

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

**Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el
tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros.**

AUTOR:

Rincones Pozo, Jorge Eddie

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de
INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TUTOR:

Ing. Medina Moreira, Washington Adolfo Ph.D.

Guayaquil, Ecuador

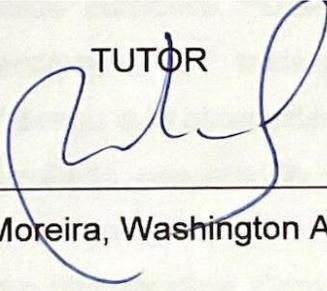
15 de febrero del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Rincones Pozo, Jorge Eddie** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD**.

TUTOR


Ing. Medina Moreira, Washington Adolfo Ph.D.

DIRECTOR DE CARRERA

DIRECTOR DE CARRERA


Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo M.Sc.

Guayaquil, al 15 día del mes de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Rincones Pozo, Jorge Eddie

DECLARO QUE:

El Trabajo De Integración Curricular **Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, al 15 día del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

Rincones Pozo, Jorge Eddie



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Yo, Rincones Pozo, Jorge Eddie

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al 15 día del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

Rincones Pozo, Jorge Eddie

REPORTE URKUND

Original

Document Information

Analyzed document	JORGE RINCONES FINAL].pdf (D158113243)
Submitted	2023-02-08 01:46:00
Submitted by	
Submitter email	washington.medina@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	ema.moreno.ucsg@analysis.urkund.com

Sources included in the report

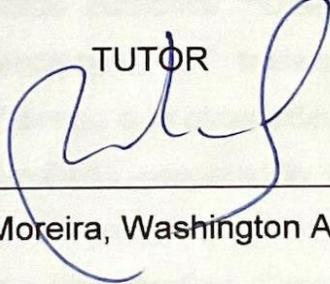
W	URL: https://www.ms-motorservice.com/es/tecnipedia/post/danos-de-valvulas-y-sus-causas/ Fetched: 2023-02-08 01:47:00	1
W	URL: https://www.aiguapres.es/bombas-sumergibles-funcionamiento/ Fetched: 2023-02-08 01:47:00	1
W	URL: https://fluideco.com/que-es-una-bomba-de-ariete-y-como-funciona/ Fetched: 2023-02-08 01:47:00	2
W	URL: https://anphibius.com/blog/que-es-y-para-que-sirve-la-bomba-dosificadora-de-cloro/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: https://www.carbotecnia.info/producto/bombas-dosificadoras-de-cloro/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: https://www.grundfos.com/mx/learn/research-and-insights/chlorination Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: http://www.ashm.mx/blog/valvulas-de-solenoides-de-dos-vias-operadas-por-piloto/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: https://asifeyekarj.com/producto/valvula-solenoides-8210g002-marca-asco-2-vias-de-1-2-npv/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: https://www.bermad.com/es/product/solenoides-de-3-vias-2/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: https://sebastiansalazar.com/como-funciona-la-bomba-de-agua/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	2

1 of 29 2/7/2023, 8:21 PM

Original

W	URL: https://www.iprecom.com/ventajas-y-desventajas-de-las-bombas-sumergibles/ Fetched: 2023-02-08 01:48:00	1
W	URL: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/18630/Gonza%CC%81ez%20Gonza%CC%81... Fetched: 2023-02-08 01:47:00	2
SA	SP_06_LOPEZ_KEVIN_STOA.pdf Document SP_06_LOPEZ_KEVIN_STOA.pdf (D113012584)	1

TUTOR



Ing. Medina Moreira, Washington Adolfo Ph.D.

DEDICATORIA

A Jorge y Fanny, mis amados padres, los dos mejores seres humanos que conocí y que, aunque su presencia ya no es física, jamás han dejado de ser una inspiración de esfuerzo y tesón hacia el progreso. A mí esposa e hija, que incondicionalmente sacrificaron nuestro tiempo compartido durante todo el proceso; a mis compañeros de trabajo con quiénes a pesar de las adversidades nos unimos y peleamos cada una de las batallas que se nos presentó, a todas aquellas personas que aportaron desde el más grande consejo hasta el más pequeño detalle para que yo pueda alcanzar este sueño que se transformó en una meta. Y finalmente dedicar este trabajo a ese particular grupo de compañeros de aula una mezcla de juventud y experiencia, de edades, de criterio y de ímpetu, que me sirvieron de motivación en cada instante.

Rincones Pozo, Jorge Eddie

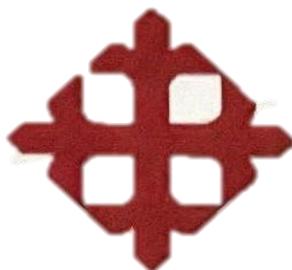
AGRADECIMIENTO

Mi eterna gratitud a Dios, que ha llevado mis pasos siempre al lugar correcto, a mi familia entera, sus muestras de admiración y respeto por mi ideal son el pilar fundamental que motiva y fortalece, a mis amigos por alentarme día a día a alcanzar mis metas

Mi profundo agradecimiento a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por la oportunidad de permitirme alcanzar este logro, a cada uno de los docentes de la Facultad de Educación Técnica por su profesionalismo, ayuda, comprensión y paciencia al impartir sus cátedras.

Finalmente, pero no menos importante al Ingeniero Washington Adolfo Medina Moreira, ya que con su guía, colaboración y enseñanza pude desarrollar acertadamente este trabajo.

Rincones Pozo, Jorge Eddie



**UNIVERSIDAD CATOLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TRIBUNAL DE SUSTENTACION

**ING. FRANCO RODRIGUEZ, JOHN ELOY Ph.D
DECANO**

**ING BOHORQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO M. Sc.
COORDINADOR DE TITULACIÓN**

**ING. PILCO ASQUI LUIS ORLANDO M. Sc.
OPONENTE**

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	2
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	2
1.1 Introducción	2
1.2 Antecedentes	3
1.3 Definición del Problema del Trabajo de Integración Curricular.....	4
1.4 Justificación del Problema del Trabajo de Integración Curricular.....	4
1.5 Objetivos del Trabajo de Integración Curricular.....	5
1.5.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.5.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.6 Hipótesis de la Investigación	6
1.7 Metodología de Investigación.....	6
2.1 Aguas negras	7
2.2 Normativa para la prevención de la contaminación de aguas residuales de embarcaciones	7
2.3 Sistema de aguas residuales para embarcaciones	9
2.3.1 <i>Sensor de nivel</i>	11
2.3.2 <i>Válvula de llenado</i>	13
2.3.4 <i>Bomba de aguas negras</i>	16
2.3.5 <i>Bomba Maceradora</i>	19
2.3.6 <i>Bomba de descarga</i>	20
2.3.7 <i>Bomba autocloro</i>	22
2.3.8 <i>Electrolizador de ácido hipocloroso</i>	25
2.3.9 <i>Solenoides V1</i>	26
2.3.10 <i>Solenoides V2</i>	28
2.3.11 <i>Solenoides V3</i>	30
2.3.12 <i>Bomba de agua P/S</i>	31
CAPÍTULO 3.....	35

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EN LA M/N ISABELA II	35
3.1 Elementos actuales de la planta de tratamiento	35
3.2 Descripción del proceso propuesto para la planta de tratamiento.....	39
3.3 Elaboración de Diagramas Eléctricos	42
CAPÍTULO 4.....	57
DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN M/N ISABELLA II.....	57
4.1 Secuencia de funcionamiento de planta de tratamiento	57
4.1.1 <i>Modo Manual</i>	57
4.1.2 <i>Modo Automático (Autocloro)</i>	57
4.1.3 <i>Modo Backwash (limpieza)</i>	59
4.2 Desarrollo de programa de PLC.....	60
4.3 Desarrollo de programa de HMI	73
5.1 Conclusiones	86
5.2 Recomendaciones	87
Bibliografía.....	88
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contribuyente de las aguas	8
Tabla 2 Característica de la válvula solenoide 8210G002	29
Tabla 3 Elementos de Planta de Tratamiento	36
Tabla 4 Características de PLC	42
Tabla 5 Listado de entradas y salidas 1/2	43
Tabla 6 Listado de entradas y salidas 2/2	44
Tabla 7 Características de Panel View	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Interconexión de sanitarios.....	10
Figura 2 Sensor flotante.....	11
Figura 3 Sensor ultrasónico sin contacto	12
Figura 4 Sensor de nivel por capacitancia	13
Figura 5 Válvula de llenado	14
Figura 6 Bomba sumergible	17
Figura 7 Bomba maceradora	20
Figura 8 Bomba de descarga.....	21
Figura 9 Bomba de autocloro	23
Figura 10 EcoloxTech240	25
Figura 11 Válvula solenoide.....	26
Figura 12 Válvula solenoide de 2 vías.....	28
Figura 13 Válvula solenoide 3 vías	30
Figura 14 Bomba de agua P/S.....	32
Figura 15 Planta de Tratamiento	35
Figura 16 Válvulas de Ingreso de Agua de Mar	36
Figura 17 Sensores de Nivel Continuo	36
Figura 18 Sensores de Nivel Discreto	37
Figura 19 Switch de Flujo	37
Figura 20 Bomba de Transferencia	38
Figura 21 Bomba de descarga.....	38
Figura 22 Bomba de Recirculación o Maceradora.....	38
Figura 23 Proceso de Planta de Tratamiento.....	39
Figura 24 Sistema de Llenado	40
Figura 25 Sistema de Recirculación.....	40
Figura 26 Sistema de Descarga	41
Figura 27 Sistema de Retro lavado	42
Figura 28 Distribución Externa e Interna de Tablero de Control.....	45
Figura 29 Alimentación de motores	46
Figura 30 Alimentación de transformadores.....	47
Figura 31 Alimentación de equipos de 24VDC	48
Figura 32 Conexión de PLC 1/4	49
Figura 33 Conexión de PLC 2/4	50
Figura 34 Conexión de PLC 3/4	51
Figura 35 Conexión de PLC 4/4	52
Figura 36 Conexión de SLOT 2 1/3	53

Figura 37 Conexión de SLOT 2 2/3	54
Figura 38 Conexión de SLOT 2 3/3	55
Figura 39 Conexiones de Relés	56
Figura 40 Inicio Tia Portal V16.....	60
Figura 41 Crear Nuevo Proyecto.....	60
Figura 42 Configurar un dispositivo	61
Figura 43 Agregar dispositivo	61
Figura 44 Vista de dispositivos	62
Figura 45 Declaración de variables	62
Figura 46 Bloque Main del PLC	63
Figura 47 Lenguaje de Programación Ladder	63
Figura 48 Main OB1	64
Figura 49 Variables digitales planta vieja 1/2	64
Figura 50 Variables digitales planta vieja 2/2	65
Figura 51 Variables digitales planta nueva.....	65
Figura 52 Señales analógicas.....	66
Figura 53 Marcha y paro del sistema	66
Figura 54 Modos de operación de la planta nueva	67
Figura 55 Activaciones de equipos 1/3.....	67
Figura 56 Activaciones de equipos 2/3.....	68
Figura 57 Activaciones de equipos 3/3.....	69
Figura 58 Modo Blackwash.....	69
Figura 59 Modo Autoclor.....	69
Figura 60 Encendido de válvulas y Chem Pump en modo Backwash y Autoclor 1/2.....	70
Figura 61 Encendido de válvulas y Chem Pump en modo Backwash y Autoclor 2/2.....	70
Figura 62 Arreglo de tiempo de encendidos desde el HMI 1/2.....	71
Figura 63 Arreglo de tiempo de encendidos desde el HMI 2/2.....	71
Figura 64 Alarmas 1/2	72
Figura 65 Alarmas 2/2	72
Figura 66 Agregar Dispositivo HMI.....	73
Figura 67 Selección de HMI.....	73
Figura 68 Conexión de Red	74
Figura 69 Declaración de Variables HMI	74
Figura 70 Pantalla de Inicio	75
Figura 71 Pantalla de Proceso.....	75
Figura 72 Pantalla de Ajustes	75
Figura 73 Pantalla de Modo Manual.....	76

Figura 74 Simulación – Pantalla de Inicio 76

Figura 75 Simulación – Pantalla de Proceso..... 77

Figura 76 Simulación – Modo Manual Seleccionado 77

Figura 77 Simulación – Icono de Configuración..... 78

Figura 78 Simulación – Modo Manual 78

Figura 79 Simulación – Icono de proceso 79

Figura 80 Simulación – Modo Manual desactivado..... 79

Figura 81 Simulación – Icono de ajustes..... 79

Figura 82 Simulación – Pantalla de ajustes 80

Figura 83 Simulación – Modo automático habilitado 81

Figura 84 Simulación – Modo automático Iniciado..... 81

Figura 85 Simulación – Modo automático Bomba de Transferencia activada 82

Figura 86 Simulación – Modo automático Bomba Maceradora activada 82

Figura 87 Simulación – Modo automático Detección de Nivel Alto 83

Figura 88 Simulación – Modo automático Llenado de Tanque..... 84

Figura 89 Simulación – Modo automático Activación Bomba de Descarga..... 84

Figura 90 Simulación – Modo Backwash 85

RESUMEN

A raíz de la pandemia y el encierro obligatorio que se tuvo mundialmente, muchas personas recapacitaron en cómo están viviendo su vida y como la quieren disfrutar, esto ha hecho que gran parte de estas personas decidan viajar y conocer el mundo, y uno de estos destinos elegidos son las Islas Galápagos por su grandiosa flora y fauna debido a que son los mayores atractivos que poseen las islas y por qué no disfrutar de este recorrido en un crucero. Isabela II es una de tantas embarcaciones que prestan este servicio hace mucho tiempo, pero desde que se permitió el libre tránsito de personas las islas se vieron beneficiadas por muchos turistas y de la misma manera las embarcaciones, las cuales incrementaron su cantidad de viaje por dicha demanda, pero así como el turismo trae beneficios monetarios también se genera cierta cantidad de desechos ya sean orgánicos, inorgánicos, aguas negras, residuales entre otros, que si no se manipulan adecuadamente pueden causar daño tanto a las aguas limpias como a su ecosistema, por ende este proyecto de investigación se enfocó en el “Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros” el cual mediante un sistema eléctrico mejorado permite una respuestas rápida y es amigable con el ecosistema, el cual baja el índice de riesgo de contaminación.

Palabras claves: Planta, Tratamiento, Agua, Negra, Residual,

Contaminación, Diseño, Eléctrico, Control, Simulación

ABSTRACT

As a result of the pandemic and the mandatory confinement that took place worldwide, many people reconsidered how they are living their lives and how they want to enjoy it, this has made many of these people decide to travel and see the world, and one of these destinations chosen are the Galapagos Islands for its great flora and fauna because they are the biggest attractions that have the islands and why not enjoy this tour on a cruise. Isabella II is one of many vessels that provide this service for a long time, but since the free transit of people was allowed the islands were benefited by many tourists and in the same way the boats, which increased their amount of travel by such demand, but as well as tourism brings monetary benefits also generates a certain amount of waste whether organic, inorganic, sewage, wastewater, among others, If not handled properly can cause damage to both clean water and its ecosystem, therefore this research project focused on the "Electrical design of control, command and simulation plant for sustainable treatment of sewage in cruise ships" which through an improved electrical system allows a quick response and is friendly to the ecosystem, which lowers the risk of contamination index.

Keywords: Plant, Treatment, Black, Water, Waste, Water, Wastewater, Pollution, Design, Electrical, Control, Simulation, Simulation

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

1.1 Introducción

En los últimos años se ha observado un gran auge en el turismo de cruceros. El número de personas que deciden pasar sus vacaciones a bordo se ha incrementado ampliamente, lo que lo convierte en un factor económico muy importante en todo el mundo. En las Islas Galápagos existen diferentes tipos de embarcaciones como son cruceros, yates, yates de expedición, veleros, catamaranes, los cuales ofrecen cruceros hasta de 7 días de navegación. El promedio de capacidad operativa se ajustará de acuerdo al tamaño de cada embarcación.

Aunque permiten disfrutar unas excelentes vacaciones en el mar, el impacto ambiental que se genera es considerable. Estas embarcaciones no solo emiten gases a la atmósfera, sino que también generan grandes cantidades de desechos, aguas residuales y aguas de sentinas. Por lo tanto, se puede decir que estas naves marítimas son el medio de transporte más contaminante para el medio ambiente.

Los grandes cruceros pueden transportar hasta “5 000 personas, incluidos más de 1 000 de tripulantes, lo que los convierte en verdaderas ciudades flotantes. Con más de 300 metros de largo y más de 100 000 toneladas de tonelaje bruto TRB, el barco tiene todo lo que un pasajero puede desear: piscinas, tetaros, cines, restaurantes, tiendas, saunas, pistas de tenis, lavanderías. Pero todas estas actividades generan cientos de toneladas de residuos de todo tipo que, en parte, son vertidas a los mares y océanos por los que navegan” (Oceana, 2004)

Las estadísticas sobre la contaminación marina de los barcos en todo el mundo alcanzan cifras sorprendentes. “La legislación internacional sobre el tratamiento y vertido de estos residuos apenas regula las actividades de estos cruceros, por lo que toneladas de residuos terminan en las aguas de los océanos sin apenas tratamiento” (Oceana, 2004)

Los efluentes de los cruceros pueden contener sustancias tóxicas como hidrocarburos, residuos orgánicos, patógenos, entre otros. El impacto potencial en áreas sensibles es importante. Una investigación realizada en Alaska validó que 68 de las 70 muestras tomadas en efluentes de cruceros que utilizaban sistemas de tratamientos estándar superaban los niveles de coliformes en aguas fecales (Oceana, 2004)

Uno de los grandes contaminantes desechados en el mar son las aguas negras, estas aguas provienen de los cuartos de baños y contienen contaminantes como son: aguas fecales, bacterias, patógenos, restos orgánicos, papel y cualquier otro producto desechado en los retretes (Oceana, 2004)

Muchas motonaves no cuentan con una planta de tratamiento para tratar sus aguas negras antes de ser vertidas en el mar. A pesar que existen regulaciones que estipulan que toda embarcación debe tener su planta de tratamiento de aguas. La Organización Marítima Internacional estipula que “las aguas tratadas y desinfectadas podrán verterse a una distancia de más de 4 millas de la costa” (Internacional, 2003)

La descarga de aguas residuales sin tratar en el océano puede representar un peligro para la salud humana. Además, en las zonas costeras, las aguas residuales pueden causar falta de oxígeno y una evidente contaminación visual, lo que plantea un grave problema para los países que utilizan recursos turísticos. (Organización Marítima Internacional (OMI), 2003) El impacto ambiental que esta contaminación genera se puede reducir grandemente implementados sistemas para el tratamiento de estos desperdicios. Actualmente gracias al avance de la tecnología existen plantas de tratamientos automatizadas que se encargan de separar y neutralizar los contaminantes orgánicos en las aguas residuales para cumplir con las leyes nacionales e internacionales.

1.2 Antecedentes

En Galápagos se ha detectado el incumplimiento de las normativas que rigen en cuanto al desalojo de aguas negras y grises directamente al mar, en muchas ocasiones a una distancia menos de la permitida para verter

las aguas previamente tratadas, esto obedece a varios factores que van desde la irresponsabilidad de propietarios, armadores, capitanes y jefes de máquinas de las embarcaciones hasta, no disponer de los químicos y el equipo técnico requerido.

Muchos de los ecosistemas más ricos y diversos se ven amenazados por la contaminación por desechos, así como también por la presencia de estas embarcaciones en los lugares donde se encuentran.

Por esta razón se han dispuesto de normativas que obligan a las embarcaciones que operan en el Parque Nacional Galápagos a cumplir de acuerdo a lo estipulado en la resolución N° 0000028 acerca de la “Gestión sobre desechos líquidos”. Toda embarcación que ingrese a las Islas Galápagos deberá tener una adecuada gestión y manejo de las aguas negras y grises cumpliendo con lo mínimo estipulado (Ambiente, 2019)

1.3 Definición del Problema del Trabajo de Integración Curricular

La planta de tratamiento existente en la motonave Isabela II no se encuentra trabajando de una manera eficiente, dado que es un sistema antiguo muchos de sus elementos se encuentran obsoletos y discontinuados. Al momento de surgir un daño en uno de sus elementos el tiempo de reacción para solucionar el evento es muy alto ya que no existen planos eléctricos que sirvan de guía para la resolución de fallas. La adquisición de una nueva planta requeriría una fuerte inversión económica dado que estos equipos son costosos.

Actualmente para la depuración de las aguas negras se inyecta cloro por medio de una bomba directamente al proceso, el uso de este químico afecta de manera directa al ecosistema marino. Por esta razón se plantea reemplazar por un sistema de producción de cloro con el agua de mar por medio de electrólisis. Este sistema eliminaría el rubro de adquisición de químicos y a su vez garantiza el cumplimiento de las políticas de conservación del ecosistema.

1.4 Justificación del Problema del Trabajo de Integración Curricular

Esta investigación es muy conveniente, ya que brindaría a la

motonave Isabela II un sistema automatizado en su planta de tratamiento de aguas negras, este nuevo sistema le permitirá el trabajo eficiente de la planta lo cual se verá reflejado directamente en la reducción de contaminantes desechados al mar.

La relevancia del trabajo de integración curricular es demostrar los beneficios que se pueden obtener al tener una planta de tratamiento trabajando eficientemente.

Los beneficios de esta investigación favorecerán directamente a las embarcaciones marítimas que necesiten implementar un sistema automatizado en sus plantas de tratamientos, del mismo modo se verá directamente beneficiado el ecosistema marino ya que se reducirán los desechos contaminantes.

Este trabajo de integración curricular permitirá que los estudiantes puedan acceder al diseño propuesto y les pueda servir de guía para nuevas mejoras que deseen realizar.

1.5 Objetivos del Trabajo de Integración Curricular

1.5.1 Objetivo General

Proponer un sistema eficiente para el control sustentable de las aguas negras en la motonave Isabela II que opera en la reserva marina de Galápagos, mediante un diseño de control, mando y simulación que cumpla con las exigencias de operación establecidas.

1.5.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un levantamiento eléctrico de las condiciones actuales de la planta existente.
2. Diseñar los planos eléctricos de fuerza y control para el funcionamiento de la planta de tratamiento.
3. Dimensionar los elementos de fuerza y control para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.
4. Desarrollar la aplicación de control y visualización en el *software* TiaPortal para poder ejecutar la simulación del funcionamiento de la

planta de tratamiento de agua negras con la producción de hipocloritode sodio.

1.6 Hipótesis de la Investigación

El diseño eléctrico propuesto en este trabajo de integración curricular busca ofrecer una solución al problema de contaminación al medio ambiente que se origina al desechos al mar las aguas negras sin tratar, ofreciendo un sistema automatizado que cumpla con la secuencia que se necesita para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento.

1.7 Metodología de Investigación

El presente trabajo de integración curricular se desarrollará empleando el método de investigación de análisis, mediante el cual se realizará el levantamiento técnico de la planta de tratamiento existente en la embarcación y se podrá identificar datos de los equipos que serán de ayuda para el dimensionamiento de los nuevos elementos. El método deductivo también será de ayuda en el desarrollo de este trabajo de integración curricular dado que va a permitir deducir conclusiones a partir de los análisis planteados durante su desarrollo.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Aguas negras

Las aguas negras o también conocidas como aguas residuales son precisamente las aguas contaminadas con heces y orina provenientes de desechos orgánicos animales y humanos. El nombre aguas negras tiene sentido porque es el color exacto que proviene de estas aguas servidas. Una fuerza impulsora importante detrás del tratamiento de estas aguas en particular son los patógenos derivados de excrementos humanos, los cuales si no son tratados sanitariamente pueden causar insalubridad e infecciones.

Debido a esta situación, el agua negra, también conocida como agua residual, o aguas servidas, pasan por un tratamiento cuidadoso cuya tarea principal es dirigir el flujo para tratar el contenido de sedimentos antes mencionado, ya que deben ser purificadas y poder prevenir problemas a futuro como la contaminación ambiental o la proliferación de virus (Bailón, 2015).

En la Tabla 2.1 se mencionan las propiedades que caracterizan las diversas composiciones que poseen las aguas residuales. Cabe recalcar que algunos parámetros mencionados tienen relación entre sí.

2.2 Normativa para la prevención de la contaminación de aguas residuales de embarcaciones

Las aguas residuales principalmente provienen de tierra firme por los alcantarillados. Sin embargo, el hecho de que los barcos viertan sus aguas residuales en el mar también contribuye a la contaminación marina. El hecho de que las aguas residuales sin tratar desemboquen en el mar representan un peligro para la salud de la vida marina y coyunturalmente de la humanidad, el mar como protección regurgita en una mínima cantidad la contaminación que dejan los barcos, la cual se aloja en las costas de estos océanos causando contaminación visual, ya que el agua va perdiendo oxígeno, siendo un problema para los países con una industria turística y

pesquera (Tradebe, 2022). A causa de los posibles riegos que corría el ecosistema marino se tomaron medidas para la protección del mismo, logrando que la contaminación generada por embarcaciones se reduzca significativamente.

Tabla 1 Contribuyente de las aguas

CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none"> • Color: Aguas residuales domésticas e industriales, degradación natural de materia orgánica • Olor: Agua residual en descomposición, residuos industriales. • Sólidos: Agua de suministros, aguas residuales domésticas e industriales, erosión del suelo, infiltración y conexiones incontroladas. • Temperatura: Aguas residuales domésticas e industriales.
Propiedades químicas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orgánicos <ul style="list-style-type: none"> • Carbohidratos: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. • Grasas animales, aceites: Aguas residuales domésticas, industriales, comerciales y grasa. • Proteínas: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. • Contaminantes prioritarios: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. • Agentes tenso activos: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. • Compuestos orgánicos volátiles: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. 2. Inorgánicos <ul style="list-style-type: none"> • Alcalinidad: Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea. • Cloruros: Aguas residuales domésticas, agua de suministro, infiltración de agua subterránea. • Metales pesados: Vertidos industriales. • Nitrógeno: Residuos agrícolas y aguas residuales domésticas. • PH: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. • Fósforo: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales; aguas de Escorrentía. • Contaminantes prioritarios: Aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. • Azufre: Agua de suministro; aguas residuales domésticas, industriales y comerciales.

Fuente: Bailón, 2015

Elaborado por: Autor

Esto se logró gracias al convenio MARPOL (Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques) establecido por la Organización Marítima Internacional

El convenio MARPOL *Marine Pollution* está enfocado en la prevención de la contaminación por medio de embarcaciones, cabe recalcar que es el principal de los convenios para salvaguardar la vida del mundo marino que pueden ser afectados gravemente.

