



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

TEMA:

**Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de
Oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la
industria cartonera**

AUTOR:

Páez Pazmiño, Eduardo Luis

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero en eléctrico mecánica

TUTOR:

Ing. Galarza Chacón, Luis Carlos, MGS.

GUAYAQUIL – ECUADOR

5 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Páez Pazmiño, Eduardo Luis**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**

TUTOR

f. _____

Ing. Galarza Chacón, Luis Carlos, MGS

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 5 de marzo del 2020



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Páez Pazmiño, Eduardo Luis

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **“Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera”**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, 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, 5 de marzo del 2020

EL AUTOR

f. _____

Páez Pazmiño, Eduardo Luis



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Eduardo Luis Páez Pazmiño

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 5 de marzo del 2020

EL AUTOR:

f. _____

PÁEZ PAZMIÑO EDUARDO LUIS



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS, M.Sc.

DECANO

f. _____

ING. PHILCO ASQUI, LUIS ORLANDO, M.Sc

COORDINADOR DE TITULACIÓN

f. _____

ING. RICARDO XAVIER ECHEVERRÍA PARRA.

OPONENTE

REPORTE URKUND



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE QUARAQUS
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECANICA
TÍTULO: DISEÑO DE UN AUTOMATISMO ELÉCTRICO DE UN PROCESO DE OXIDACIÓN EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA LA INDUSTRIA CARTONERA
AUTOR: PÁEZ PZMIÑO EDUARDO LUIS
TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO: INGENIERO EN ELÉCTRICO MECANICA TUTOR: ING. LUIS GALARZA
QUARAQUS - ECUADOR 2020
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICO MECANICA
CERTIFICACIÓN Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

TEMA: “Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera”

AUTOR: Eduardo Luis Páez Pazmiño.

Documento: Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO ELECTRICO.MECANICO.

TUTOR: Galarza Chacón, Luis Carlos.

Fecha: 28/01/2020

Conclusión:

Reporte Urkund del trabajo de titulación en Ingeniería Eléctrico-Mecánica titulado: “**Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera.**”, del estudiante. **Páez Pazmiño Eduardo Luis** el análisis de anti plagio indica el 1% de coincidencias.

Atentamente,

**Ing. Orlando Philco A.
DOCENTE-REVISOR**

DEDICATORIA

El presente trabajo está especialmente dedicado a mi madre, padre, hermanos y a mí mismo por darme los ánimos suficientes para no desistir y por ultimo a mi perro Gigio donde quiera que esté y aunque él no lo sepa, aun lo extraño.

AGRADECIMIENTO

Sinceramente a lo largo de mi estadía en la universidad fueron muchas las personas y situaciones que aportaron de una u otra manera a mi desarrollo intelectual y moral, por ello no me queda más que agradecer a la vida y mis padres por dármelela.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Capítulo 1 | 2 |
| 1.1 Introducción..... | 2 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.3 Justificación..... | 3 |
| 1.4 Objetivos..... | 3 |
| 1.4.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.5 Hipótesis..... | 4 |
| 1.6 Metodología de Investigación..... | 4 |
| Capítulo 2 | 6 |
| Marco teórico..... | 6 |
| 2.1 Contaminantes en el medio hídrico..... | 6 |
| 2.2 Las aguas residuales..... | 8 |
| 2.2.1 Definición..... | 8 |
| 2.2.2 Tipos de agua residuales..... | 10 |
| 2.2.3 Tecnologías de tratamiento de aguas residuales..... | 11 |
| 2.3 Procesos avanzados de oxidación..... | 12 |
| 2.3.1 Etapas del proceso de oxidación..... | 12 |
| 2.3.2 Ventajas de la oxidación..... | 13 |
| 2.3.3 Ozono en el proceso de oxidación..... | 13 |
| 2.4 Hardware de Automatización..... | 14 |
| 2.4.1 CPU 1214C AC/DC/RLY..... | 14 |
| 2.4.2 Switch con puertos ethernet..... | 15 |
| 2.4.3 Breaker..... | 16 |
| 2.4.4 Guardamotor..... | 18 |
| 2.4.5 Contactor..... | 18 |
| 2.4.6 Relé..... | 19 |
| 2.4.7 Electroválvula neumática..... | 20 |

| | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.8 | Boya de nivel | 21 |
| 2.4.9 | Sensor de pH..... | 22 |
| 2.4.10 | Presostato | 23 |
| 2.4.11 | PLC S7-1500..... | 23 |
| 2.5 | Usos del PLC | 24 |
| 2.5.1 | Lenguaje de programación..... | 26 |
| 2.5.2 | Sistema operativo del PLC (LADDER)..... | 27 |
| 2.6 | Sistema HMI..... | 28 |
| 2.6.1 | Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC | 28 |
| 2.6.2 | HMI KTP 600 Basic PN del plc s7 1500 de 7 o 12 pulgadas | 29 |
| Capítulo 3 | | 31 |
| 3.1 | Eficiencia energética..... | 31 |
| 3.1.1 | Definición..... | 31 |
| 3.1.2 | Generalidades | 31 |
| 3.2 | Beneficios de mejorar la eficiencia energética en instalaciones de agua y aguas residuales | 32 |
| 3.2.1 | Reducción de la contaminación del aire | 32 |
| 3.2.2 | Crecimiento económico a través de la creación de empleo y el desarrollo del mercado. | 32 |
| 3.2.3 | Reducción de los costos de energía. | 33 |
| 3.3 | Consumo de energía de plantas de tratamiento de aguas residuales | 33 |
| 3.4 | Planta eficiente de tratamiento de aguas residuales | 34 |
| 3.4.1 | Rendimiento del proceso existente | 34 |
| 3.4.2 | Cambios operacionales | 34 |
| 3.4.3 | Convertir las aguas residuales en energía renovable | 35 |
| 3.4.4 | Involucración del personal..... | 35 |
| 3.5 | Automatismo eléctrico | 35 |
| Capítulo 4 | | 38 |
| 4.1 | Marco legal..... | 38 |
| Capítulo 5 | | 41 |
| 5.1 | Especificaciones y condiciones donde realizar la implementación | 41 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2 Descripción del sistema hidráulico de las aguas industriales | 43 |
| 5.3 Zonas de tratamiento..... | 45 |
| 5.3.1 Cribado..... | 45 |
| 5.3.2 Tanque ecualizador o de homogenización..... | 45 |
| 5.3.2 Tanque reactor. - coagulación, floculación y sedimentación | 46 |
| 5.3.3 Proceso de Oxidación..... | 47 |
| 5.3.4 Filtración..... | 48 |
| 5.4 Toma de datos necesarios para medición de caudales y dimensionamiento de los tanques | 49 |
| 5.5 Requerimiento de personal | 51 |
| 5.6 Operación de la planta | 52 |
| Capítulo 6 | 54 |
| 6.1 Desarrollo del automatismo..... | 54 |
| 6.2 Desarrollo de la programación..... | 57 |
| Capítulo 7 | 65 |
| 7.1 Factibilidad económica..... | 65 |
| 7.1.1 Análisis de rentabilidad | 65 |
| Capítulo 8 | 69 |
| 8.1 Conclusiones | 69 |
| 8.2 Recomendaciones | 71 |
| Citas Bibliográficas | 72 |
| Glosario | 75 |
| Anexos | 76 |
| Anexo N°1.- | 76 |
| Anexo N°2.- | 82 |
| Anexo N°3.-..... | 83 |
| Anexo N°4.- | 85 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1: Aguas residuales. | 8 |
| Figura 2.2 Aguas residuales. | 9 |
| Figura 2.3: Aguas residuales. | 10 |
| Figura 2.4: Sistema Liernur para la recolección de las aguas del inodoro | 12 |
| Figura 2.5: HPE OFFICECONNECT 1620-48G de 48 puertos. | 16 |
| Figura 2.6: Breaker Bipolar Riel 63 ^a | 17 |
| Figura 2.7: Guardamotor. | 18 |
| Figura 2.8:.IEC Contactor, MC-18a, 120VAC | 19 |
| Figura 2.9: Relé MY Omron CPI | 20 |
| Figura 2.10: Electroválvula Neumática. | 21 |
| Figura 2.11: Boya interruptora de nivel. | 21 |
| Figura 2.12: Medidor de pH. | 22 |
| Figura 2.13: Presostato | 23 |
| Figura 2.14: PLC S7-1500..... | 24 |
| Figura 2.15: Lenguaje de programación LADDER..... | 27 |
| Figura 2.16: HMI KTP 600 Basic PN | 30 |
| Figura 3.1: Imagen de un PCL S7-1500 | 37 |
| Figura 5.1: Adhesivo a base de almidón para corrugadoras | 41 |
| Figura 5.2 Sistemas aplicadores de tinta flexografica | 42 |
| Figura 5.3: Cartón corrugado..... | 42 |
| Figura 5.4: Diagrama de una planta de tratamiento de aguas residuales. | 44 |

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5.5: Cisternas de almacenamiento de efluentes | 45 |
| Figura 5.6: Tanque de homogenización | 46 |
| Figura 5.7: Tanque de floculación..... | 46 |
| Figura 5.8: Proceso de Oxidación..... | 47 |
| Figura 5.9 proceso de filtrado de solidos | 48 |
| Figura 5.10 proceso de filtrado de solidos | 48 |
| Figura 6.1: Software tia portal..... | 54 |
| Figura 6.2: Software tia portal..... | 54 |
| Figura 6.3: Software tia portal..... | 55 |
| Figura 6.4: Software tia portal..... | 55 |
| Figura 6.5: Software tia portal..... | 56 |
| Figura 6.6: Software tia portal..... | 56 |
| Figura 6.7: Segmento de programación del automatismo | 57 |
| Figura 6.8: Segmento de programación del automatismo | 57 |
| Figura 6.9: Segmento de programación del automatismo | 57 |
| Figura 6.10: Diseño de programación del automatismo | 58 |
| Figura 6.11: Segmento de programación del automatismo | 58 |
| Figura 6.12: Diseño de programación del automatismo | 59 |
| Figura 6.13: Segmento de programación del automatismo | 59 |
| Figura 6.14: Diseño de programación del automatismo | 60 |
| Figura 6.15: Segmento de programación del automatismo | 60 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 6.16: Diseño de programación del automatismo | 61 |
| Figura 6.17: Diseño de programación del automatismo | 61 |
| Figura 6.18: Segmento de programación del automatismo | 62 |
| Figura 6.19: Diseño de programación del automatismo | 62 |
| Figura 6.20: Segmento de programación del automatismo | 63 |
| Figura 6.21: Variables del automatismo | 64 |
| Figura 6.22: Variables del automatismo | 64 |
| Figura 7.1: Ahorro por concepto de mano de obra en \$/mes | 66 |
| Figura 7.2: Balance costo/beneficio proyectado a cinco años | 67 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Tabla 2.1: Clasificación de Agua Residuales</i> | 7 |
| Tabla 2.2: Agua residuales procedentes de las industrias | 8 |
| Tabla 3.1: Características de los automatismos | 36 |
| <i>Tabla 4.1: Limites de descarga al sistema de alcantarillado público</i> | 39 |
| Tabla 5.1: Parámetros de control | 43 |
| Tabla 5.2: Toma de datos de efluentes generados por 6 días de una industria Cartonera en Guayaquil..... | 49 |
| Tabla 7.1: Costos de accesorios para automatización | 65 |
| Tabla 7.2: Beneficios económicos de la inversión | 67 |
| Tabla 7.3: Beneficios económicos de la inversión | 68 |

RESUMEN

En este Proyecto se da a conocer una solución para mejorar un proceso de tratamiento de aguas residuales, el cual consta de varias etapas para su respectivo desarrollo y realización. Una de las mejores soluciones para que un proceso sea eficaz es que trabaje de manera automática en su proceso más crítico, por esta razón se procedió a automatizar parte de su proceso, logrando así agilizar dicho tratamiento de agua residual e incluso reducir los costos de proceso mediante la eficiencia energética que nos da un proceso automático. La problemática presentada abordó que actualmente las empresas cartoneras producen láminas y cajas de cartón corrugado que sirven para el empaque de diversos productos, y como resultado de la producción se generan efluentes no aptos para su descarga al alcantarillado público, el objetivo principal de este estudio fue diseñar un automatismo eléctrico para el proceso de oxidación de una planta de tratamiento de aguas residuales de tinta y almidón, para el cumplimiento del objetivo se llevó a cabo una metodología investigativa y un método de análisis, que permitió tener un enfoque más profundo de sus partes para llegar a conclusiones generales que respondan al estudio propuesto y lograr cumplir así los objetivos establecidos previamente, entre las principales conclusiones se resalta que este diseño se enfocó en el proceso más delicado como es el de oxidación debido a que en este era el punto con más tendencia a sufrir del error humano y de este dependía los principales resultados del tratamiento de estos efluentes los cuales debían entrar al rango permisible de DBO y DQO solicitado por el ministerio de ambiente para toda industria generadora de efluentes.

PALABRAS CLAVES: Automatismo eléctrico, proceso de oxidación, cartón, almidón, tintas, aguas residuales

ABSTRACT

In this Project, a solution to improve a wastewater treatment process is disclosed, which consists of several stages for their respective development and realization. One of the best solutions for an effective process is that you work automatically in your most critical process, for this reason we proceeded to automate part of your process, thus facilitating said wastewater treatment and even reducing process costs through the energy efficiency that gives us an automatic process. The problem presented addressed that currently the cardboard corrugated companies produce sheets and corrugated cardboard boxes that are used for the packaging of various products, and as a result of the production effluents are generated that are not suitable for discharge to the public sewer system, the main objective of this study was To design an electric automatism for the oxidation process of an ink and starch wastewater treatment plant, for the fulfillment of the objective an investigative methodology and an analysis method were carried out, which allowed a deeper focus on its parts To reach general conclusions that respond to the proposed study and thus achieve the previously established objectives, among the main conclusions it is highlighted that this design focused on the most delicate process such as oxidation because this was the point with more tendency to suffer from human error and on this depended the main The results of the treatment of these effluents which should enter the permissible range of BOD and COD requested by the Ministry of Environment for any effluent generating industry.

KEY WORDS: Electric automation, oxidation process, cardboard, starch, inks, wastewater.

Capítulo 1

1.1 Introducción

La industria Cartonera ha ido mejorando con el pasar de los años, desde la primera caja de cartón creada en China en el año 200 a.C. para la transportación de materiales, hasta la actualidad donde existen una gran variedad de formas y diseños, según su utilidad. Esta industria se encuentra en constante crecimiento, aunque la tendencia mundial sea de reducción de material, su uso es indispensable.

Como parte de este desarrollo y como toda industria en la actualidad están encaminados a la automatización de sus procesos, los cuales hoy en día es una opción factible dependiendo del tipo de proceso a realizarse.

Las aguas residuales industriales son diferentes de las aguas residuales domésticas, y el significado es muy extenso. Debido a la gran variedad de industrias y a que los medios de cada industria se componen de una variedad de procesos, la naturaleza resultante de las aguas residuales es completamente diferente y la composición también es muy compleja.

El estado otorga gran importancia al tratamiento de aguas residuales industriales clave y la intensidad del control de la contaminación del agua continúa aumentando y la inversión aumenta año tras año. Para las aguas residuales industriales, es importante seleccionar el programa de tratamiento de aguas residuales apropiado para minimizar la carga de contaminación del agua.

En este Proyecto se da a conocer una solución para optimizar un proceso de tratamiento de aguas residuales mediante la automatización del mismo, el cual consta de varias etapas para su respectivo desarrollo y realización. Por cada etapa se harán los respectivos análisis para poder realizar las mejoras al mencionado proceso.

Lo que se quiere lograr con este proyecto es obtener las mejores soluciones para que un proceso funcione de manera automática, logrando así agilizar el

mismo y que esta inversión a su vez resulte factible de implementar en una planta de tratamiento de aguas residuales para cualquier industria cartonera.

1.2 Planteamiento del problema

Optimizar el manejo operacional del proceso de oxidación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria cartonera mediante la automatización de la misma.

1.3 Justificación

La necesidad de optimizar el manejo operacional de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales bajo un sistema de control automatizado en uno de sus subprocesos como es el de oxidación. La alta exigencia en la producción de la industria que actualmente produce cartón corrugado en base a material reciclado e importado para su posterior impresión y armado de cajas ha dado lugar a la alta generación de efluentes, los cuales son nocivos para el medio ambiente, y por ellos estos deben ser procesados a través de un tratamiento el cual lleva un protocolo establecido bajo una supervisión constante.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un automatismo eléctrico para el proceso de oxidación de una planta de tratamiento de aguas residuales de la planta cartonera.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el actual proceso de oxidación de la planta de tratamiento de aguas residuales en la empresa cartonera.
- Analizar la factibilidad del diseño automático, y el cumplimiento del proceso de oxidación.
- Disminuir supervisión de operadores en el proceso de tratamiento de aguas residuales.
- Determinar la rentabilidad y ahorro que se obtiene al implementar la automatización al proceso.

