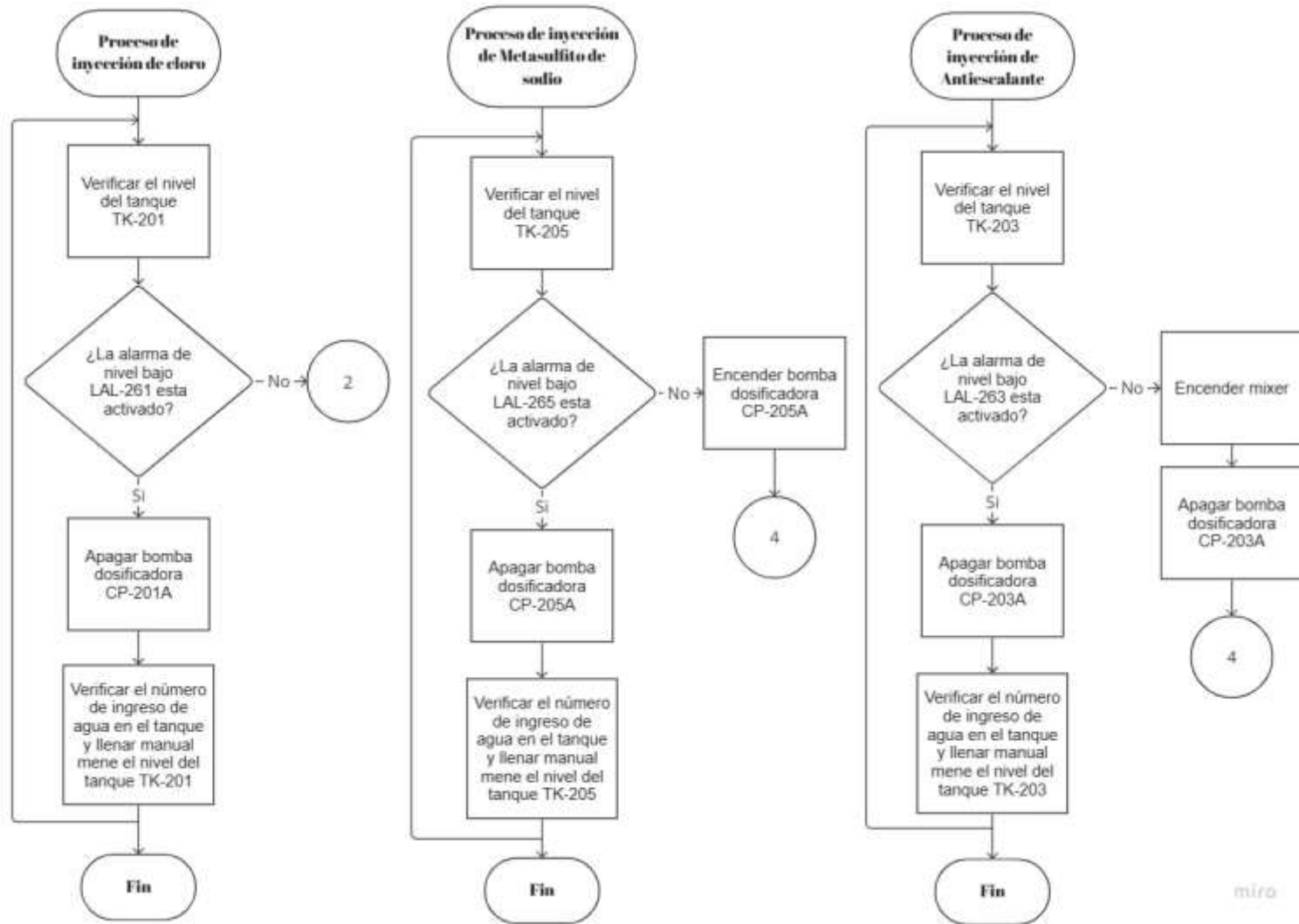


Figura 50

Diagrama de flujo de la zona Ósmosis inversa.

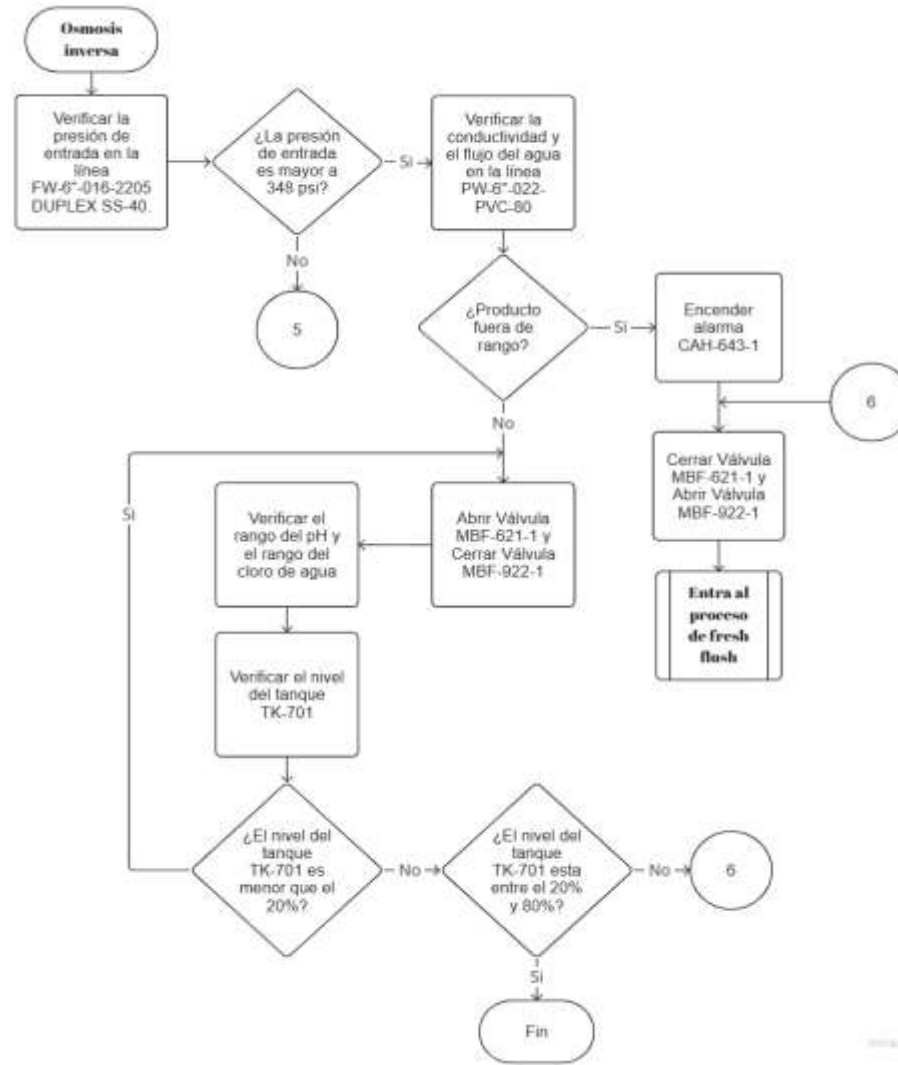
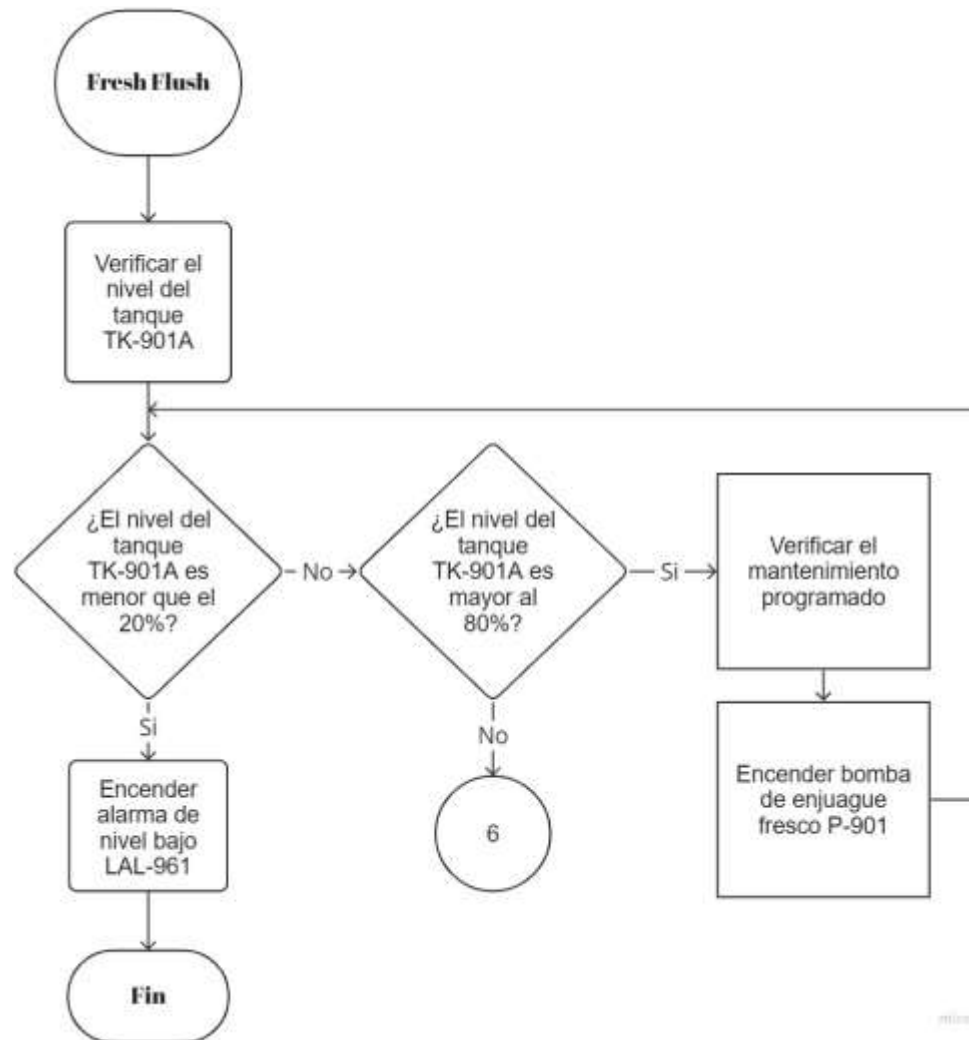