En 2 de noviembre de 1973 fue adoptado el convenio MARPOL por medio de la sede OMI (Organización Marítima Internacional), a pesar de esto recién pudo entrar en vigor el 2 de octubre de 1983 teniendo varias adaptaciones al paso de los años. (OMI, 2020).

El Anexo IV del convenio MARPOL *Marine Pollution* entró en vigor el 27 de septiembre del 2003 estableciendo varias reglas que contribuyan con la prevención de contaminación por aguas negras provenientes de embarcaciones, indicando que la descarga de agua negras no se puede realizar a menos que pase por una planta de tratamiento donde pueda ser desinfectada, una vez que pase por un proceso de limpieza las aguas negras pueden ser descargadas pasadas las 3 millas marinas de la zona costera más próxima, en caso de que las aguas negras no hayan sido tratadas, su descarga se puede realizar en un trayecto mayor de 12 millas marinas de la zona costera. (OMI, 2020).

2.3 Sistema de aguas residuales para embarcaciones

La nave cuenta con un sistema de sanitario y todos los baños están conectados a un sistema de depuración que crea un vacío en el sistema. Desde este espacio el agua se alimenta al a través de una serie de boquillas.

En la Figura 2.1 se observa que las tazas se encuentran conectadas entre sí por medio de unos tubos de succión. Estos tubos de succión están conectados directamente al tubo de vacío a través de una válvula de escape, se encuentra ubicada en la parte posterior. Cuando fluye el líquido, la válvula de drenaje se abre rápidamente para vaciar la taza y eliminar el

aire alrededor del interior del sistema. Otra válvula funciona sincrónicamente con el primero, permitiendo limpiar la taza y restablecer el suministro de agua después.

La válvula de drenaje está cerrada, consume alrededor de un litro flujo de agua (Sedano, 2014).

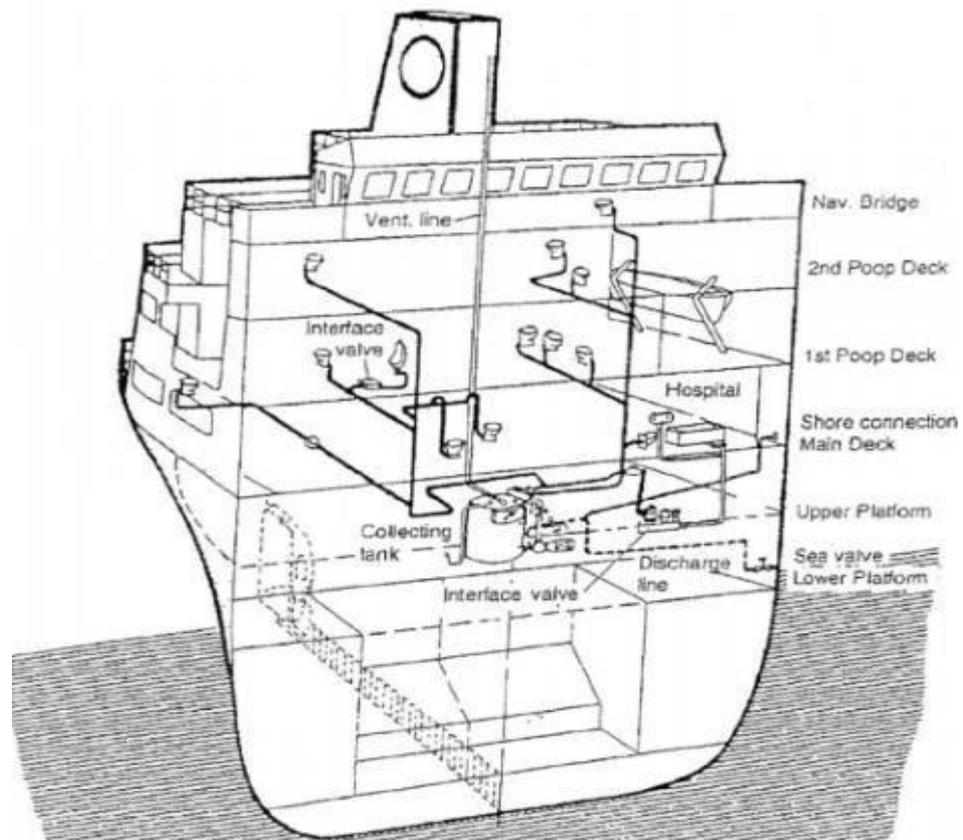


Figura 1 Interconexión de sanitarios

Fuente: Sedano, 2014

El líquido es dirigido a la planta de tratamiento, pues es la encargada de separar y neutralizar los contaminantes orgánicos provenientes de aguas negras, por lo que deben cumplir con las regulaciones nacionales e internacionales. También pueden ser usados como separadores de grasas de aguas residuales originarios de las cocinas de los barcos. Este sistema viene compuesto de bombas, válvulas, elementos de seguridad que permiten su óptima operatividad, los cuales se detallarán más adelante para conocer el funcionamiento de cada uno (Llalco Fluid Technology, 2020).

2.3.1 Sensor de nivel

La función principal de los sensores es recibir señales de sistemas físicos para su análisis. Basado en el principio de conversión de energía, un sensor recibe una señal física (fuerza, presión, sonido, temperatura, entre otros) y la transforma en otro tipo de señal (eléctrica, mecánica, óptica, y química). Depende del sistema de control implementado.

El uso principal de los sensores de nivel es controlar los niveles en tanques, sólidos y líquidos y encontrar soluciones únicas para cada tipo de material que se mide (Salgado & Yanez, 2008).

Un sensor de nivel es un aparato o dispositivo que permite detectar si algún sólido o líquido en un tanque supera una altura o nivel predeterminado al indicar periódicamente una señal de sí o no.

- Sensor tipo flotador: Son compactos, miden el nivel de un líquido en un tanque. Son usados en tanques contra incendios o depósitos. Son los más comunes de los sensores, puesto que su popularidad se basa en un sistema muy simple y sobre todo por su durabilidad (Sensor Manía, 2019).



Figura 2 Sensor flotante

Fuente: Sensor Manía, 2019

En la Figura 2.2 se puede observar un modelo de sensor de nivel tipo flotante, este es un sensor mecánico, son muy comunes puesto que sirven para indicar el nivel del agua en los tanques siendo colocada

en cualquier parte del tanque. En caso de que el agua llegue al nivel del flotador, esta flota provocando que este se cierra (abriendo el contacto) por medio de unas barras.

- Sensor de nivel ultrasónico sin contacto: Estos sensores traen incorporados procesadores de señales analógicas, microprocesadores, interruptores de rango decimal codificado en binario (BCD) y circuitos de salida del controlador. “El procesador de señal analógica envía un pulso por medio del sensor hacia el microprocesador, que a su vez manda un haz ultrasónico hacia la superficie del fluido. Los ecos de la superficie generan un feedback al microprocesador por medio de un sensor de nivel. Un microprocesador muestra digitalmente la distancia entre el sensor y el nivel de la superficie. Al actualizar continuamente la señal recibida, el microprocesador calcula la lectura promedio del nivel de líquido” (Omega, 2022).



Figura 3 Sensor ultrasónico sin contacto

Fuente: Aliexpress, 2022

En la Figura 2.3 se aprecia un sensor de nivel ultrasónico sin contacto, tiene un control por medio de una transmisión de datos, puede ser aplicado en diversos campos que tienen relación entre sí por medio del monitoreo del nivel, y no requiere contacto con el líquido que se mide (Aliexpress, 2022).

- **Sensor de nivel por capacitancia:** Se basa en el principio de la variación de la capacidad de un condensador, por ejemplo; si el condensador queda cubierto con producto, el denominado dieléctrico, su capacidad cambia. La electrónica integrada mide continuamente este cambio en la capacitancia. Cuanto mayor es la capacidad, mayor es el nivel y viceversa. De este modo se puede asignar un valor de capacitancia al correspondiente nivel de llenado. Esto garantiza un tiempo de reacción mucho más rápida apenas de unos milisegundos en los procesos de nivel con cambios más rápidos. La acumulación de material en la sonda no tiene efecto, ya que solo los cambios de nivel dan la señal. Los tanques de fluido no conductor pueden referirse a dos sondas o ranuras conductoras externas. En la Figura 2.4 se observa un modelo de un sensor capacitivo, pueden llegar a medir niveles de altura aproximadamente de 400 y 2 000 mm (Fischer, 2022).

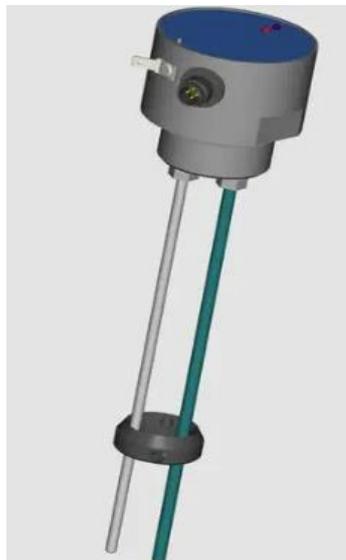


Figura 4 Sensor de nivel por capacitancia

Fuente: Fischer, 2022

2.3.2 Válvula de llenado

La válvula funciona de la misma manera ya sea en sistema o tinaco: el agua fluye a través de la tubería conectada y continúa cayendo, llenando el tanque, de ahí el nombre "sin fin". Cuando el tanque está lleno, el flotador mide el nivel del agua para controlar el flujo. Una vez que el flotador

alcanza un nivel alto, la válvula se cierra, impidiendo el flujo de agua.

A medida que se usa agua, el nivel desciende, lo que hace que el flotador abra la válvula y permita que el agua regrese al tanque. El ciclo se repite para garantizar que no se agote el agua.

Lo importante de su instalación es que el caudal de agua de la válvula de llenado permanente sea siempre el mismo que el de la pared de la cisterna o depósito de agua (Rotoplas, 2018). En la Figura 2.5 se observa una válvula de llenado.



Figura 5 Válvula de llenado

Fuente: Rotoplas, 2018

Tipos de válvulas de llenado

- Válvula de esfera: Es necesario ajustar la presión en el agua, evitar fugas y mejorar la eficiencia del sistema.
- Válvula de llenado tipo Sin Fin: Para suministrar agua en un tanque o cisterna. El más efectivo es el que está hecho sin metal, por lo que tiene menos mantenimiento, dura más y no se espera que se pudra (Rotoplas, 2018)

Características

- Diseño en ángulo recto.
- Palanca de accionamiento larga para cierre lento.
- Salida con brida para el montaje de bajantes.
- Cierre hermético.

- Cilindro de bronce totalmente desmontable.
- De fácil mantenimiento.
- La válvula es controlada por el flotador en todas las posiciones del recorrido.
- Las juntas del cilindro y del pistón son fácilmente reemplazables.
- Posición de flotación ajustable en plano horizontal (AVK Válvulas, 2022)

Ventajas

- Mayor eficiencia: Las válvulas de llenado de tanques aseguran el suministro de agua y hacen que el sistema funcione al permitir que circule sin pérdida ni retorno.
- Aporte a la ecológica: Las válvulas de llenado evitan el desperdicio innecesario de agua, protegiendo y previniendo el desperdicio de esteño.
- Durabilidad: Si las válvulas de llenado son de PVC, tienen una vida útil más larga en comparación con el acero; ya que este tipo de material no es destructivo ni corrosivo.
- Fácil mantenimiento e instalación: El mantenimiento periódico de la seguridad del edificio es garantía de buen funcionamiento. Las válvulas de llenado de plástico son fáciles de instalar y duran mucho tiempo; Mientras controlan el flujo de agua, previenen la formación de hongos y algas en los tanques. (Rotoplas, 2018)

Posibles fallos

Fallos de montaje y ajuste

- Colocación incorrecta de juego para la válvula
- Acoplamiento incorrecto del resorte de válvula

- Acoplamiento incorrecto del taqué hidráulico

Mecanización defectuosa

- Desalineación en el inserto para asiento de válvula o la guía de válvula
- Juego para la guía de la válvula demasiado ancho
- Juego para la guía de la válvula demasiado

angostoMontaje de piezas desgastadas

- Uso de chavetas de sujeción de válvula desgastadas
- Montaje de palancas de arrastre/balancines dañados
- Montaje de válvulas

dobladasFallas de combustión

- Sobreproducción de la válvula debido a fallas de combustión (Rheinmetall, 2022)

2.3.4 Bomba de aguas negras

Las bombas sumergibles son, como su nombre lo indica, bombas que están completamente sumergidas en agua. El motor, que está conectado dentro de la carcasa de la bomba, está sellado para evitar que entre agua.

Una bomba sumergible bombea agua, generalmente agua, empujándola hacia arriba. Un motor de bomba sumergible convierte la energía cinética en fuerza centrífuga y, finalmente, en fuerza de presión, lo que elevael agua en el pozo.

“Debido a que estos tipos de bombas pueden sumergirse a grandes profundidades y son fáciles de instalar, pueden usarse para drenar estanques o bombear agua de pozos profundos” (Aiguapres, 2019). En la Figura 2.6 se observa una bomba sumergible utilizada para aguas negras.



Figura 6 Bomba sumergible

Fuente: Aiguapres, 2019

Características técnicas de las bombas sumergibles

Es importante para cada bomba de agua que se cumpla con las siguientes características técnicas ya que esto garantizaría una mejor respuesta:

- **Potencia máxima:** En función de este parámetro moverán mayor cantidad o menor de un fluido.
- **Altura de presión máxima:** Es la máxima altura hasta donde podrá bombear el fluido.
- **Caudal máximo de descarga:** Capacidad que tiene la bomba en mover un volumen determinado por unidad de tiempo.
- **Profundidad máxima de inmersión:** Si están sumergidos en agua, deben tener una cierta cantidad de presión que puedan soportar. Estos puntos indican la profundidad a la que se puede dirigir la bomba.
- **Presóstato:** Panel de control de la unidad que nos indica las diferentes presiones de funcionamiento.
- **Tamaño máximo de MES:** Factor que indicará el tamaño máximo de los residuos de los fluidos a bombear.
- **Tipo de alimentación:** Puede ser monofásico o trifásico.

- Sistema de paro automático: Las bombas normalmente funcionan continuamente sin necesidad de encenderlas o apagarlas. Este sistema detiene la electricidad de la bomba cuando no hay agua para hacerla funcionar y protege la electricidad del sobrecalentamiento y posibles daños.
- Temperatura máxima del fluido: Trabajar con agua caliente puede hacer que el motor se sobrecaliente y provoque una falla mecánica (Gargil, 2021).

Las bombas pueden variar sus potencias, van de 1 HP hasta 5 HP dependiendo de las necesidades que se posean, trabajando con un voltaje de 230 V a 460 V con un caudal de 1.2 l/h a 15.5 l/h, soportando una temperatura máxima del fluido de 40 °C (Franklin Electric, 2022).

Tipos de Bombas Sumergibles para aguas Sucias

- Bombas de achique.
- Bombas de aguas residuales.
- Bombas Sumergibles de aguas sucias con Rodete mono canal
- Bombas Sumergibles con Rodete Multicanal
- Bombas Sumergibles con rodete Vortex
- Bombas Sumergibles de Aguas Sucias con Hélices (Gargil, 2021).

Ventajas

Se debe considerar las siguientes ventajas que tiene la bomba sumergible en comparación a otro tipo de bombas:

- Cebadura: Bombean desde dentro del fluido que se desea evacuar, se auto estimulan
- Cavitación: Suele suceder con las bombas de tipo pistón y centrifugas. No presentan este problema las bombas completamente sumergidas.

- Eficacia: La presión de agua en la entrada del sistema de tubos que tiene una bomba sumergida reduce la energía necesaria para el traslado del fluido.
- Ruido: Cuando están sumergidas, estas bombas son muy silenciosas en la mayoría de las aplicaciones.
- Accesibilidad: El mantenimiento y la reparación, en general, de las bombas sumergidas es complicado. Normalmente no se realiza.
- Corrosión: Las bombas que se sumergen deben tener materiales resistentes a la corrosión, con sellos especiales para minimizar fugas y minimizar daños posteriores; esto hace que sean de mayor costo.

Si es posible, las bombas sumergibles deben inspeccionarse con la mayor frecuencia posible. De esta forma, se pueden realizar las reparaciones necesarias para prolongar la vida útil de la bomba (Eddy Pump Corporation , 2022).

Desventajas

También hay algunas desventajas, como que los sellos internos que poseen pueden dañarse con el paso del tiempo. Cuando esto sucede, el agua entra en el motor, dejándolo completamente inoperable hasta que sea reparado. Otro problema es que estas tuberías no son universales. Las bombas de una sola etapa se utilizan en muchas bombas domésticas e industriales ligeras. Esto incluye la bomba de aguas residuales, los filtros de agua o las tuberías de agua. Multietapa se utiliza para operaciones subterráneas como pozos de petróleo o agua (Emuse , 2022).

2.3.5 Bomba Maceradora

Esta máquina tritura y descompone los desechos sólidos en partículas pequeñas, generados por los baños, lo que facilita el desfogue de las aguas tratadas al mar o tanques de almacenamiento para aplicaciones marinas (González, 2020).



Figura 7 Bomba maceradora

Fuente: Jabsco, 2022

En la Figura 2.7 se observa una bomba maceradora de modelo serie 18590 tiene una capacidad de trituración de los desechos hasta de 3 mm. Es la solución ideal para vaciar tanques marinos fuera de las áreas de descarga restringidas. Autocebante hasta 5 pies, esta bomba vacía un tanque típico de 30 galones (115 litros) en menos de 3 minutos. El ciclo de trabajo de la bomba es de 15 minutos continuos. Eso significa que puede vaciar 180 galones(680 litros) de una sola vez. (Jabsco, 2022)

Características

- Posee un motor con triple sellado evitando la corrosión del mismo en la parte interna como externa.
- Voltaje 220/380 V
- Potencia de 1 HP
- Caudal 67 l/min
- Tiene un picador que cuenta con 4 cuchillas para reducir atascos.
- En caso de falta de fluido automáticamente apaga la bomba para evitar daños en el impulsor.
- Posee un sensor programado con un tiempo de funcionamiento en seco permitiendo el arranque de la bomba (Zaragoza Marine, 2021).

2.3.6 Bomba de descarga

Una bomba hidráulica gira usando energía cinética. Se utiliza para bombear agua del río a la superficie. El caudal de agua se obtiene del cauce del río a través de una manguera que mantiene el nivel del río, que desemboca en el embalse.

Una tubería sólida va desde este depósito hasta una tubería varios metros aguas abajo. La energía potencial del agua del depósito es convertida en energía cinética por la tubería que, gracias al sistema de golpe de ariete pendular, es capaz de levantar algo de agua hacia arriba cuando sale. Solo una parte del agua se bombea, el resto se devuelve al suelo o al río. La cantidad de agua bombeada en relación a la altura del agua depende de la distancia entre el tanque, la tubería y el área de flujo (Fluid Engineering Company, 2022).

Este tipo de bomba proporciona una manera fácil de elevar el agua sin necesidad de otros tipos de electricidad, y es adecuada para áreas a las que no puede llegar ningún vehículo o la electricidad misma. Otro uso de este tipo de bombas es en arroyos, para la captación de agua o riego (Fluid Engineering Company, 2022). En la Figura 2.8 se puede observar una bomba de descarga.



Figura 8 Bomba de descarga

Fuente: Fluid Engineering Company, 2022

Características

Crean resistencia al flujo y controlan la energía cinética del agua que sale del impulsor. La primera resistencia la crea la soledad del tubo (cuerpo), que ahorra agua y reduce. A medida que el fluido se desacelera en la manga pastelera, parte de la energía cinética se convierte en energía de presión. Esta es la resistencia al flujo de la tubería, que se puede calcular a partir del manómetro en relación con la línea de presión. Una bomba no crea presión, solo crea flujo. La presión es una medida de la resistencia al flujo. Este tipo

de bombas por lo general trabajan con un voltaje 220/380 V con una potencia de 1 HP, posee una descarga máxima de 40 m (Cindrex, 2019).

Ventajas

- Bombas bajo norma ANSI con impulsores semi abiertos para el manejo de fluidos con partículas en suspensión.
- Son equipos convencionales – sencillos de operar y mantener.
- Amplio rango de caudales y presiones disponibles
- Costo de adquisición bajo
- Altamente eficientes comparadas con otras tecnologías de bombeo
- Entrega rápida comparado con otras tecnologías de bombeo (All Pumps, 2022)

Desventajas

- Dado que no se comportan, esto significa que no tienen su propio poder de atracción. Es por eso que se suelen poner en piscinas donde pueden sacar una buena recompensa del agua.
- Si no se cargan correctamente, se deben llenar primero manualmente a través de una válvula de retención en la bomba de succión (All Pumps, 2022)

2.3.7 Bomba autocloro

Se utiliza una bomba dosificadora de cloro para mantener un flujo constante de productos químicos sin aumentar o disminuir su liberación en el agua de la piscina. Con él podrás mantener tu piscina limpia y poder disfrutar de la piscina en perfectas condiciones (Anphibius The Water Store, 2020).

Para ello, la bomba dosificadora de cloro absorbe una determinada cantidad de agua a través de los tubos dosificadores. Luego de eso, los químicos comienzan a distribuirse cuidadosa y uniformemente, para luego poder combinarse con otros elementos y crear un ambiente limpio (Anphibius The Water Store, 2020). En la Figura 2.9 se aprecia el modelo de una bomba dosificadora de cloro.



Figura 9 Bomba de autocloro

Fuente: Amphibius The Water Store, 2022

Características

- Repetibilidad de la dosificación: $\pm 2 \%$ si se usa según indicaciones de las instrucciones de servicio.
- Temperatura ambiente permitida: $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+45 \text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Consumo de potencia medio: 25/30 W.
- Trabaja con un voltaje de 230 V a 50/60 Hz.
- Tipo de protección: IP 66, NEMA 4X, clase de aislamiento F (Carbotecnia, 2022).
- Debe ser capaz de manejar el flujo de masa. Y debería haber una línea. Lo que indica, que se puede representar como una línea recta.
- Su modelo debe asegurar la reproducibilidad, repetibilidad y exactitud del sonido emitido. La reproducibilidad se refiere a la capacidad de proporcionar resultados similares cuando los miden diferentes usuarios en las mismas condiciones durante un largo período de tiempo. La repetibilidad se refiere a las mediciones realizadas por el mismo usuario durante un corto período de tiempo en las mismas condiciones. Corrección de la capacidad de dar resultados similares con diferentes medidas tomadas en las mismas condiciones. Así funciona el dosificador, por eso en inglés se le llama "desina pumps".

- El flujo controlado debe ser preciso incluso si cambia la presión en la tubería o el sistema donde se coloca el producto químico. Por tanto, debe elegirse de forma que pueda producir una presión igual o superior a la que puede tener el agua del grifo. Debe ser a prueba de fugas y con características seguras en el diseño ya que la mayoría de los químicos dosificados suelen ser peligrosos (Sumio Water Systems , 2014).

Clasificación

Los tipos de bombas dosificadoras se clasifican según su impulsor:

- Bombas accionadas por motor eléctrico
- Bombas electromagnéticas o de tipo solenoide
- Bombas accionadas por motor por pasos (step motor)

En paralelo, las bombas dosificadoras se pueden clasificar según su cabezal:

- Bombas dosificadoras de membrana.
- Bombas dosificadoras de pistón (Asocie Automatización e Instrumentos, 2020).

Ventajas

- Tiene un control de bacterias libres que flotan en el agua.
- Ahorra el coste del ciclo vital.

Desventajas

- El agua se ve afectada por su alteración notable tanto en su olor como en su sabor.
- Alterable al valor del PH del agua. Con una reducción notable de su efecto desinfectante al alcanzar niveles superiores a 7.5.
- El efecto a largo plazo sobre las bacterias es limitado.

- El biofilm del depósito de agua caliente y las tuberías se ve afectado por el medio (Grundfos, 2022).

2.3.8 *Electrolizador de ácido hipocloroso*

Es un equipo que cuenta con un sistema compacto de un solo flujo permitiendo generar ácido hipocloroso (HOCl) por medio de una solución de sal y agua denominada electrólisis, en la Figura 2.10 se puede observar el equipo llamado EcoloxTech240 que se maneja generalmente en las embarcaciones, para el tratamiento utilizan hipoclorito de sodio (Ecoloxtech, 2022).



Figura 10 EcoloxTech240

Fuente: M/N Isabela II - Autor

Hipoclorito de sodio (NaClO)

A pesar de que el cloro es conocido por ser un oxidante práctico no es seguro usarlo en estado gaseoso en interiores. Por ello existen diferentes formas de utilizarlo como combinarlo con otras sustancias como lo son el calcio y sodio permitiendo que el efecto oxidante del cloro no se pierda y sea seguro de usar. El hipoclorito de sodio se separa por completo, siendo el sodio Na^+ el catión y el hipoclorito ClO^- el anión, mientras que una pequeña fracción acuosa se descompone en hidróxido de sodio y ácido hipocloroso. Dando

como resultado el blanqueador causado por el poder oxidante del ácido hipocloroso y del anión hipoclorito.

El hipoclorito al tener la carga negativa del anión impide la difusión por medio de las paredes celulares de virus y bacterias y transformarlo esterilizante de bajo nivel. No obstante, las moléculas de ácido clórico coexisten en igualdad con el anión hipoclorito, a causa de su diminuto tamaño y carga neutra se le facilita esparcirse por la pared celular bacteriana (Grau Mur, s/f).

2.3.9 Solenoide V1

La válvula solenoide tiene variedad de formas y tamaños, la variación de la forma depende de la capacidad de la válvula, la presión con la que trabaja y los diferentes mecanismos internos, estas válvulas permiten a los ingenieros controlar de forma autónoma y remota el flujo del fluido dentro de un sistema, este fluido puede ser un líquido, aire, gas, aceite, vapor, refrigerante, etc. Este tipo de válvula puede ser controlada por un simple dispositivo eléctrico, termostático (Venamet, 2019).



Figura 11 Válvula solenoide

Fuente: Venamet, 2019

Brevemente, se puede comparar la función de una válvula solenoide con la de una válvula de cierre (Electro Industria, 2019). En la Figura 2.11 se observa una válvula solenoide V1.

Características

- Operación normalmente cerrada de 2 vías.
- Cuerpos de aluminio fundido a presión.
- Para un cierre positivo en las líneas de gas piloto o principal de los quemadores de gas comerciales e industriales.
- Válvulas provistas de 1/8" NPT corriente arriba y grifo de tubería con tapón para pruebas de rutina.
- Adecuado para temperaturas ambiente de hasta 175 °F (Venamet, 2019).