1.5 Hipótesis

Con el diseño de un automatismo eléctrico para el proceso de oxidación de una planta de tratamiento de aguas residuales de una planta cartonera se optimizará el manejo operacional de la misma.

Variable Independiente:

Automatización del proceso de Oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales

Variable Dependiente:

Proceso de Oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales.

1.6 Metodología de Investigación.

Para este trabajo de titulación, la metodología que se utilizó para abarcar los diferentes puntos de investigación, son los mencionados a continuación:

Investigación de campo: se refiere a la investigación aplicada para entender cualquier tipo de situación que se presente en campo, en el contexto que más convenga para la investigación. (Rodríguez & Cabrera, 2013, p. 1)

Investigación analítica: se refiere la comparación y contraste de este trabajo con otros y analizar de forma extensiva las diferentes variables que se presenten. (Cairampoma, 2015, p. 7)

Investigación documental: el cual consiste en la selección de diferentes tipos de trabajos para hacer una lectura amplia y crítica, de datos científicos y propuestas de diferentes áreas. (Gómez, 2010, p. 226)

Investigación descriptiva: que consiste en la observación y descripción del comportamiento de las cosas (Díaz, 2016, p. 112); la cual ayudara a buscar y especificar las características y propiedades del tema sometido a un análisis.

Investigación explicativa: la cual consiste tanto en describir el problema, como entender y encontrar sus causas (Campos, 2017, p. 77); esto ayudará a responder las causas expuestas y que complemente el desarrollo del presente trabajo de titulación.

El desarrollo del proyecto tendrá una metodología investigativa y un método de análisis, ambas permitirán una vez obtenida la información realizar un análisis profundo de sus partes para llegar a conclusiones generales que respondan al estudio propuesto y lograr cumplir los objetivos establecidos previamente. Además de las técnicas, procedimientos y herramientas que se utilicen en el proceso de investigación para la realización del mismo y así obtener, a través de un proceso sistemático, organizado y objetivo, una respuesta efectiva a partir del análisis propuesto para este proyecto.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Contaminantes en el medio hídrico

Todo cuerpo de agua puede considerarse como afectado por diversos prototipos de contaminantes, proporcionando lugar a unas circunstancias de sobra conocida, llamada contaminación del agua o contaminación hídrica. Ésta se transforma en un factor peligroso para la flora, la fauna y los seres vivos que habitan en el planeta ya que el agua puede estar compuesta de sustancias tóxicas, bacterias y microorganismos que ocasionan.

La contaminación hídrica se origina cuando los contaminantes se dispersan directa o indirectamente en los cuerpos de agua. La ficción del líquido puede ser indiscutible cuando hay impureza en la superficie, cuando su color es más oscuro de lo normal y cuando tiene un olor desagradable. (Caponera, 2014, pág. 16)

Las aguas aledañas al filo costero reciben las descargas las aguas residuales de empresas procesadoras y viviendas sin ningún tipo de tratamiento, lo que constituye un atentado al medio marino que es contaminado además por la descarga de combustibles de la flota pesquera. La actividad pesquera artesanal también contribuye a la contaminación de las aguas oceánicas, ya que los pescadores realizan una serie de actividades en la playa como la reparación de sus embarcaciones, así como el eviscerado del producto de la pesca blanca y camarón.

En ocasiones es dificultoso distinguir la contaminación hídrica. Por ende, los científicos tienen que valerse de varias técnicas para evidenciar la calidad del agua y medir el nivel de contaminantes. Es significativo recordar que no toda agua clara es limpia.

La contaminación atmosférica, coexisten dos fuentes básicas de contaminación hídrica: naturales y antropogénicas. Las primeras contaminan con una periodicidad menor, pero pueden tener marcas igual de substanciales como las acciones del hombre así como el petróleo y el gas natural son viables

variados contaminantes que se destilan en los océanos y los lagos mediante fuentes subterráneas naturales (Cappa, Wanda, Britos, & Trelles, 2012, pág. 16).

La proliferación de algas y las catástrofes naturales además ayudan a contaminar el agua con partículas extrañas. Las actividades humanas, por su parte, perturban el agua a mayor escala. Las industrias (fábricas, refinerías, plantas de procedimiento de residuos, etc.) y procedimientos agrícolas suelen verter sus aguas cargadas de nocivos químicos peligrosos. Las fuentes de contaminación más significativos son: Aguas residuales procedentes de las industrias pesqueras. En ellas se incluyen:

Tabla 2.1: Clasificación de Agua Residuales

| | |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aguas negras: | También conocidas como aguas fecales o sanitarias. Es una composición de las producidas por los excusados y los originarios de usos domésticos. |
| Aguas pluviales: | Esta agua arrastra nocivos presentes en la atmósfera, polvo, iones, etc. Esto es más trascendental en zonas industriales y grandes aglomeraciones urbanas. |
| Aguas de limpieza pública: | Habitualmente en pequeño volumen. Su calidad de contaminación depende de las circunstancias locales. |
| Aguas procedentes de usos domésticos | Se suelen ser conocidas como aguas grises, y se delimitan como las aguas originarias de los usos domésticos antes de fusionarse con las aguas fecales. |
| Aguas residuales procedentes de las industrias | Son muy difíciles de especificar debido a su variabilidad de composición y características. |

Fuente: (Climate, Biodiversity, Land and Water Department, AQUASTAT 2017)

La mayoría de los países desarrollados tienen regulaciones vigentes acerca del tema y han condicionado al sector agrícola e industrial los dispersados químicos nocivos en ríos, lagos, mares y lagunas, y han situado plantas de purificación, así como “techos verdes” que filtran los contaminantes de manera natural.

Tabla 2.2: Agua residuales procedentes de las industrias

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Residuos sólidos | Originarios de tierra o de los buques que se esparcen directamente al mar. |
| Petróleo procedente de: | plataformas de operación y extracción, operaciones de limpieza y deslastre de tanques y accidentes marítimos |
| Aguas residuales | Procesos industriales es una de las primordiales fuentes que perjudican el ecosistema. |

Fuente: (Climate, Biodiversity, Land and Water Department, AQUASTAT 2017)

2.2 Las aguas residuales

2.2.1 Definición

Son aquellas aguas de abastecimiento cuya calidad se ha deteriorado por diferentes usos. Se puede definir como la combinación de agua y residuos provenientes de la vivienda, industria, comercio y la agricultura (Pacheco, 2019, pág. 7).



Figura 2.1: Aguas residuales.

Fuente: (Sanitation Districts Of Los Angeles County, 2017)

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado (Morillo, 2019, pág. 11).

Su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias,

oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual

En simples palabras se puede definir a las aguas residuales como aquella agua que se ha desperdiciado con el paso de los días sin algún tipo de protección o simplemente como aquel líquido que dejó de ser bueno para la salud por sustancias químicas que han penetrado dentro de las mismas existen varios tipos de aguas residuales según su origen pueden ser industriales y también domésticas.



Figura 2.2 Aguas residuales.

Fuente: (Sanitation Districts Of Los Angeles County, 2017)

El agua residual está conformada de componentes físicos, químicos y biológicos, es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos (Bifani, 2014, pág. 21).

Las aguas residuales domesticas son aquellas utilizadas con fines higiénicos consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares. Las Aguas Residuales Industriales son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación

o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

El agua residual es desagradable en su apariencia y en extremo peligrosa, en su contenido, principalmente debido al elevado número de organismos patógenos causantes de enfermedades, el residuo fresco tiene tonalidad grisácea, mientras que en el residuo séptico el color cambia gradualmente de gris a negro, el color negro caracteriza también el residuo de descomposición parcial, las aguas residuales pueden, sin embargo, presentar cualquier otro color, en los casos de contribución de residuos industriales como por ejemplo, los de la industria textil o de tintas (Aguilar, 2002, pág. 8).



Figura 2.3: Aguas residuales.

Fuente: (Center For Sustainable Systems, 2017)

2.2.2 Tipos de agua residuales

Se puede clasificar a las aguas residuales es en base al contenido de contaminantes que esta contiene, así se conocen como:

- **Aguas negras:** Son aquellas aguas residuales provenientes de inodoros, que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.
- **Aguas grises:** Son las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, que aportan sólidos suspendidos, fosfatos, grasas y coliformes fecales, descartando la de los inodoros.
- **Aguas negras industriales:** Son aquellas mezclas de las aguas negras de una industria en combinación con las aguas residuales. Los contaminantes

provenientes están en función del proceso industrial, y tienen la mayoría de ellos efectos nocivos a la salud.

2.2.3 Tecnologías de tratamiento de aguas residuales

El desarrollo del saneamiento es el avance médico más importante desde hace 166 años. Esto confirma el papel absolutamente importante de contar con los servicios de saneamiento adecuados para lograr mantener una buena salud pública en las ciudades.

En países industrializados las aguas residuales son transportadas de forma segura lejos de lugares habitados. Sin embargo, hay en vías de desarrollo donde no se realiza de forma adecuada el tratamiento de las aguas residuales estando muy lejos en comparación con el servicio de abastecimiento de agua. La necesidad de un adecuado saneamiento fue establecida en los objetivos del desarrollo del milenio de las Naciones Unidas; En el cual el número 7 trata de reducir a la mitad la población que vive en el adecuado saneamiento. A pesar del impulso generado por las Naciones Unidas para remediar esta situación es un proceso lento y aún está lejos de cumplirse. (Henz, 2017, pág. 23)

En la década de los 80 y 90 la población se empezó a dar cuenta que las aguas residuales podían traer complicaciones en su salud por lo que desde esa época se empezó a idear como eliminar y a la vez aprovechar las aguas residuales por lo que en 1900 Liernur propuso un plan para coleccionar separadamente las aguas del inodoro, las aguas grises y las aguas pluviales. El agua de inodoro se coleccionaba a través de un alcantarillado que funcionaba al vacío; este sistema fue llamado Liernur y fue usado en distintos pueblos de Europa.

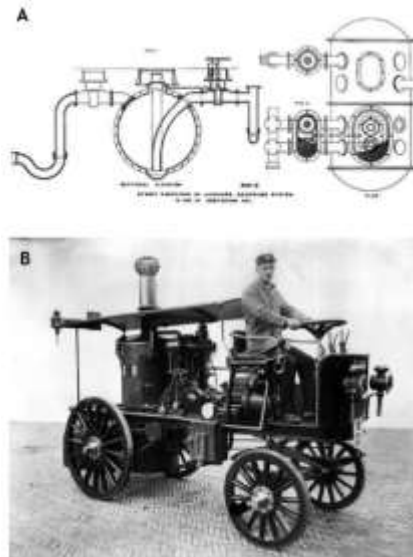


Figura 2.4: Sistema Liernur para la recolección de las aguas del inodoro

Fuente: (Henz, 2017)

En estados unidos y Reino unido se empezaron a aplicar los llamados filtros biológicos para limpiar el agua. Eran sistemas con biopelículas sobre rocas provenientes del lecho de ríos. Este método fue descubierto en reino unido a raíz de experimentos llevados a cabo para el tratamiento de agua en un reactor de llenado y vaciado que produjo un efluente altamente tratado siendo llamado este método como “lodos activados” y usado ampliamente en dichos países debido a la importante inversión que se había realizado en los biofiltros. (Henz, 2017, pág. 24)

2.3 Procesos avanzados de oxidación

2.3.1 Etapas del proceso de oxidación

El POA es una tecnología que espera implementar con el tiempo en el tratamiento de aguas residuales de las industrias esperando que sea un método sustentable en el tratamiento de aguas contaminadas de industrias manufactureras.

Este tratamiento indica la formación de radicales hidroxilos las cuales van a ser reactivos ya que este se encuentra con un elevado potencial de oxidación. Debido a esto que los procesos de Oxidación Avanzada se han convertido en procesos efectivos en la oxidación de compuestos orgánicos.

Entre los PAO más utilizados se tiene:

- **Peróxido de hidrogeno:** También conocido como agua oxigenada tiene características de un líquido polar, es empleado actualmente en las industrias de la lavandería en actividades de desinfección, tratamientos y otros.
- **Fotocatálisis:** En este proceso la luz ultravioleta genera en la extensión del catalizador una banda de valencia y una banda de conducción. Para que esto llegue a ser más eficaz el tiempo de vida del par formado entre ion positivo (+) y un electrón (-). Debería ser lo suficiente para iniciar el proceso de oxidación de la molécula orgánica.
- **Cloro activo:** Sustancia química de solución acuosa y reacción alcalina que es empleada para la utilización de las limpiezas y desinfección general. (Tolentino, 2017, pág. 13)

2.3.2 Ventajas de la oxidación

Algunas de las principales ventajas de las AOP con métodos tradicionales son los siguientes:

- Transforma y elimina químicamente el agente contaminante hasta que llega al punto de mineralizarse.
- Es un método seguro el cual no genera subproductos que requieran procesos adicionales.
- Son muy útiles en el caso de contaminante refractarios los cuales resisten principalmente al tratamiento biológico.
- Operan en rangos donde los sistemas convencionales no son factibles.
- Aumenta la biodegradabilidad.

2.3.3 Ozono en el proceso de oxidación

La aplicación más importante y extendida del ozono es la purificación del agua de consumo. El ozono tiene sobre los demás oxidantes y desinfectantes la gran ventaja de no producir sustancias secundarias nocivas al proceso de oxidación.

En la medicina se está experimentando con el ozono para usar a modo de terapia para tratar algunas enfermedades.

Entre las aplicaciones de ozono más importantes se tiene:

- Pruebas de oxidación en materiales y equipos eléctricos.
- Tratamiento de aguas residuales
- Esterilización de equipos
- Tratamiento de aire
- Desodorizarían en general
- Tratamientos médicos y estéticos

2.4 Hardware de Automatización

2.4.1 CPU 1214C AC/DC/RLY

Este es un modelo específico de la familia S7-500, Este cuenta con un CPU 1214C y una configuración AC/DC/RLY. Lo que significa que tiene una alimentación AC, lo cual se debe conectar a 220V, su salida es DC y da un total de 24V, está controlada por relés los cuales se activan y desactivan dependiendo de las entradas o salidas.

Entre sus características se tiene:

- Dimensiones: 110 x 100 x 75
- 2 entradas analógicas con un rango de 0 a 10V y una resolución de 10 bits.
- 14 entradas y 10 salidas digitales.
- Dispone de tres áreas de memoria:
- Memoria de carga: Es el área de almacenamiento no volátil para el programa, los datos y la configuración, posee un tamaño de 2MB.
- Memoria retentiva: Área de almacenamiento no volátil que guarda los datos almacenados en ella al quitar la tensión de alimentación al pasar de RUN a STOP. Tiene un tamaño de 2KB.
- Memoria de trabajo: Área de almacenamiento volátil que guarda algunos elementos del proyecto utilizado en la CPU mientras se ejecuta el programa. Tiene un tamaño de 50KB
- Permite usar una tarjeta de memoria externa.

- Ciclo de trabajo de 100ms.
- Módulos externos para aumentar las funcionalidades del PLC.
- Puede comunicarse a través de PROFIBUS, PROFINET y MODBUS entre otros.
- Servidor Web (Gimenez, 2019, pág. 22)

2.4.2 Switch con puertos ethernet

Es un dispositivo que sirve para conectar varios elementos dentro de una misma red. Estos pueden ser Pc, impresoras, televisores, consolas o cualquier aparato que posea una tarjeta Ethernet o wifi. Los switches se utilizan tanto en casa como en oficinas y empresas donde se tiene un switch por planta permitiendo una interconexión entre todos los distintos equipos.

Funcionamiento: Cuando un equipo emite un mensaje el switch se encarga de retransmitirlo solo por la salida en la que se encuentra su objetivo. Para realizar esto el switch utiliza la dirección física de la tarjeta de red (MAC). Cuando se conectan varios switch estos se encargan de entenderse entre sí para saber dónde enviar los datos. Es un dispositivo pensado para facilitar la comunicación entre los distintos equipos que forman una red, en este caso, local. (Sanchez, 2019, pág. 25)

Entre sus principales características se tiene lo siguiente:

- Wifi: Esto nos permite conectar de manera inalámbrica en la red permitiendo así que no solo se limite a las conexiones físicas si no también incluyendo dispositivos como celulares, smartwatches, Cámaras inalámbricas, entre otros.
- VLAN: Este nos permite segmentar una red para que los equipos no se puedan ver entre sí. Este es más utilizado para separar los equipos de cómputo con los equipos de telefonía IP.
- PoE: Permite alimentar el equipo usando el propio cable de red. Mayormente usado para los teléfonos IP.
- STP: Permite conectar varios switch pero impidiendo que un paquete viaje por todos los switches, solamente por los necesarios para llegar al destinatario. Las versiones más modernas son: Protocolo RSTP y SPT.