Figura 51

Diagrama de flujo del sistema Fresh flush.



Modo de operación

En el marco del proyecto “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” llevado a cabo en la empresa Sedemi S.C.C, existen varios sensores y actuadores que intervienen en las diferentes etapas que el agua salada necesita para cumplir con el proceso de desalinización debido a la complejidad y exigencias operativas. La presencia de múltiples sensores permite un monitoreo absoluto de todas las etapas del proceso, lo que garantiza un control más preciso y una respuesta inmediata ante cambios o situaciones imprevistas. La planta cuenta con 42 sensores que son esenciales en la recolección de datos e información relevante en el proceso de desalinización, están ubicados estratégicamente en diferentes puntos de cada etapa para medir las variables de proceso; 22 sensores de **presión**, 4 de **caudal**, 2 de **temperatura**, 3 de **nivel** de agua, 3 de **pH**, 4 de **conductividad**, 2 analizadores **cloro**, y 2 analizadores **turbidez**.

Esto implica que también existen actuadores que recibirán órdenes del controlador acorde a la información de los sensores que intervienen en la planta, se tiene en total 67 actuadores que se utilizaran para controlar diversos elementos de la planta entre 53 **válvulas motorizadas**, 7 **bombas de alta presión**, 6 **bombas dosificadoras**, y 1 **motor (mixer)**. Con estos actuadores se logrará ajustar y regular el proceso de desalinización según las necesidades y condiciones que los sensores detecten en tiempo real. La relación entre sensores y actuadores son muy importantes para el monitoreo constante y la automatización de las etapas por las que el agua salada tiene que circular para llegar a obtener agua dulce y por esto se tiene que definir la como se deben relacionar estos equipos. Para esto se crea la matriz causa-efecto (Ver anexo 9), que contiene la interacción entre sensores y actuadores del sistema operativo de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”. En esta matriz, cada fila representa un sensor y cada columna un actuador, y se llenan las celdas con información sobre cómo la señal del sensor afecta la acción del actuador o viceversa.

Programación

Después de haber realizado el relevamiento de la información, selección de equipos, asignación de variables y el diagrama de flujo, se realizó la programación para el PLC CompactLogix 5370L3 de Allen Bradley. El proceso de programación del PLC implicó varias etapas:

Análisis de requisitos

Se identificaron las entradas y salidas necesarias, las funciones de control requeridas y los protocolos de comunicación necesarios.

Diseño del programa

La programación del controlador CompactLogix 5370L3 para la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” en la empresa Sedemi S.C.C., se realizó utilizando el software de programación Studio 5000 (**Figura 52**), también conocido como RSLogix 5000, lo cual implica el desarrollo y simulación de la lógica de control antes de cargarla en el controlador real. Studio 5000 es una plataforma de desarrollo de software que permite crear y mantener la lógica de control para controladores de la familia Logix 5000, como el CompactLogix 5370L3.

A continuación, se describen los pasos generales realizados para la programación utilizando Studio 5000:

Configuración del proyecto. Se inicia creando un nuevo proyecto en Studio 5000 y configurando los parámetros del controlador CompactLogix 5370L3 que se utilizará en la planta desalinizadora. Esto implica establecer las especificaciones de hardware, como el tipo y número de módulos de E/S, redes de comunicación y otros dispositivos conectados.

Definición de las rutinas de programa. En Studio 5000, se pueden crear diferentes rutinas para organizar la lógica del controlador. Se dividió el programa en rutinas para distintas partes del proceso de la planta, como la zona de abastecimiento, filtros multimedia, el proceso de ósmosis inversa, etc.

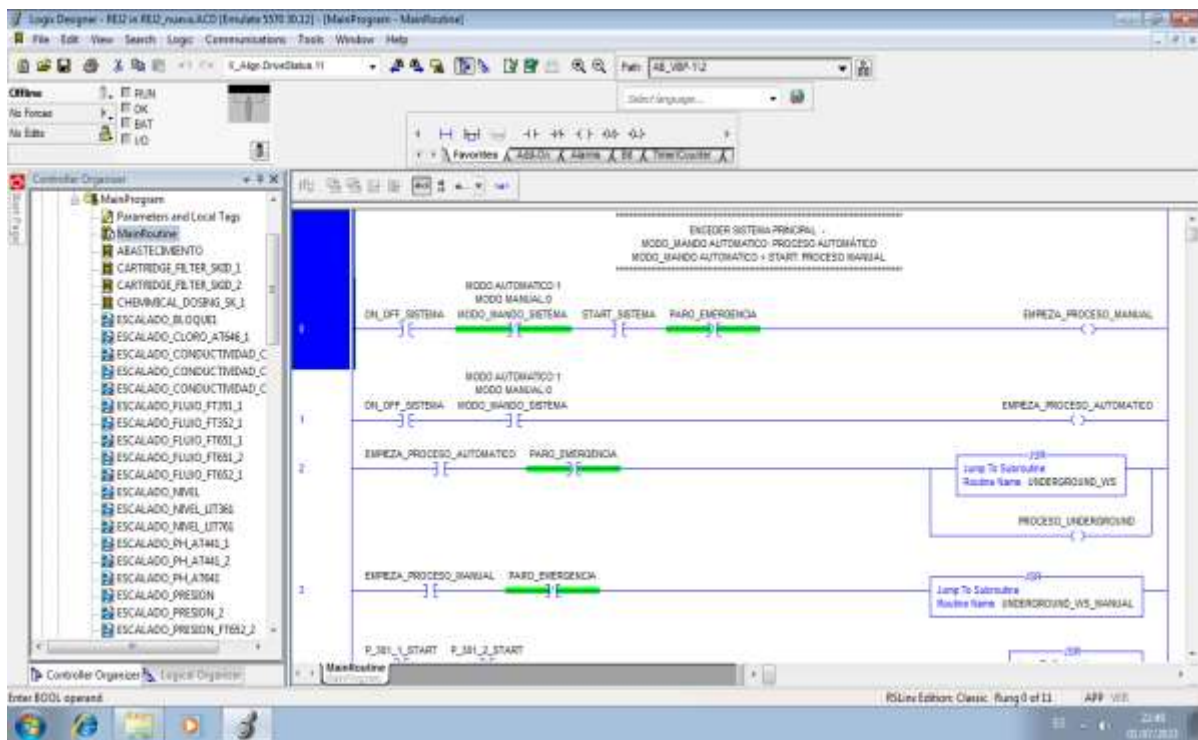
Programación de las rutinas. La programación se realiza utilizando el lenguaje de programación Ladder (lógica de contactos). En la programación, se utilizan instrucciones

lógicas, matemáticas y de control para definir cómo se deben manejar las señales de entrada, cómo se debe realizar el control y qué señales de salida se deben activar en función de las condiciones del proceso.