Ventajas

La válvula solenoide tiene un control de flujo simple de entrada y salida a diferencia de otras válvulas con vigilancia automático. La válvula de vigilancia automático expande la válvula, y la operación y el funcionamiento del carrete están controlados por actuadores eléctricos, hidráulicos y neumáticos, por lo que el problema de las fugas es fácil. En el caso de la válvula solenoide, la energía eléctrica se usa como fuerza para empujar el núcleo de la válvula para completar la operación, y la válvula solenoide está sellada en la tapa de la válvula, evitando así el problema de fugas de la válvula (Jinzihao, 2020).

Desventajas

La válvula solenoide tiene un problema en su precisión, y es que esta es limitada ya que estas solo permiten hacer cambios en dos estados y limita al carrete a solo estar en dos posiciones extremas, impidiendo realizar un ajuste continuo. El medio operativo de la electroválvula es limitado, como la temperatura y la viscosidad del medio. Las válvulas de solenoide requieren una limpieza ambiental relativamente alta y no pueden acostumbrarse a

partículas ricas en medios, por lo que es necesario aumentar los filtros(Jinzihao, 2020).

Ya que los productores de las válvulas solenoides están a la vanguardia con el avance tecnológico, las nuevas versiones de válvulas son mejores y mucho más funcionales que las anteriores y esto genero una mejor aceptación del producto al mercado por su efectividad. También existen diferentes grupos basados en modelos y principios de funcionamiento. Los usuarios que hayan comprado válvulas de solenoide pueden usarlas con confianza y no se sentirán decepcionados (Jinzihao, 2020).

2.3.10 Solenoide V2

Funciona cuando el solenoide está energizado y abre un pequeño orificio que congela el resorte, permitiendo que el agua fluya hacia la salida. Mientras el solenoide esté energizado, la cámara del resorte permite el flujo y la válvula permanece abierta (ASHM Aceros y Sistemas Hidraulico , 2016). En la Figura 2.12 se observa una válvula solenoide de 2 vías.



Figura 12 Válvula solenoide de 2 vías

Fuente: ASHM Aceros y Sistemas Hidráulico, 2016

Características

- Amplia gama de clasificaciones de presión, tamaños y resistencia los materiales proporcionan una larga vida útil y baja fuga interna.
- Válvulas de alto flujo para líquidos, corrosivos y aire / inerte servicio degas.

- Versiones sin plomo disponibles para beber de forma segura.
- Cumplimiento de la ley del agua.
- Las aplicaciones industriales incluyen: Lavado de autos, equipo de lavandería, compresores de aire, control de agua industrial, bombas (Asifeyekarj, 2021).

En la Tabla 2.2 se menciona las características que posee una válvula solenoide de 2 vías marca ASCO.

Tabla 2 Característica de la válvula solenoide 8210G002

Características de Válvula Solenoide 8210G002 Marca ASCO 2 vías de 1/2" NPT	
Actuador de válvula	Solenoide
Material del cuerpo	Latón
Medios	Gas / aire, agua temperatura ambiente
Tamaño de conexión	1/2"
Tipo de orificio	NPT
Tipo de válvula	2 vías – 2/2 Normalmente cerrada
Caudal	De 0.86 a más de 12 kv
Tensión	110/50 – 120/60 V. Corriente alterna
Presión de funcionamiento	5 a 150 PSI
Operación	Normalmente cerrada

Fuente: (Asifeyekarj, 2021)

Elaborado por: Autor

Cuando se usan válvulas de dos vías en los sistemas HVAC para todos los equipos de un edificio significa que no necesita usar constantemente agua fría en el sistema a menos que necesite mucho enfriamiento, por lo que podrá retrasar abajo por su segundo tubo en su sistema. Esto se traducirá en un ahorro significativo en los costos operativos de un edificio (dependiendo del número de tuberías y su tamaño). También puede reducir el tamaño de las bombas. Pero en este caso es importante utilizar bombas de diferentes velocidades. También debe tener dos juegos de bombas, uno que siempre funcione para enfriar y otro para las necesidades que presente. También deberá instalar una válvula de derivación para garantizar un flujo mínimo de refrigerante. Otra opción es utilizar un kit con diferentes enfriadores de flujo. Esta decisión debe tomarse en la etapa de producción en base a la estimación de costos del proyecto (IAASE, 2018).

2.3.11 Solenoide V3

Solenoide de 3 vías. estas válvulas tienen tres conexiones. Cuando un agujero se abre, el otro se cierra, y viceversa. A menudo se utilizan para comprimir o restaurar la presión de un cilindro de acción simple o un actuador de válvula. Pueden ser normalmente cerradas, normalmente abiertas o globalmente abiertas.

Las válvulas de tres vías permiten que el agua fluya en ambas direcciones. Entonces, si la válvula está completamente abierta, entonces toda el agua irá hacia un lado, si está cerrada, el agua irá hacia el otro lado, y si la válvula está ligeramente abierta, entonces parte del agua irá hacia adentro. la primera forma canal, y el resto pasará por otra válvula de control (IAASE, s.f.). En la Figura 2.13 se observa una válvula solenoide de 3 vías.



Figura 13 Válvula solenoide 3 vías

Fuente: IAASE, s.f.

Características

- Aprobada por FM para el uso con Válvulas de diluvio de BERMAD, agua de extinción de incendios / aire.
- Presión máxima de trabajo 25 bar / 365 psi, consulte la tabla desección.
- Caja de terminales integral.
- Protección IP66 o 67 ingresos.
- Estructura para servicio pesado.
- Opción de estructura para agua de mar.
- Aislamiento con bobina de Clase H con diodo de supresión como estándar (Bermad Global & Subsidiaries, s.f.).

Ventajas

La función de la válvula de 3 vías es principalmente hacer circular, cortar y cambiar la dirección del fluido.

- Puede cerrar completamente la válvula.
- Puede cambiar la dirección del flujo del medio.
- Puede dividir el medio en dos direcciones independientes(Covnavalve, s.f.).

Desventaja

Los sistemas de válvulas de 3 vías son relativamente ineficientes y, a menudo, se consideran solo para reemplazar, expandir y/o modificar los sistemas existentes (IAASE, s.f.).

Tipos de válvulas de tres vías

Las válvulas de tres vías se pueden dividir en puerto T y puerto L.

- Puerto T: La tarea principal es cambiar la dirección de la carretera o dividir el medio en dos formas independientes. Una válvula de bola con puerto en T también se denomina válvula desviadora porque permite que el medio salga a través de un orificio y fluya de otras dos. A su vez, también se le llama válvula mezcladora porque permite que el medio salga por dos patas y por un solo lugar que sirve para mezclar en el medio.
- Puerto L: La tarea principal es cambiar la ruta de flujo central (Covnavalve, s.f.).

2.3.12 Bomba de agua P/S

El objetivo principal de una bomba de agua es proporcionar un impacto mecánico al agua para que se mueva de su ubicación original a otra. Su uso potencial depende de la cantidad de agua eliminada en un momento dado o de la presión que proporciona.

Una bomba de agua es una máquina que le permite bombear agua u otros líquidos desde un lugar estacionario a otro lugar en automóvil. Las partes principales de la máquina son: carcasas, entradas y salidas de fluidos,

rotores o impulsores, motores, cojinetes y cojinetes, y otras partes mecánicas (Salazar, 2021).

Su funcionamiento es sencillo, el agua se bombea a través de una bomba de agua que entra en el tubo y es accionada por el motor. Este motor utiliza imanes y bobinas que crean un campo eléctrico para que el eje gire y, a medida que gira, el agua se mueve (Salazar, 2021). En la Figura 2.14 se puede observar una bomba de agua.



Figura 14 Bomba de agua P/S

Fuente: Salazar, 2021

Características

- Bomba centrífuga de etapa simple en voladizo
- Motor de rotor húmedo
- Se refrigera con la misma agua de bombeo
- Carcasa partida verticalmente, montada en patas
- Succión horizontal y descarga vertical en la línea central
- Rotación hacia la derecha (vista desde el extremo de acoplamiento)
- Voltaje 220/380 V trifásico
- Frecuencia 50/60 Hz
- Potencia de 1 HP

Beneficios de diseño

- Lubricación con aceite en sus cojines
- Cuenta con precisión en sus conexiones bridadas

- Diseño que permite la facilidad de desmontar la bomba por su parte trasera sin perturbar las conexiones de la tubería
- Manejo práctico de la placa de desgaste ya que permite quitar fácilmente por sus 3 puntos de pernos
- Proporcionada al lado de succión del impulsor para proteger la carcasa del desgaste
- Cuenta con una capacidad de producción y manejo de sólidos de hasta 6 % de pulpa de papel y otras aplicaciones de manejo de sólidos (Ruhrpumpen, 2022).

Ventajas

- Permiten facilitar el acceso y traslado de agua desde zonas con profundidades y distancias complicadas para la mano de obra humana. Permiten realizar un trabajo con precisión y éxito. Permiten abastecer del suministro a zonas desérticas.
- En el sector agrícola es donde se aprovecha al máximo de sus beneficios ya que se logran hacer los riegos de agua de una manera más precisa y utilizando la cantidad de agua necesario y sin desperdicios.
- El extraer el agua de zonas inaccesibles por la mano del hombre convierte a las bombas de agua en el mejor aliado en cuando a consumo y optimización del consumo.
- El cuidado y ahorro de los recursos naturales del medioambiente como es el agua nos favorece a todos.
- El invertir en un sistema automatizado para este control nos permite a futuro ahorrar en tiempo, dinero y porque no en salud.
- La tecnología ha permitido el avance de muchos implementos que facilitaran las tareas de los obreros en cualquier ámbito de sus labores relacionadas a traslado y manipulación de aguas, ya sean limpias o negras (Garland, 2020).

Desventajas

- El hecho de ser un aparato mecánico ya nos alerta en que debe tener su respectivo mantenimiento para que trabaje sin ningún inconveniente y no ponga en riesgo la integridad física de la bomba. Esto puede provocar fugas, corroer los componentes internos y hacer que falle
- Siempre es bueno contar con la mejor asesoría para encontrar la bomba adecuada para su uso (Iprecom, 2022).

Tipos de bombas de agua

Entre los tipos de tuberías de agua, encontrarás tres categorías principales: pistón alternativo, pistón rotativo y rotodinámica. Las diferencias que indican pertenecer a un grupo u otro dependen de cómo se mueve el agua desde la entrada hasta la salida.

- Según fuente de alimentación: La presencia de un motor permite dos métodos principales de obtener energía: calor y electricidad. Este divide el conjunto de tuberías de agua en dos categorías diferentes, aunque su funcionamiento interno es muy similar.
- Combustible o motobombas: Las bombas accionadas por motor están diseñadas para las bombas más exigentes y deben autorregularse.
- Eléctricas o electrobombas: Una bomba eléctrica le dará los mismos beneficios, pero en modo estándar o automático (Salazar, 2021).

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PLANTA DE TRATAMIENTO EN LA M/N ISABELA II

En el presente capítulo se describen las condiciones actuales de la planta de tratamiento en la M/N Isabela II, la información recopilada en el levantamiento eléctrico realizado, y el diseño de los diagramas eléctricos consus respectivos elementos de protección.

3.1 Elementos actuales de la planta de tratamiento

En la Figura 3.1 se puede visualizar la planta de tratamiento en la cualse va a desarrollar la propuesta de este trabajo de titulación.



Figura 15 Planta de Tratamiento

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

Durante la inspección se pudo evidenciar que la planta de tratamiento consta de varias válvulas de ingreso que se detallan en la Tabla 3.1.

Las válvulas de ingreso de agua para cada uno de los tanques se pueden visualizar en la Figura 3.2.

En la Figura 3.3 se visualizan los sensores de nivel continuo de marca Tank Sentry modelo SYM 23 QR. Estos sensores determinan en nivel de un tanque midiendo la presión hidrostática de una columna de fluido y esta presión la convierte en una salida de voltaje de señal analógica.

Tabla 3 Elementos de Planta de Tratamiento

Elemento	Descripción
V-1	Válvula Ingreso de Agua Tanque 1
V-2	Válvula Ingreso de Agua Tanque 2
V-3	Válvula Ingreso de Agua Tanque 3
V-1 V/C	Sensor de Nivel Continuo Tanque 1
V-3 V/C	Sensor de Nivel Continuo Tanque 3
HHL	Sensor de Nivel Discreto Tanque 1
2 GPM FLUJO	Switch de flujo
SR BOMBA	Bomba de transferencia
BSTR BOMBA	Bomba de Recirculación o Maceradora
AMT BOMBA	Bomba de Descarga

Fuente: Autor



Figura 16 Válvulas de Ingreso de Agua de Mar

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor



Figura 17 Sensores de Nivel Continuo

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

El sensor de nivel discreto que se encuentra en el tanque 1 se lo puede visualizar en la Figura 3.4



Figura 18 Sensores de Nivel Discreto

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

El Switch de flujo 2 GPM se lo puede visualizar en la Figura 3.5.



Figura 19 Switch de Flujo

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

El sistema cuenta con 3 bombas, la bomba de transferencia, la bomba de recirculación o maceradora y la bomba de descarga, en las Figuras 3.6, Figura 3.7 y Figura 3.8 se pueden observar los datos de cada una.

3.2 Descripción del proceso propuesto para la planta de tratamiento

A continuación, en la Figura 3.9 se detalla las fases de funcionamiento de la planta de tratamiento reutilizando los elementos existentes detallados en el punto anterior. Se propone reemplazar las celdas de cloro por un sistema electrónico por medio de electrolisis para la generación del compuesto químico hipoclorito de sodio que se utilizará para la purificación de las aguas grises.

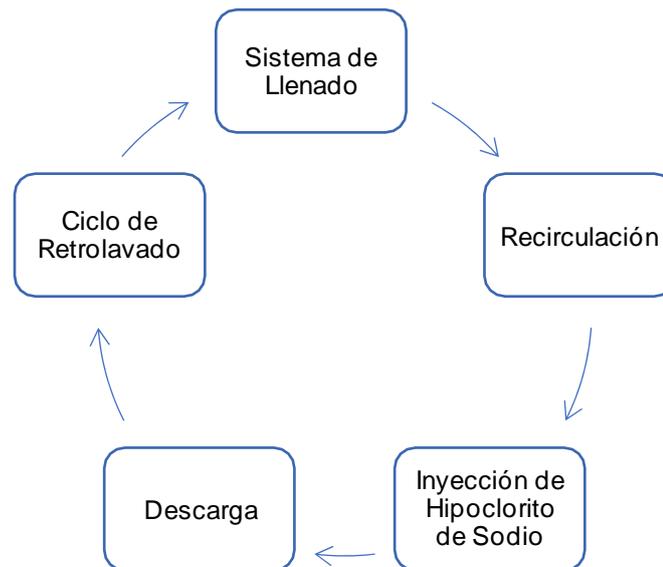


Figura 23 Proceso de Planta de Tratamiento

Fuente: Autor

- **Sistema de Llenado.** - Los elementos que intervienen en el sistema de llenado son la V-1 que es la encargada de permitir el llenado del sistema en conjunto con la bomba SR, el sensor V-1 V/C que será el encargado de monitorear el nivel continuo del tanque T-1 y el sensor de nivel puntual HHL.

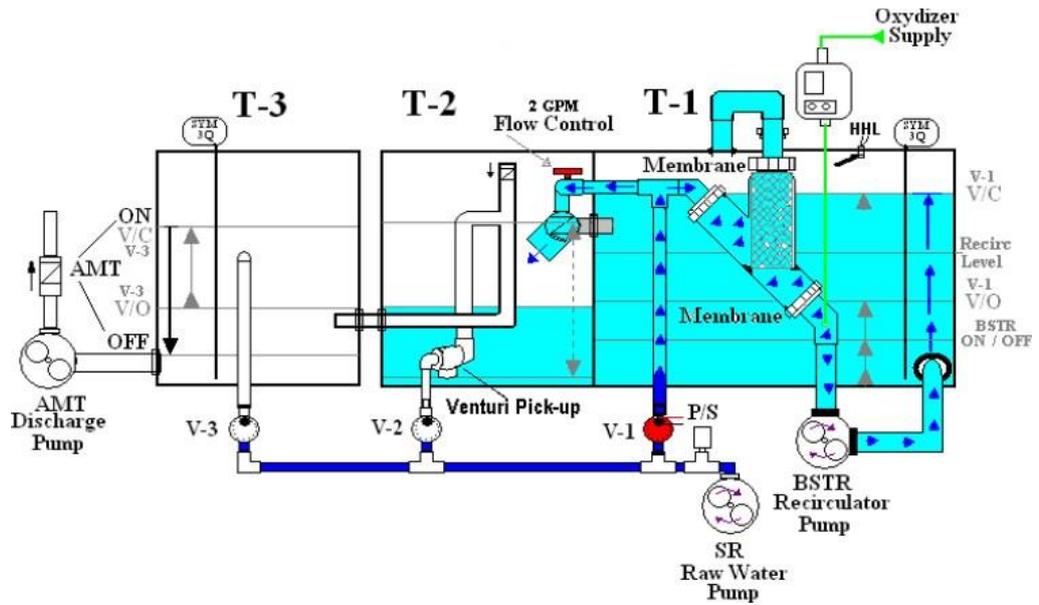


Figura 24 Sistema de Llenado

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

- Recirculación.** - Los elementos que intervienen en el sistema de llenado son, la bomba BSTR que es la encargada de recircular el producto al Tanque T-2, parte del producto queda asentado en el fondo del Tanque T-2 y el agua regresa al Tanque T-1 recirculando por la membrana y el Switch de flujo 2 GPM que sirve como indicador que está fluyendo líquido de un tanque a otro.

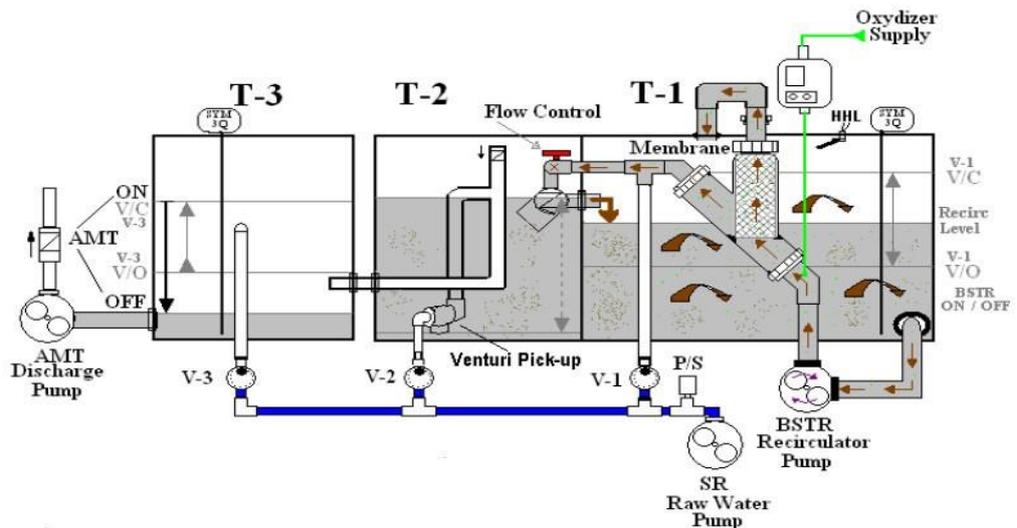


Figura 25 Sistema de Recirculación

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

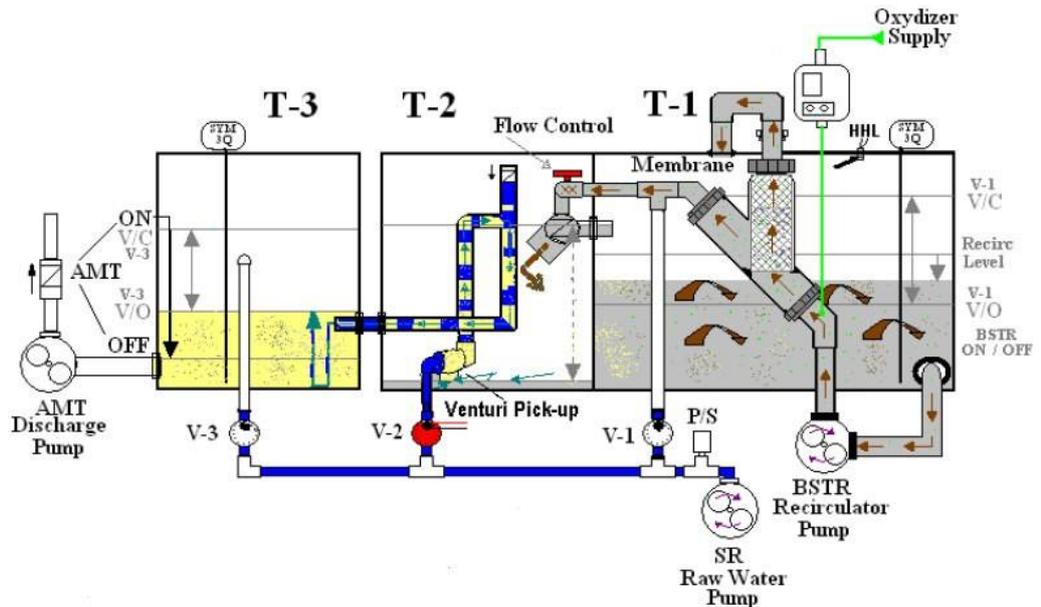


Figura 27 Sistema de Retro lavado

Fuente: M/N Isabela II 2022 – El Autor

3.3 Elaboración de Diagramas Eléctricos

Con la información recopilada se pudo definir los elementos que son necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento de la embarcación. Se elaboró el listado de entradas y salidas tanto digitales como analógicas y se cuantifico la cantidad necesaria, a continuación, se detalla en la Figura 3.14 y Figura 3.15 el listado realizado.

Una vez se ha cuantificado la cantidad de señales necesarias se procede a dimensionar el PLC *Programmable Logic Controller* que se utilizará para el desarrollo del proyecto. De acuerdo a las señales necesarias se selecciona el CPU 1214C DC de la familia S7-1200. En la Tabla 3.2 se detallan las características del equipo seleccionado.

Tabla 4 Características de PLC

Número de Catálogo	6ES7214-1AG40-0XB0
Descripción de Producto	SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/DC, onboard I/O: 14 DI 24 VDC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10 V DC, Power supply: DC 20.4-28.8 V DC, Program/data memory 100 KB
Familia de Producto	CPU 1214C
Ciclo de Vida	Producto Activo

Fuente: Autor

Tabla 5 Listado de entradas y salidas 1/2

Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en la motonave Isabella II						Elaborado por: J. RINCONES		Revisión: 0 Fecha: 28-feb-23	
LISTADO DE CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DE EQUIPOS									
ITEM	EQUIPO	TAG	MÓDULO	TIPO DE SEÑAL		ENTRADA / SALIDA		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES
				DIGITAL	ANÁLOGA	IN	OUT		
1	Confirmación de Guardamotor B. de Succión	QF-01	0	x		0.0		24 VDC	CPU 1214
2	Confirmación de Run B.de Succión	Running-VDF01	0	x		0.1		24 VDC	CPU 1214
3	Confirmación de Falla B.de Succión	Falla-VDF01	0	x		0.2		24 VDC	CPU 1214
4	Confirmación de Guardamotor B. de Descarga	QF-02	0	x		0.3		24 VDC	CPU 1214
5	Confirmación de Run B. de Descarga	Running-VDF02	0	x		0.4		24 VDC	CPU 1214
3	Confirmación de Falla B. de Descarga	Falla-VDF02	0	x		0.5		24 VDC	CPU 1214
6	Confirmación de Guardamotor B. de Mecedora	QF-03	0	x		0.6		24 VDC	CPU 1214
7	Confirmación de Run B. de Mecedora	Running-VDF03	0	x		0.7		24 VDC	CPU 1214
8	Confirmación de Falla B. de Mecedora	Falla-VDF03	0	x		1.0		24 VDC	CPU 1214
9	Confirmación Sensor de válvula 1 activo	EVNO_01	0	x		1.1		24 VDC	CPU 1214
10	Confirmación Sensor de válvula 2 activo	EVNO_02	0	x		1.2		24 VDC	CPU 1214
11	Confirmación Sensor de válvula 3 activo	EVNO_03	0	x		1.3		24 VDC	CPU 1214
12	Confirmación Sensor de válvula 1 cerrado	EVNC_01	0	x		1.4		24 VDC	CPU 1214
13	Confirmación Sensor de válvula 2 cerrado	EVNC_02	0	x		1.5		24 VDC	CPU 1214
14	Sensor de Nivel 1	SN_01			x	IW0		0-10 V	CPU 1214
15	Sensor de Nivel 2	SN_02			x	IW2		0-10 V	CPU 1214

Fuente: autor Continuación Tabla 3.4

Tabla 6 Listado de entradas y salidas 2/2

Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en la motonave Isabella II							Elaborado por: J. RINCONES		Revisión: 0
									Fecha: 28-feb-23
LISTADO DE CONEXIÓN Y PROGRAMACIÓN DE EQUIPOS									
ITEM	EQUIPO	TAG	MÓDULO	TIPO DE SEÑAL		ENTRADA / SALIDA		ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIONES
				DIGITAL	ANÁLOGA	IN	OUT		
16	Activación de run B. de Succión	VDF-01		x			0.0	24 VDC	CPU 1214
17	Activación de reset B. de Succión	Reset-VDF-01		x			0.1	24 VDC	CPU 1214
18	Activación de run B. de descarga	VDF-02		x			0.2	24 VDC	CPU 1214
19	Activación de reset B. de descarga	Reset-VDF-02		x			0.3	24 VDC	CPU 1214
20	Activación de run B. Meceadora	VDF-03		x			0.4	24 VDC	CPU 1214
21	Activación de reset B. Meceadora	Reset-VDF-03		x			0.5	24 VDC	CPU 1214
22	Activación EV-01	EV-01		x			0.6	24 VDC	CPU 1214
23	Activación EV-02	EV-02		x			0.7	24 VDC	CPU 1214
24	Activación EV-03	EV-03		x			1.0	24 VDC	CPU 1214
25	Activación de Hipoclorito	ON_HINA		x			1.1	24 VDC	CPU 1214

Fuente: Autor

Para la visualización se propone un Panel View de 12” de la marca Siemens, el número de catálogo es 6AV2123-2MB03-0AX0, este HMI es de la familia KTP1200 Basic con puerto *Profinet* para realizar el enlace con el PLC, en la Tabla 3.5 se pueden visualizar detalles del equipo seleccionado.