- Detección de intrusos y firewall: son los encargados de proteger a la red de intrusos. Incluso pueden analizar los correos detectando alguna actividad sospechosa.



Figura 2.5: HPE OFFICECONNECT 1620-48G de 48 puertos.

Fuente: (Sánchez, 2019, pág. 25)

2.4.3 Breaker

El Breaker está diseñado para proteger un circuito eléctrico del daño causado, por ejemplo, por una sobrecarga, una falla a tierra o un cortocircuito. Si se produce una falla, como una sobretensión en el cableado eléctrico, el interruptor se disparará, esto hará que el interruptor que estaba en una posición “encendida” se voltee a una posición “apagada” e interrumpa el flujo de energía eléctrica a través del interruptor. Los interruptores automáticos generalmente se proporcionan para proteger el cableado eléctrico al limitar la cantidad de corriente transmitida a través de los cables a un nivel que no los dañe. Estos también pueden evitar la destrucción de los dispositivos que pueden consumir demasiada corriente. (Sanchez, 2019, pág. 33)

Un interruptor automático estándar tiene un primer terminal conectado a una fuente de energía eléctrica y un segundo terminal conectado eléctricamente a los cables que el interruptor está destinado a proteger. Convencionalmente, estos terminales se denominan “línea” y “carga”, Respectivamente. La línea a veces se denomina entrada del interruptor automático. La carga a veces se conoce como la salida del interruptor de circuito, que se conecta al circuito eléctrico y a los componentes que reciben la energía eléctrica.



Figura 2.6: Breaker Bipolar Riel 63^a

Fuente: (Sanchez, 2019, pág. 33)

Se puede usar un interruptor automático como reemplazo de un fusible. Sin embargo, a diferencia de un fusible, que normalmente funciona para abrirse en una situación de sobre corriente y luego debe reemplazarse; un Breaker se puede “reiniciar” (ya sea manual o automáticamente) para reanudar la operación. Los fusibles cumplen una función similar a los interruptores automáticos, sin embargo, los interruptores automáticos son más fáciles de usar y, por lo general, más seguros de mantener y operar.

A diferencia de la situación en la que se funde un fusible, cuando se dispara un disyuntor, es relativamente fácil determinar que disyuntor alimenta el circuito interrumpido mirando el panel eléctrico y observando que disyuntor tiene una manija en la posición “disparada”. Este interruptor se puede mover simplemente a la posición de “apagado”) que restablece el interruptor de circuito=, y luego se puede mover a la posición de “encendido” y la energía se reanudara.

En general, un interruptor de circuito unipolar tiene al menos dos contactos posicionados dentro de una carcasa. El primer contacto es estacionario y puede conectarse a la línea o a la carga. El según o contacto es móvil con respecto al primer contacto, de modo que cuando el disyuntor está en la posición “apagado” o “disparado”, existe un espacio entre el primer y el segundo contacto. (Fasano, 2017, pág. 34)

2.4.4 Guardamotor

El Guardamotor sirve para proteger a los motores cuando la corriente supera sus valores normales. Este se dispara evitando que las bobinas del motor se quemen por el exceso de corriente eléctrica. Este se encarga de desconectar el motor cuando la intensidad de la corriente que está consumiendo supera un porcentaje a la corriente nominal que corresponde a la potencia del motor, lo cual indica un mal funcionamiento del motor y es mejor desconectarlo para evitar que termine de calentar demasiado y se pueda quemar. Este elemento es clasificado como un elemento de protección.



Figura 2.7: Guardamotor.

Fuente: (Fasano, 2017, pág. 34)

Estos dispositivos protegen contra sobrecarga al motor, y contra cortocircuito y sobrecarga a la línea de alimentación y al motor, tienen que estar conectados al principio de la línea de alimentación del motor (Fasano, 2017, pág. 34)

2.4.5 Contactor

Un contactor incluye un mecanismo de contacto principal que incluye un par de contactos fijos principales y un contacto móvil principal que puede conectarse y separarse del par de contactos fijos principales, un mecanismo de contacto auxiliar que funciona junto con el contacto móvil principal y una unidad de electroimán que acciona el contacto móvil principal del mecanismo de contacto principal.



**Figura 2.8.:IEC Contactor, MC-18a, 120VAC
Fuente: (Takaya, 2017, pág. 32)**

Este tiene una estructura en la que los cables conductores de la unidad de electroimán y el mecanismo de contacto auxiliar que se encuentran dentro de una carcasa del dispositivo salen de una parte de la carcasa del dispositivo hacia el exterior.

Para conectar el contactor electromagnético a otro componente eléctrico dispuesto en una ruta de corriente, es necesario colocar un bloque de terminales y componentes de conexión como una férula en los cables conductores y conectas los componentes de conexión a los cables conductores del otro componente eléctrico. Por esta razón, existe el problema de que el dispositivo de contacto requiere una gran cantidad de es fuerza y tiempo para el trabajo de conexión de conectar otro componente eléctrico. (Takaya, 2017, pág. 32)

2.4.6 Relé

Los relés sirven para activar un circuito que tiene un consumo considerable de electricidad mediante un circuito de pequeña potencia –de 12 o 24 voltios- que imanta la bobina.

Entro los tipos de relé se tiene:

- Relés electromecánicos que tiene variantes según el mecanismo de activación, puede ser de tipo armadura, de núcleo móvil, red, o de lengüeta, relés polarizados o tripolares.

- Relés de estado sólido, que son utilizados en situaciones donde hay un uso continuo de los contactos del relé y se precisa una mayor velocidad en la conmutación.
- Relés de corriente alterna.
- Relé temporizador o de acción retardada. Con estos relés se consigue que la conexión o la desconexión se haga pasado un tiempo determinado.
- Relé térmico. Se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas. Tienen unas láminas metálicas en su interior que se deforma más o menos según el calor. Si llegan a un punto de deformación determinado porque ha aumentado el calor del motor, abren el circuito y no dejan pasar la corriente.
- Relé Arduino. Con una placa de Arduino se puede controlar un relé. Solo se tiene que conectar al relé a uno de los pines de 5 voltios que tiene esta placa. Programando la placa se puede obtener resultados interesantes para controlar encendidos de iluminación de motores.

Se puede definir el relé como un interruptor eléctrico que permite el paso de la corriente eléctrica cuando está cerrado e interrumpirla cuando está abierto y solo es accionado electrónicamente, no de forma manual (Parra, 2019, pág. 15).



Figura 2.9: Relé MY Omron CPI

Fuente: (Parra, 2019, pág. 15).

2.4.7 Electroválvula neumática

Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería, La válvula está

controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal. No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula (Rendón, 2018, pág. 38).



Figura 2.10: Electroválvula Neumática.

Fuente: (Rendón, 2018, pág. 38).

2.4.8 Boya de nivel

La Boya de nivel es un cuerpo flotante que lleva un lastre y un cable de salida directa desde su cuerpo. Son generalmente polipropileno y cable de PVC. Tiene un micro interruptor conmutado de 3 hilos, alojado herméticamente en su interior. Este trabaja normalmente suspendido en un depósito, se debe colocar un flotador para nivel alto, otro para nivel bajo, independientemente de la altura entre ambos (Sanzano, 2019, pág. 41).



Figura 2.11: Boya interruptora de nivel.

Fuente: (Sanzano, 2019, pág. 41).

La Boya de nivel no necesita supervisión después de su instalación. Su ángulo de trabajo se ajusta a la altura del contacto. Es económico tanto por su costo

como por sus gastos de instalación. Es un producto de larga duración para trabajar en miles de maniobras.

2.4.9 Sensor de pH

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



Figura 2.12: Medidor de pH.

Fuente: (Barrales, 2018, pág. 27).

El valor dado por el medidor de pH expresa el grado de acidez de un ácido o de una base en términos de la actividad de los iones de hidrogeno. El valor del pH de determinada sustancia está directamente relacionado a la proporción de las concentraciones de los iones de hidrogeno H^+ e hidroxilo OH^- . Si la concentración de H^+ es mayor que la de OH^- , el material es ácido; el valor del pH es menor que 7. Si la concentración de OH^- es mayor que la de H^+ , el material es básico, con un pH con valor mayor que 7. Si las cantidades de H^+ y de OH^- son las mismas, el material es neutral y su pH es 7. Ácidos y bases tienen iones de hidrogeno y de hidroxilo libres. La relación entre los iones de hidrogeno y de hidroxilo en determinada solución es constante para un dado conjunto de condiciones y cada uno puede ser determinado desde que se conozca el valor del otro (Barrales, 2018, pág. 27).

2.4.10 Presostato

También conocido como interruptor de presión, es un aparato que abre o cierra un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido.



Figura 2.13: Presostato

Fuente: (Luvino, 2018, pág. 13).

Este implemento es necesario para proteger al sistema de sobrepresiones que puedan ocasionar daños. Consta de dos tornillos que permiten ajustar la presión de encendido (presión mínima) y la presión de apagado (presión máxima). La señal del presostato es enviada a una entrada digital del PLC para que este realice la acción de control pertinente cuando el presostato actué (Luvino, 2018, pág. 13).

2.4.11 PLC S7-1500

Este sistema de automatización ofrece la flexibilidad y el rendimiento para tener un elevado ancho de banda de las aplicaciones de control en la construcción de instalaciones y maquinas. La estructura escalable permite adaptar el control a las condiciones locales. Además de dichas funciones tecnológicas y el control de movimiento existentes de forma estándar, este también ofrece características adicionales, como las funcionalidades avanzadas de sincronismo y de perfil de leva. Este sistema cumple el grado de protección IP20 y está previsto para la instalación en un armario eléctrico en un entorno seco.

La CPU SIMATIC S7-1500R/H permite aumentar la disponibilidad de la instalación. El programa de usuario se puede ejecutar de manera síncrona en dos CPU para que, en caso necesario, se pueda cambiar de la CPU primaria a la CPU de reserva (Calán, 2019, pág. 39).



Figura 2.14: PLC S7-1500

Fuente: (Calán, 2019, pág. 39).

2.5 Usos del PLC

Un Controlador Lógico Programable (PLC) es, de manera básica, una computadora la cual se utiliza en la ingeniería de automatización para las industrias, es decir, para controlar la maquinaria de una fábrica o de situaciones mecánicas. Este se trata de un dispositivo electrónico programable el cual puede adaptarse a las necesidades de una compañía o fabrica, pero sobre todo en las líneas de producción. Existen varios proveedores que ayudan a programar cada uno de estos dispositivos, con el fin de una correcta funcionabilidad la cual esta personalizada para el uso de la empresa. También es conocido como un cerebro electrónico encargado de accionar a otros componentes de maquinaria para realizar acciones que pueden representar un peligro para los seres humanos, o tareas que son muy lentas de forma manual. Actualmente se usa en las industrias, aunque ya se están evidenciando su aplicación para usos domésticos y comerciales (Ponce, 2018, pág. 22).

Algunos ejemplos para los que se aplican estos controladores en la industria moderna, son:

Maquinaria

- Máquinas de proceso de gravas, cemento y arenas.
- Máquinas industriales para la madera y los muebles.
- Maquinaria industrial del plástico.
- Herramientas complejas.
- Máquinas de ensamble.

Instalaciones

- Instalaciones de seguridad.
- Instalaciones de calefacción y aire acondicionado
- Instalaciones de plantas para el embotellado.
- Instalaciones de transporte y almacenaje.
- Instalaciones para tratamientos térmicos.
- Instalaciones industriales azucareras.

Industria automotriz

- Aplicaciones en cadenas de montaje para soldaduras, cabinas de pintura, ensamblaje, etc.
- Uso en máquinas de herramientas como fresadoras, taladradoras, tronos, etc.

Fabricación de neumáticos.

- Control de maquinaria para la extrusión de gomas y el armado de cubiertas.
- Control de sistemas de refrigeración, calderas y prensas de vulcanizado.

Plantas químicas

- Oleoductos, refinados, baños electrolíticos, tratamientos de aguas residuales y fecales, etc.

- Control de procesos como el pesaje, la dosificación, la mezcla, etc.

2.5.1 Lenguaje de programación

Es un lenguaje formal o artificial (con reglas gramaticales bien definidas) la cual proporciona al programador la capacidad de programar una serie de instrucciones o secuencias de ordenes en forma de algoritmos con el fin de controlar el comportamiento físico y/o lógico de una computadora de manera que se puedan obtener diversas clases de datos. Todo este conjunto de ordenes escritas mediante un lenguaje de programación se le denomina programa. Por ende, programar viene a ser el proceso para la creación de un software fiable mediante la escritura, prueba, depuración, compilación o interpretación, y mantenimiento del código fuente de dicho programa informático (Astudillo, 2016, pág. 46).

Este proceso se puede definir aplicando de manera lógica los siguientes pasos:

- Desarrollo lógico del programa para resolver un problema en particular
- Escritura de la lógica del programa empleando un lenguaje de programación específico.
- Compilación o interpretación del programa hasta convertirlo en lenguaje de máquina.
- Prueba y depuración del programa
- Desarrollo de la documentación.

Los lenguajes de programación para los PLC surgieron junto a la aparición del primer PLC en 1968, es debido a esto que no se emplea lenguajes de programación de alto nivel, en su lugar se utilizan lenguajes más simples y fáciles de entender como los que se ven a continuación:

- Diagrama de funciones secuenciales (SFC): este es un lenguaje de bloques de funciones secuenciales.
- Diagrama de bloques de funciones (FBD): es un lenguaje de diagramas de bloques secuenciales.

- Diagramas de tipo escalera (LAD): Lenguaje de diagramas de relés (se denomina de tipo escalera)
- Texto Estructurado (ST): lenguaje de alto nivel tipo texto estructurado (similar a C y, sobre todo a Pascal).
- Lista de instrucciones (IL o STL): Lenguaje de tipo ensamblador con uso de acumuladores.

2.5.2 Sistema operativo del PLC (LADDER)

Los PLC poseen un sistema operativo ya preinstalado el cual permite la ejecución de un programa desarrollado por medio de un editor de circuitos eléctricos. Este entorno de desarrollo es llamado LADDER. Este sistema operativo permite editar los circuitos con contactos, bobinas, relés, contadores, timers y secuenciadores en un PC.

El circuito editado será traducido a un lenguaje de bajo nivel que pueda ser interpretado por el PLC. El programa compilado deberá ser cargado al PLC por medio de una interconexión de los puestos serie entre el PLC y el PC. Cuando el programa haya sido bajado al PLC, este lo ejecutara indefinidamente, comportándose análogamente al circuito diseñado en el PC.

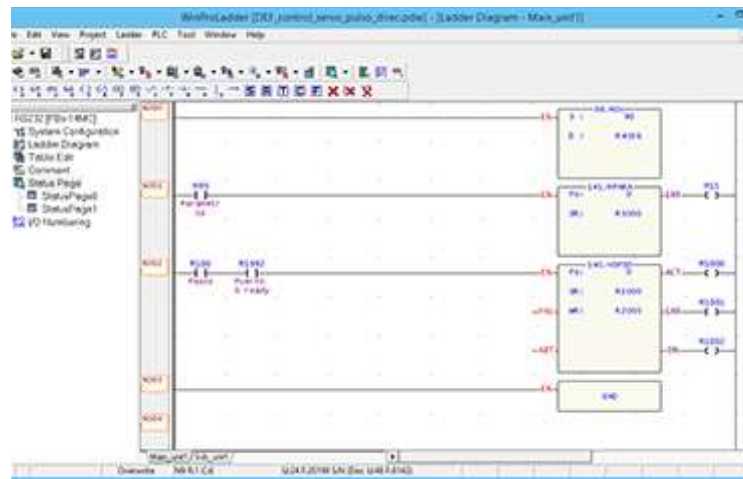


Figura 2.15: Lenguaje de programación LADDER

Fuente: (Verma, 2017, pág. 38)

Si el PLC no tuviese este sistema operativo que interprete ladder, sería muy complicado la programación del sistema con un lenguaje de alto nivel de

programación lineal. Gracias al sistema operativo todos los eventos y ecuaciones lógicas son evaluados de forma simultánea sin requerir ningún esfuerzo por parte del programador, comportándose como un circuito eléctrico real (Verma, 2017, pág. 38).