Configuración de las E/S. Se configuró las entradas y salidas del controlador para que se correspondan con el hardware físico de la planta desalinizadora. Esto implicó asignar las señales de entrada y salida a las tarjetas y módulos específicos que se utilizarán para interactuar con el proceso.

Figura 52

Pantalla del Main Rutine en studio 5000 con el programa para la PTA-D.



Desarrollo e implementación

Una vez completado el diseño del programa, se procedió a la implementación. Para esto se realizó un “HMI” el cual implica la creación de una interfaz gráfica que facilite la interacción entre los operadores humanos y el sistema automatizado que controla y supervisa la planta desalinizadora.

Para esto se utilizó el software FactoryTalk View Studio, el mismo que permite una visualización distribuida que abarca todo el proceso de la planta desalinizadora PTA-D.

Desarrollo de las Pantallas HMI en FactoryTalk View

Se diseñó las pantallas que mostrarán la información en tiempo real los procesos de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” y permitirán al usuario interactuar con el sistema operativo los cuales se explican a continuación:

- Pantalla de acceso al usuario

En la parte superior, se encuentra un área para ingresar el nombre de usuario y la contraseña y destacados debajo de esta área se muestran dos botones con sus respectivos nombres (**Figura 53**), que darán acceso a sus funciones operativas:

"LOGIN": Un botón con un texto claro que permitirá a los usuarios iniciar sesión en el sistema. Al hacer clic en este botón, se verificará la información de inicio de sesión proporcionada en la parte superior y, si es válida, se dará acceso al usuario.

"LOGOUT": Otro botón con un texto claro que aparece después de iniciar sesión. Permite a los usuarios cerrar su sesión y salir del sistema de manera segura.

Justo debajo de los botones de inicio y cierre de sesión, se encuentran dos botones más pequeños con iconos representativos para acceder a diferentes roles de usuario:

"MANTENIMIENTO": Al hacer clic en este botón, los usuarios con el rol de personal de mantenimiento obtienen acceso a funciones específicas para el mantenimiento y diagnóstico del sistema.

"OPERADOR": Al hacer clic en este botón, los usuarios con el rol de operador obtienen acceso a la interfaz principal de control del sistema, donde pueden supervisar y controlar los procesos industriales en tiempo real. También pueden recibir notificaciones de eventos importantes y responder a situaciones críticas.

Figura 53

Pantalla de acceso del HMI para la PTA-D.



- Pantalla del menú principal

El menú principal del HMI diseñada para la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” en la empresa Sedemi S.C.C., es la interfaz central desde donde los operadores y personal autorizado pueden acceder a los diferentes procesos y funciones clave del sistema de desalinización y visualizar en tiempo real los parámetros y variables importantes de todo el proceso de desalinización. Este menú está diseñado de manera clara y organizada, con un total de nueve botones (**Figura 54**), que representan cada proceso específico de la planta. Además de que en la parte superior se muestra el nombre representativo de la empresa junto con el nombre de la pantalla en la que el usuario se encuentra, también dispone de la hora y fecha en tiempo real en la parte superior derecha.

Figura 54

Menú principal del HMI de la PTA-D.



El usuario que ingrese al sistema operativo del HMI tendrá acceso a cada uno de los botones que se muestran en la pantalla de la **Figura 54**, donde que al oprimir alguno de ellos, mostrara los procesos propiamente dichos por sus nombres.

Capítulo IV:

Pruebas y resultados

Para asegurar el correcto funcionamiento y la integración exitosa entre el PLC CompactLogix 5370L3 y el HMI para la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” en la empresa Sedemi S.C.C., se realizaron pruebas exhaustivas dividiendo en varias etapas para garantizar una implementación sólida y sin problemas. Para esto una vez realizado la programación del PLC y el HMI, es esencial realizar la comunicación entre los softwares utilizados ya que únicamente de esta manera se podrá realizar las pruebas mediante simulación. A continuación, se describen las etapas de comunicación:

Comunicaciones entre los softwares

Comunicación entre Studio 5000 y Studio 5000 Logix Emulate

La comunicación entre Studio 5000 y Studio 5000 Logix Emulate se estableció mediante el "Emulate Control Module", lo que permitió simular y probar el comportamiento del controlador Logix en un entorno virtual sin necesidad de hardware físico. Mediante esta conexión, el proyecto desarrollado en Studio 5000 puede cargarse en el módulo de control emulado y ejecutarse en Studio 5000 Logix Emulate, lo que posibilita la verificación y depuración del programa realizado para la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”.

Comunicación entre Studio 5000 y RSLinx Classic

La comunicación entre RSLinx Classic debe ser en la misma PC donde se tiene instalado Studio 5000 Emulate y Studio 5000. Hay que configurar una nueva comunicación en RSLinx Classic utilizando el driver "RSLinx Ethernet/IP" para comunicarse con el controlador virtual (Emulate). Asignar una dirección IP o nombre de host para el Emulate. Al configurar RSLinx Classic con la información del controlador, Studio 5000 puede comunicarse con el hardware en tiempo real, lo que permite cargar y descargar programas, monitorear y depurar el controlador, y acceder a datos en tiempo real para su supervisión y control.

Comunicación entre Studio 5000 y FactoryTalk View Studio

La Comunicación entre Studio 5000 y FactoryTalk View Studio se logró mediante una interfaz de comunicación bidireccional que permite la interacción entre el controlador programado en Studio 5000 y la interfaz gráfica del HMI desarrollada en FactoryTalk View Studio. Para establecer esta comunicación, se deben definir las etiquetas y variables en Studio 5000 que se desean visualizar y controlar en el HMI. Luego, en FactoryTalk View Studio, se crea una conexión al controlador y se importan las etiquetas y variables necesarias. Para establecer la comunicación, se utilizó un protocolo de comunicación específico, como EtherNet/IP. Este protocolo permite la transferencia de datos en tiempo real entre Studio 5000 y FactoryTalk View Studio. Una vez que se ha establecido la conexión y se han compartido los tags, FactoryTalk View Studio se puede acceder a los datos y variables del controlador y mostrarlos en las pantallas HMI realizadas para la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)”.

Es esencial realizar las comunicaciones entre Studio 5000 y Studio 5000 Logix Emulate, Studio 5000 y RSLinx Classic, y la comunicación entre Studio 5000 y FactoryTalk View Studio (**Figura 55**) para asegurar una integración completa en el proyecto de la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” ya que la comunicación entre los softwares mencionados, permite simular y probar la lógica de control en un entorno virtual antes de implementarla en el controlador físico, lo que facilita la depuración y garantizará un comportamiento adecuado del controlador a utilizar.

Figura 55

Secuencia de comunicación.



Nota. Tomado de Germanmadrid <https://www.germanmadrid.com/2020/02/02/studio5000-factorytalkview/>

Pruebas

Una vez finalizado el desarrollo del programa en Studio 5000 y la interfaz HMI en FactoryTalk View Studio, y habiendo configurado exitosamente las comunicaciones entre los softwares utilizados, el siguiente paso fue llevar a cabo las pruebas mediante simulación. Esta etapa es esencial para verificar el correcto funcionamiento del sistema en un entorno controlado y sin riesgo para la planta o los equipos. Mediante la simulación, se pueden evaluar diferentes escenarios y condiciones de operación, comprobando que la lógica de control responda adecuadamente a las entradas y que el HMI muestre la información de manera precisa y oportuna. Asimismo, estas pruebas permiten detectar y corregir posibles errores o ajustar parámetros antes de la puesta en marcha asegurando una operación segura en la “Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D)” de la empresa Sedemi S.C.C.