Tabla 7 Características de Panel View

Número de Catálogo	6AV2123-2MB03-0AX0
Descripción de Producto	SIMATIC HMI, KTP1200 Basic, Basic Panel, Key/touch operation, 12” TFT display, 65536 colors, PROFINET interface,configurable from WinCC Basic v13/ STEP 7 Basic V13, contains open-source software, which is provided free of charge see enclosed CD
Familia de Producto	Panel View
Ciclo de Vida	Producto Activo

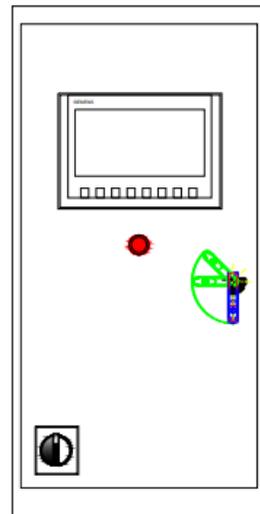
Fuente: Autor

Luego de identificar los elementos a colocar se realizó el esquema del tablero, en donde se puede visualizar la distribución interna y externa de los elementos eléctricos y de control para el funcionamiento de la planta de tratamiento. En la Figura 3.16 se puede visualizar el detalle.

A continuación, se detallan los diagramas eléctricos de fuerza y control para la implementación del sistema de la planta de tratamiento de la embarcación M/N Isabela II. Estos diagramas cumplen con las seguridades para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.

Estos se pueden apreciar a partir de la Figura 3.17 hasta la Figura 3.27.