2.6 Sistema HMI

Este se trata de una interfaz Humano-Maquina (Human-Machine Interface.). Es decir, es la interfaz entre el proceso y los operarios de una fábrica, una línea de producción, una empresa o cualquier sistema donde sea necesario la operación por parte de un humano. Este es un panel de instrumentos que el operario puede manipular para controlar un proceso. Esta es la principal herramienta utilizada por los operativos y supervisores de la línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. Este también traduce variables de un proceso complejo en información útil y procesable.

La función principal de los HMI es de mostrar en tiempo real, proporcionar gráficos visuales y dirigibles los cuales aportan significado y contexto sobre el estado del motor, válvula, niveles y demás parámetros de un determinado proceso. Es decir, suministra información operativa al proceso el cual permite controlar y optimizar los objetos de productos y del proceso en sí. De esta forma, se puede tomar en consideración que un HMI puede ir desde un interruptor hasta un complejo sistema de control y monitoreo de una línea de producción industrial. (Moscatel, 2016, pág. 29)

2.6.1 Comunicación entre dispositivos HMI y el PLC

Un HMI es utilizado por un operador humano para la interacción con la máquina. Esta tarea no implica tiempos críticos. La mayoría de los HMI que monitorean procesos se actualizan en segundos o cientos de milisegundos y los paquetes de datos usados son típicamente grandes, por ende, el protocolo TCP es adecuado y suficiente. Los tiempos de actualización son compatibles con el operador del HMI, el usuario no percibirá una diferencia entre actualizaciones de un segundo o 500 ms en el HMI. En este también hay una gran cantidad de datos que se intercambian, por lo que el uso de TCP/IP

también tiene sentido al contar con la capacidad de poder enviar y recibir miles de bytes.

En algunos casos, puede ser necesario contar con algún control en tiempo real en un HMI y mayor precisión para ciertas aplicaciones. Por ejemplo, en el caso de un HMI que ayuda a controlar el proceso con pulsadores, paradas de emergencia, e-STOP o para emitir ciertos comandos en tiempo crítico, para este caso se requiere de un control en tiempo real y un protocolo como PROFINET.

Este protocolo puede llevar información en tiempo real desde dispositivos IO al HMI. La mayoría de veces, los mensajes de PROFINET son pequeños. Estos mensajes típicamente intercambian valores de bits y bytes con los dispositivos IO para activar o desactivar algo. En caso de que se quiera que el HMI cree una comunicación con PROFINET, actuara como un dispositivo de IO y este enviara entradas a la aplicación corriendo en el control (PLC/PAC/DCS) en tiempo real, así como recibirá el estado de las salidas del controlador. (Mosquera, 2018, pág. 35)

2.6.2 HMI KTP 600 Basic PN del plc s7 1500 de 7 o 12 pulgadas

Es un touch panel perteneciente a la familia HMI, es una pantalla táctil que se emplea como interfaz humano-maquina; brindando un monitoreo eficiente y confiable.

La figura 2.16: muestra la estructura del panel KTP600 Basic; se pueden observar las siguientes partes:

1. Conexión para la fuente de alimentación
2. Interfaz PROFINET.
3. Escotaduras para una mordaza de fijación.
4. Pantalla táctil.
5. Junta de montaje.
6. Teclas de función.
7. Placa de características.

8. Nombre del puerto.
9. Guía para una tira rotulable.
10. Conexión de tierra funcional.

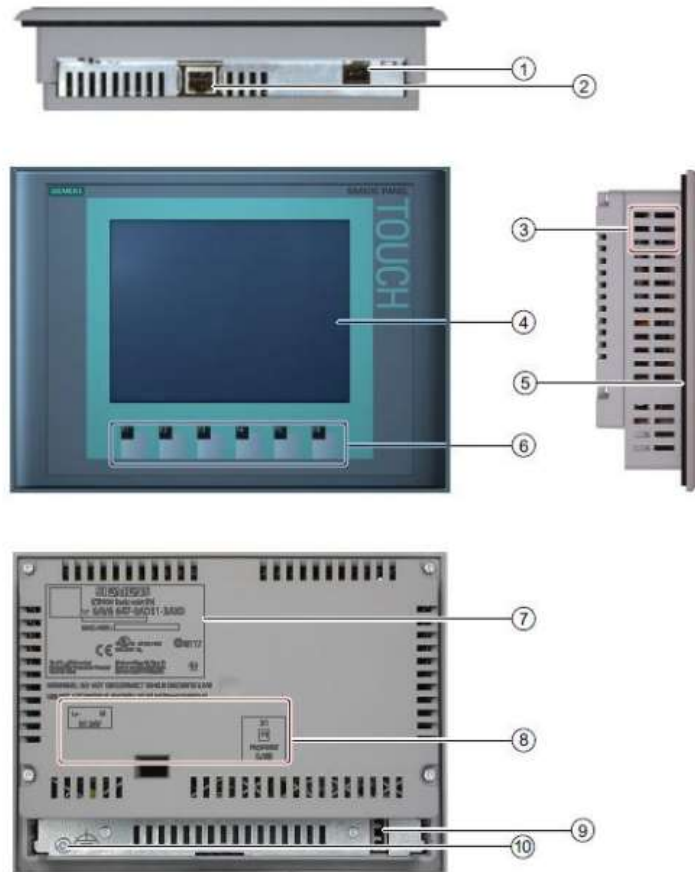


Figura 2.16: HMI KTP 600 Basic PN

Fuente: (Castilo & Chimbo, 2018)

CAPÍTULO 3

3.1 Eficiencia energética

3.1.1 Definición

Eficiencia energética, significa usar menos energía para proporcionar el mismo nivel de energía. Por lo tanto, es un método para reducir las emisiones humanas de gases de efecto invernadero.

Por ejemplo, si una casa está aislada, se utiliza menos energía en calefacción y refrigeración para lograr una temperatura satisfactoria. Otro ejemplo es instalar luces fluorescentes o tragaluces, en lugar de luces incandescentes, para lograr el mismo nivel de iluminación.

3.1.2 Generalidades

El uso eficiente de la energía se logra principalmente mediante una tecnología o proceso más eficiente. Los edificios energéticamente eficientes, los procesos industriales y el transporte podrían reducir las necesidades energéticas mundiales en 2050 en un tercio y ayudar a controlar las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Hacer que los hogares, los vehículos y las empresas sean más eficientes energéticamente se considera una solución en gran medida sin explotar para abordar el calentamiento global, la seguridad energética y el agotamiento de los combustibles fósiles. La crisis del petróleo de 1973, donde los precios del petróleo eran muy altos, centró la atención en la eficiencia energética.

Por ejemplo, el estado de California comenzó a implementar leyes de eficiencia energética a mediados de la década de 1970, incluyendo códigos de construcción y estándares de electrodomésticos con estrictos requisitos de eficiencia. Durante los años siguientes, el consumo de energía de California se ha mantenido constante. (Díaz, 2016)

La eficiencia energética simplemente significa usar menos energía para realizar la misma tarea, es decir, eliminar el desperdicio de energía. La eficiencia energética brinda una variedad de beneficios: reducir las emisiones

de gases de efecto invernadero, reducir la demanda de importaciones de energía y reducir nuestros costos a nivel doméstico y económico.

Si bien las tecnologías de energía renovable también ayudan a lograr estos objetivos, mejorar la eficiencia energética es la forma más barata, y a menudo la más inmediata, de reducir el uso de combustibles fósiles. Existen enormes oportunidades para mejorar la eficiencia en todos los sectores de la economía, ya sea edificios, transporte, industria o generación de energía.

3.2 Beneficios de mejorar la eficiencia energética en instalaciones de agua y aguas residuales

Mejorar la eficiencia energética en las instalaciones de agua y aguas residuales puede producir una variedad de beneficios ambientales, económicos y de otro tipo, que incluyen: (Campos, 2017)

3.2.1 Reducción de la contaminación del aire y las emisiones de GEI.

Mejorar la eficiencia energética en las instalaciones de agua y aguas residuales puede ayudar a reducir las emisiones de GEI y los contaminantes atmosféricos de criterio al disminuir el consumo de energía basada en combustibles fósiles. La combustión de combustibles fósiles para la generación de electricidad representa aproximadamente el 40% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), un GEI principal del país. También representa el 67% y el 23% de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y óxido de nitrógeno (NO_x) del país, respectivamente. Estos contaminantes pueden provocar smog, lluvia ácida y partículas en el aire que pueden causar problemas respiratorios para muchas personas.

3.2.2 Crecimiento económico a través de la creación de empleo y el desarrollo del mercado.

Invertir en eficiencia energética puede estimular la economía local y estimular el desarrollo de mercados de servicios de eficiencia energética. El sector de servicios de eficiencia energética representó aproximadamente 230,000 empleos en 2018, y el número de empleos creció en un 3% anual. (Figuerola, 2019)

La mayoría de estos trabajos son realizados localmente por trabajadores de compañías locales relativamente pequeñas porque generalmente involucran la instalación o el mantenimiento de equipos. Además, las instalaciones que reducen sus costos de energía a través de actualizaciones de eficiencia pueden gastar esos ahorros en otros lugares, a menudo contribuyendo a la economía local. (Ojea, 2019)

3.2.3 Reducción de los costos de energía.

Los gobiernos locales pueden lograr importantes ahorros de costos al aumentar la eficiencia de las bombas y el equipo de aireación en una planta de tratamiento de agua o aguas residuales. Una reducción del 10% en el uso de energía de los sistemas de agua potable y aguas residuales de EE. UU. Colectivamente ahorraría aproximadamente \$ 400 millones y 5 mil millones de kWh anualmente

Las instalaciones también pueden usar otros enfoques para reducir los costos de energía, como alejar el uso de energía de los tiempos pico de demanda a momentos en que la electricidad es más barata o (para plantas de aguas residuales) utilizando sistemas de cogeneración para generar su propia electricidad y calor a partir del biogás.

3.3 Consumo de energía de plantas de tratamiento de aguas residuales

El consumo de energía específico de las plantas de tratamiento de aguas residuales de última generación debe estar entre 20 y 45 kWh / (PE • a) [PE = Equivalente de población o unidad de carga per cápita]. La cifra más baja aplica para plantas grandes que sirven > 100,000 PE, mientras que la cifra más alta aplica para alrededor de 10,000 PE. Cuanto más pequeña es una planta, mayor es su consumo de energía específico. Las cifras se refieren al consumo de energía y no tienen en cuenta la generación de energía en el sitio.

El consumo de energía depende no solo del tamaño de una planta, sino también de su diseño. Las cifras anteriores se aplican a plantas con eliminación de N y P y digestión anaerobia de lodos. Las plantas sin eliminación de nutrientes consumen menos energía; Las plantas sin digestores anaerobios consumen más. (Muñoz & Parra, 2011)

Por supuesto, los esfuerzos para ahorrar energía no deben poner en peligro la calidad del tratamiento de aguas residuales y lodos, pero la eficiencia energética mejorada generalmente coincide con un tratamiento y operación más efectivos.

3.4 Planta eficiente de tratamiento de aguas residuales

Lograr una planta de tratamiento de aguas residuales con mayor eficiencia energética nunca ha sido tan importante.

Los problemas relacionados con el consumo de energía son cada vez más importantes en el contexto de mayores costos de energía y producción, emisiones y un clima cambiante. La energía para la aireación comprende una porción significativa (60% promedio) de los costos operativos de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Según las Naciones Unidas, a nivel mundial se estima que la implementación de medidas de eficiencia energética representaría más del 65% del ahorro de emisiones relacionadas con la energía hasta 2030.

La industria del agua es uno de los mayores usuarios industriales de energía con un estimado del 2% de consumo total de electricidad global utilizado para la aireación de aguas residuales. Por lo tanto, es beneficioso para el medio ambiente y la economía de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que los operadores encuentren eficiencias en el uso de energía.

3.4.1 Rendimiento del proceso existente

Evalúe el consumo de energía y la eficiencia a través de una encuesta in situ para identificar las necesidades operativas, el mantenimiento y el equipo deficiente. Utilice la información de consumo de energía para comprender los patrones de uso y evaluar cómo se pueden lograr eficiencias energéticas. Implementar recomendaciones de auditoría a través de cambios operativos.

3.4.2 Cambios operacionales

Las instalaciones deben evaluar regularmente la condición, el rendimiento y la vida útil restante del equipo de proceso. El envejecimiento del equipo es

más ineficiente, puede ser costoso de reparar y, por lo general, requiere más energía que los modelos más nuevos. Dado que el proceso que consume la mayor cantidad de energía en una planta de tratamiento de aguas residuales es el paso de aireación, este debería ser un punto de partida para la eficiencia. OxyMem, una solución completa de tratamiento secundario, reduciría los costos de energía en un mínimo de cuatro veces y reduciría la producción de lodo en un 50%.

3.4.3 Convertir las aguas residuales en energía renovable

La conversión de aguas residuales en energía renovable con la ayuda de digestores anaeróbicos puede ayudar a aumentar la eficiencia energética. Un digestor anaeróbico produce metano que luego puede utilizarse en un sistema para suministrar energía a las instalaciones a costos significativamente más bajos. Los recortes generales en los costos de energía pueden permitir que la instalación sea más autosuficiente.

3.4.4 Involucración del personal

Educar a los operadores de sistemas de tratamiento en la relación entre la eficiencia energética y las operaciones de las instalaciones es clave para cumplir los objetivos energéticos y encontrar nuevas oportunidades para la eficiencia. Involucrar a los operadores en el proceso solicitando resultados de entrada en medidas de eficiencia sugeridas y aceptadas.

3.5 Automatismo eléctrico

Un automatismo eléctrico es un sistema constituido por diferentes dispositivos y elementos que al recibir una serie de informaciones procedentes del exterior es capaz de generar las órdenes necesarias para que, los receptores por el controlador realicen la función para la que fue diseñado. La naturaleza de los dispositivos y elementos que constituyen un automatismo es muy variada. Los primeros automatismos eran exclusivamente mecánicos; según fue evolucionando la técnica aparecieron los automatismos eléctricos y electrónicos, pero poseyendo también elementos mecánicos neumáticos e hidráulicos. (Ponce, 2018)

El sistema el cual permite que una maquina realice una función de forma automática, realiza ciclos completos de operaciones que pueden repetir, con el objeto de liberar física y mentalmente al hombre de la ejecución del proceso.

Tipos de automatismos:

- Según su naturaleza:
 - Mecánicos: ruedas dentadas, poleas, levas, cremalleras, poleas.
 - Neumáticos: cilindros, válvulas.
 - Hidráulicos: cilindros, válvulas.
 - Eléctricos: contactores.
 - Electrónicos: procesadores.
- Según el sistema de control:
 - Lazo abierto: La salida no influye en la entrada.
 - Lazo cerrado: La salida repercute en la entrada.
 - Según el tipo de información.
 - Analógicos (Regulación automática).
 - Digitales: Cableado (automatismo). Programado (Automatización).

Tabla 3.1: Características de los automatismos

| Criterio | Eléctrico | Neumático | Hidráulico |
|--------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| Coste | Bajo coste energético | Alto coste energético | Alto coste energético |
| Manejo | Por personal técnico | Personal no cualificado | Personal técnico por las altas presiones |
| Sobrecargas | No admite sobrecarga | Admite sobrecargas | Admite sobrecarga |

Fuente: (Ponce, 2018)

PLC S7-1500

Los controladores lógicos programables (PLC) son importantes porque estos dispositivos son responsables de controlar los procesos críticos en el

campo; toda nuestra forma de vida depende de ellos. Aunque no siempre es evidente, estos dispositivos se encuentran en muchas industrias diferentes, incluidos lugares en los que ni siquiera se piensa encontrarlos. Los PLC han existido durante más de tres décadas, uno de los primeros fue diseñado para ayudar a la industria de fabricación de automóviles en la década de 1980.

Hoy se usan en casi todos los procesos críticos que tu mente puede imaginar, y se consideran esenciales para la automatización de campo. Por ejemplo: puede encontrar un PLC modular en cualquier fábrica, dentro de una fuente de alimentación, en un sitio de perforación de petróleo y gas, o incluso dentro de una sala de control cerca de una estación de trenes. Los ingenieros confían en estos dispositivos para automatizar varios procesos que requieren lógica de escalera y varios diseños de entrada y salida diferentes. Son diseñados para un tiempo de actividad, resistencia y rendimiento máximos

Entre las características generales del PLC S7-1500 se tiene lo siguiente:

- Alta capacidad de procesamiento, cálculo de 64 bits
- Interfaz ethernet/ Profinet Integrado.
- Entradas Analógicas integradas.
- Bloqueos de función para control de ejes conforme a PLCOPEN.
- Programación mediante la herramienta de software TIA PORTAL BASIC.