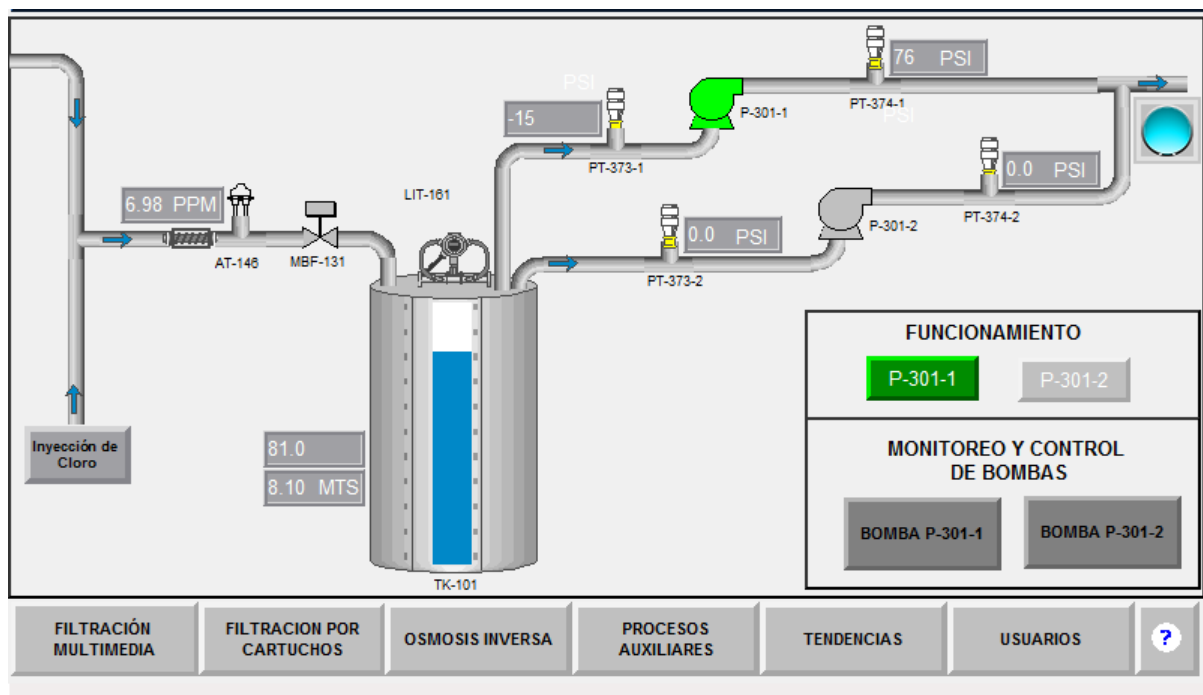
Por lo tanto, a continuación, se describen las etapas de prueba y los resultados obtenidos explicando el contenido y la demostración del funcionamiento de cada proceso que conlleva la planta en base a la **Figura 54** ya que contiene el acceso a los procesos de manera distribuida:

- ABASTECIMIENTO DE AGUA E INYECCIÓN DE CLORO

Contiene el proceso específico de la captación de agua e inyección de cloro, que es la etapa inicial en la desalinización del agua de mar. En esta sección, se muestra una representación gráfica del sistema de captación de agua y parte del sistema de inyección de cloro, junto con el estado de cada equipo (**Figura 56**). Se verá también el modo de operación para que los usuarios pueden seleccionar diferentes modos de operación (Manual, Automático) para todo el sistema el mismo que se visualizará en las demás pantallas de cada proceso, y detalles adicionales, como el histórico de alarmas y registros de los usuarios. Esto facilita la supervisión la operación y el mantenimiento adecuado de los equipos involucrados en estos procesos.

Figura 56

Pantalla del abastecimiento e inyección de cloro de la PTA-D.



La interfaz HMI desarrollada en FactoryTalk View Studio ha mostrado de manera precisa y en tiempo real la información relevante del proceso, permitiendo una supervisión detallada, también se muestra una lista de alarmas activas y pasadas relacionadas con el proceso. La simulación del proceso en la zona de abastecimiento de agua ha sido exitosa, ya que fue capaz de replicar y simular con precisión las variables designadas en la

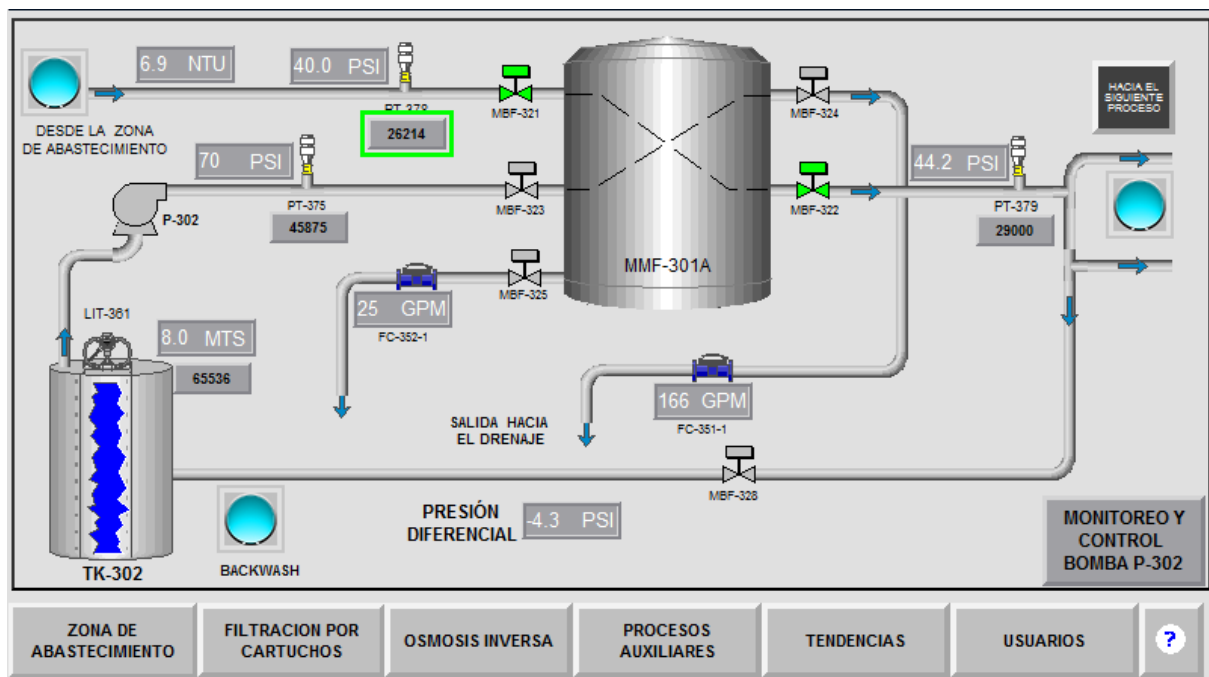
programación del controlador. Durante esta prueba de simulación, se han evaluado distintos escenarios y condiciones operativas para verificar que la lógica de control responda adecuadamente a las entradas esperadas, y que las salidas del proceso sean las deseadas.

- FILTRACIÓN MULTIMEDIA

Contiene el proceso de filtración multimedia, proporciona una visión detallada y control sobre esta importante etapa del tratamiento del agua de mar (**Figura 57**). Esta pantalla secundaria tiene como objetivo permitir a los operadores supervisar y ajustar el proceso de filtración multimedia para obtener agua de mar adecuadamente tratada antes de la etapa de ósmosis inversa.

Figura 57

Pantalla del proceso filtración multimedia de la PTA-D.