VISTA EXTERNA



VISTA INTERNA

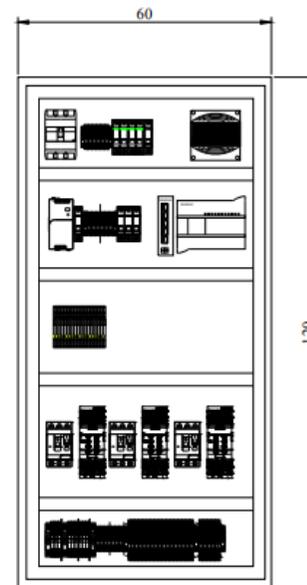


Figura 28 Distribución Externa e Interna de Tablero de Control

Fuente: Autor

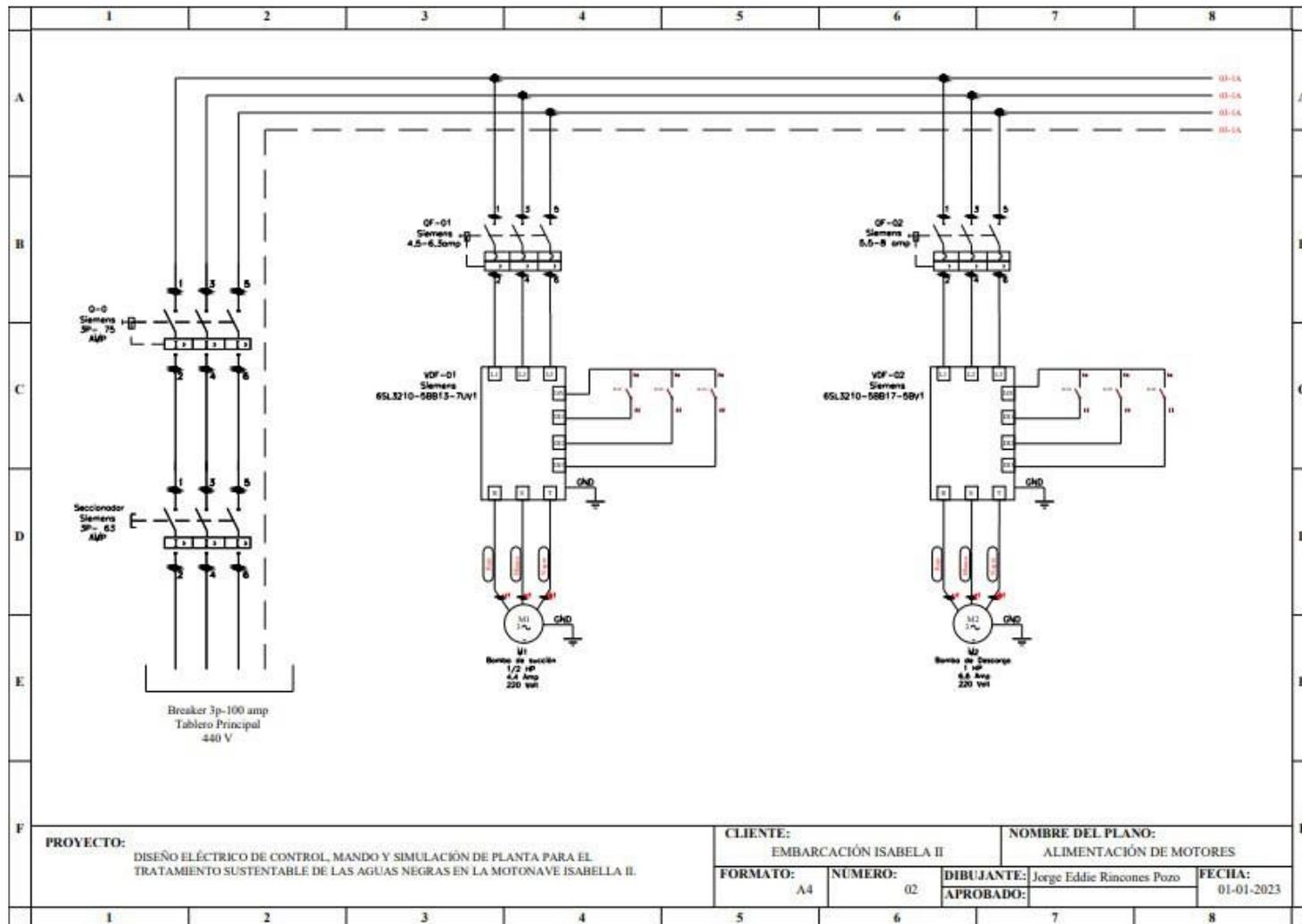


Figura 29 Alimentación de motores

Fuente: Autor

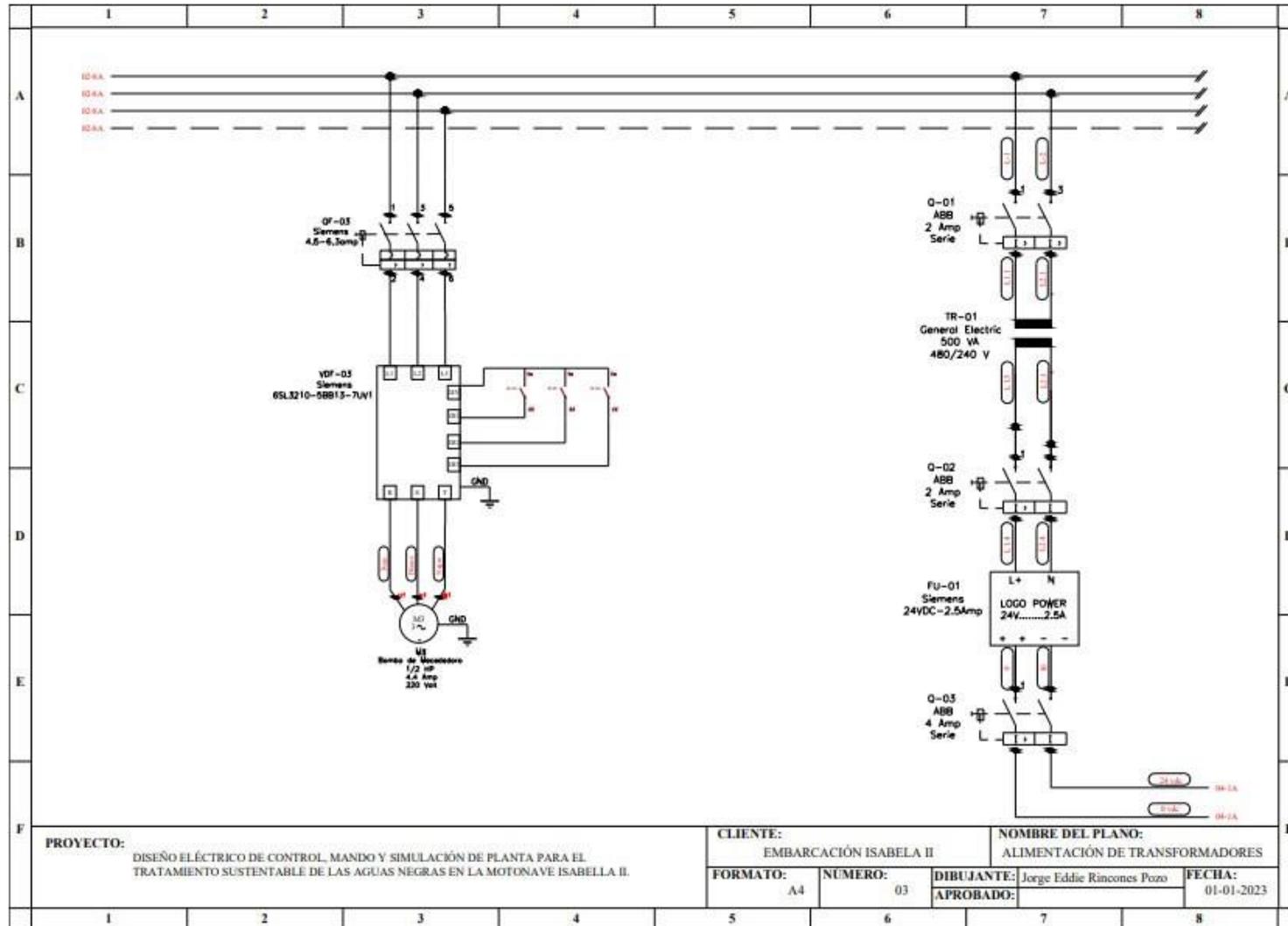


Figura 30 Alimentación de transformadores

Fuente: Autor

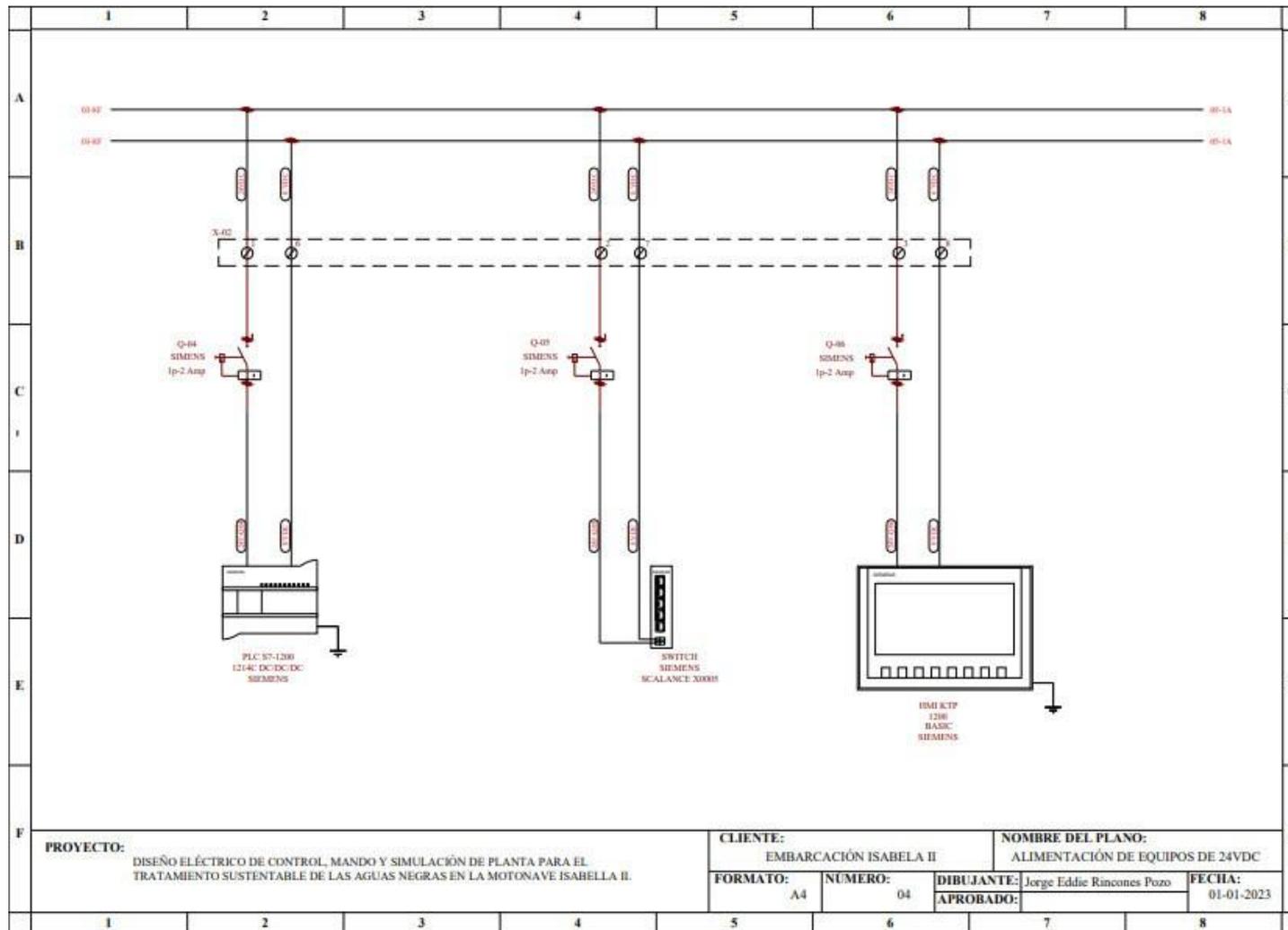


Figura 31 Alimentación de equipos de 24VDC

Fuente: Autor

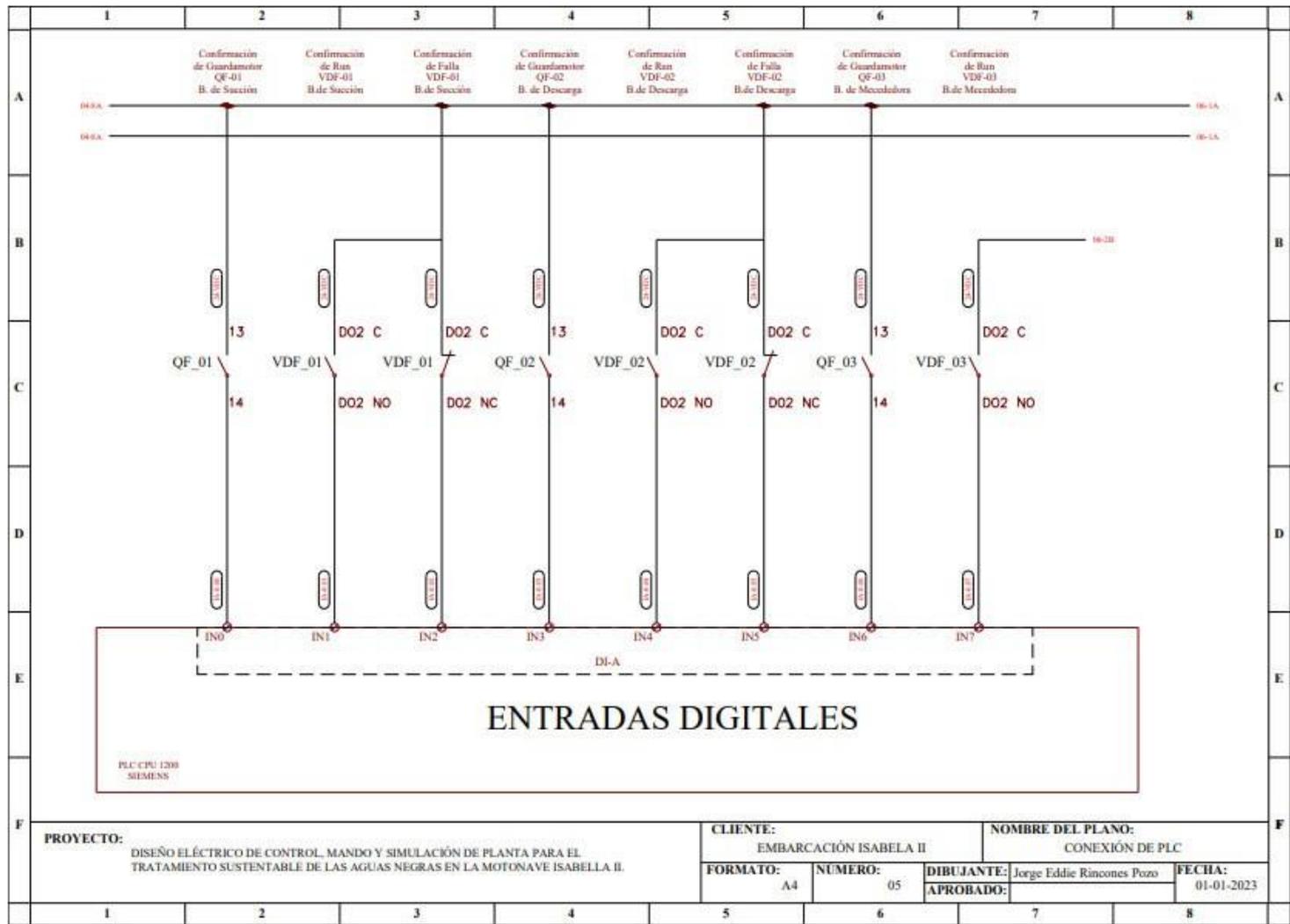


Figura 32 Conexión de PLC 1/4

Fuente: Autor

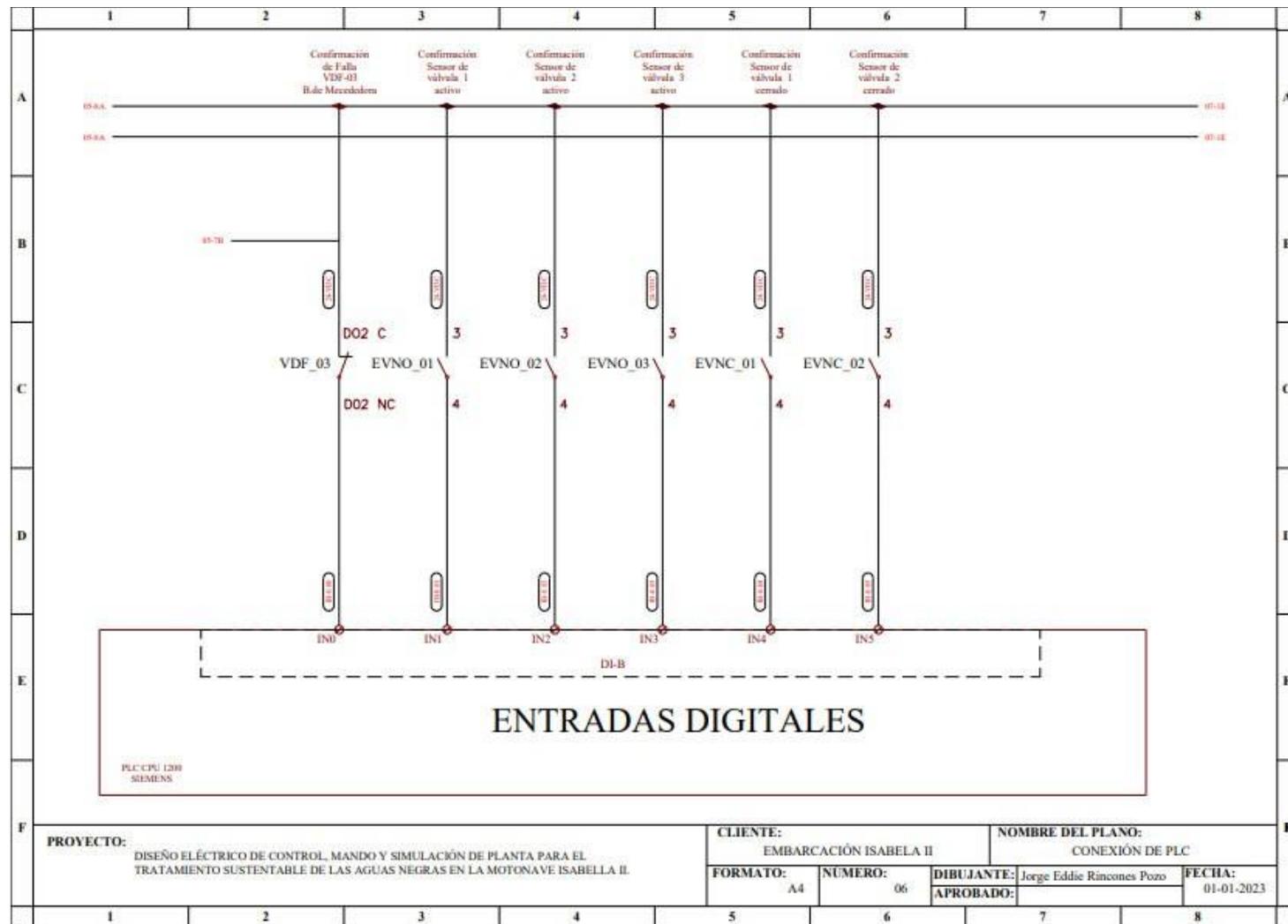


Figura 33 Conexión de PLC 2/4

Fuente: Autor

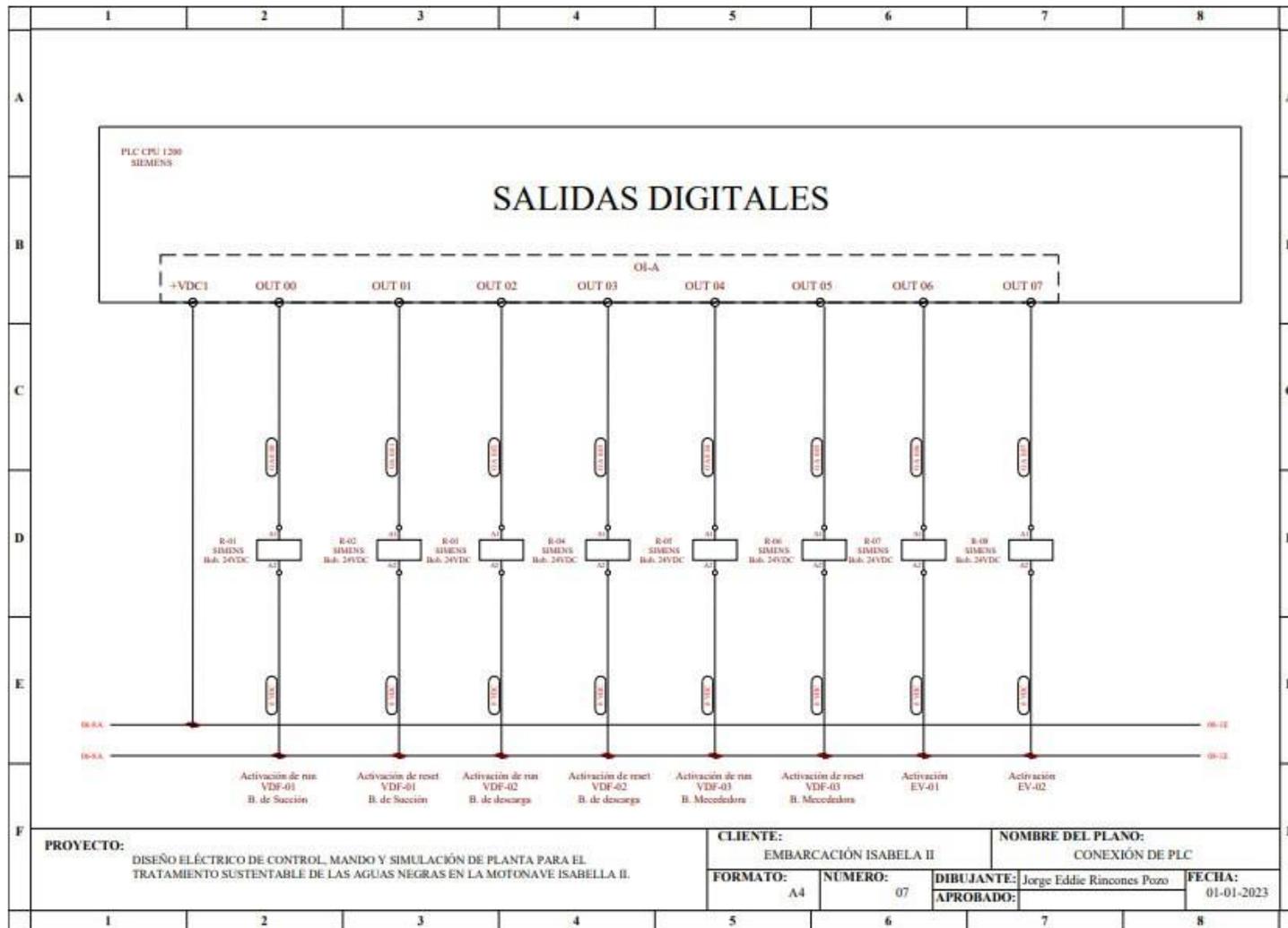


Figura 34 Conexión de PLC 3/4

Fuente: Autor

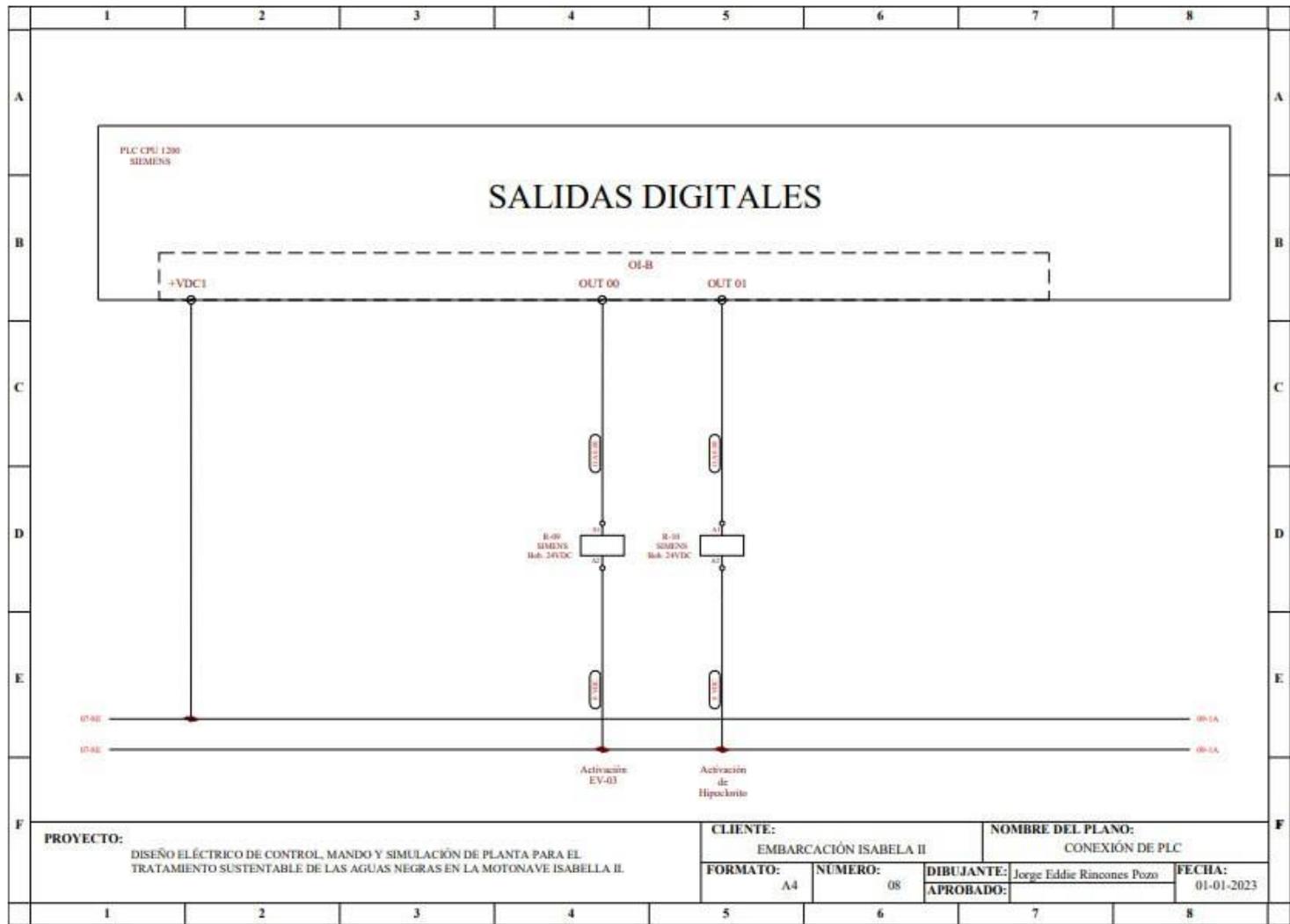


Figura 35 Conexión de PLC 4/4

Fuente: Autor

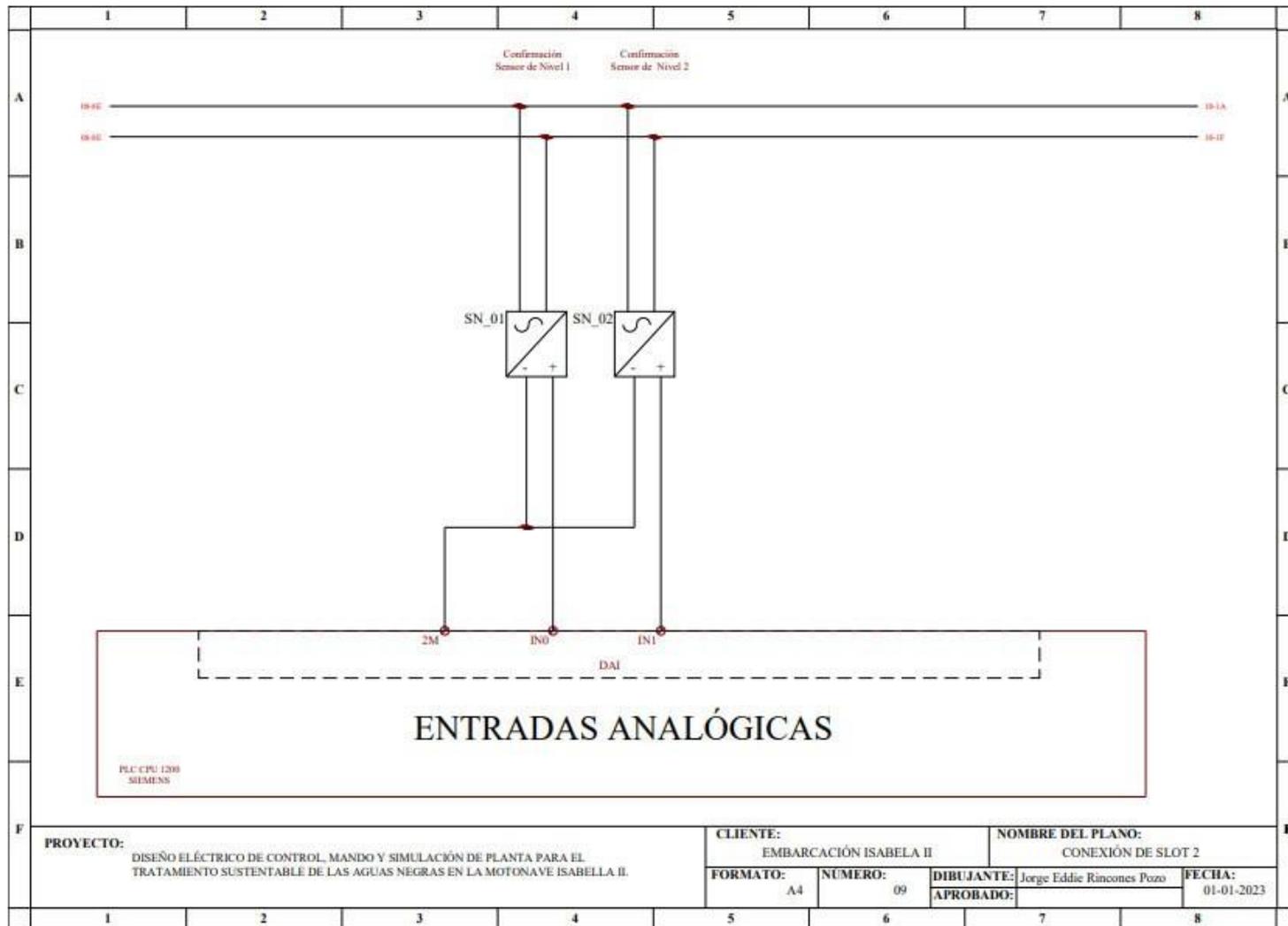


Figura 36 Conexión de SLOT 2 1/3

Fuente: Autor

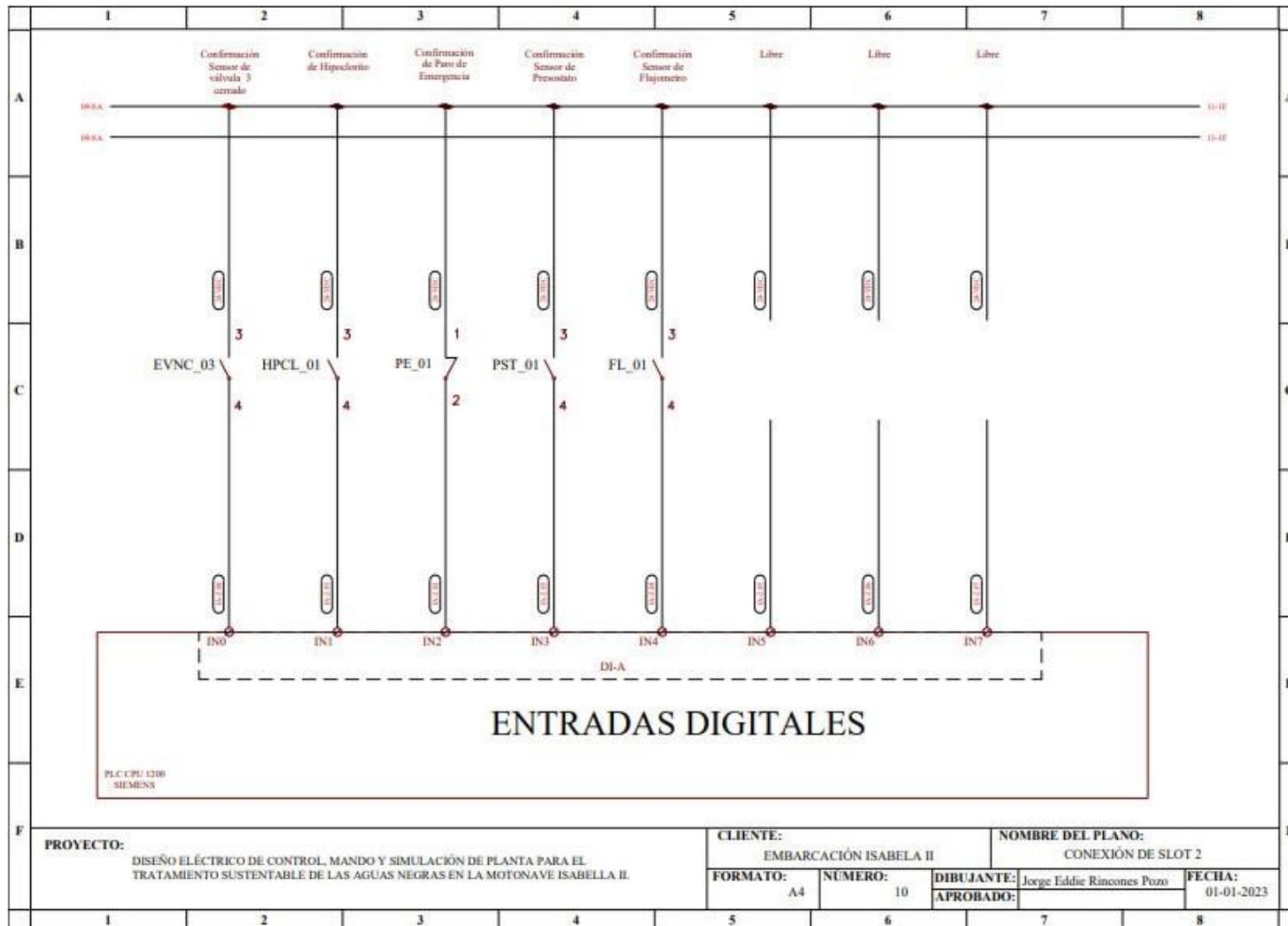


Figura 37 Conexión de SLOT 2 2/3

Fuente: Autor

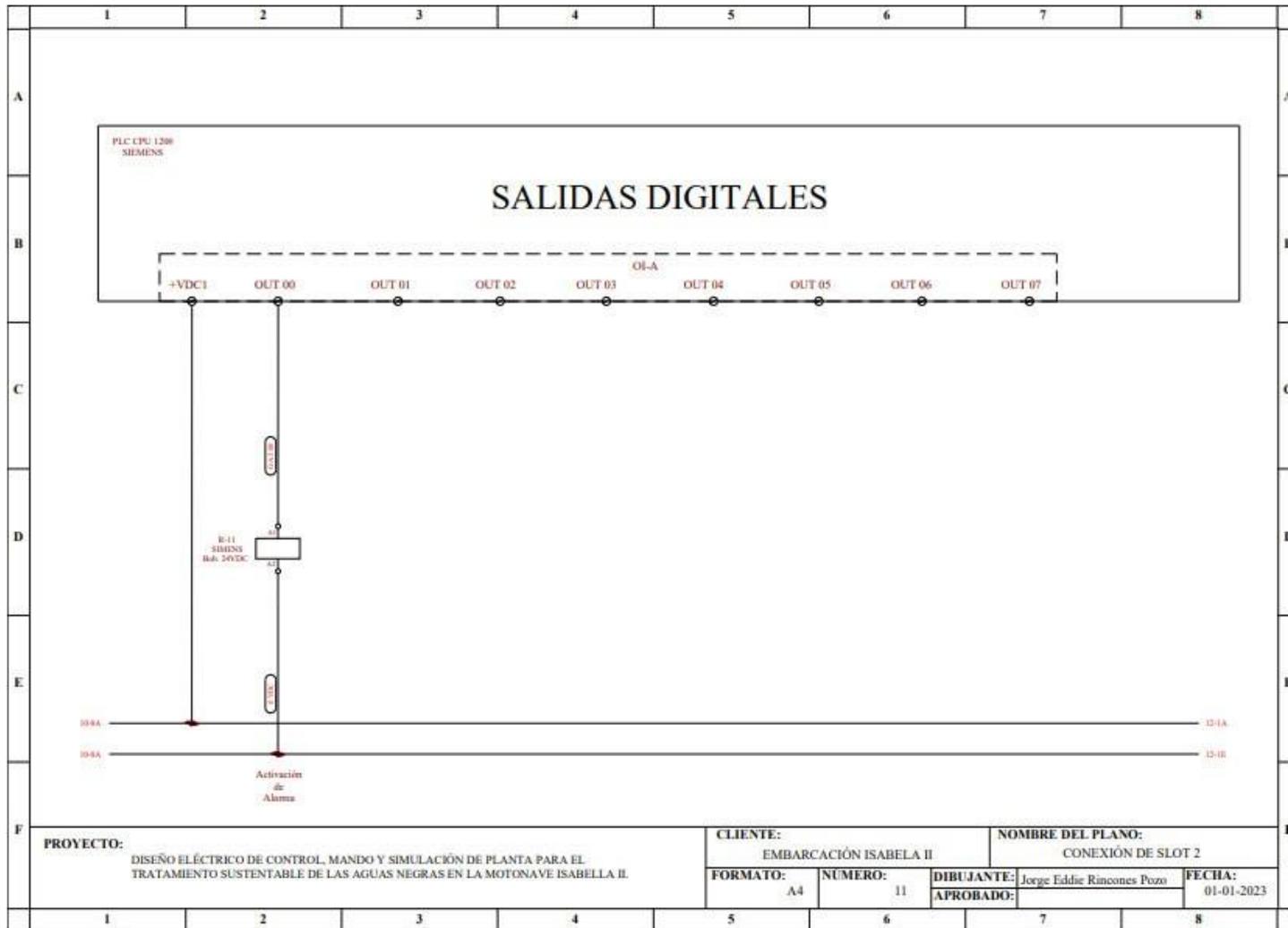


Figura 38 Conexión de SLOT 2 3/3

Fuente: Autor

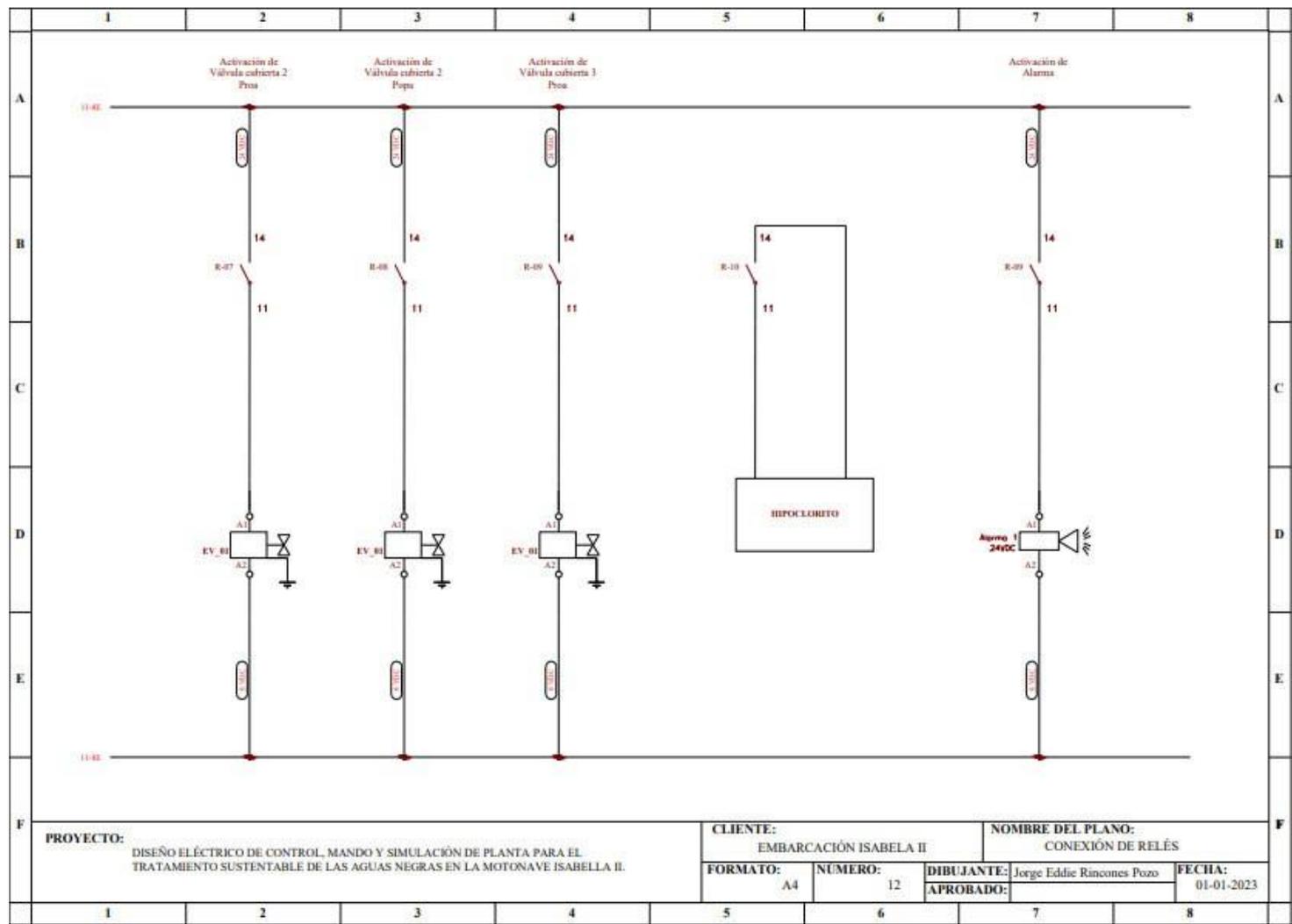


Figura 39 Conexiones de Relés

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

DESARROLLO Y SIMULACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA EMBARCACIÓN M/N ISABELLA II

En el presente capítulo se describe el procedimiento para realizar la programación del PLC y HMI para posterior realizar la simulación del proceso. Para poder desarrollar el programa se definió la secuencia y procesos que se contemplará en el funcionamiento de la planta de tratamiento de la embarcación.

4.1 Secuencia de funcionamiento de planta de tratamiento

De acuerdo a la información levantada con el personal técnico de la embarcación se define que la planta de tratamiento posee tres modos de operación que son seleccionados a través de la interfaz gráfica, estos son:

- Modo Manual
- Autocloro (modo automático)
- Backwash (limpieza)

4.1.1 Modo Manual

El modo de operación manual permite al usuario de la planta la activación de cada uno de sus componentes dependiendo de su requerimiento. Este modo de operación es usado normalmente para realizar pruebas de funcionamientos de equipos, validación de giro de motores e inspección de ductos obstruidos por un agente inusual de la planta de tratamientos.

Para la activación del modo manual se debe seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar modo manual en el HMI.
- Pulsar el botón TEST en cada elemento que se necesite activar, el equipo permanecerá activado mientras se pulse el botón.
- Para poder accionar la bomba de transferencia el nivel del tanque 1 debe estar por debajo del *Setpoint* del sistema caso contrario no accionará la bomba.
- Para poder accionar la bomba de descarga el nivel del tanque 3 debe estar por encima del valor del *Setpoint* del sistema caso contrario no accionará la bomba.

4.1.2 Modo Automático (Autocloro)

El modo de operación automático conocido como auto cloro permite que la planta trabaje de forma automática. A continuación, se detallan las condiciones y secuencias para el correcto funcionamiento.

- Condiciones de arranque

Para que la planta de tratamiento pueda funcionar de modo automático se deben realizar las validaciones de tiempos de encendido y apagado de equipos y validación de niveles altos y bajos de la planta.

- Tiempos de encendido y apagado

Estos tiempos permitirán la activación de los equipos durante el tiempo que se encuentre configurado en la pantalla.

- Configuración de niveles de trabajo

Para garantizar el correcto funcionamiento de la planta es clave colocar los niveles de operación de la misma.

- Luego de realizar las configuraciones previas descritas, se debe pulsar el botón "AUTOCLORO" para iniciar la secuencia.
- Se activa la bomba de transferencia de manera automática para que el Tanque #1 se llene de producto, una vez alcanzado el producto hasta el nivel alto configurado previamente se apagará la bomba de transferencia para evitar rebose en el Tanque #1, la bomba de transferencia se encenderá nuevamente cuando el nivel de producto esté por debajo del nivel bajo configurado.
- Paralelamente se realiza la activación de la Válvula #1 la cual va a operar por los tiempos configurados inicialmente, dicha válvula también cumplirá su ciclo de operación una vez que el nivel del Tanque #1 alcance el *setpoint* de nivel alto y se volverá a iniciar una vez que se encuentra por debajo del mismo.

- Luego que la planta empiece su llenado se realiza la activación de la bomba maceradora, la cual se encarga de hacer recircular el producto alojado en el Tanque #1 para evitar que se alojen en el fondo del tanque sedimentos propios del producto, esta función la realiza de manera continua mientras esté encendido el modo automático en la planta.
- La planta de tratamientos por decantación realiza el llenado de los otros Tanques #2 y #3, en el Tanque #2 se encuentra alojado el producto recirculado por la bomba maceradora, en este tanque se realiza el suministro de agua de mar mediante la activación de la Válvula #2 la cual funcionará dependiendo del tiempo configurado inicialmente, a la par en este mismo tanque se realiza el suministro de hipoclorito de sodio mediante la activación de la válvula 4 la cual se activará mediante el tiempo configurado inicialmente.
- Continuado el proceso de llenado de los tanques una vez el Tanque #3 alcance el nivel alto de operación se encenderá la bomba de descarga la cual hace desalojar el agua tratada hacia la vía de evacuación de la embarcación, este encendido de la bomba de descarga la realiza hasta que el nivel del Tanque #3 se encuentre por debajo del nivel bajo configurado, al mismo tiempo se activa la Válvula #3 que se activará siempre que la bomba de descarga se encuentre en funcionamiento bajo las mismas condiciones de encendido de la bomba.
- Así continua la secuencia hasta que se detenga el proceso.

4.1.3 Modo Backwash (limpieza)

El modo de operación de limpieza permite que la planta trabaje con la misma secuencia del modo automático.

- El usuario debe configurar en ajustes el tiempo de duración de la limpieza.
- Seleccionar el modo *Backwash*
- El proceso realizará la misma secuencia realizada en modo automático con excepción que la bomba de transferencia se encuentra deshabilitada en este modo de trabajo.

4.2 Desarrollo de programa de PLC

Luego de definir la secuencia de trabajo se puede empezar con el desarrollo del programa del PLC. A continuación, se detallan los pasos realizados. Se debe iniciar el programa TiaPortal V16 se mostrará la pantalla de inicio tal como se puede visualizar en la Figura 4.1.

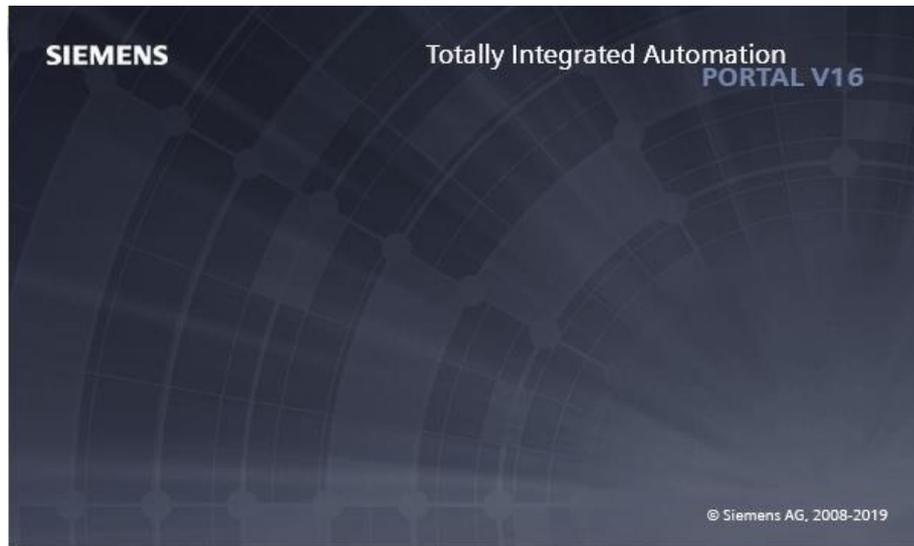


Figura 40 Inicio Tia Portal V16

Fuente: Tia Portal V16 – El Autor

Una vez se abra la aplicación se visualizará la pantalla que se muestra en la Figura 4.2 en la cual existen varias opciones, entre ellas la de crear un nuevo proyecto, abrir un proyecto existente o migrar proyecto. En nuestro caso se seleccionará la opción de crear nuevo proyecto.

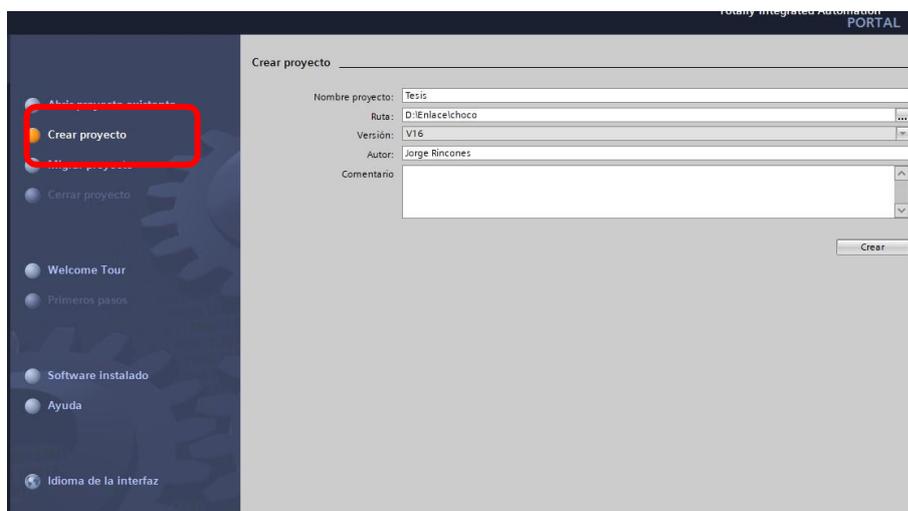


Figura 41 Crear Nuevo Proyecto

Fuente: Tia Portal V16 – El Autor

Luego de pulsar el botón CREAR se mostrará la siguiente pantalla que se visualiza en la Figura 4.3 en la cual permite navegar en las diferentes opciones iniciales que ofrece el software. Se debe escoger la opción Configurar un Dispositivo para poder hacer la selección del PLC previamente seleccionado.