Aquí se observa un ejemplo de un PLC S7-1500 (Figura 3.1)



Figura 3.1: Imagen de un PCL S7-1500

Fuente: (Castilo & Chimbo, 2018)

Capítulo 4

4.1 Marco legal

Constitución de la República del Ecuador. Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kausay*.

Ley Orgánica de Salud N° 67, publicada en el Suplemento del Registro Oficial N° 423, de 22 de diciembre de 2006.

Ley de Aguas. RO N° 69 de 30 de mayo de 1972. Capítulo I, Art. 20, 21, 22 y 83.

Codificación a la Ley de Aguas. Ley N° 2004-016, Registro Oficial N° 339, 20 de mayo de 2004.

Ley de Gestión Ambiental publicado en el Registro Oficial N° 245 de 30 de Julio de 1999.

Título I. Ámbito y Principios de la Ley

Art. 1. La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia.

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental promulgada por decreto N° 374 y publicado en el Registro Oficial N° 974 de 31 de Mayo de 1972. Esta Ley tiene los siguientes Reglamentos relativos a la contaminación de los recursos agua, aire y suelo:

Tabla 4.1: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público.

| Parámetros | Expresado como | Unidad | Límite máximo permisible |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|
| Aceites y grasas | Sustancias solubles en hexano | mg/l | 100 |
| Arsénico total | As | mg/l | 0,1 |
| Bario | Ba | mg/l | 5,0 |
| Cadmio | Cd | mg/l | 0,02 |
| Carbonatos | CO ₃ | mg/l | 0,1 |
| Cloro activo | Cl | mg/l | 0,5 |
| Cromo Hexavalente | Cr ⁺⁶ | mg/l | 0,5 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (5 días) | D.B.O ₅ . | mg/l | 250 |
| Demanda química de oxígeno | D.Q.O. | mg/l | 500 |
| Fosforo total | P | mg/l | 15 |
| Hierro total | Fe | mg/l | 25,0 |
| Hidrocarburos Totales de petróleo | TPH | mg/l | 20 |
| Manganeso total | Mn | mg/l | 10,0 |
| Materia flotante | Visible | | Ausencia |
| Mercurio (total) | Hg | mg/l | 0,1 |
| Nitrógeno total | N | mg/l | 40 |
| Plata | Ag | mg/l | 0,5 |
| Plomo | Pb | mg/l | 0,5 |
| Potencial de hidrogeno | pH | mg/l | 5-9 |
| Solidos sedimentables | | ml/l | 20 |
| Solidos suspendidos totales | | mg/l | 220 |
| Solidos totales | | mg/l | 1600 |
| Selenio | Se | mg/l | 0,5 |
| Sulfatos | SO ₄ ⁼ | mg/l | 400 |
| Sulfuros | S | mg/l | 1,0 |
| Tetracloruro de carbono | Tetracloruro de carbono | mg/l | 1,0 |
| Sulfuro de carbono | Sulfuro de carbono | mg/l | 1,0 |
| Vanadio | V | mg/l | 5,0 |
| Zinc | Zn | mg/l | 10 |

Fuente: anexo 1 del libro vi, del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

Título III. Instrumentos de Gestión Ambiental. Capítulo II de la Evaluación de Impacto Ambiental y del control Ambiental:

Art. 19.- Las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme al Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio.

Art. 20.- Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

Art. 21.- Los sistemas de Manejo Ambiental incluirán estudios de línea base: evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos; planes de manejo: planes de manejo de riesgo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos. El Ministerio del ramo podrá otorgar o negar la licencia correspondiente.

Art. 22.- Los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento a solicitud del Ministerio del Ramo o de las personas afectadas. La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental la autoridad ambiental practicada por consultores previamente calificados por el Ministerio del Ramo a fin de establecer los correctivos que deban realizar.

Art. 24. En obras de inversión pública o privada, las obligaciones que se desprendan del sistema de manejo ambiental, constituirán elementos del correspondiente contrato. La evaluación del impacto ambiental, conforme al reglamento especial será formulada y aprobada, previamente a la expedición de la autorización administrativa emitida por el Ministerio del ramo.

Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización.
Publicado en el RO N° 303 del 10 de octubre del 2010.

Capítulo 5

5.1 Especificaciones y condiciones donde realizar la implementación

El presente estudio está enfocado para su desarrollo en industrias de producción de láminas y cajas de cartón corrugado, que sirven para el empaque de diversos productos, satisfaciendo las necesidades y requerimientos de sus clientes a nivel nacional.

Como parte del compromiso ambiental exigido por el M.I. Municipio de Guayaquil a través auditorias constantes en las diferentes industrias, se ha evaluado la optimización de los diseños para el tratamiento de las aguas tintas y almidón generados por las actividades operativas.

Por las características de los procesos desarrollados en este tipo de industrias, el sistema de tratamiento de aguas ha considerado los siguientes efluentes:

-Aguas residuales industriales provenientes del proceso de corrugado (aguas con almidón), como ejemplo la figura 5.1, donde se aprecia el elemento generador del efluente mencionado.



Figura 5.1: Adhesivo a base de almidón para corrugadoras

Fuente: Indiamart Drashti Chemicals, 2019

-Aguas residuales industriales provenientes del proceso de corrugado (aguas con tinta), como ejemplo la figura 5.2, donde se aprecia el proceso generador del efluente mencionado.



Figura 5.2: Sistemas aplicadores de tinta flexografica

Fuente: La Prestampa,2019

Al presente se tiene un proceso establecido para el tratamiento de aguas residuales el cual fue diseñado en base a las guías y recomendaciones de la Environmental Protection Agency (EPA) con la finalidad que permita dar cumplimiento a los parámetros de descarga establecidos por la legislación ambiental vigente, y a la vez sea factible para todo tipo de industria que genere este tipo de efluentes.



Figura 5.3: Cartón corrugado

Fuente: Font packaging Group

5.2 Descripción del sistema sanitario de las aguas industriales

El presente diseño de tratamiento de aguas residuales fue establecido con la finalidad de tratar los fluidos en volúmenes y porcentajes comunes generados por cualquier tipo de industria cartonera, y darles una disposición adecuada que permita cumplir con los requisitos de descarga establecidos en la legislación vigente.

Las condiciones seleccionadas del agua a la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas tinta y almidón, utilizadas para el diseño son las siguientes.

Tabla 5.1: Parámetros de control

| PARAMETROS DE CONTROL | UNIDAD | ENTRADA | SALIDA |
|-----------------------|--------|---------|--------|
| PH | | 7.4 | 5-9 |
| TEMPERATURA | °C | 30 | ≤ 40 |
| ACEITES Y GRASAS | Mg/l | 15 | ≤ 0.3 |
| DBO | Mg/l | 1500 | ≤ 100 |
| DQO | Mg/l | 4000 | ≤ 250 |
| SOLIDOS SUSPENDIDOS | Mg/l | 800 | ≤ 100 |
| COMPUESTOS FENOLICOS | Mg/l | 0 | ≤ 0.2 |

Fuente: El autor

Las aguas industriales provenientes de los procesos de corrugado e impresión, han requerido el diseño de una planta de tratamiento avanzado de clarificación y oxidación, que combina las técnicas de coagulación, floculación, filtración y aireación.

Se tiene un diseño compacto y de gran eficiencia que permite dar cumplimiento a los parámetros de descarga establecidos por la legislación ambiental vigente.

El sistema de tratamiento propuesto se detalla a continuación (figura 5.4).

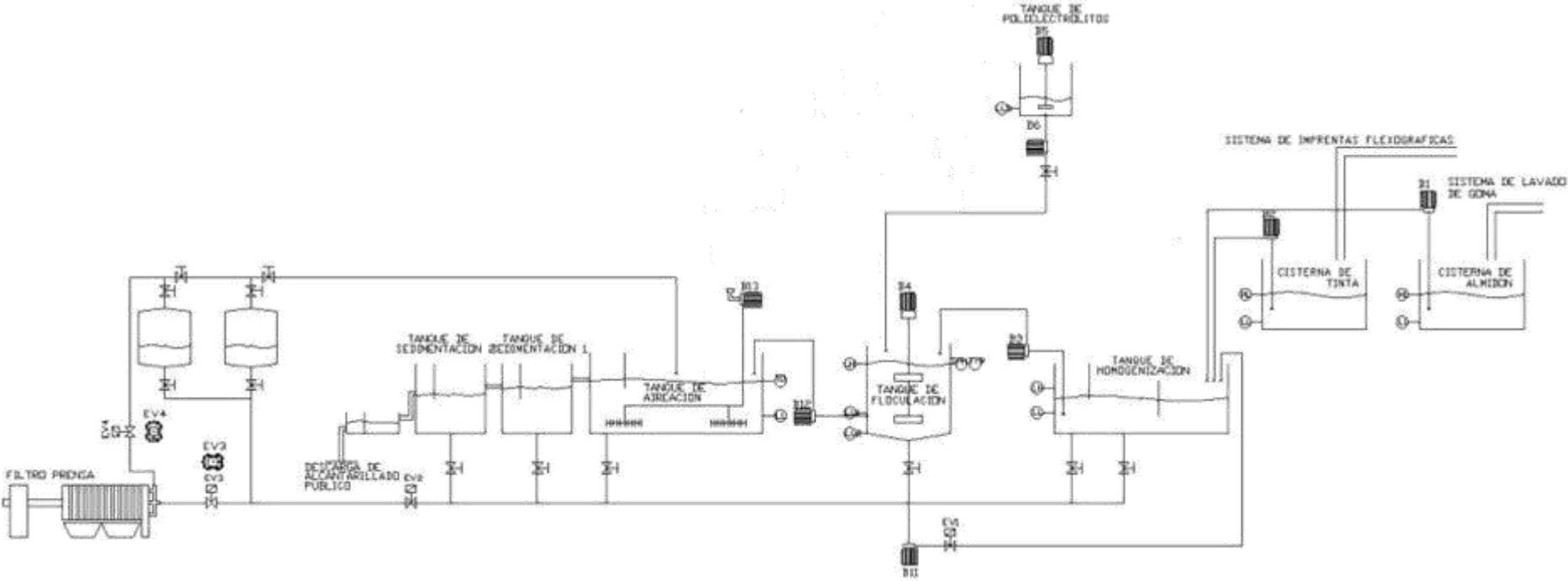


Figura 5.4: Diagrama de una planta de tratamiento de aguas residuales.

5.3 Zonas de tratamiento.

5.3.1 Cribado.

Las aguas provenientes del área del corrugador son recogidas en un colector que atraviesa toda la planta hasta descargarlas en un tanque donde se realiza el cribado del efluente, pasa por las rejillas inclinadas por efecto de la gravedad y los sólidos flotantes quedan retenidos, mientras que el líquido continuo su flujo hasta la cisterna de almacenamiento temporal.

Las aguas provenientes del área de imprentas son recogidas por una tubería central y es conducida hasta un pozo colector, Este pozo colector es evacuado por una bomba eléctrica a través de una tubería aérea que descarga finalmente en la cisterna de almacenamiento temporal.

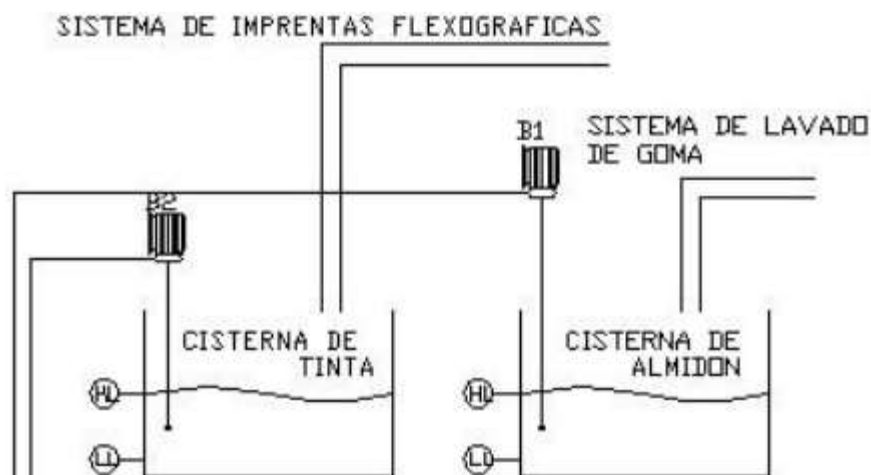


Figura 5.5: Cisternas de almacenamiento de efluentes

5.3.2 Tanque ecualizador o de homogenización.

El tanque ecualizador tiene la capacidad de almacenamiento mayor en relación a los de almacenamiento de agua tinta y almidón. Este posee un sistema de aireación mediante un blower para que de esta manera se forme un efluente homogéneo, se proporcione aire para pre oxidación de la materia orgánica y se impida una sedimentación en esta fase de la operación

El proceso de tratamiento se realiza por lotes, por lo que a través de una bomba se evacua al tanque reactor.

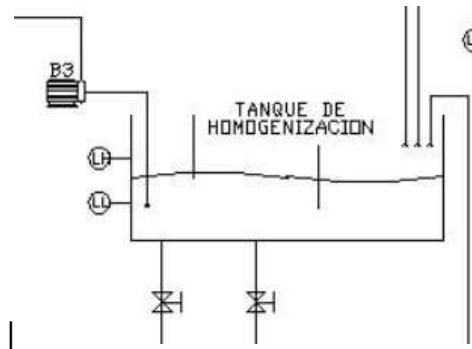


Figura 5.6: Tanque de homogenización

5.3.2 Tanque reactor. - coagulación, floculación y sedimentación

En el inicio del tratamiento físico-químico se adiciona coagulante catiónico o polielectrolitos desde un tanque con la dosificación específica que permita romper la emulsión agua tinta y almidón. Teniendo en consideración la importancia de remover el color y sólidos emulsionados de las aguas residuales, para esto se debe mantener una agitación a 70 rpm durante 15 min.

Después de la coagulación se adiciona el floculante para permitir el aumento del tamaño y peso del floc formado por la coagulación y mejorar la clarificación del agua.

La agitación debe mantenerse en 80rpm durante 10 minutos.

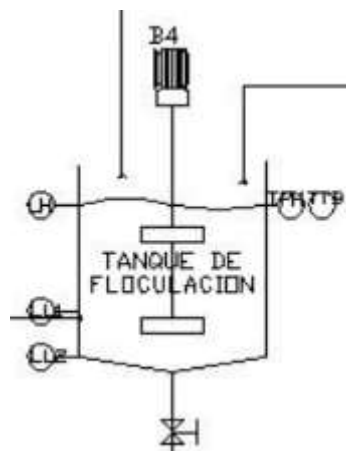


Figura 5.7: Tanque de floculación

Pasado los 25 minutos de la aplicación de los químicos respectivos y una vez generado los flocs, los sedimentos más pesados pueden ser reprocesados hacia el tanque homogeneizador en caso de que se requiera.

5.3.3 Proceso de Oxidación

Una vez terminado el proceso del tanque reactor el efluente es almacenado en el tanque de aireación para empezar un proceso de oxidación que tiene una duración de 6 a 8 horas, este debe tener un sistema de aireación constante de 6 horas por cada batch, ya que para mejorar la biodegradación de la materia orgánica se complementara con la aplicación de bacterias aeróbicas, para así eliminar por completo todo residuo que no se pudo separar en el tanque reactor.

Pasadas las 6 horas deberá detenerse el sistema de aireación para dar paso al siguiente batch enviando el efluente procesado a los tanques de sedimentación.

Se tiene dos tanques de sedimentación de igual capacidad volumétrica los cuales servirán para un último filtrado de sedimentos, y el paso del efluente de un tanque a otro será por rebose, así hasta llegar al punto de descarga al alcantarillado publico donde será el punto de la toma de muestra por el municipio durante las auditorias.