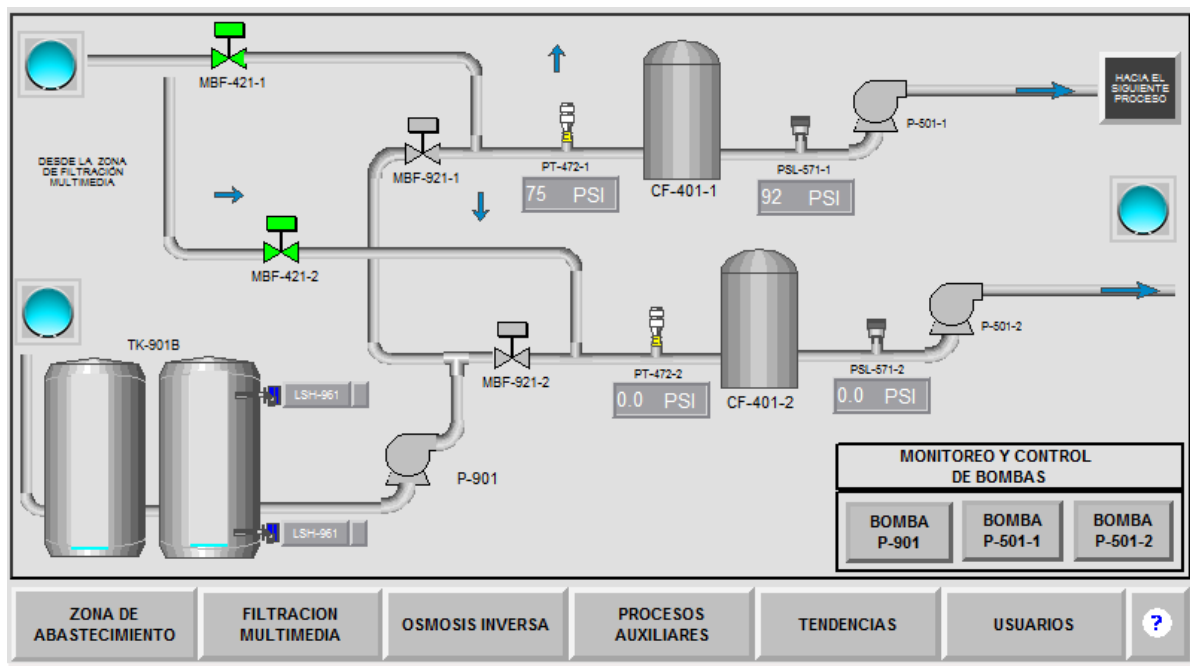
Durante las pruebas de simulación, se ha verificado que la lógica de control responde adecuadamente a las entradas de datos esperadas, lo que demuestra el funcionamiento correcto de las válvulas y otros dispositivos involucrados en el proceso de filtración multimedia.

- FILTRACIÓN DE CARTUCHOS

Contiene el proceso de filtración por cartuchos, proporciona una visión detallada y control sobre esta importante etapa. En esta parte de la pantalla, los operadores pueden acceder a los ajustes de control para la filtración por cartuchos. Pueden configurar la velocidad de flujo, la presión aplicada y otros parámetros para garantizar una filtración eficiente y adecuada (**Figura 58**). Durante las pruebas de simulación, se ha verificado que el programa de control desarrollado en Studio 5000 responde eficientemente a las entradas y condiciones del proceso, permitiendo el correcto funcionamiento de las bombas, válvulas y otros dispositivos involucrados en el sistema de filtración.

Figura 58

Pantalla del proceso filtros de cartucho de la PTA-D.



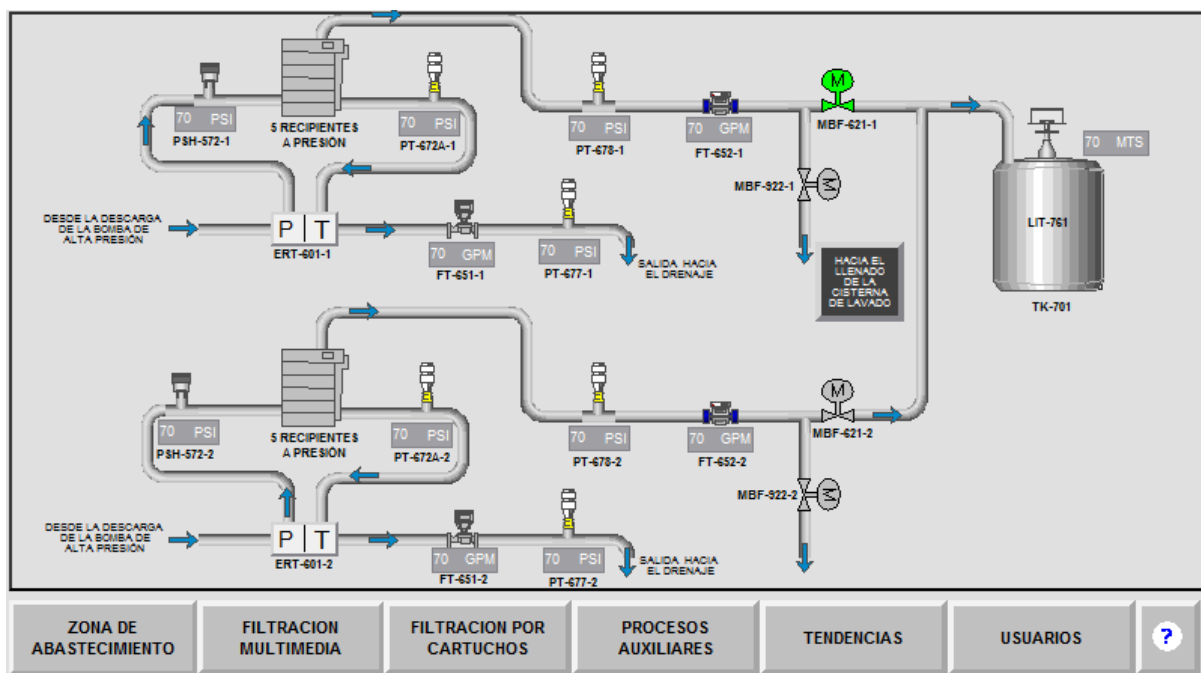
- ÓSMOSIS INVERSA

Contiene el proceso de ósmosis inversa, se centra en brindar información detallada y control sobre esta etapa fundamental del tratamiento del agua de mar. Esta pantalla secundaria proporciona una vista más específica de los procesos de ósmosis inversa (**Figura 59**).

La simulación del proceso en la zona de ósmosis inversa ha sido exitosa, demostrando que el programa de control ha sido adecuadamente diseñado y configurado para simular las variables específicas definidas en la programación. Durante las pruebas de simulación, se ha podido comprobar que la lógica de control responde de manera precisa a las entradas de datos esperadas, permitiendo así el correcto funcionamiento actuadores involucrados en el proceso de ósmosis inversa.

Figura 59

Pantalla del proceso de ósmosis inversa de la PTA-D.