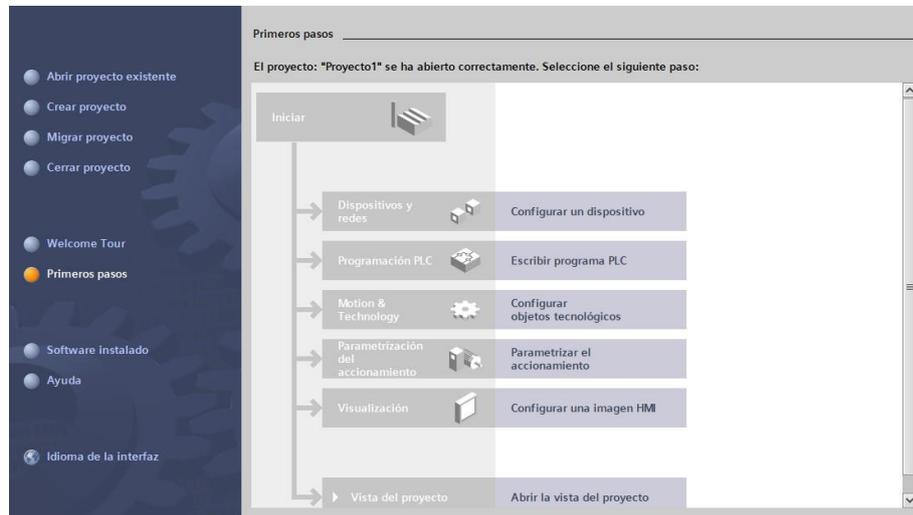


Figura 42 Configurar un dispositivo

Fuente: Tia Portal V16 – El Autor

Direccionará a la siguiente pantalla que se visualiza en la Figura 4.4, en la cual se selecciona la opción de Agregar Dispositivo y se escoge la opción Controladores y se agrega el modelo de la CPU que ya se ha indicado en los ítems anteriores.

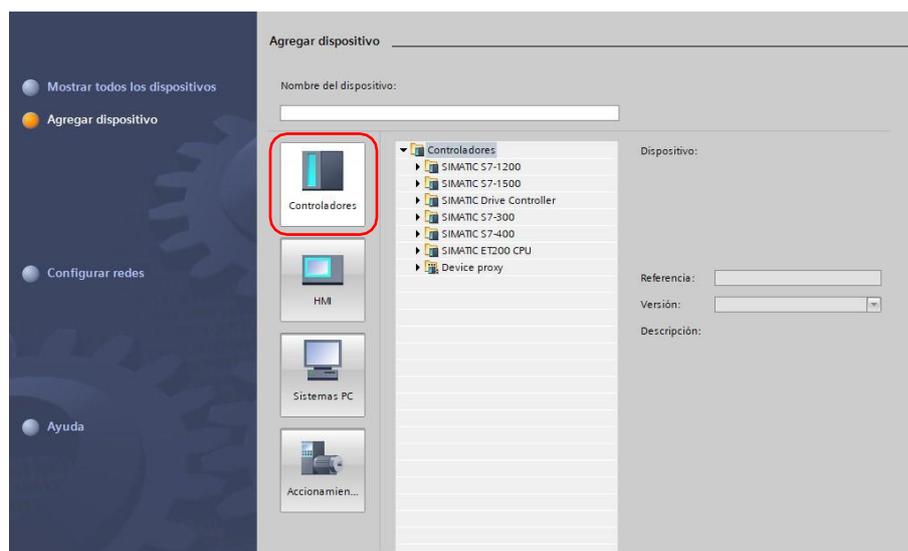


Figura 43 Agregar dispositivo

Cuando ya se ha agregado el PLC el *software* mostrará a siguiente vista de dispositivos en donde se podrá acceder a las configuraciones del equipo y configurar dirección ethernet, direcciones de las entradas y salidas, tal como se muestra en las Figuras 4.5, Figura 4.6, Figura 4.7.

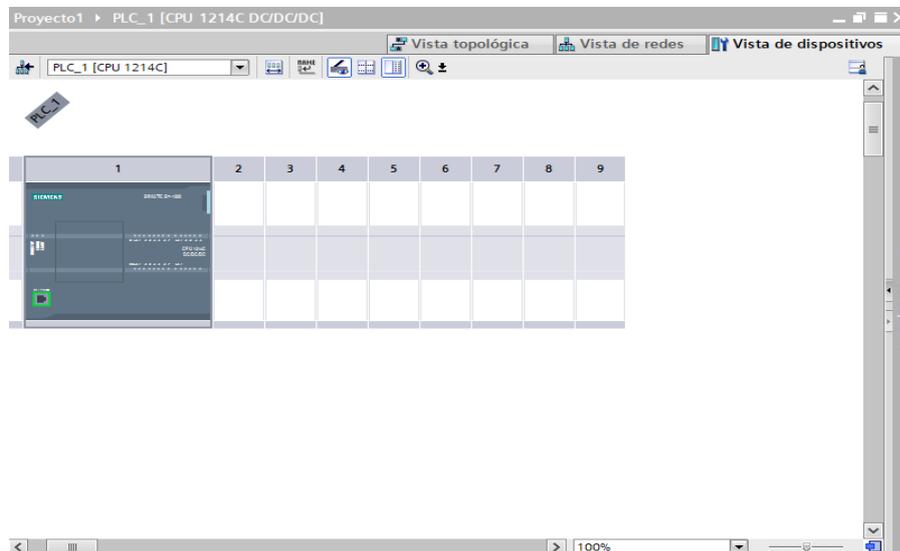


Figura 44 Vista de dispositivos

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Luego que se ha realizado la configuración del dispositivo, con ayuda del listado de entradas y salidas que se mostró en el capítulo anterior se procede a realizar la declaración de variables para dar inicio al desarrollo del programa como se muestra en la Figura 4.6.

Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Supervis...	Comentario
7	ALARMA NIVEL ALTO	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	NIVEL ALTO PLANTA V...
8	FALLO	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FALLA PLANTA VIEJA
9	DEFICIENCIA DE CLORO	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA VIEJA
10	NIVEL ALTO	Bool	%I8.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TANQUE B
11	BOMBA A	Bool	%I8.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ENCENDIDO BOMBA ...
12	BOMBA B	Bool	%I8.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ENCENDIDO BOMBA ...
13	SOBRECARGA A	Bool	%I8.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SOBRECARGA EN TRA...
14	SOBRECARGA B	Bool	%I8.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SOBRECARGA EN TRA...
15	MACERADOR PUMP	Bool	%I9.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
16	DISCHARGE PUMP	Bool	%I9.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
17	HMX BLOWER	Bool	%I9.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
18	AUTOCOLORO	Bool	%I9.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
19	SCS CHEM PUMP	Bool	%I9.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
20	SCS BLOWER	Bool	%I9.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
21	TRANSFER PUMP	Bool	%I9.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
22	VALVULA 1	Bool	%I9.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
23	VALVULA 4	Bool	%I4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
24	FLOAT SWITCH	Bool	%I4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
25	SWITCH TANK3	Bool	%I4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
26	SWITCH TANK1	Bool	%I4.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
27	VALVULA 2	Bool	%I4.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
28	VALVULA 3	Bool	%I4.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PLANTA NUEVA
29	TANK_SENTRY_TQ8	Word	%IW124	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	TANK_SENTRY_SG1	Word	%IW126	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 45 Declaración de variables

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Luego de finalizar con la declaración de variables se puede desarrollar el programa que cumpla con la secuencia solicitada por el usuario final. Para esto se debe abrir el bloque Main del árbol del proyecto, en la Figura 4.7 se muestra la opción que se debe escoger.

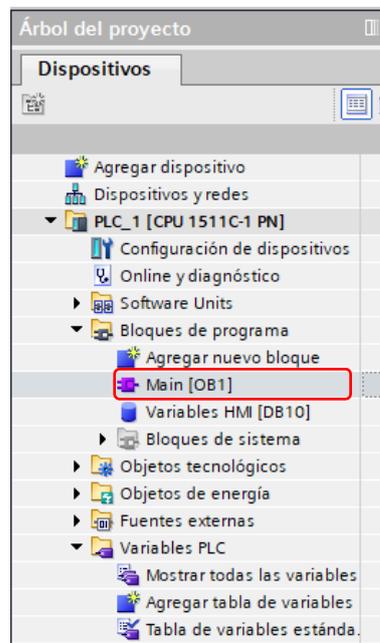


Figura 46 Bloque Main del PLC

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Una vez se ha abierto el bloque se puede empezar a desarrollar la secuencia del programa, para el desarrollo de este proyecto se ha decidido trabajar en lenguaje de programación Ladder tal como se muestra en la Figura 4.8.

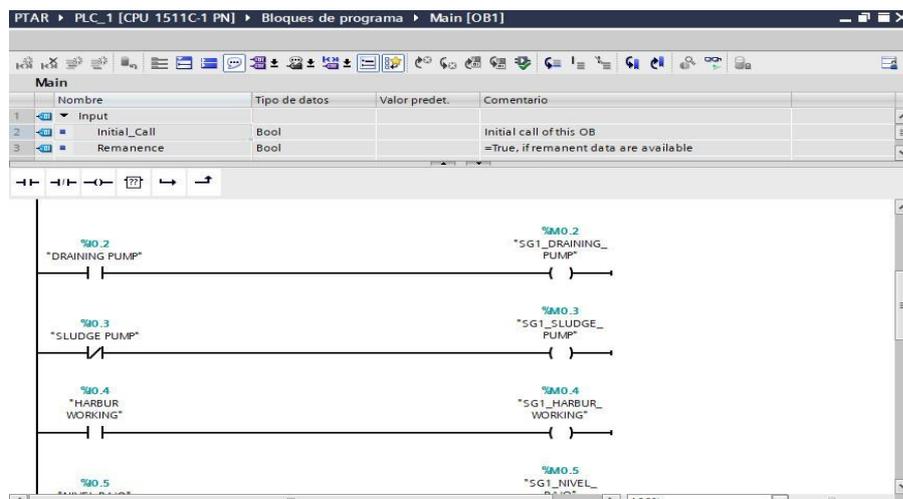


Figura 47 Lenguaje de Programación Ladder

Fuente: Tia Portal V16 – El Autor

Se agregan los Ladder o segmentos necesarios para organizar la secuencia del programa que cumpla la secuencia de los 3 modos solicitados por el usuario, a continuación, se detalla el programa realizado para el funcionamiento de la planta de tratamiento de la embarcación M/N Isabela II.

Main Propiedades					
General					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Idioma	KOP	Numeración	Automático		
Información					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Familia		Versión	0.1	ID personalizado	

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

Figura 48 Main OB1

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

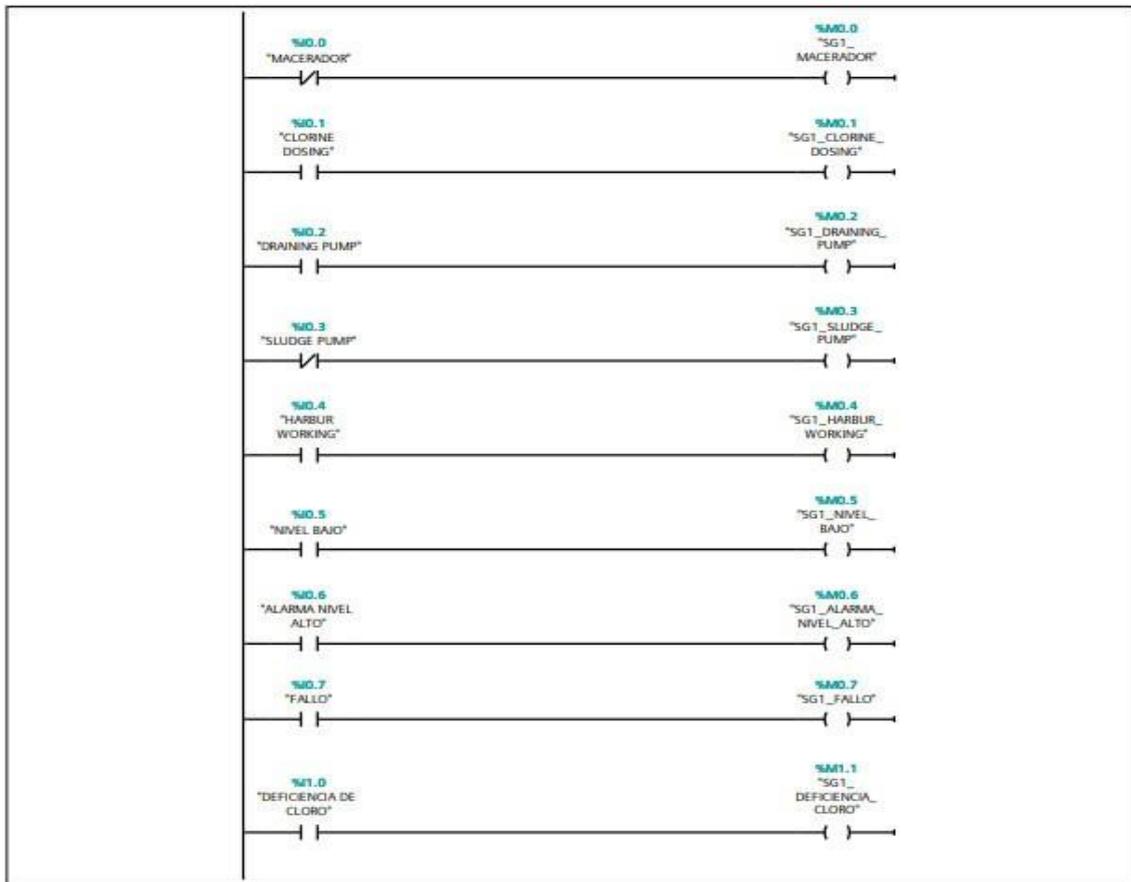


Figura 49 Variables digitales planta vieja 1/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor



Figura 50 Variables digitales planta vieja 2/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

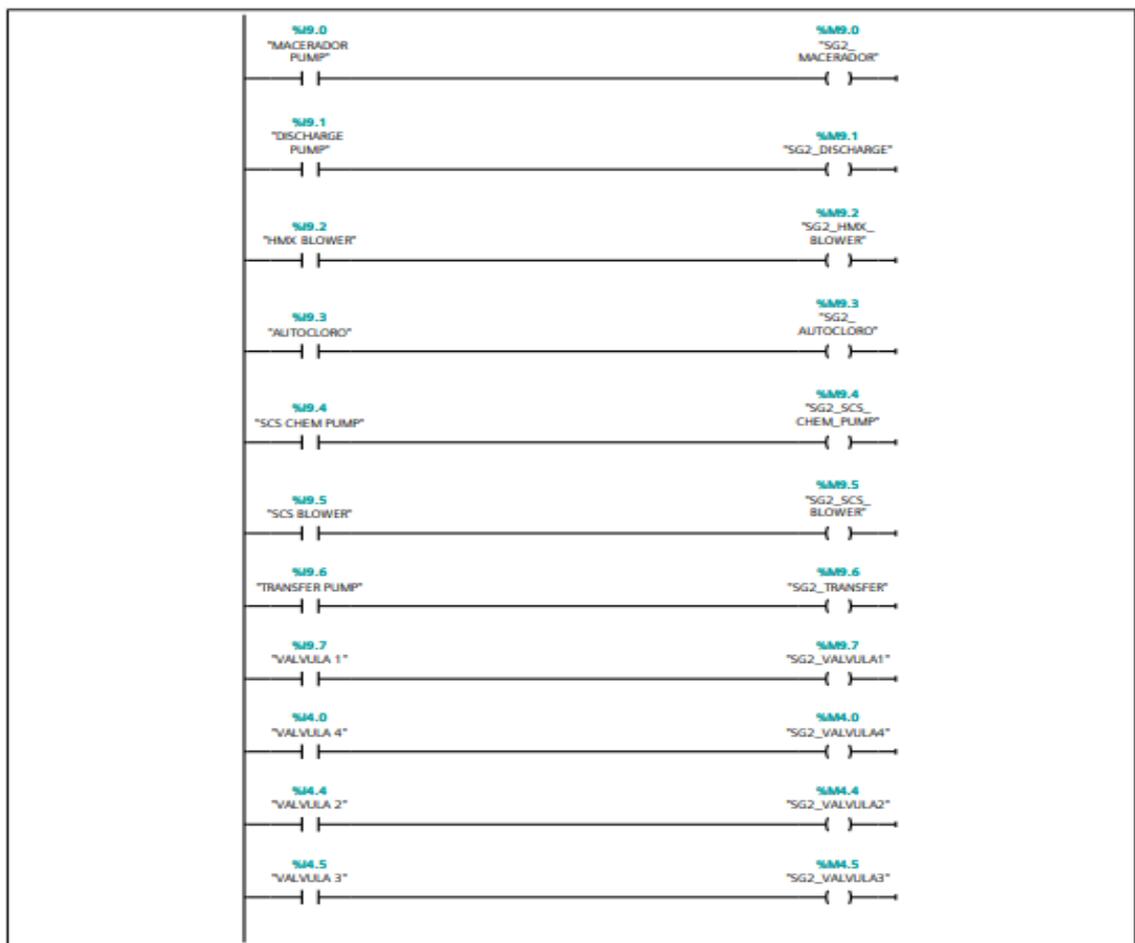


Figura 51 Variables digitales planta nueva



Figura 52 Señales analógicas

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

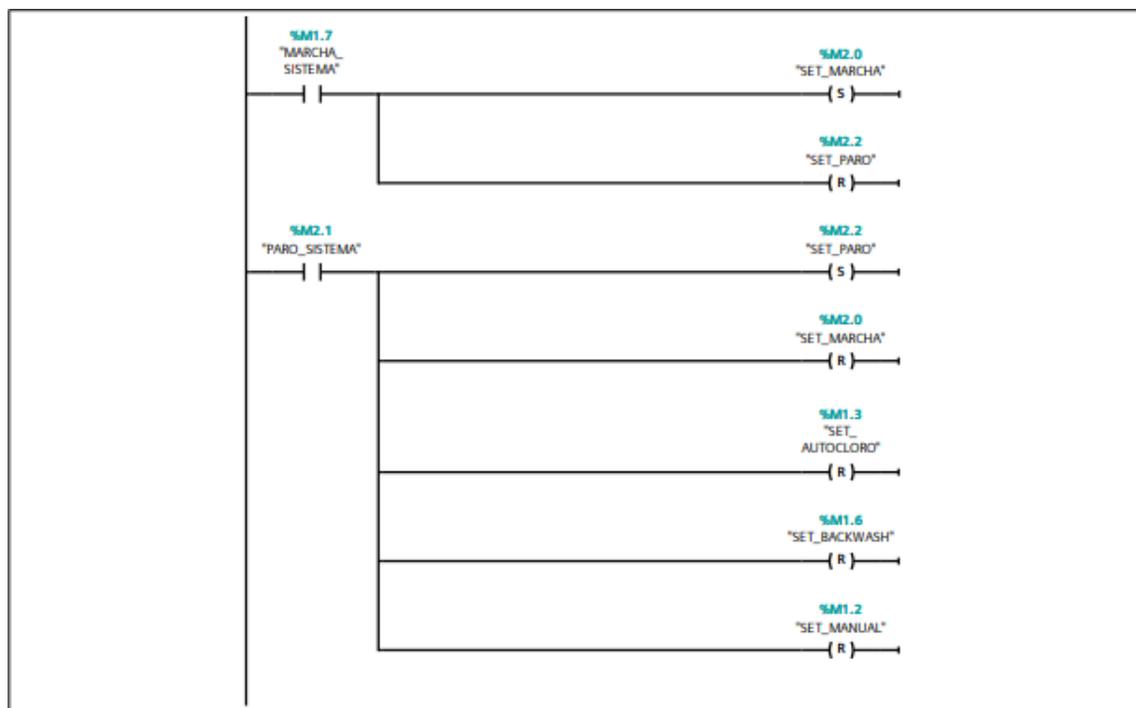


Figura 53 Marcha y paro del sistema

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

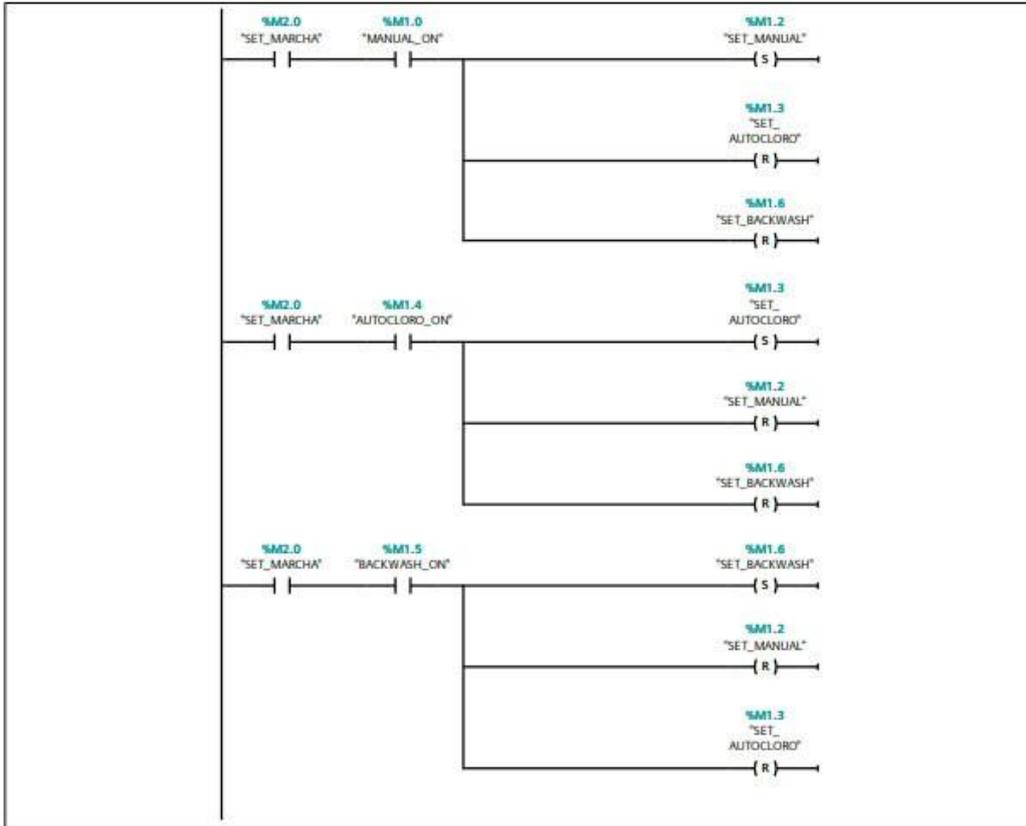


Figura 54 Modos de operación de la planta nueva

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

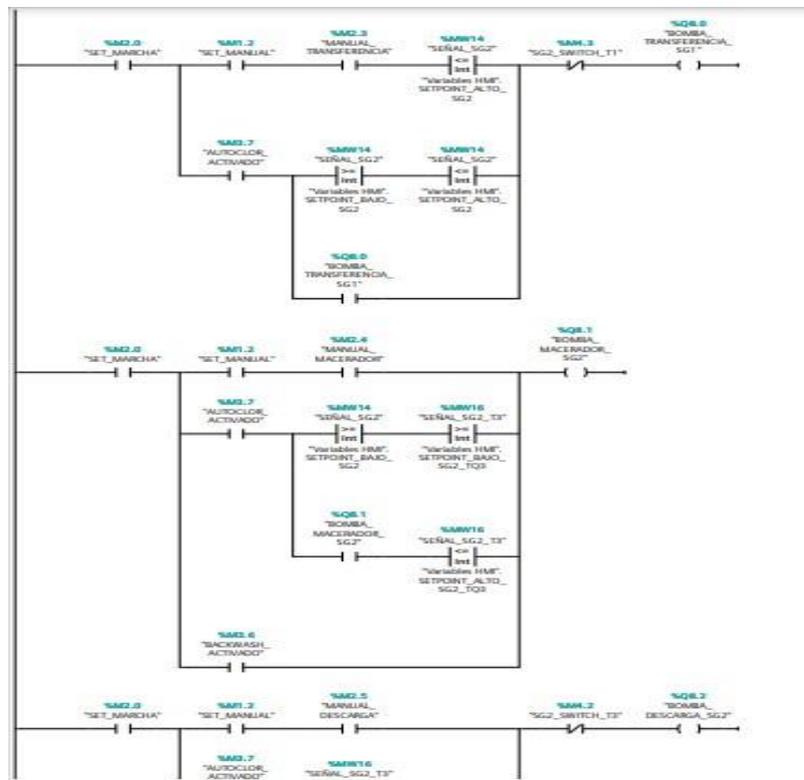


Figura 55 Activaciones de equipos 1/3

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

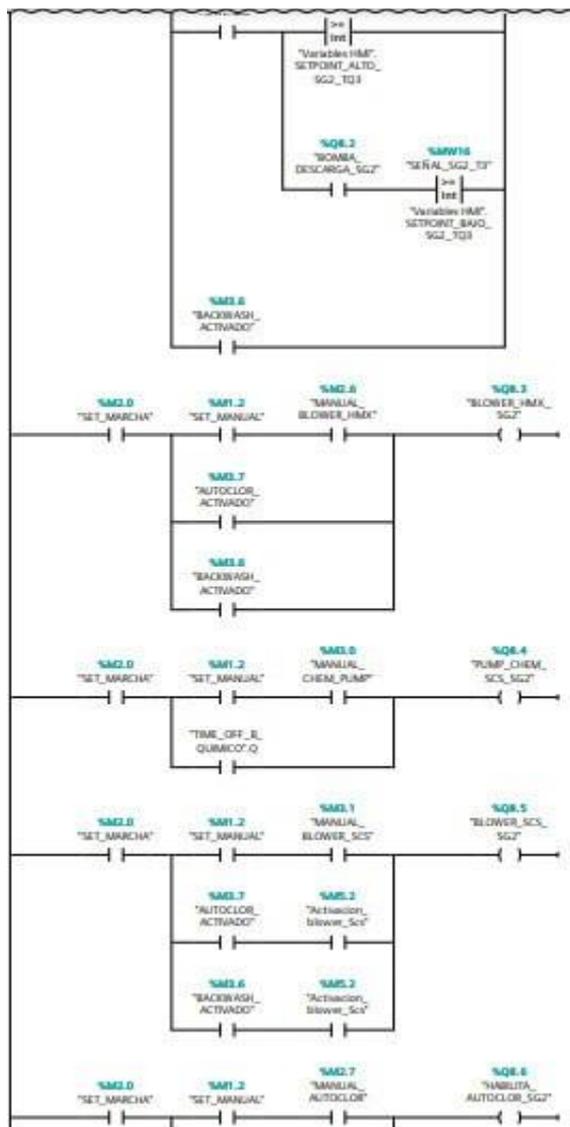


Figura 56 Activaciones de equipos 2/3

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

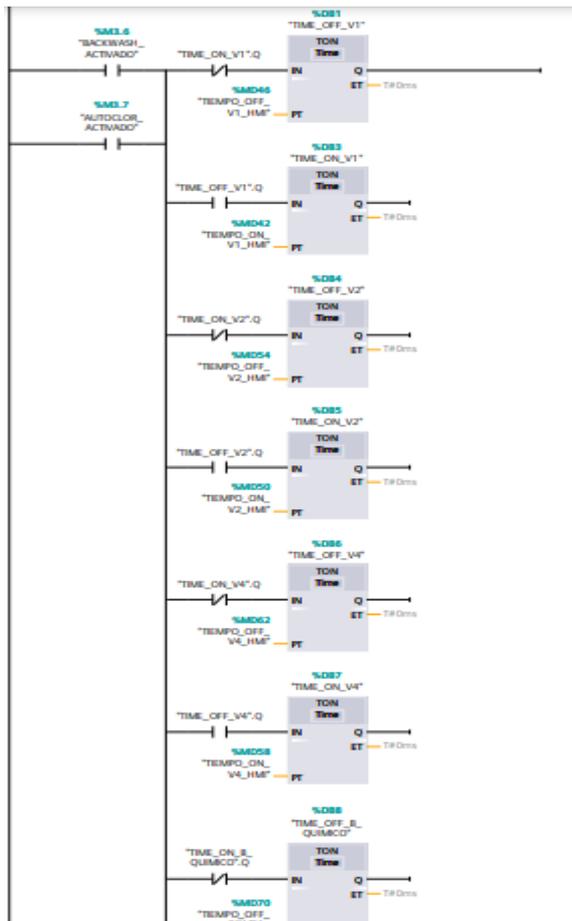


Figura 60 Encendido de válvulas y Chem Pump en modo Backwash y Autoclor 1/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