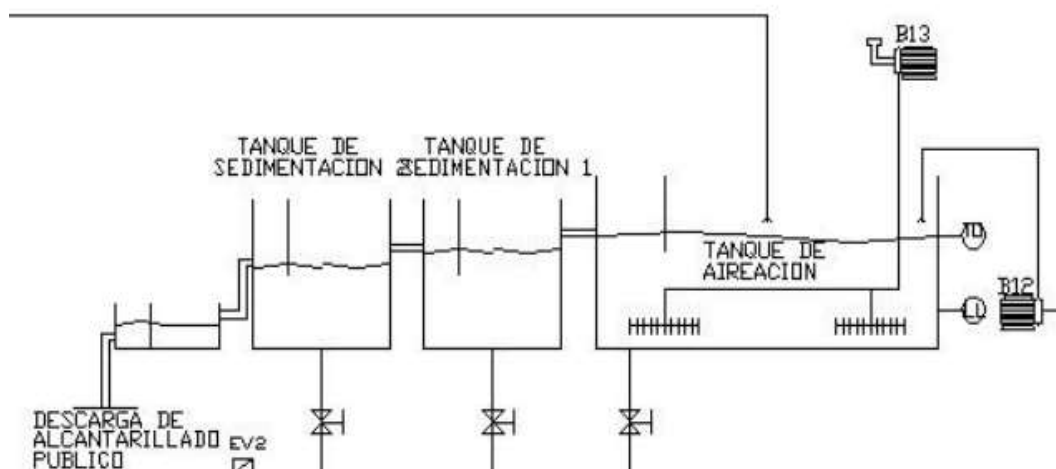


Figura 5.8: Proceso de Oxidación

5.3.4 Filtración

El proceso de filtración está presente a lo largo de todas las etapas y consta de los siguientes puntos:

- El residuo de agua y lodos más pesados en el fondo de cada tanque es conducido mediante la dosificación lenta y por gravedad hacia un filtrado mediante mallas prensadas, esto con el fin de retirar toda la humedad que los lodos puedan tener y así dar la correspondiente evacuación de los sólidos según las normas establecidas.

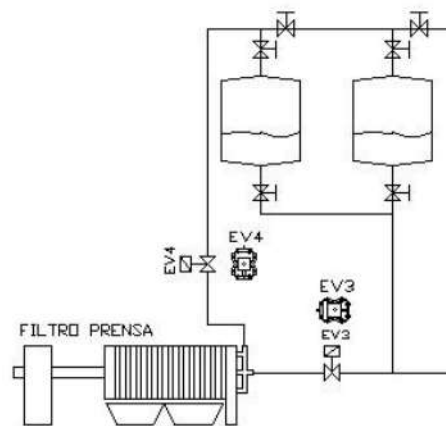


Figura 5.9: Proceso de filtrado de sólidos

- Toda la humedad retirada a través de este filtro prensa es evacuada a 2 tanques de almacenamiento, los cuales al tener un nivel considerable son retornados al proceso de oxidación.

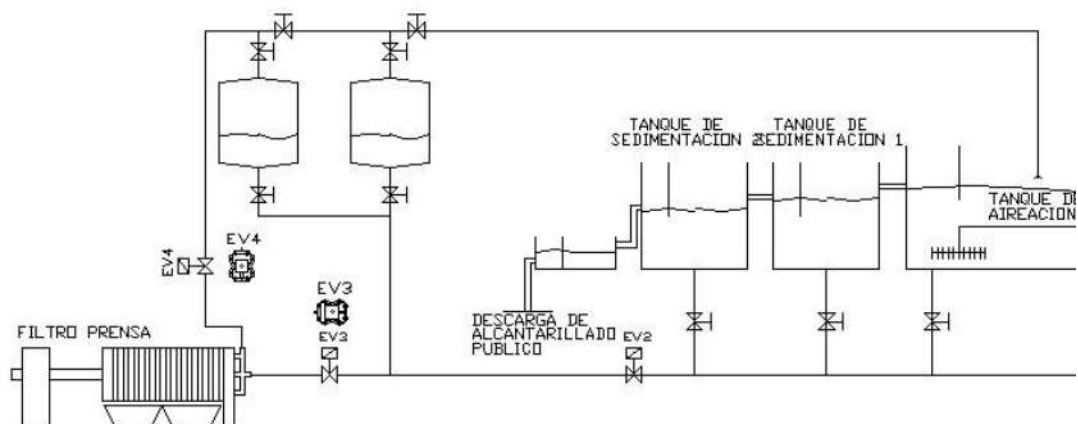


Figura 5.10: Proceso de filtrado de sólidos

5.4 Toma de datos necesarios para medición de caudales y dimensionamiento de los tanques

Se realizara un levantamiento de datos (tabla 5.2) en una industria cartonera cualquiera para uso de simulación y asignación de tanques

Tabla 5.2: Toma de datos de efluentes generados por 6 días de una industria Cartonera en Guayaquil.

| EFLUENTE DE ALMIDON M3/DIA | EFLUENTE AGUA TINTA M3/DIA | SALIDA DE AGUA DE CALDERAS | EFLUENTE TOTAL (M3) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------|
| 27 | 4.0 | 4.0 | 35 |
| 25.4 | 3.8 | 5.5 | 34.7 |
| 24 | 4.2 | 16 | 44.2 |
| 22 | 4.6 | 4.4 | 30.6 |
| 27 | 3.6 | 6.0 | 36.6 |
| 34 | 1.5 | 5.7 | 41.2 |
| PROMEDIO | | | 37.05 |

Elaborado por: El autor

Considerando un promedio de $37 \text{ m}^3/\text{dia}$, se adopta por seguridad, facilidad de operación y mantenimiento cisternas con las siguientes capacidades:

- Cisterna de almidón:

Volumen..... 36m^3

Dimensiones recomendadas:

Longitud..... 6m

Ancho..... 3m

Profundidad..... 2m

- Cisterna de tinta:

Volumen..... 24m^3

Dimensiones recomendadas:

Longitud.....6m

Ancho.....2m

Profundidad.....2m

• Tanque homogeneizador:

Volumen.....40m³

Dimensiones recomendadas:

Longitud.....5m

Ancho.....4m

Profundidad.....2m

• Tanque de floculación:

Volumen.....36m³

Dimensiones recomendadas:

Longitud.....6m

Ancho.....3m

Profundidad.....2m

• Tanque de aireación:

Volumen.....40m³

Dimensiones recomendadas:

Longitud.....5m

Ancho.....4m

Profundidad.....2m

- Tanque de sedimentación:

Volumen.....20m³

Dimensiones recomendadas:

Longitud.....5m

Ancho.....2m

Profundidad.....2m

- Tanques de almacenamiento de humedad de filtrado :

Volumen.....16m³

Dimensiones recomendadas:

Longitud.....4m

Ancho.....2m

Profundidad.....2m

Nota: Dimensiones tomadas de planta de tratamiento de aguas ejemplo en base a la tabla

5.5 Requerimiento de personal

Una planta básica de tratamiento de aguas residuales de tinta y almidón va a requerir la supervisión de la misma para realizar los diferentes procesos anteriormente indicados, esta requiere contar con 3 operadores dedicados a las actividades de los diferentes procesos durante 24 horas del día, estos se distribuirán en turnos rotativos con el fin de cubrir la supervisión necesaria en la planta, durante el cual debe llevar el control constante de los diferentes tiempos de los procesos para así no generar cuellos de botella.

5.6 Operación de la planta

1. Trasvase de agua residual cruda. - Este proceso consiste en la transferencia del agua contaminada enviándola desde las cisternas de tinta y almidón hacia el tanque de homogenización mediante activación de bombas neumáticas, este proceso toma una supervisión de 20 a 30 min.
2. Proceso de homogenización. - Una vez depositada el agua residual dentro del tanque de equalización se procede a pulsar una botonera que activa el funcionamiento del blower para comenzar la pre aireación, para eliminar posibles gases y solventes, este proceso tiene un tiempo de 10 a 20 minutos
3. Trasvase de agua homogenizada. - Luego del tiempo de aireación, se procede a pulsar el botón de activación de la bomba que traslada el agua desde el tanque de homogenización al tanque reactor, dicho traspaso dura de 15 a 20 minutos.
4. Proceso de coagulación y floculación. - Culinado el proceso de trasvase se procede a la adición de los químicos:
 - a. Se acciona el agitador y a su vez se agrega coagulante MAQFLOC 5366(6 a 8litros por batch de 11m³), la dosis depende de la calidad de agua a tratar. La dosificación se ha puede pre diluir en un tanque y suministrarla con una bomba dosificadora.
 - b. Se continúa mezclando el coagulante por un tiempo de 10 minutos
 - c. Sin detener la agitación se dosifica el floculante catiónico MAQFLOC 945, y se dosifica la soda caustica para así aumentar el tamaño del floc. El tiempo de agitación será de 5 minutos.
 - d. Se agrega ahora el floculante aniónico MAQFLOC 1007, y se activa la segunda velocidad del agitador, el tiempo de agitación será de 10 minutos y posterior mente se apagará el agitador.
 - e. Dejar en reposo un tiempo de 15 minutos para que los sedimentos se ubiquen en el fondo del tanque
 - f. Una vez separados los lodos se comienza a enviar el agua separada de lodos hacia el proceso de oxidación. El tiempo de traslado es aproximadamente 20 minutos

5. Procesamiento de lodos. - Durante cada proceso del tanque reactor la generación de lodos en el tanque es enviada mediante una purga ubicada al final del tanque, el cual tiene una válvula de compuerta semi abierta, para que la dosificación sea lenta.
6. Procesos de extracción de humedad de lodos. - Todos los lodos recolectados en los procesos se dirigen hacia otro reservorio donde ingresaran al filtro prensa para así retirar la mayor humedad posible de los mismos, mediante la compresión de una prensa con mallas filtrantes, para posteriormente desalojar los sólidos.
7. Proceso de oxidación. - Una vez que el tanque reactor tenga su nivel mayor a $\frac{3}{4}$ de su capacidad se trasladará al tanque de oxidación, donde se mantendrá la aireación del mismo por un periodo de 6 a 8 horas, y el cual se debe suministrar bacterias aeróbicas, para reducir su contaminación orgánica y residuos que no pudieron separarse en el tanque reactor, y a su vez mejorar la clarificación del agua y nivelar el nivel de pH, DQO y DBO necesario para su descarga.
8. Proceso de filtrado por rebose y descarga al alcantarillado.- Una vez culminado el proceso de oxidación, se traslada el agua clarificada al primer tanque para su filtrado por rebose, en este se dejara el agua reposar y evitando en lo posible su agitación, esto con el fin de lograr que en caso de que aun existieren sedimentos, estos se ubiquen en el fondo del tanque, y durante cada evacuación posterior al proceso de oxidación este hará que por rebose del tanque el agua que se encuentra en la superficie se traslade a un segundo tanque en el cual se tendrá la misma lógica para que posteriormente el agua clarificada que se encuentre más superficialmente pase ahora a la zona de inspección por el municipio y previa descarga hacia el alcantarillado público.

Capítulo 6

6.1 Desarrollo del automatismo

Para este proyecto de tesis se ha encontrado que mediante la automatización de su principal proceso es posible disminuir la manipulación y dependencia de un operador, dejando tan solo una leve supervisión del proceso, por lo tanto, nos enfocaremos en el proceso de oxidación.

Para ello planteamos crear una programación mediante un software tal que se cumpla el ciclo respectivo del proceso sin necesidad de supervisión constante por parte del operador.

Comenzamos utilizando el software TIA Portal, el cual nos permitirá desarrollar tanto la programación como la simulación del proceso.

Se inicia el software Tia Portal

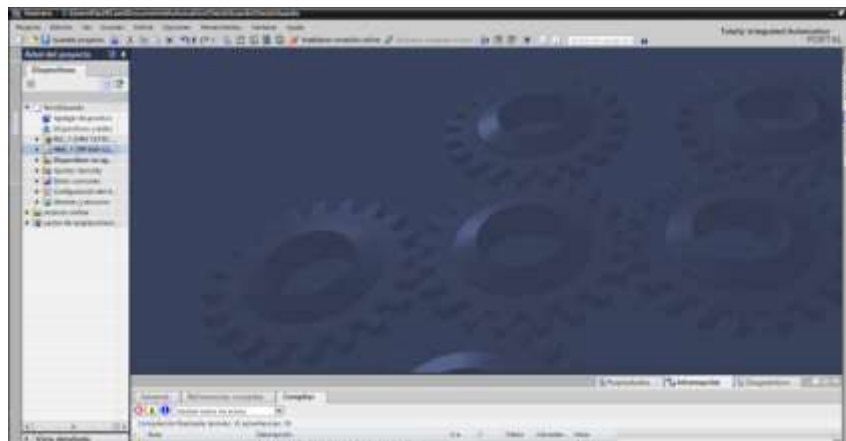


Figura 6.1: Software tia portal

Se abre el menú PLC

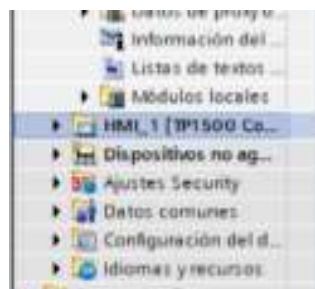


Figura 6.2: Software tia portal

Se escoge en el botón Main.

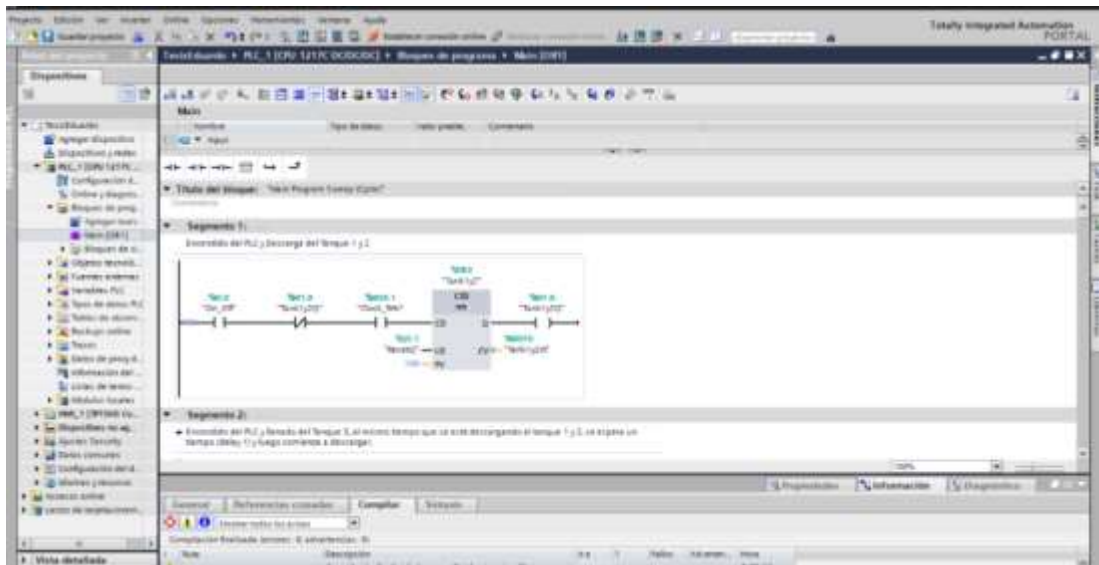


Figura 6.3: Software tia portal

Se abre el menú HMI (Lado izquierdo) y se escoge "Imagen Raiz"

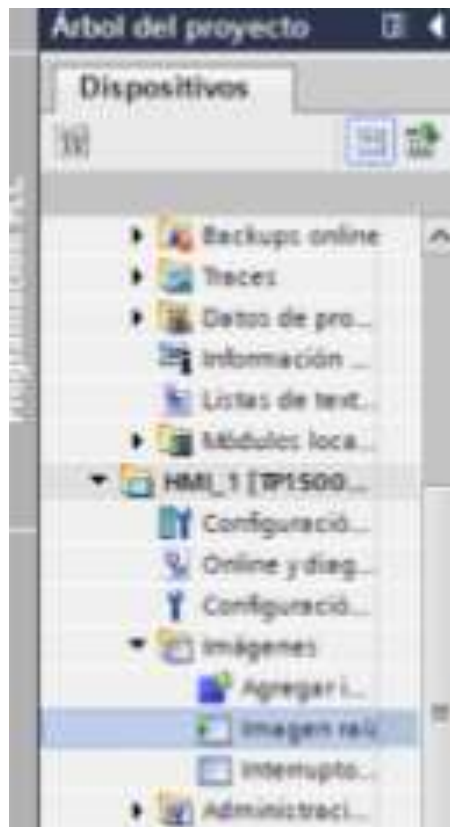


Figura 6.4: Software tia portal

Se Escoge el botón "Cargar al PLC"