- **PROCESOS AUXILIARES**

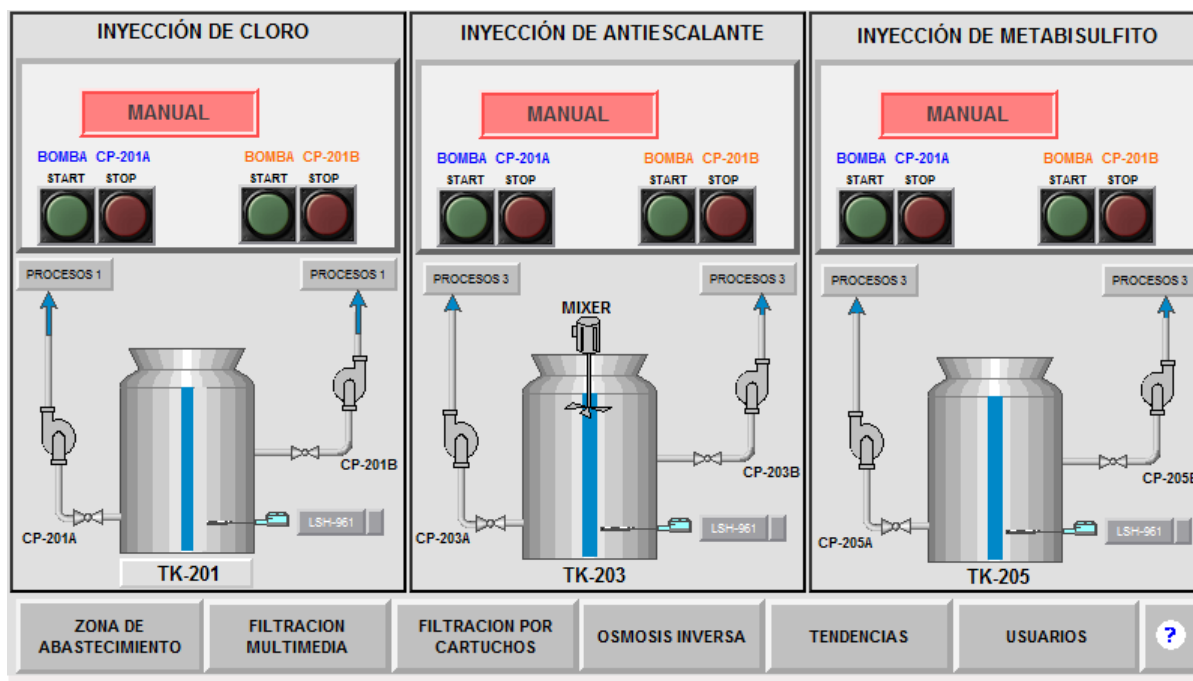
Contiene el proceso de dosificación, proporciona una visión detallada y control sobre esta etapa crucial del tratamiento del agua de mar (**Figura 60**). La dosificación implica la adición precisa y controlada de productos químicos o reactivos al agua de mar pretratada antes de la etapa de ósmosis inversa u otros procesos de desalinización.

Además de las alarmas, esta sección muestra notificaciones importantes relacionadas con la dosificación, como eventos críticos o información relevante para el equipo de operación y mantenimiento. La simulación este proceso ha sido un éxito, ya que ha sido capaz de simular de manera precisa las variables designadas en la programación.

Durante las pruebas de simulación, se ha verificado que la lógica de control responde de manera adecuada.

Figura 60

Pantalla del proceso de dosificación de la PTA-D.



- CONTROL Y MONITOREO DE BOMBAS

Contiene el control y monitoreo de las bombas (**Figura 61**), proporciona una visión detallada y control sobre las bombas utilizadas en el proceso de desalinización. Las bombas son componentes clave en la planta, responsables de la circulación y transferencia del agua de mar a través de diferentes etapas del tratamiento. En la parte superior de la pantalla, se muestra una lista de todas las bombas presentes en la planta desalinizadora. Cada bomba aparece con su nombre o identificación, junto con su estado actual y el modo de funcionamiento.

Cada bomba está resaltada con un color o un icono específico para indicar su estado (encendido, apagado, en alarma, etc.). Esto facilita la identificación rápida de bombas que puedan necesitar atención. En esta parte de la pantalla, los operadores pueden controlar el encendido y apagado de cada bomba individualmente. También pueden configurar el modo de funcionamiento automático o manual para cada bomba según sea necesario.

Figura 61

Pantalla del control de bombas de la PTA-D.

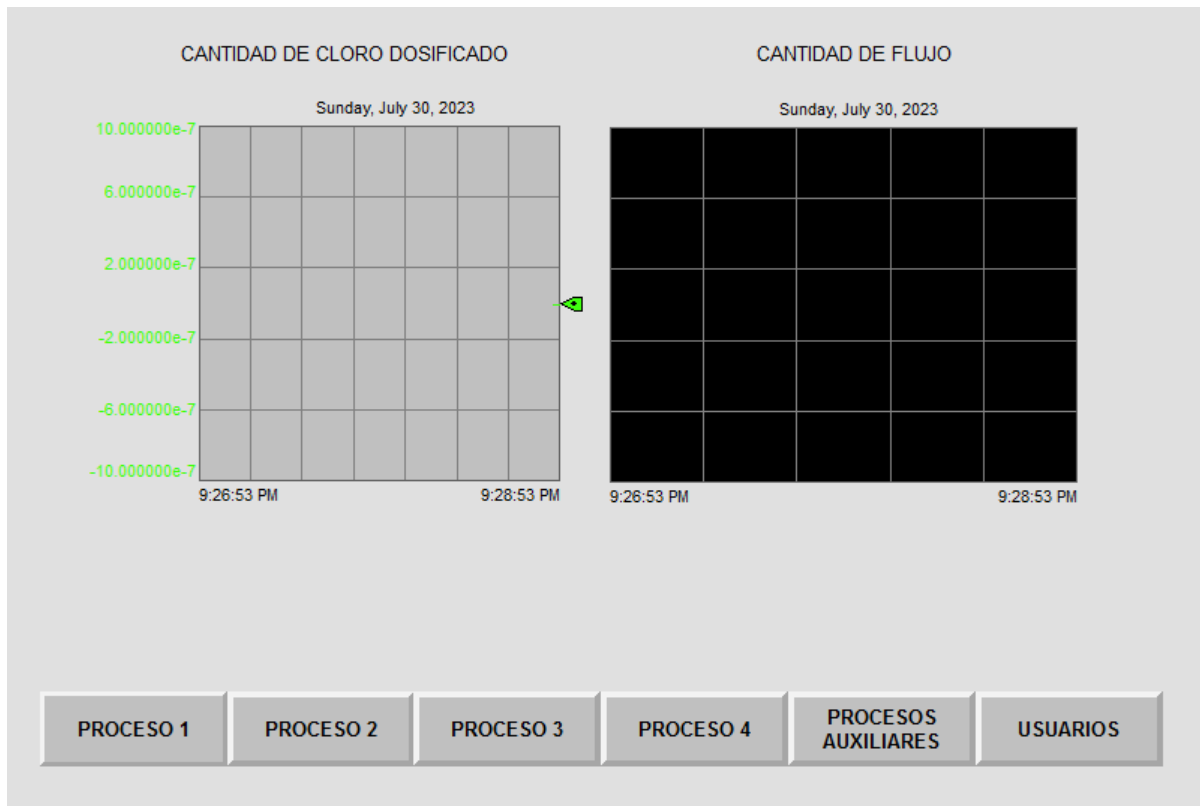


- TENDENCIAS E HISTÓRICO

Contiene las tendencias, proporciona una visualización gráfica y detallada de los datos históricos y tendencias clave del proceso de desalinización. Esta pantalla secundaria se puede acceder desde el menú principal y tiene como objetivo permitir a los operadores y personal de supervisión analizar el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo y realizar ajustes o mejoras según sea necesario. Esta sección muestra los gráficos de tendencias de los parámetros seleccionados (**Figura 62**). Cada parámetro tiene su propio gráfico lineal o de barras, dependiendo del tipo de datos. Los gráficos pueden superponerse para facilitar comparaciones entre diferentes variables.

Figura 62

Pantalla de tendencias de la PTA-D.



- HISTÓRICO DE ALARMAS

Contiene el histórico de alarmas (**Figura 63**), proporciona una visión detallada de todas las alarmas que se han generado en el sistema durante un período de tiempo específico. Esta pantalla secundaria tiene como objetivo permitir a los operadores y personal de mantenimiento revisar y analizar las alarmas pasadas para identificar patrones, tendencias o problemas recurrentes.

Figura 63

Pantalla del histórico de alarmas de la PTA-D.