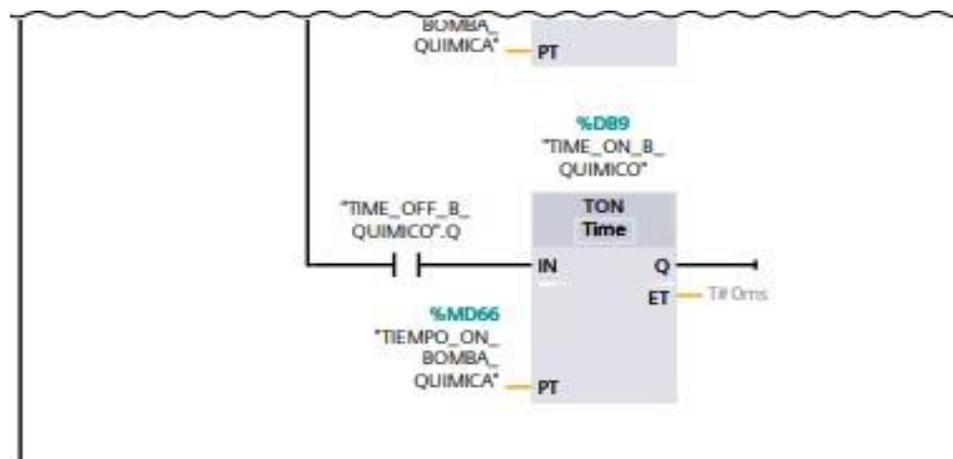


Figura 61 Encendido de válvulas y Chem Pump en modo Backwash y Autoclor 2/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor



Figura 62 Arreglo de tiempo de encendidos desde el HMI 1/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

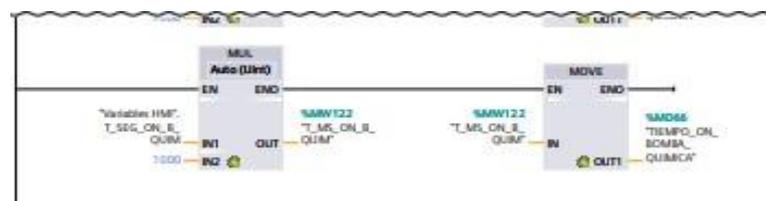


Figura 63 Arreglo de tiempo de encendidos desde el HMI 2/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

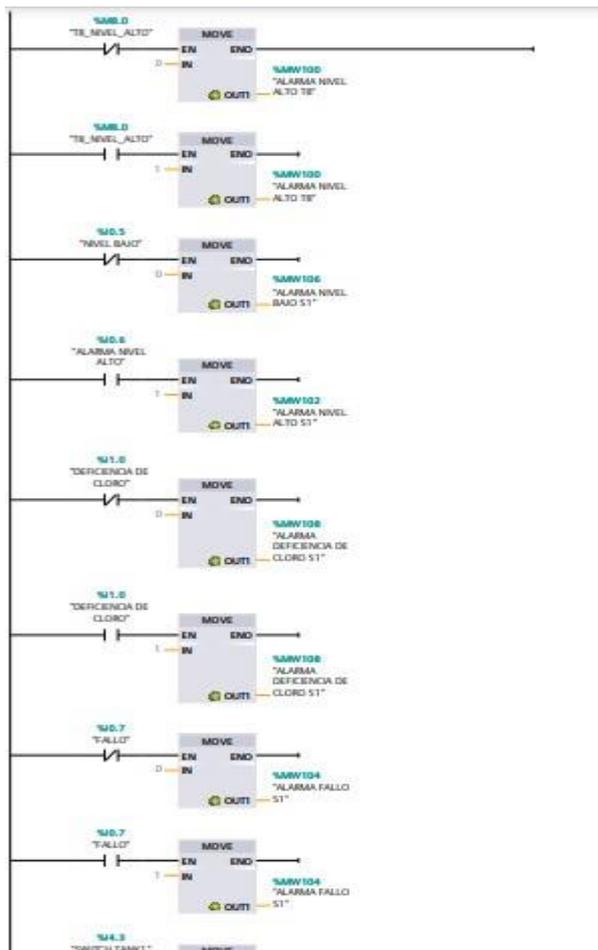


Figura 64 Alarmas 1/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

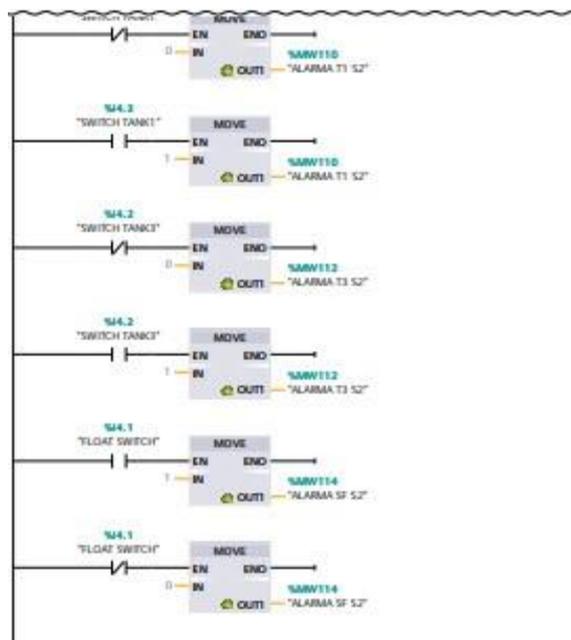


Figura 65 Alarmas 2/2

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

4.3 Desarrollo de programa de HMI

Para el desarrollo del programa del HMI se debe seleccionar el dispositivo, para esto en el árbol del proyecto hacer doble clic sobre la opción Agregar Dispositivo.

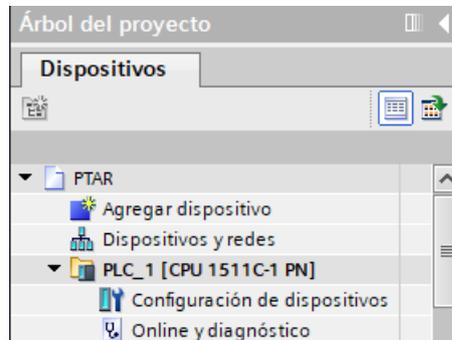


Figura 66 Agregar Dispositivo HMI

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Escoger la opción HMI y escoger el modelo previamente seleccionado para agregarlo al proyecto.

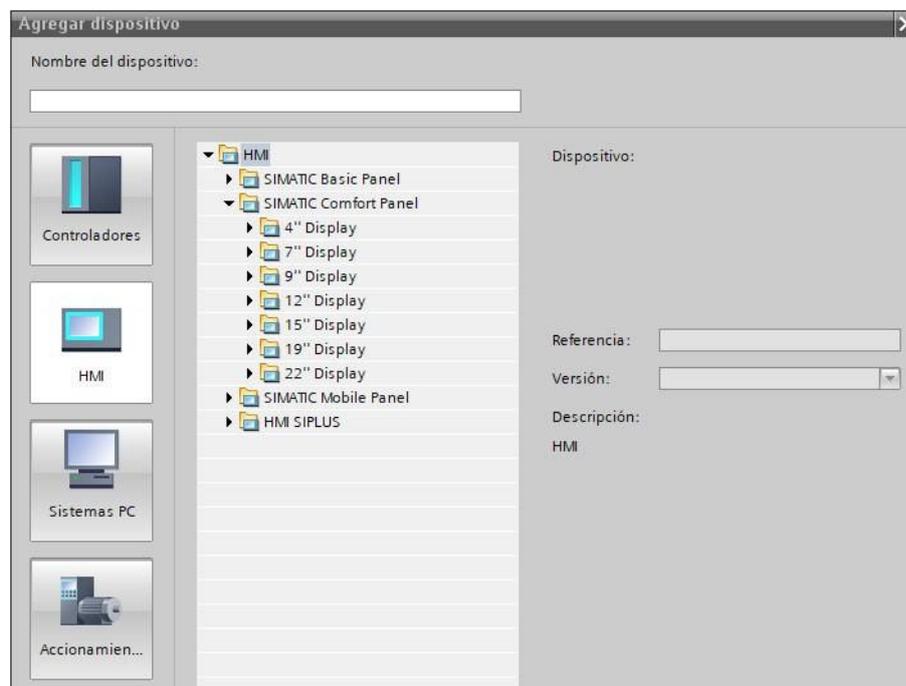


Figura 67 Selección de HMI

Fuente: TiaPortal V16 El Autor

Cuando se ha seleccionado el HMI en la opción Vista de Redes aparecerán ambos equipos y se podrá realizar la conexión entre ambos para

que exista comunicación, se recuerda que ambos equipos deben encontrarse en la misma red tal como se muestra en la Figura 4.29.

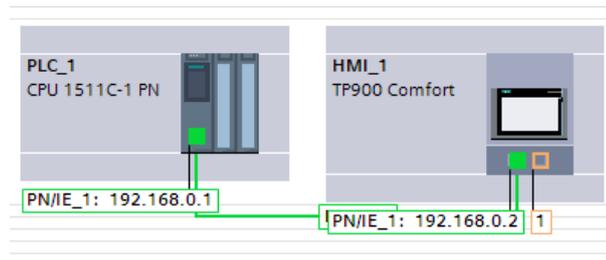


Figura 68 Conexión de Red

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Luego de realizar la conexión de red el HMI seleccionado aparecerá en el árbol del proyecto, para iniciar con el desarrollo del mismo se debe agregar las variables que se enlazarán con las variables del PLC. En la Figura 4.30 se observa la declaración de variables del proyecto del HMI.

Nombre	Archi...	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC
Activacion_blower_Scs	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	Activacion_blower_Scs
ALARMA DEFICIENCIA DE CLORO	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA DEFICIENCI...
ALARMA FALLO SG1	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA FALLO S1*
ALARMA FLOW SG2	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA SF S2*
ALARMA NIVEL ALTO SG1	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA NIVEL ALT...
ALARMA NIVEL ALTO TQ8	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA NIVEL ALT...
ALARMA NIVEL BAJO SG1	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA NIVEL BAJO...
ALARMA SWITCH T1	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA T1 S2*
ALARMA SWITCH T3	<input type="checkbox"/>	Int	HMI_Conexión_1	PLC_1	*ALARMA T3 S2*
AUTOCLOR_ACTIVADO	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	AUTOCLOR_ACTIVADO
AUTOCLORO	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	AUTOCLORO
AUTOCLORO SG2	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	SG2_AUTOCLORO
AUTOMATICO	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	AUTOCLORO_ON
BACKWASH_ON	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	BACKWASH_ON
BLOWER_HMX_SG2	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	BLOWER_HMX_SG2
BOMBA A	<input type="checkbox"/>	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	*BOMBA A*

Figura 69 Declaración de Variables HMI

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Luego se realizan el diseño de las pantallas necesarias para el desarrollo del proyecto, dinamizando cada objeto de acuerdo a la necesidad de la aplicación teniendo en cuenta la secuencia ya definida por parte del usuario. Para el funcionamiento de esta aplicación se han diseñado 4 pantallas las cuales se muestran a continuación en las Figuras 4.31, Figura 4.32, Figura 4.33 y Figura 4.34.



Figura 70 Pantalla de Inicio

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

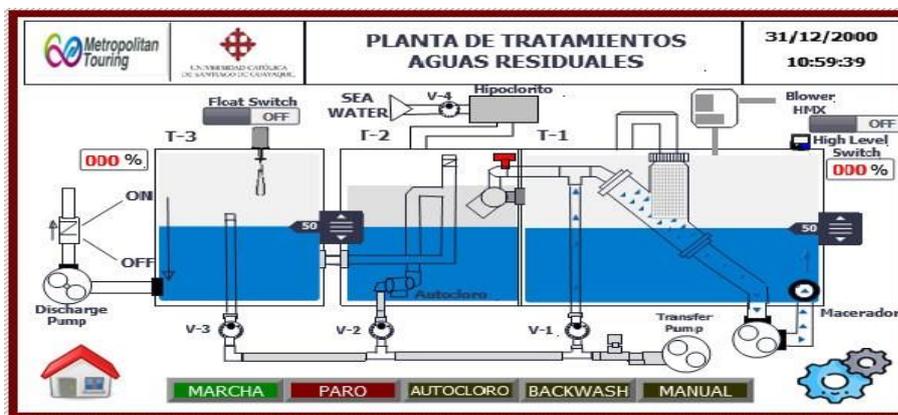


Figura 71 Pantalla de Proceso

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

	Tiempo Encendido		Tiempo Apagado	
SCS CHEM PUMP	00000	S	00000	S
VALVULA 1	00000	S	00000	S
VALVULA 2	00000	S	00000	M
VALVULA 4	00000	S	00000	S
BACKWASH	00000	M		

SEWAGE 2

TANK 1		TANK 3	
000 %	000 %	000 %	000 %
SETPOINT NIVEL ALTO	SETPOINT NIVEL BAJO	SETPOINT NIVEL ALTO	SETPOINT NIVEL BAJO
000 %		000 %	
SETPOINT ALARMA		SETPOINT ALARMA	

Figura 72 Pantalla de Ajustes

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

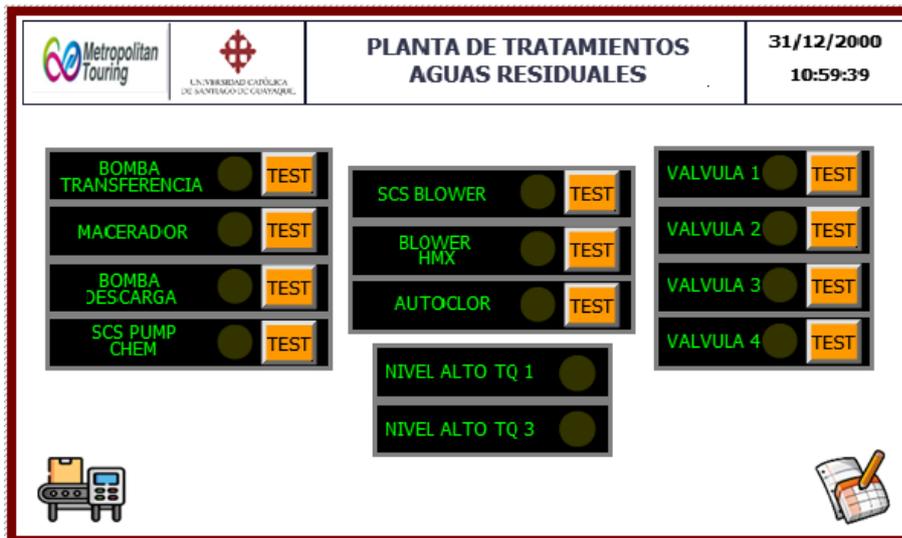


Figura 73 Pantalla de Modo Manual

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

4.4 Simulación del Sistema de Planta de Tratamiento de la embarcación M/N Isabela II

A continuación, se realiza la simulación del sistema desarrollado para el funcionamiento de la planta de tratamiento. Al iniciar el sistema se muestra la pantalla de inicio tal como se puede visualizar en la Figura 4.35.



Figura 74 Simulación – Pantalla de Inicio

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Al pulsar sobre el botón PROCESO direccionará a la pantalla que se muestra en la Figura 4.36, en la cual se puede apreciar la planta de tratamiento con cada uno de sus elementos. En esta pantalla se encuentran

los botones de MARCHA y PARO del sistema y los modos de operación. Se recuerda que para poder habilitar cualquiera de los modos de operación se debe iniciar el sistema con el botón de MARCHA.

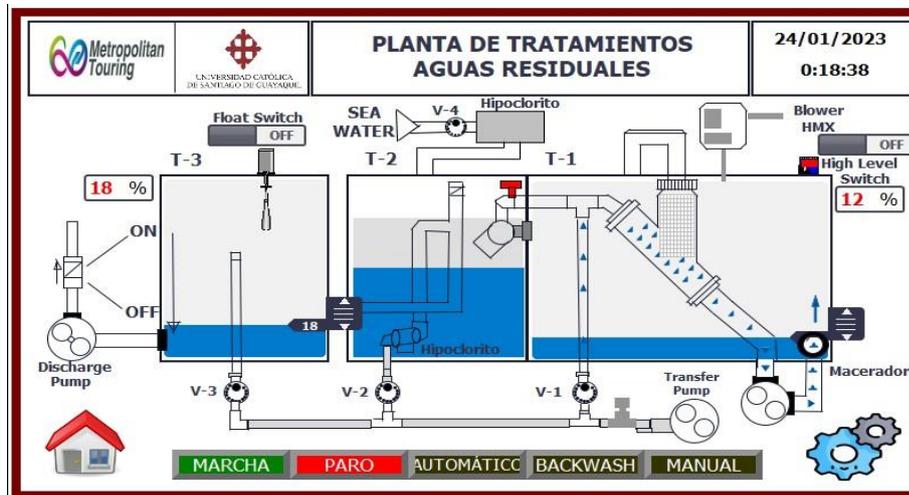


Figura 75 Simulación – Pantalla de Proceso

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

A continuación, se inició el proceso y se seleccionará el modo de operación manual, en la Figura 4.37 se puede observar cómo cambia cuando esta seleccionado este modo de trabajo.

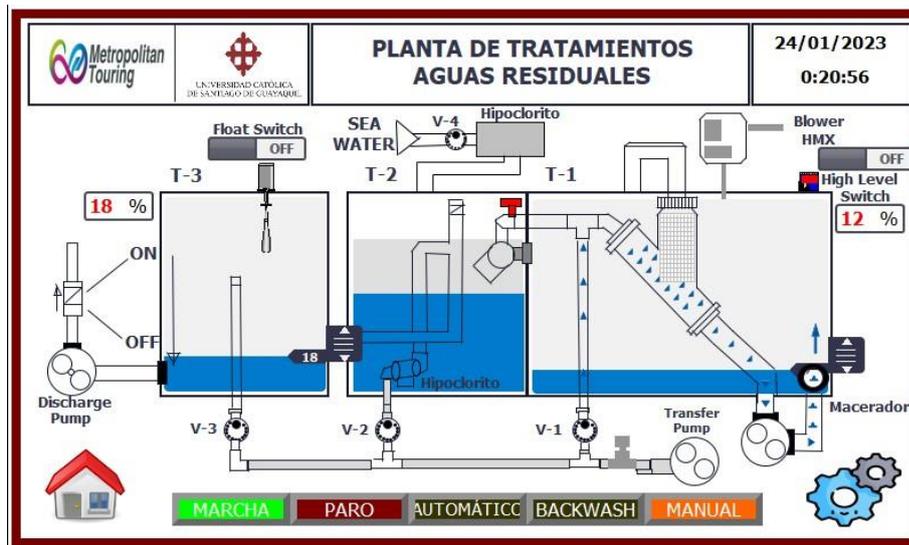


Figura 76 Simulación – Modo Manual Seleccionado

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Una vez se ha seleccionado el modo manual se debe pulsar sobre el icono de configuración que se muestra en la Figura 4.38.



Figura 77 Simulación – Icono de Configuración

Fuente: Autor

Al pulsarlo direccionará a la pantalla donde se encuentran los comandos de activación de modo manual de cada uno de los elementos, en la Figura 4.39 se puede observar esta pantalla, el botón de TEST al mantenerlo pulsado activa el elemento si se libera el botón se apaga. Normalmente esta opción en modo manual se utiliza para actividades de mantenimiento como puede ser validar el estado de un equipo o realizar limpiezas.

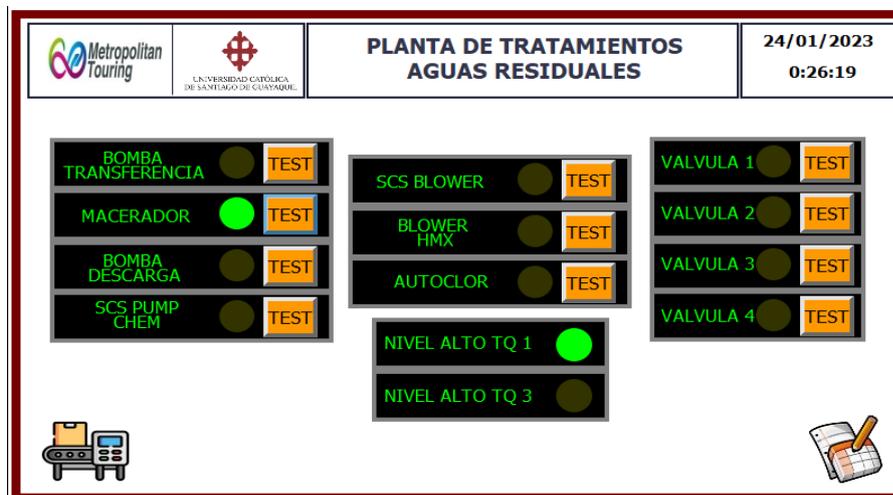


Figura 78 Simulación – Modo Manual

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Para desactivar el modo manual se debe regresar a la pantalla de proceso pulsando el icono de proceso que se muestra en la Figura 4.40.

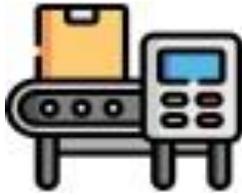


Figura 79 Simulación – Icono de proceso

Fuente: Autor

Una vez se encuentre en la pantalla de proceso se debe pulsar el botón PARO para desactivar le modo de trabajo, tal como se muestra en la Figura 4.41.

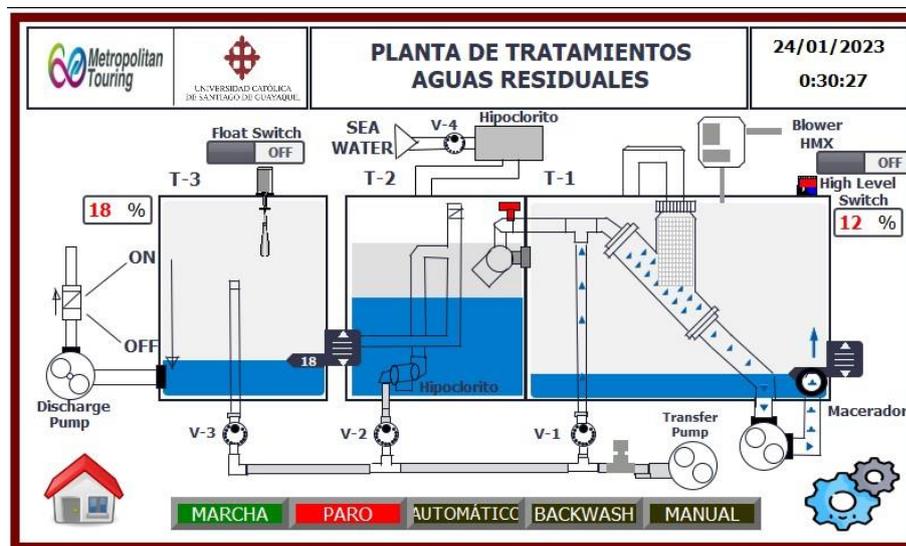


Figura 80 Simulación – Modo Manual desactivado

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Para habilitar el modo automático se recuerda que se deben realizar configuraciones previas para el funcionamiento del proceso. El usuario debe dirigirse a la pantalla de ajustes, para esto debe pulsar sobre el icono de configuración y luego el icono de AJUSTES que se muestra en la Figura 4.42.



Figura 81 Simulación – Icono de ajustes

Fuente: Autor

Inmediatamente el sistema direccionará a la pantalla de ajustes, en la cual el usuario debe ingresar los tiempos de encendido de cada elemento y configurar los *Setpoint* de niveles de los tanques para que posterior a eso se pueda ejecutar la secuencia en modo automático. En la Figura 4.43 se pueden visualizar los tiempos ingresados para el desarrollo de esta simulación.