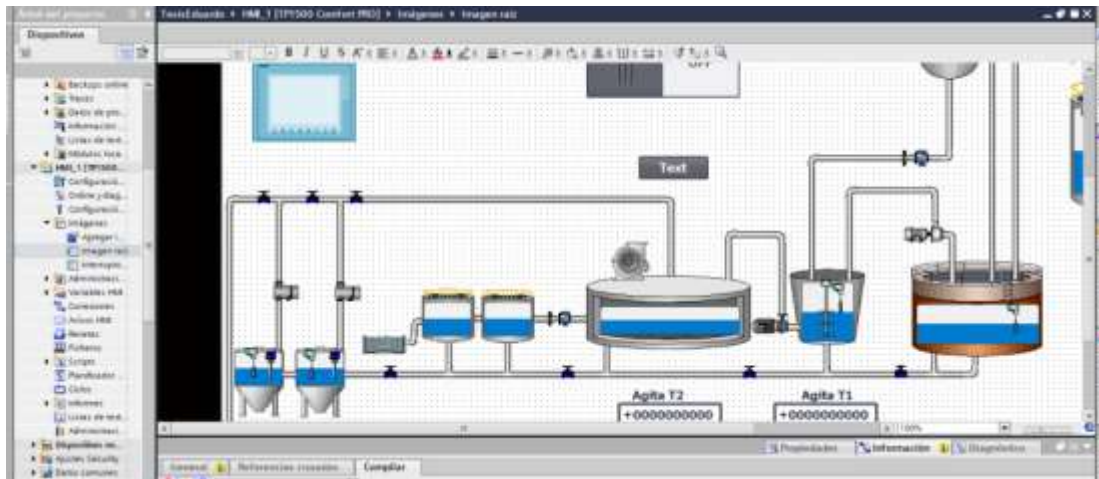


Figura 6.5: Software tia portal

Se Ejecuta el Programa

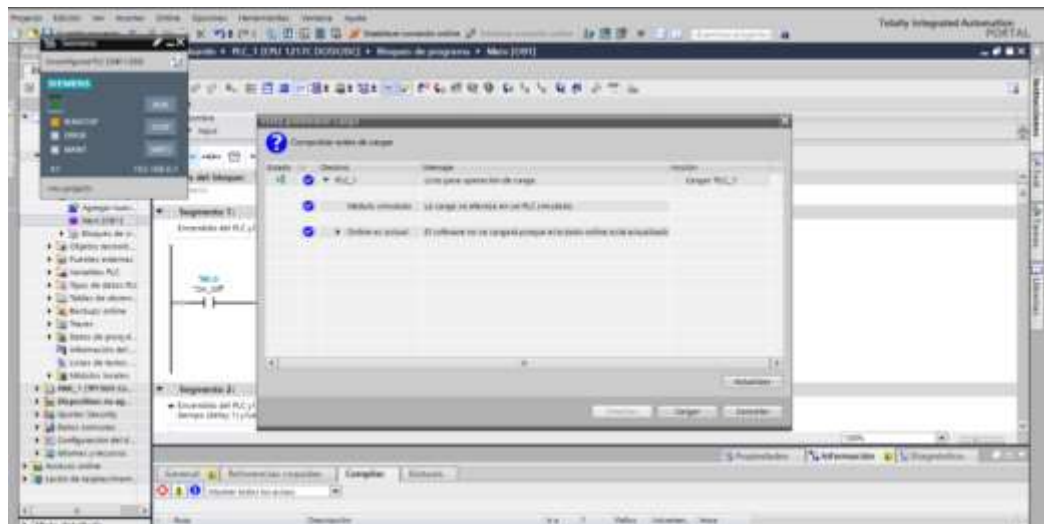


Figura 6.6: Software tia portal

6.2 Desarrollo de la programación

El desarrollo de la programación se realiza por segmentos, los cuales iremos detallando su acción básica.

En el segmento 1 tenemos el encendido del PLC y accionamiento para la descarga en el tanque 1 y tanque 2

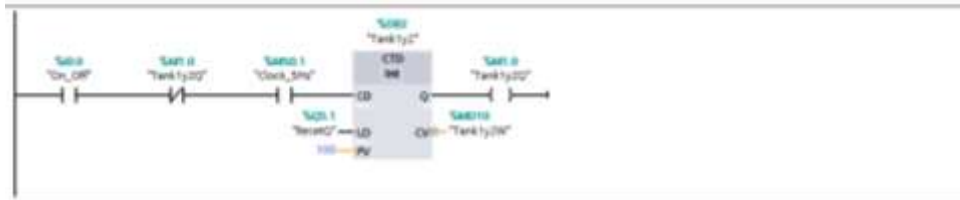


Figura 6.7: Segmento de programación del automatismo

En el segundo segmento tenemos el llenado del tercer tanque, y en simultaneo se descarga el tanque 1 y 2, acto seguido se coloca un delay el cual nos dará una pausa según el tiempo determinado para posteriormente descargar

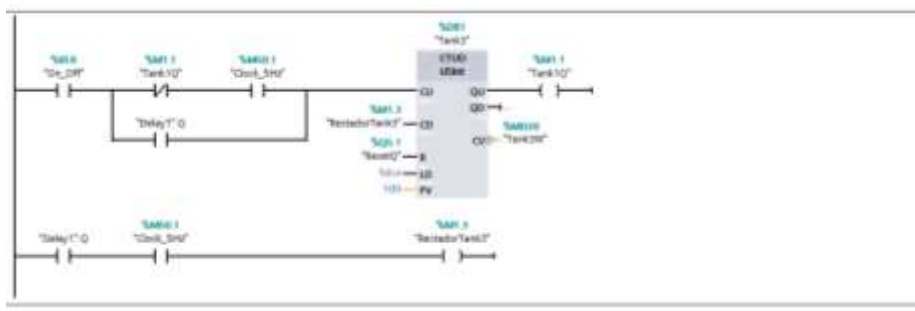


Figura 6.8: Segmento de programación del automatismo

En el tercer segmento se configura el siguiente delay en el cual se tiene la condición de que si el tanque 3 está lleno, este se descarga al siguiente tanque



Figura 6.9: Segmento de programación del automatismo

A continuación podemos ver en el HMI gráficamente los pasos realizados en el segmento 1, 2 y 3.

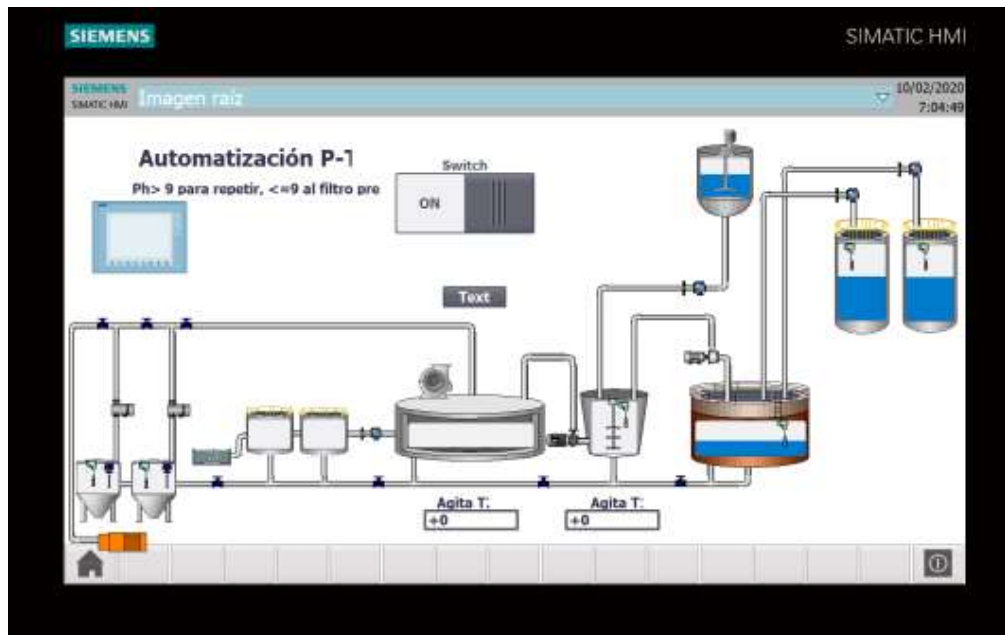


Figura 6.10: Diseño de programación del automatismo

Para el segmento 4 , una vez concluido el tiempo determinado en el delay 1, se procede a llenar el tanque 4, y cuando esté totalmente lleno se activara el delay 3, para así pasar de velocidad de 75rpm a 80 rpm como indica el procedimiento.

Posterior a esto procedemos con la siguiente descarga

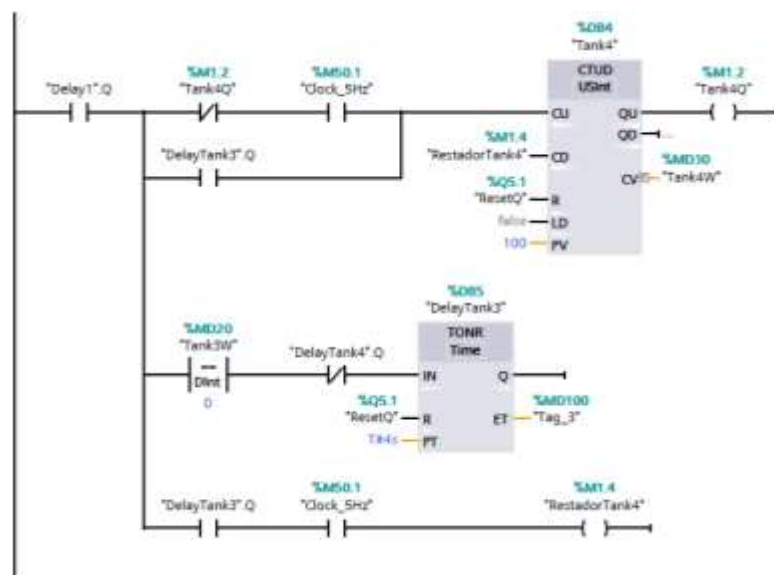


Figura 6.11: Segmento de programación del automatismo

A continuación, se puede visualizar la simulación grafica del mismo en el HMI.

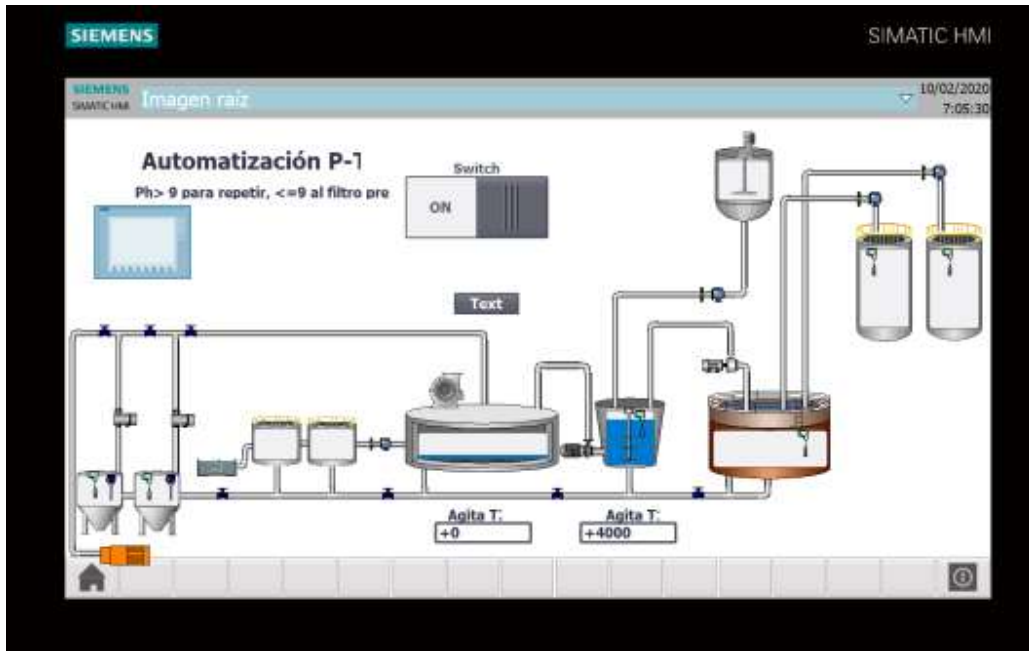


Figura 6.12: Diseño de programación del automatismo

Para el segmento 5 una vez que haya terminado el delay 3 y se este descargando el tanque 4, en simultaneo el tanque 5 (aireador) se comenzara a llenar con una frecuencia de 5 Hz, hasta que se active el delay 4, el cual dara inicio al temporizador para posteriormente descargar al siguiente proceso.

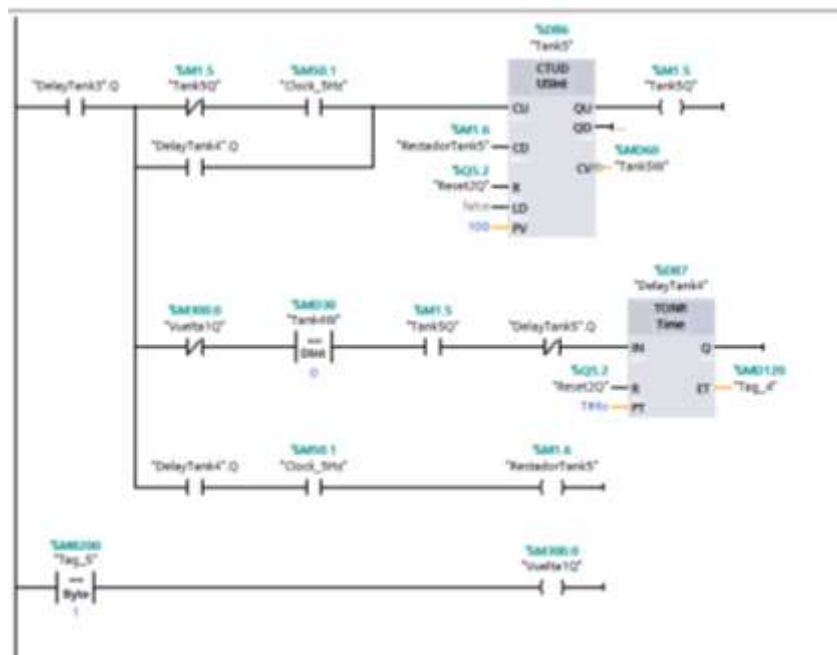


Figura 6.13: Segmento de programación del automatismo

Se procede a visualizar mediante el HMI .

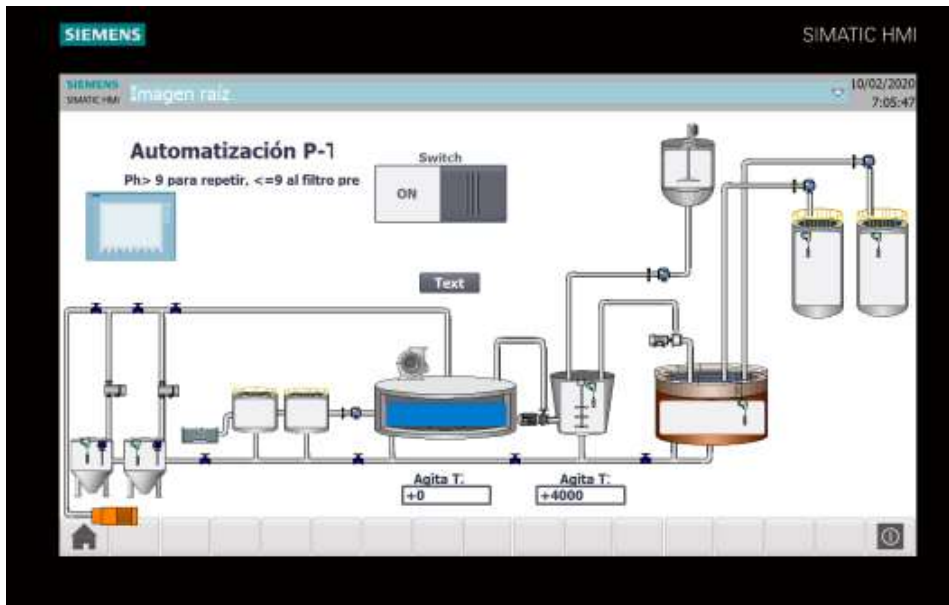


Figura 6.14: Diseño de programación del automatismo

Para el segmento 6 una vez terminado el temporizador del tanque 4, y se este descargando el tanque 5, el tanque 6 y 7 se estarán llenando con una frecuencia de 5hz, y cuando estos completen un nivel indicado, esperaran un pequeño tiempo antes de realizar la descarga.