Alarm time	Acknowledge time	Message
7/30/2023 9:15:31 PM		CONDUCTIVIDAD ALTA_CT-643-1
7/30/2023 9:15:31 PM		PRESIÓN ALTA_PT-678-1
7/30/2023 9:15:31 PM		PRESIÓN ALTA_PT-677-1
7/30/2023 9:15:31 PM		PRESIÓN ALTA_PT-672B-1
7/30/2023 9:15:31 PM		PRESIÓN ALTA_PT-672A-1
7/30/2023 9:15:31 PM		PRESIÓN DIFERENCIAL ALTA_PDI-479-1
7/30/2023 9:15:31 PM		NIVEL BAJO_TK-901-A
7/30/2023 9:15:31 PM		NIVEL ALTO_LIT-361
7/30/2023 9:15:31 PM		NIVEL ALTO EN EL TK-101 DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
7/30/2023 8:31:57 PM		CONDUCTIVIDAD ALTA_CT-643-1
7/30/2023 8:31:57 PM		PRESIÓN ALTA_PT-678-1
7/30/2023 8:31:57 PM		PRESIÓN ALTA_PT-677-1
7/30/2023 8:31:57 PM		PRESIÓN ALTA_PT-672B-1
7/30/2023 8:31:57 PM		PRESIÓN ALTA_PT-672A-1
7/30/2023 8:31:57 PM		PRESIÓN DIFERENCIAL ALTA_PDI-479-1
7/30/2023 8:31:57 PM		NIVEL BAJO_TK-901-A
7/30/2023 8:31:57 PM		NIVEL ALTO_LIT-361
7/30/2023 8:31:57 PM		NIVEL ALTO EN EL TK-101 DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
7/30/2023 8:26:35 PM		CONDUCTIVIDAD ALTA_CT-643-1
7/30/2023 8:26:35 PM		PRESIÓN ALTA_PT-678-1
7/30/2023 8:26:35 PM		PRESIÓN ALTA_PT-677-1
7/30/2023 8:26:35 PM		PRESIÓN ALTA_PT-672B-1
7/30/2023 8:26:35 PM		PRESIÓN ALTA_PT-672A-1

BORRAR HISTORIAL	▲ ▼	Reconocer alarma [F1]	Reconocer todas las alarmas [F2]	Silenciar alarmas [F3]	REGRESAR
PROCESO 1	PROCESO 2	PROCESO 3	PROCESO 4	PROCESOS AUXILIARES	USUARIOS

Durante las pruebas de simulación, se ha verificado que el sistema registra y muestra adecuadamente las alarmas generadas por situaciones anómalas o eventos críticos en el proceso. La interfaz HMI desarrollada en FactoryTalk View Studio ha mostrado de manera clara y organizada el histórico de alarmas, proporcionando información detallada sobre el tipo de alarma y el momento en que se activó.

Capítulo V:

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- De forma general la Planta de tratamiento de agua desalinizadora (PTA-D) consta de las siguientes etapas; (1) captación de agua e inyección de cloro para la sanitización del líquido en relación al porcentaje de bacterias y agentes patógenos presentes en el agua de mar, (2) filtración multimedia que consiste en capas granulares de alta densidad y dureza que tienen por objetivo la eliminación de cloro, sedimentos, metales e impurezas pesadas, (3) filtración por cartuchos, el fluido atraviesa por estos elementos, quedándose retenidos todos los contaminantes menos pesados (4) osmosis inversa que contiene una geomembrana que al aplicar una presión produce un flujo de agua que va desde la solución con mayor salinidad (agua de mar) hasta otra de menor salinidad (agua dulce).
- Para el levantamiento de información fue necesario revisar y actualizar; (12) P&ID de la PTA-D, (1) lista de instrumentos, (1) lista de cables, (1) lista de señales, (46) hojas de datos, (12) diagrama de borneras, (12) diagramas de conexionado y (12) diagramas de lazo. Además de un diagrama en 3D lo que permitió tener una visión clara y detallada de la planta, lo que facilitará la instalación, operación, el mantenimiento, la solución de problemas y futuras mejoras en el sistema de control.
- La generación de los planos de control del PLC Autónomo Programable, incluyendo el diagrama de cableado y la alimentación AC/DC, ha sido esencial para asegurar una correcta conexión eléctrica y comunicación entre los dispositivos y el controlador. Esto ha facilitado la implementación física del sistema de control y ha garantizado su correcto funcionamiento.

- Una vez que se analizaron los requisitos del sistema y se actualizaron los planos y demás documentos, se establecen los parámetros que se deben cumplir para el funcionamiento de cada etapa asociado al modo de operación de cada elementos de control, se asigna una entrada y/o salida del controlador, se definen comparaciones y operaciones aritméticas y en base a los resultados obtenidos se establecen acciones correctivas como apertura y cierre de válvulas de modo que toda la planta opere asurado el objetivo de desalinizar el agua de mar.
- En vista que varios de los elementos que conforma la planta están en proceso de compra, para la verificación de la lógica de control propuesta en este trabajo se realizaron pruebas de funcionamiento mediante simulación en las que el HMI se seleccionan modos operación, nivel de usuario, etc., mientras que en estudio 5000 se colocan valores y estados relacionados a condiciones de operación y se verifica el estado de salidas del controlador. Cabe recalcar que estos valores y estados acorde al elemento también son mostrados en el HMI.

Recomendaciones

- Durante la generación de los planos de control del PLC Autónomo Programable, se sugiere incluir etiquetas claras y descripciones detalladas de cada componente y conexión eléctrica. Esto ayudará a evitar confusiones y errores en la implementación física del sistema, asegurando una correcta interconexión de los dispositivos y una comunicación eficiente entre ellos.
- Antes de realizar las pruebas con simulación, se recomienda realizar una revisión exhaustiva del programa del controlador y del HMI para asegurar que todos los escenarios y condiciones operativas relevantes estén contemplados. Además, se deben definir criterios claros de éxito y objetivos de prueba para evaluar de manera efectiva el rendimiento y la fiabilidad del sistema de control durante la simulación.
- Para poder acceder a los softwares de programación para Allen Bradley, como Studio 5000, Studio 5000 Logix Emulate, RSLinx Classic y FactoryTalk View Studio, es muy recomendable utilizar una máquina virtual ya que los mismos tienen requisitos de versiones específicas de Windows 7 y otros programas auxiliares lo que afectaría su funcionamiento.

Bibliografía

ABB. (15 de JUNIO de 2023). Obtenido de ABB:

<https://new.abb.com/news/es/detail/76079/la-tecnología-de-abb-impulsara-el-mayor-proyecto-de-desalinizacion-de-agua-marina-del-mundo>

AEDyR. (14 de JUNIO de 2023). Obtenido de AEDyR: <https://aedyr.com/principales-tecnicas-desalacion-cuales/>

Alemán, M. A. (2017). *Introducción al Análisis e Implementación de Sistemas de Control Automático*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana 2017.

Aquaefundación. (10 de JUNIO de 2023). Obtenido de Aquaefundación:

<https://www.fundacionaquaefundacion.org/metodos-de-desalinización/>

Aula21. (4 de julio de 2023). Obtenido de Aula21: <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-instrumentación-industrial/>

Cabero García, J. (03 de Febrero de 2016). *Digital Archive Learning*. Obtenido de Digital Archive Learning: <https://addi.ehu.es/handle/10810/18530>

Caloryfrio. (30 de JULIO de 2023). Obtenido de Caloryfrio:

<https://www.caloryfrio.com/sanitarios/tuberias-accesorios/que-es-una-válvula-y-para-que-sirve.html>

CienciaUANL. (30 de JUNIO de 2023). Obtenido de CienciaUANL:

[https://cienciauanl.uanl.mx/?p=9193#:~:text=En%20otras%20palabras%2C%20el%20control, reducirla%20\(acci%C3%B3n%20de%20control\).](https://cienciauanl.uanl.mx/?p=9193#:~:text=En%20otras%20palabras%2C%20el%20control, reducirla%20(acci%C3%B3n%20de%20control).)

Cloudtec. (15 de JUNIO de 2023). Obtenido de Cloudtec:

<https://cloudtec.pe/blog/automatización-industrial/sensores/>

Colegiosanalfonso. (28 de JUNIO de 2023). Obtenido de Colegiosanalfonso:

<https://colegiosanalfonso.cl/wp-content/uploads/2021/05/GUIA-3-IEI-4%C2%B0B.pdf>

Covnaactuator. (29 de JULIO de 2023). Obtenido de Covnaactuator:

<https://covnaactuator.com/es/what-is-motorized-valve/>

Distron. (16 de junio de 2023). Obtenido de Distron: <https://distron.es/funcionamiento-sensor->

Hnsa. (21 de junio de 2023). Obtenido de Hnsa: [https://www.hnsa.com.co/transmisores-de-temperatura/#:~:text=Los%20transmisores%20de%20temperatura%20permiten,de%20resistencia%20\(Termopar%20o%20PT100.](https://www.hnsa.com.co/transmisores-de-temperatura/#:~:text=Los%20transmisores%20de%20temperatura%20permiten,de%20resistencia%20(Termopar%20o%20PT100.)