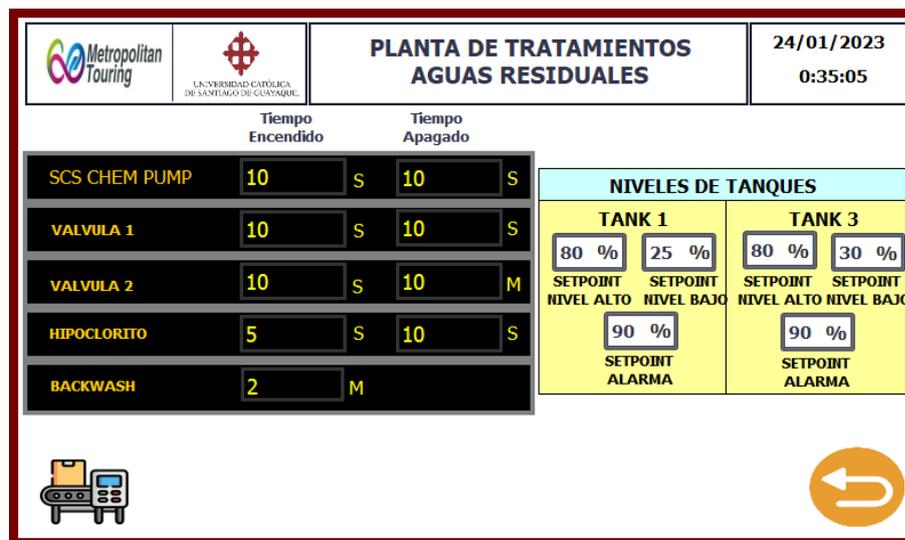


Figura 82 Simulación – Pantalla de ajustes

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Luego que se ingresaron los tiempos de ajustes se puede regresar a la pantalla de proceso pulsando el icono de proceso. Una vez nos encontremos en esta pantalla se debe dar MARCHA al sistema y seleccionar el modo automático. En la Figura 4.44 se puede visualizar el modo automático habilitado.

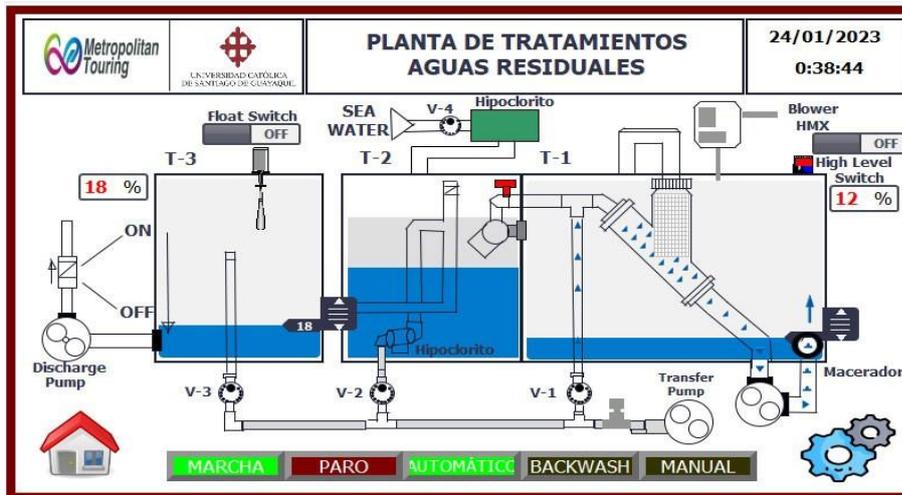


Figura 83 Simulación – Modo automático habilitado

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Quando se habilita el modo automático el sistema independiente de hipoclorito se habilita también para inyectar cada cierto tiempo el compuesto químico, esta frecuencia de inyección ha sido configurada previamente en la pantalla de ajustes. la Válvula V-1 se abre de acuerdo al tiempo configurado y empieza a llenar el Tanque 1 de agua de mar hasta alcanzar el nivel mínimo seteado en la pantalla de ajustes, en nuestro ejemplo de simulación este nivel se encuentra seteado al 25 %. En la Figura 4.45 se visualiza lo descrito.

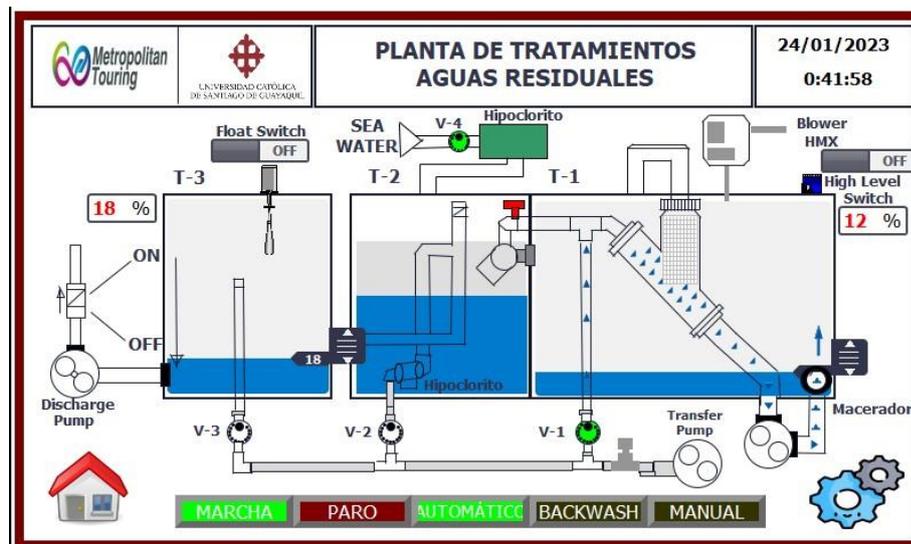


Figura 84 Simulación – Modo automático Iniciado

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Quando el Tanque 1 alcance el nivel mínimo seteado automáticamente se activará la bomba de transferencia tal como se muestra en la Figura 4.46.

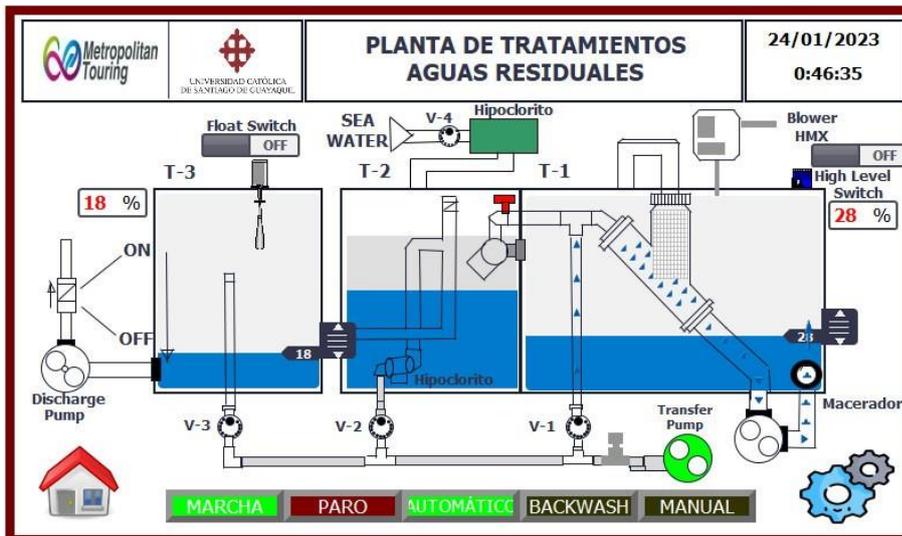


Figura 85 Simulación – Modo automático Bomba de Transferencia activada

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

A medida que incrementa el nivel en el tanque cuando alcance el nivel máximo seteado en ajustes se activará la bomba de recirculación o también conocida como bomba maceradora. En la Figura 4.47 se puede observar el encendido de esta bomba a alcanzar el nivel seteado.

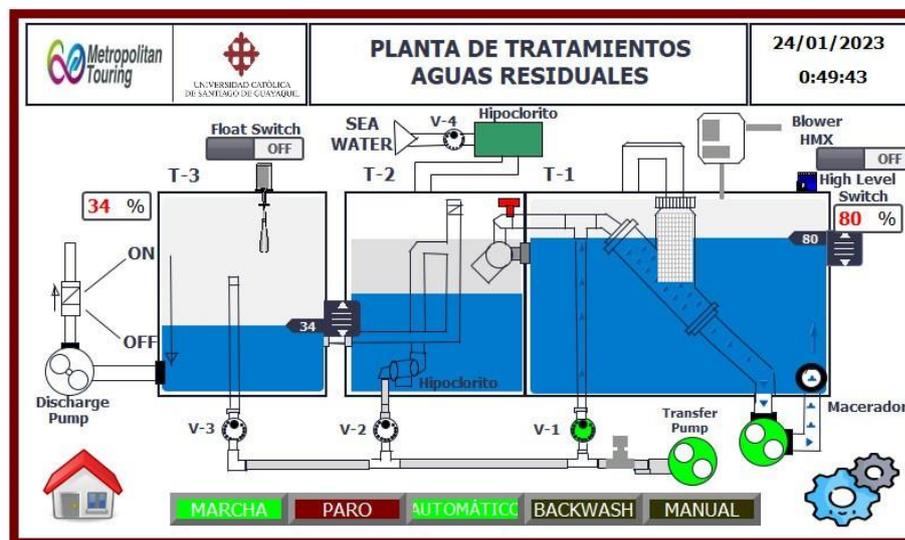


Figura 86 Simulación – Modo automático Bomba Maceradora activada

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

Cuando el Tanque 1 alcance el nivel alto y sea detectado por el sensor puntual se apagará la bomba de transferencia para evitar derrames, la bomba de transferencia se encenderá nuevamente cuando el nivel de producto esté por debajo del nivel bajo configurado. En la Figura 4.48 se observa la secuencia indicada.

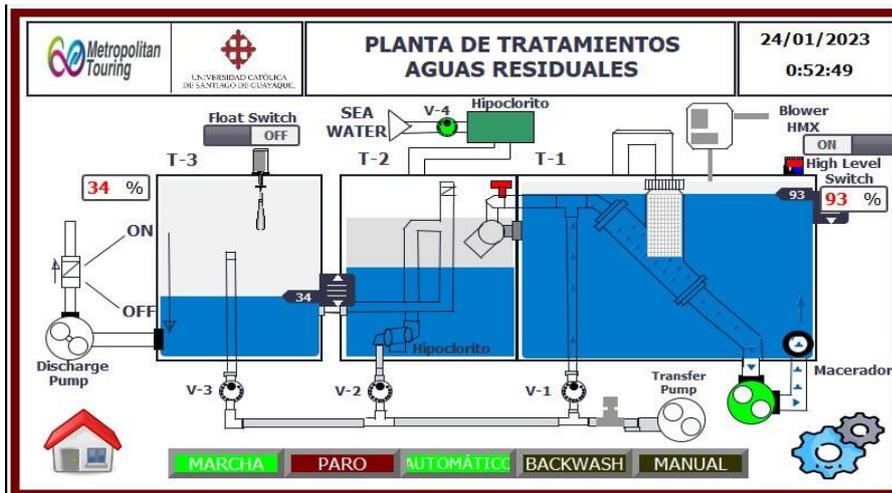


Figura 87 Simulación – Modo automático Detección de Nivel Alto

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

La bomba maceradora se encarga de hacer recircular el producto alojado en el Tanque #1 para evitar que se alojen en el fondo del tanque sedimentos propios del producto, esta función la realiza de manera continua mientras esté encendido el modo automático en la planta. La planta de tratamientos por decantación realiza el llenado de los otros Tanques #2 y #3, en el Tanque #2 se encuentra alojado el producto recirculado por la bomba maceradora, en este tanque se realiza el suministro de agua de mar mediante la activación de la Válvula #2 la cual funcionará dependiendo del tiempo configurado inicialmente, a la par en este mismo tanque se realiza el suministro de hipoclorito de sodio mediante la activación de la válvula 4 la cual se activará mediante el tiempo configurado inicialmente. En la Figura 4.49 se puede visualizar como va avanzando el llenado de los tanques de la planta de tratamiento.

activo durante el tiempo configurado previamente en la pantalla de ajustes. El sistema realizará la misma secuencia del modo automático la única excepción es que no activará la bomba de transferencia, ya que este modo de trabajo es para realizar limpiezas continuas en la planta de tratamiento y evitar acumulaciones de residuos que puedan deteriorar el equipo. En la Figura 4.51 se puede observar el funcionamiento de este modo de trabajo.

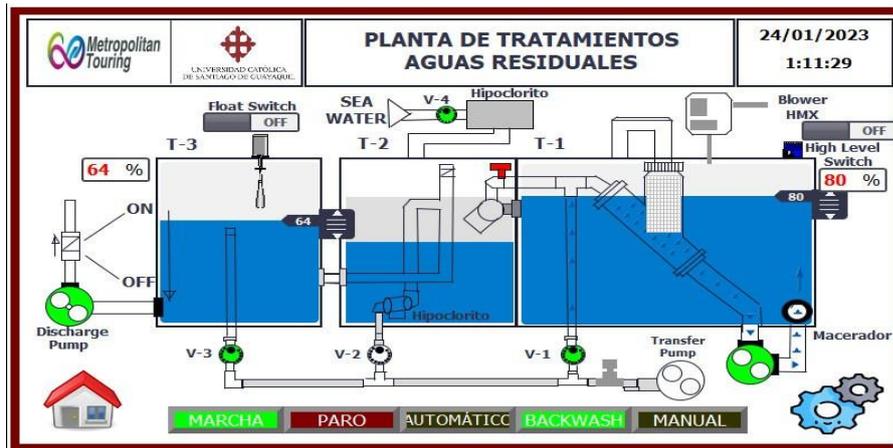


Figura 90 Simulación – Modo Backwash

Fuente: TiaPortal V16 – El Autor

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Durante el trabajo de titulación se pudieron cumplir los objetivos planteados al inicio del desarrollo de este proyecto, con ayuda del personal técnico de la embarcación se realizó satisfactoriamente el levantamiento de los equipos y condiciones actuales de la planta de tratamiento. Identificar todos los elementos que conforman este sistema permitió conocer características técnicas de cada uno de ellos y de esta forma se pudo definir su uso para el nuevo sistema propuesto.

Al definir la cantidad de elementos a utilizarse se pudo cuantificar el número de entradas y salidas que debe tener el sistema, con esta información se pudo dimensionar los equipos de automatización que necesita el sistema para ejecutar la secuencia del funcionamiento de la planta de tratamiento de la embarcación.

Una vez se seleccionó los equipos se pudo desarrollar los diagramas eléctricos de fuerza y control con sus respectivas seguridades que garanticen un correcto funcionamiento del sistema. Estos diagramas eléctricos cuentan con descripción de cada uno de sus componentes para que sirva de guía al momento de implementar este proyecto propuesto.

Se definió la secuencia de operación de la planta de tratamiento en conjunto con el personal técnico de la embarcación, luego se desarrolló el programa tanto para PLC y HMI, este software desarrollado cumple la secuencia de funcionamiento del sistema y con sus respectivas seguridades, al momento de realizar la simulación se evidenció que las pruebas han sido exitosas.

Con la implementación de este sistema en la planta de tratamiento de aguas negras de la embarcación M/N Isabela II se garantiza un sistema funcional y amigable con el medio ambiente que cumpla con las normas de operación permitidas en las Islas Galápagos.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar una inducción al personal técnico-operativo al momento de implementar el sistema de esta forma se podrá socializar el funcionamiento del proceso y así evitar malas operaciones que puedan afectar el trabajo de los equipos.

Realizar mantenimiento al tablero eléctrico mínimo una vez al año de esta forma se podrá reajustar terminales y así evitar falsos contactos que puedan ocasionar eventos durante la operación del sistema.

Incluir en el plan de mantenimiento predictivo de la embarcación a las bombas del sistema para optimizar su funcionamiento y evitar daños imprevistos que puedan ser causas de paras en el proceso.

Revisar continuamente los sensores de niveles de los tanques, estos sensores necesitan una continua limpieza para evitar acumulaciones de residuos que puedan generar una falsa lectura en el sistema.

Bibliografía

- Aiguapres. (2019). Bombas sumergibles. Recuperado el 2022, de <https://www.aiguapres.es/bombas-sumergibles-funcionamiento/#:~:text=La%20bomba%20de%20agua%20sumergible,agua%20hacia%20afuera%20del%20pozo.>
- Aliexpress. (2022). Sensor ultrasónico sin contacto. Recuperado el 2022, de <https://es.aliexpress.com/item/1005001804316444.html>
- All Pumps. (2022). Recuperado el 2022, de <https://allpumps.com.ar/tipos-de-bombas-utilizadas-para-la-transferencia-de-salmuera/>
- Ambiente, M. d. (30 de Abril de 2019). La dirección del Parque Nacional Galápagos. Obtenido de http://www.galapagos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/R_028.pdf
- Anphibius The Water Store. (2020). Bomba dosificadora de cloro. Recuperado el 2022, de <https://anphibius.com/blog/que-es-y-para-que-sirve-la-bomba-dosificadora-de-cloro/#:~:text=Para%20ello%2C%20la%20bomba%20dosificadora,de%20pulcritud%20en%20tu%20piscina.>
- ASHM Aceros y Sistemas Hidraulico . (2016). Recuperado el 2022, de <http://www.ashm.mx/blog/valvulas-de-solenoides-de-dos-vias-operadas-por-piloto/>
- Asifeyekarj. (2021). Recuperado el 2022, de <https://asifeyekarj.com/producto/valvula-solenoides-8210g002-marca-asco-2-vias-de-1-2-npt/>
- Asocie Automatización e Instrumentos. (2020). Recuperado el 2022, de <https://asocieperu.com/cloracion-con-bomba-dosificadora/>
- AVK Válvulas. (2022). Características de válvulas de llenado. Recuperado el 2022, de <https://www.avkvalvulas.com/es-es/buscador-de-productos/v%C3%A1lvulas-de-control/v%C3%A1lvulas-de-llenado-accion-directa/854-00-002>
- Bailón, P. (2015). Estudio y dimensionamiento de la instalación de recogida y tratamiento de aguas negras en un buque. Recuperado el 2022, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/85541/112385_Estudio+y+dimensionamiento+de+la+instalaci%F3n+de+recogida+y+tratamiento+de+aguas+negras+en+un+buque.pdf;jsessionid=3C6E54BE0C5ADB053CB6427C348B580F?sequence=1
- Bermad Global & Subsidiaries. (s.f.). Recuperado el 2022, de <https://www.bermad.com/es/product/solenoides-de-3-vias-2/>
- Carbotecnia. (2022). Recuperado el 2022, de <https://www.carbotecnia.info/producto/bombas-dosificadoras-de-cloro/> Cindrex.

(2019). Bombas centrifugas . Recuperado el 2022, de
 Covnavalve. (s.f.). Recuperado el 2022, de
<https://www.covnavalve.com/es/news/how-does-3-way-ball-valve-works/>

Ecoloxtech. (2022). Recuperado el 2023, de
<https://store.ecoloxtech.com/ecoloxtech-240-electrolyzed-water-hypochlorous-acid-hocl-SS316>

Eddy Pump Corporation . (2022). Ventajas de bombas sumergibles. Recuperado el 2022, de
<https://eddyump.com/es/educacion/lo-que-necesita-saber-sobre-las-bombas-sumergibles/>

ElectroIndustria. (2019). Recuperado el 2022, de
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=3514&ni=como-funciona-una-valvula-solenoide>

Emuse , B. (2022). Recuperado el 2022, de <https://emuse.es/blog/ventajas-y-desventajas-de-una-bomba-sumergible>

Fischer. (2022). Sensor de nivel capacitivo. Recuperado el 2022, de
<https://www.directindustry.es/prod/fischer-mess-und-regeltechnik/product-62055-397863.html>

Fluid Engineering Company. (2022). Recuperado el 2022, de
<https://fluideco.com/que-es-una-bomba-de-ariete-y-como-funciona/>

Franklin Electric. (2022). Recuperado el 2023, de
<https://franklinagua.com/media/66705/lmx02027-flyer-serie-fws-web.pdf>

Gargil. (2021). Bombas sumergibles. Recuperado el 2022, de
<https://gargil.es/que-son-las-bombas-sumergibles-y-sus-caracteristicas-tecnicas/>

Garland. (2020). Ventajas de bombas de agua. Recuperado el 2022, de
<https://blog.garland.es/ventajas-de-las-bombas-de-agua/>

González, J. (2020). Sustitución de una planta de tratamiento de aguas residuales por gravedad por una de vacío en un buque de alta velocidad. Recuperado el 2022, de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/18630/Gonza%CC%81lez%20Gonza%CC%81lez%2C%20Juan%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Grau Mur, R. (s/f). Estudio del dispositivo para el tratamiento de aguas de lastre. Recuperado el 2023, de
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/18035/PFC.%20Estudio%20del%20dispositivo%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20de%20lastre..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Grundfos. (2022). Recuperado el 2022, de

<https://www.grundfos.com/mx/learn/research-and-insights/chlorination>

<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/5157/Adri%C3%A1n%20Sedano%20Sainz.pdf?sequence=1>

<https://rotoplas.com.mx/como-funciona-la-valvula-de-llenado-sin-fin-y-cuales-son-sus-beneficios/#:~:text=La%20v%C3%A1lvula%20funciona%20de%20la,a%20gua%20para%20controlar%20el%20flujo.>

<https://www.cindex.com.mx/bombas/conoces-las-caracteristicas-de-las-bombas-centrifugas/>

<https://www.imo.org/es/OurWork/Environment/Paginas/Sewage-Default.aspx>

IAASE. (2018). Recuperado el 2022, de <https://iaase.com.mx/valvulas-de-control-de-3-vias-vs-valvulas-de-control-de-2-vias/>

IAASE. (s.f.). Recuperado el 2022, de <https://iaase.com.mx/valvulas-de-control-de-3-vias-vs-valvulas-de-control-de-2-vias/>

Internacional, O. M. (27 de Septiembre de 2003). Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL). Obtenido de [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

Iprecom. (2022). Recuperado el 2022, de <https://www.iprecom.com/ventajas-y-desventajas-de-las-bombas-sumergibles/>

Jabsco. (2022). Bombamaceradora. Recuperado el 2022, de <https://docplayer.es/14949876-Modelo-serie-18590-bomba-maceradora-autocebadora-con-proteccion-contra-funcionamiento-en-seco-caracteristicas-bomba.html>

Jinzhao. (2020). Recuperado el 2022, de <http://m.jinzhaocontrol.com/info/advantages-and-disadvantages-of-solenoid-valve-50026325.html>

Llallo Fluid Technology. (2020). Recuperado el 2022, de <https://www.llallo.com/division-naval/tratamiento-de-aguas-residuales-barco/>

Oceana. (Junio de 2004). Contaminación por Cruceros. Obtenido de https://oceana.org/wp-content/uploads/sites/18/cruise_ships_pollution_Jun2004_SPA.pdf

Omega. (2022). Recuperado el 2022, de <https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>

OMI. (2020). OMI Organización Marítima Internacional. Recuperado el 2022, de [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

Organización Marítima Internacional (OMI). (27 de Septiembre de 2003). Prevención de la contaminación por las aguas sucias de los buques. Obtenido de

Rheinmetall. (2022). Recuperado el 2022, de <https://www.ms->

- motorservice.com/es/tecnipedia/post/danos-de-valvulas-y-sus-causas/ Rotoplas.
 (2018). Válvulas de llenado. Recuperado el
 2022, de
- Ruhrpumpen. (2022). Selección de bombas de succión. Recuperado el 2022, de
<https://www.ruhrpumpen.com/es/productos/bombas-en-voladizo/ps> Salazar, S.
 (2021). Funcionamiento de una bomba de agua. Recuperado el 2022, de
<https://sebastiansalazar.com/como-funciona-la-bomba-de-agua/>
- Salgado, G., & Yanez, M. (2008). Scribd. Recuperado el 2022, de
<https://es.scribd.com/document/407165641/sensores-de-nivel-pdf#>
- Sedano, A. (2014). Escuela Técnica Superior de Náutica. Recuperado el 2022, de
- Sensor Mania . (2019). Recuperado el 2022, de <https://es.top-home-tips.com/5621611-float-level-sensor#menu-3>
- Sumio Water Systems . (2014). Recuperado el 2022, de
<https://sumiowater.com/bomba-dosificadora/>
- Tradebe. (2022). Recuperado el 2022, de
<https://www.tradebemarpol.com/es/marpol-iv-prevencion-de-la-contaminacion-por-aguas-residuales-de-buques>
- Venamet. (2019). Recuperado el 2022, de <https://www.venamet.com/producto/v-solenoid-1-glp-asco-k3a462u/>
- Zaragoza Marine. (2021). Bomba maceradora. Recuperado el 2022, de
<https://zaragozamarine.com.mx/18590-2094-bomba-maceradora-jabsco/>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rincones Pozo, Jorge Eddie** con C.C: # 0916034622 autor del Trabajo de Titulación: **Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros**, previo a la obtención del título de **INGENIERO EN ELECTRICIDAD** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de febrero del 2023



Rincones Pozo, Jorge Eddie



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros.		
AUTOR(ES)	Rincones Pozo, Jorge Eddie		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Medina Moreira, Washington Adolfo Ph.D.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Electricidad		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	15 de febrero de 2023	No. DE PÁGINAS:	90
ÁREAS TEMÁTICAS:	Diseño eléctrico, Planta de tratamiento de aguas negras		
PALABRAS CLAVES	Planta, Tratamiento, Agua, Negra, Residual, Contaminación, Diseño, Eléctrico, Control, Simulación		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):	<p>A raíz de la pandemia y el encierro obligatorio que se tuvo mundialmente, muchas personas recapacitaron en cómo están viviendo su vida y como la quieren disfrutar, esto ha hecho que gran parte de estas personas decidan viajar y conocer el mundo, y uno de estos destinos elegidos son las Islas Galápagos por su grandiosa flora y fauna debido a que son los mayores atractivos que poseen las islas y por qué no disfrutar de este recorrido en un crucero. Isabela II es una de tantas embarcaciones que prestan este servicio hace mucho tiempo, pero desde que se permitió el libre tránsito de personas las islas se vieron beneficiadas por muchos turistas y de la misma manera las embarcaciones, las cuales incrementaron su cantidad de viaje por dicha demanda, pero así como el turismo trae beneficios monetarios también se genera cierta cantidad de desechos ya sean orgánicos, inorgánicos, aguas negras, residuales entre otros, que si no se manipulan adecuadamente pueden causar daño tanto a las aguas limpias como a su ecosistema, por ende este proyecto de investigación se enfocó en el "Diseño eléctrico de control, mando y simulación de planta para el tratamiento sustentable de las aguas negras en cruceros" el cual mediante un sistema eléctrico mejorado permite una respuestas rápida y es amigable con el ecosistema, el cual baja el índice de riesgo de contaminación.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +59396725093	E-mail: jorge.rincones@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, M.Sc.		
	Teléfono: +593995147293		
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			