Hnsa. (23 de junio de 2023). Obtenido de Hnsa: <http://www.hnsa.com.co/transmisores-de-nivel-ultrasonicos/>

Iagua. (13 de junio de 2023). Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-desalinización-agua>

Instruments. (20 de junio de 2023). Obtenido de Instruments: <https://gms-instruments.com/es/blog/what-is-a-pressure-transmitter/>

Keepcoding. (6 de JULIO de 2023). Obtenido de Keepcoding: <https://keepcoding.io/blog/que-son-datasets/>

Lucidchart. (9 de JULIO de 2023). Obtenido de Lucidchart: <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>

NUNSYS. (30 de MAYO de 2023). Obtenido de NUNSYS: <https://www.nunsys.com/scada/>

Ortiz, R. (2021). Desalinización es el futuro . *Vamos a la Fuente* .

Perez., I. M. (2007). *“INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL.* Obtenido de Ing. Mario Alberto Perez.

Prezi. (30 de junio de 2023). Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/zi65rr6ob5bn/sistema-de-control-manual/#:~:text=Hablamos%20de%20control%20manual%20toda,vista%2C%20olfato%2C%20etc.>)

Racking. (6 de JULIO de 2023). Obtenido de Racking: <https://www.ar-racking.com/es/blog/diseño-y-layout-del-almacén-factores-clave-y-objetivos/>

Recursosenprojectmanagement. (3 de JULIO de 2023). Obtenido de Recursosenprojectmanagement: <https://www.recursosenprojectmanagement.com/plantillas/lista-de-entregables/#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20entregable%20se%20utiliza,etapa%20o%20el%20proyecto%20completo.>

Rockwellautomation. (2008). *RSLinx Classic*.

Rockwellautomation. (2013). *Controladores programables de*.

Rockwellautomation. (2 de JULIO de 2023). Obtenido de Rockwellautomation:

[https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/software/factorytalk/designsuite/studio-5000/studio-5000-logix-](https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/software/factorytalk/designsuite/studio-5000/studio-5000-logix-emulate.html#:~:text=Con%20Studio%205000%20Emulate%2C%20puede,su%20dise%C3%B1o%20sigue%20siendo%20flexible.)

[emulate.html#:~:text=Con%20Studio%205000%20Emulate%2C%20puede,su%20dise%C3%B1o%20sigue%20siendo%20flexible.](https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/software/factorytalk/designsuite/studio-5000/studio-5000-logix-emulate.html#:~:text=Con%20Studio%205000%20Emulate%2C%20puede,su%20dise%C3%B1o%20sigue%20siendo%20flexible.)

Rockwellautomation. (2 de JULIO de 2023). Obtenido de Rockwellautomation:

[https://www.rockwellautomation.com/es-](https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/software/factorytalk/operationsuite/view.html#:~:text=El%20software%20FactoryTalk%2CAE%20View,operador%20a%20nivel%20de%20m%C3%A1quina.)

[mx/products/software/factorytalk/operationsuite/view.html#:~:text=El%20software%20FactoryTalk%2CAE%20View,operador%20a%20nivel%20de%20m%C3%A1quina.](https://www.rockwellautomation.com/es-mx/products/software/factorytalk/operationsuite/view.html#:~:text=El%20software%20FactoryTalk%2CAE%20View,operador%20a%20nivel%20de%20m%C3%A1quina.)

Sapiensman. (5 de JULIO de 2023). Obtenido de Sapiensman:

<http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs/doc55.php>

Scielo. (5 de Junio de 2023). Obtenido de Scielo:

<http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n35/2248-4094-rium-18-35-69.pdf>

Scribd. (4 de JULIO de 2023). Obtenido de Scribd:

<https://es.scribd.com/document/155628680/Cables-Industriales>

Scribd. (7 de JULIO de 2023). Obtenido de Scribd:

[https://es.scribd.com/document/421319514/Diagrama-de-Lazo-](https://es.scribd.com/document/421319514/Diagrama-de-Lazo-pdf#:~:text=El%20diagrama%20de%20lazo%20resulta,en%20un%20punto%20dado%20del&text=(puede%20ser%20regleta)%2C%20y,llegada%20a%20instrumentos%20de%20medici%C3%B3n.&text=por%20un%20conjunto%20de%20ins)

[pdf#:~:text=El%20diagrama%20de%20lazo%20resulta,en%20un%20punto%20dado%20del&text=\(puede%20ser%20regleta\)%2C%20y,llegada%20a%20instrumentos%20de%20medici%C3%B3n.&text=por%20un%20conjunto%20de%20ins](https://es.scribd.com/document/421319514/Diagrama-de-Lazo-pdf#:~:text=El%20diagrama%20de%20lazo%20resulta,en%20un%20punto%20dado%20del&text=(puede%20ser%20regleta)%2C%20y,llegada%20a%20instrumentos%20de%20medici%C3%B3n.&text=por%20un%20conjunto%20de%20ins)

SDI. (12 de JUNIO de 2023). Obtenido de SDI: <https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-plc/>

SDI. (24 de junio de 2023). Obtenido de SDI: [https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-controlador-](https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-controlador-industrial/#:~:text=De%20este%20modo%20un%20controlador,y%20trabajadores%20de%20las%20empresas.)

[industrial/#:~:text=De%20este%20modo%20un%20controlador,y%20trabajadores%20de%20las%20empresas.](https://sdindustrial.com.mx/blog/que-es-un-controlador-industrial/#:~:text=De%20este%20modo%20un%20controlador,y%20trabajadores%20de%20las%20empresas.)

Sdindustrial. (30 de JULIO de 2023). Obtenido de Sdindustrial:

<https://sdindustrial.com.mx/blog/actuadores/>

Seika. (25 de junio de 2023). Obtenido de Seika: <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/>

SICMA21. (26 de JUNIO de 2023). Obtenido de SICMA21: <https://www.sicma21.com/que-son-los-actuadores-en-la-industria/>

Tallerescuencia. (27 de JUNIO de 2023). Obtenido de Tallerescuencia:

<https://tallerescuencia.com/el-sistema-common-rail-p-iii-bombas-de-alta-presion/#:~:text=La%20bomba%20de%20alta%20presi%C3%B3n,mantener%20la%20presi%C3%B3n%20del%20sistema.>

TAYLOR, G. M. (2021). *SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE PLANTAS*

DESALADORAS. Chile. Obtenido de

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/181564/Sistema-de-control-y-monitoreo-de-plantas-desaladoras-utilizando-servicios-de-cloud-computing.pdf?sequence=1>

Técnicas y control. (19 de junio de 2023). Obtenido de Técnicas y control:

<https://www.tecnicasycontroles.com/Transmisores-de-Flujo-de-Líquidos/#:~:text=Los%20transmisores%20de%20flujo%20electromagn%C3%A9ticos,magn%C3%A9tico%20para%20medir%20el%20flujo.>

Técnicas y controles. (17 de junio de 2023). Obtenido de Técnicas y controles:

[https://www.tecnicasycontroles.com/Monitores-de-pH/ORP/#:~:text=El%20transmisor%20de%20pH%20proporciona,oxidaci%C3%B3n%2Dreducci%C3%B3n%20\(ORP\).](https://www.tecnicasycontroles.com/Monitores-de-pH/ORP/#:~:text=El%20transmisor%20de%20pH%20proporciona,oxidaci%C3%B3n%2Dreducci%C3%B3n%20(ORP).)

UGR. (9 de JULIO de 2023). Obtenido de UGR:

<https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcicq/diagramadebloques.html>

Unicef. (2021). Acceso a Agua, Saneamiento e Higiene. *Acceso a Agua, Saneamiento e Higiene*.

Anexos