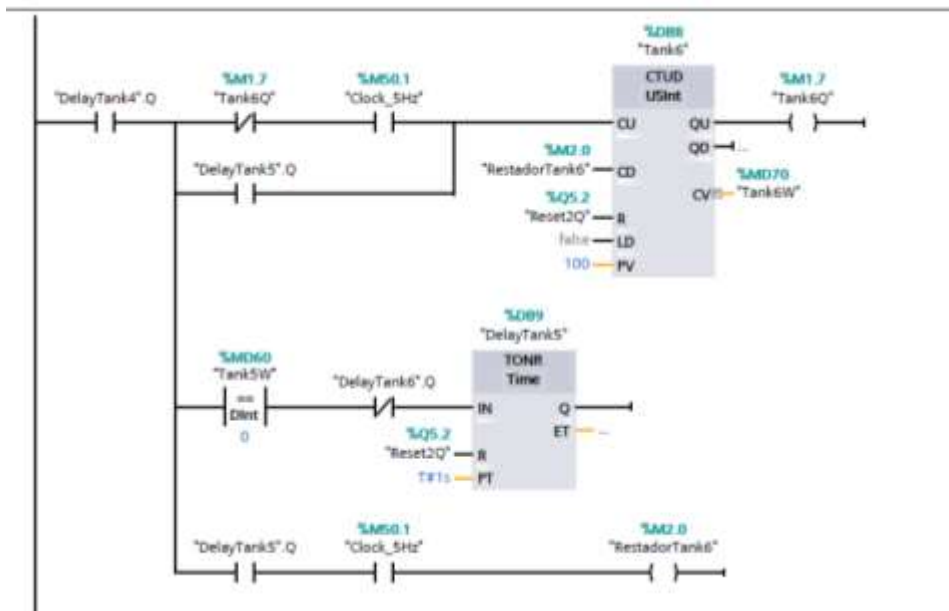


Figura 6.15: Segmento de programación del automatismo

Mediante el HMI podemos visualizar este proceso, y comprender que el ultimo delay le da tiempo al sensor de ph el cual tendrá la decisión de si se debe reprocesar o no el agua.

Esto como plus de mejora dentro del proceso.

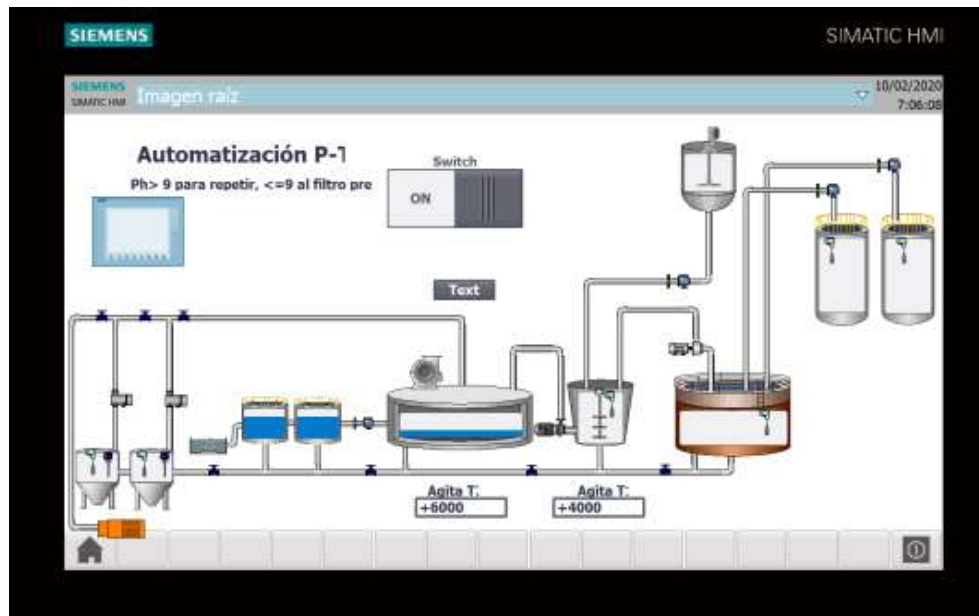


Figura 6.16: Diseño de programación del automatismo

El segmento 7, se enfoca en realizar la acción en base a la señal del sensor de Ph, en el cual decidirá si el agua debe ser procesada nuevamente.

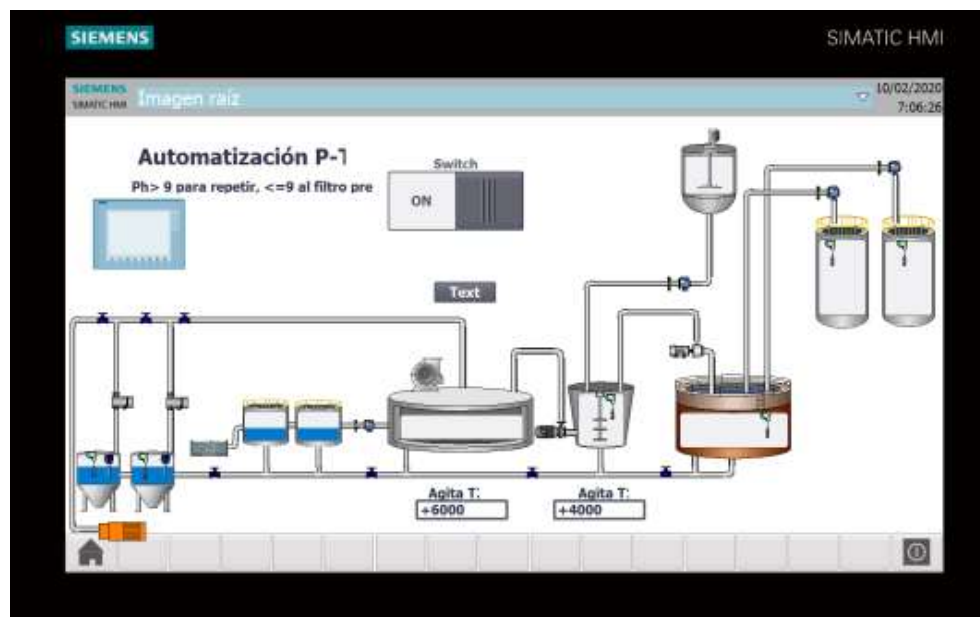


Figura 6.17: Diseño de programación del automatismo

Y en esta se visualiza en las señales como actúan si el ph marca no apto, y se realiza el proceso nuevamente.

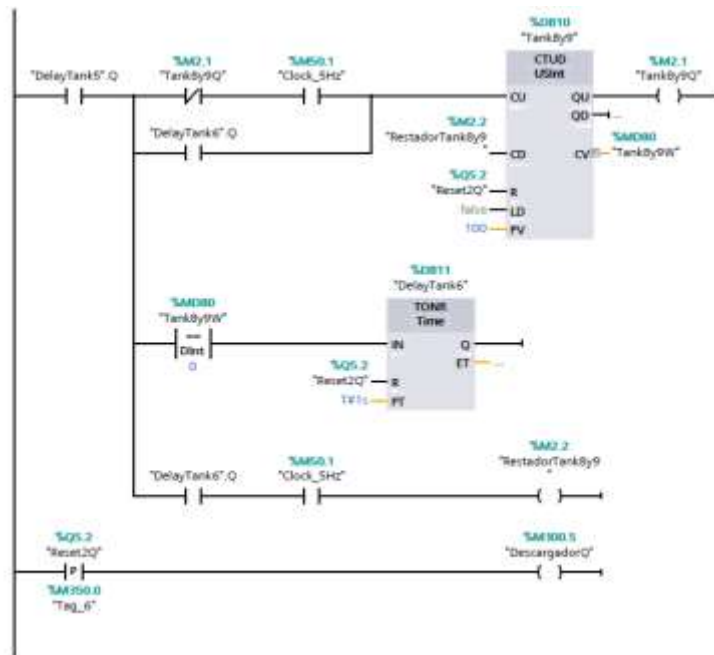


Figura 6.18: Segmento de programación del automatismo

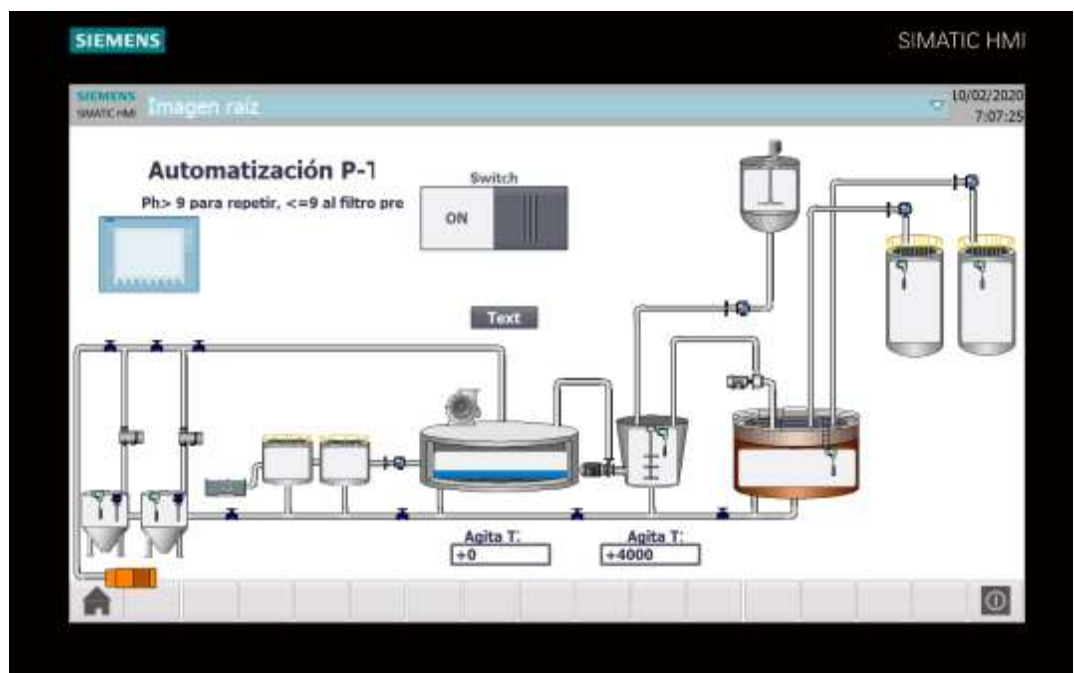


Figura 6.19: Diseño de programación del automatismo

En los segmentos finales como el 8 y 9 se encarga de llevar un contador, para así mantener un control de cuantas veces se ha llevado a cabo el proceso o batch, y el respectivo reseteo de la programación.

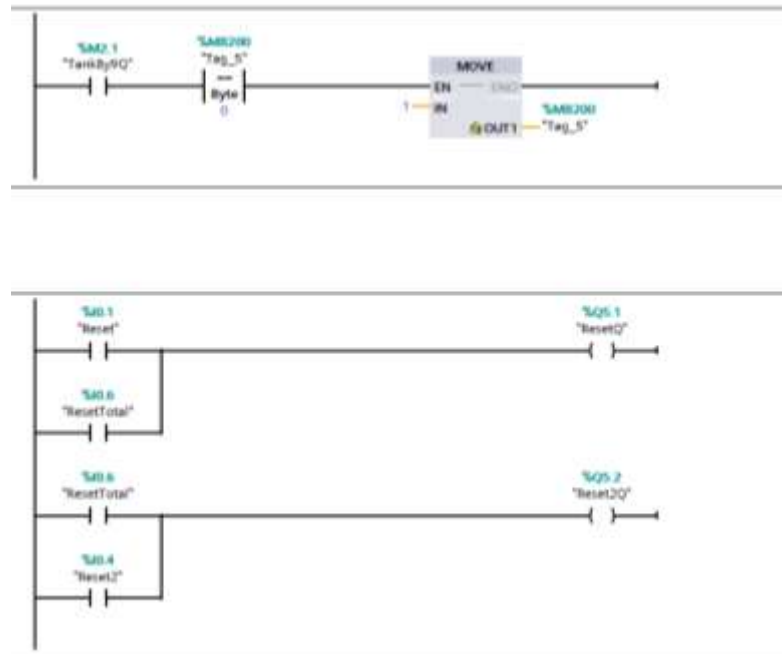


Figura 6.20: Segmento de programación del automatismo

Como variables de esta programación tenemos varias entradas y salidas para el PLC, las cuales fueron generadas acorde a la programación.

Esta es una de las razones por las que fue seleccionado el tiempo de plc s7-1500, debido a la cantidad de entradas y salidas, el software genera variables las cuales identifica las entradas (señales variables) con la nomenclatura “Q” y las salidas (accionamientos) con la nomenclatura “W”

En la siguiente imagen se detalla un listado con las diferentes variables, y las cuales pueden ser asignadas a los terminales que resulte más cómodo al momento de la instalación.

| Variables PLC | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|-----------------------|---------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Nombre | Tabla de variables | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Acces... | Escrib... | Visibl... |
| 1 | VueltaIQ | Tabla de variables e. | Bool | %M300.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | TankBy9W | Tabla de variables e. | DWord | %M80 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | TankBy9Q | Tabla de variables e. | Bool | %M2.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Tank5W | Tabla de variables e. | DWord | %M70 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 | Tank6Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | Tank5W | Tabla de variables e. | DWord | %M60 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | Tank5Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | Tank4W | Tabla de variables e. | DWord | %M30 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9 | Tank4Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | Tank3W | Tabla de variables e. | DInt | %M20 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11 | Tank1y2W | Tabla de variables e. | DInt | %M10 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | Tank1y2Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13 | Tank1Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | Tag_6 | Tabla de variables e. | Bool | %M50.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 15 | Tag_5 | Tabla de variables e. | Byte | %M200 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16 | Tag_4 | Tabla de variables e. | Time | %M120 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 17 | Tag_3 | Tabla de variables e. | Time | %M100 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 18 | Tag_2 | Tabla de variables e. | DWord | %M90 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 19 | Tag_1 | Tabla de variables e. | Bool | %I1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 20 | Run | Tabla de variables e. | Bool | %Q0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21 | RestadorTankBy9 | Tabla de variables e. | Bool | %M2.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Figura 6.21: Variables del automatismo

| Variables PLC | | | | | | | | |
|---------------|---------------|-----------------------|---------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Nombre | Tabla de variables | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Acces... | Escrib... | Visibl... |
| 22 | RestadorTank6 | Tabla de variables e. | Bool | %M2.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 23 | RestadorTank5 | Tabla de variables e. | Bool | %M1.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 24 | RestadorTank4 | Tabla de variables e. | Bool | %M1.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 25 | RestadorTank3 | Tabla de variables e. | Bool | %M1.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 26 | ResetTotal | Tabla de variables e. | Bool | %I0.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 27 | ResetQ | Tabla de variables e. | Bool | %Q5.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 28 | Reset2Q | Tabla de variables e. | Bool | %Q5.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29 | Reset2 | Tabla de variables e. | Bool | %I0.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 30 | Reset | Tabla de variables e. | Bool | %I0.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 31 | ParpadeoTank3 | Tabla de variables e. | Bool | %M30.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 32 | On_Off | Tabla de variabl... | Bool | %I0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 33 | DescargadorQ | Tabla de variables e. | Bool | %M300.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 34 | Clock_Byte | Tabla de variables e. | Byte | %M50 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 35 | Clock_5Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 36 | Clock_2Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 37 | Clock_2.5Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 38 | Clock_1Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 39 | Clock_10Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 40 | Clock_1.25Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 41 | Clock_0.625Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 42 | Clock_0.5Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M50.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 43 | ->Agregar-> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

Figura 6.22: Variables del automatismo

Capítulo 7

7.1 Factibilidad económica

7.1.1 Análisis de rentabilidad

Uno de los principales temas a tratar es el análisis de viabilidad de este proyecto, para el cual consideraremos que el costo de inversión varía muy poco según el volumen de producción de efluentes ya que el proyecto de automatización utilizaría los mismos elementos con otras variables, y solo estaría afectado a elementos como el cableado.

En la tabla 7.1 se detalla los elementos necesarios para la implementación del automatismo dentro del proceso.

Tabla 7.1: Costos de accesorios para automatización

| Descripción | Cantidad | Costo (\$)/unidad | Total |
|-------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------|
| <i>PLC S7-1500 CPU + módulo de comunicación</i> | 1 | \$ 2300 | \$ 2300 |
| <i>Hmi de 14"</i> | 1 | \$ 1200 | \$1200 |
| <i>Boyas de nivel</i> | 4 | \$ 40 | \$ 160 |
| <i>Sensores de pH</i> | 2 | \$ 110 | \$ 220 |
| <i>Electroválvulas</i> | 3 | \$ 40 | \$ 120 |
| <i>Cableado, y adaptaciones varias</i> | 1 | \$ 1000 | \$ 1000 |
| | | TOTAL | \$ 5000 |

Fuente: El autor

El figura 7.1, presenta la descripción y cantidad de los insumos necesarios para la ejecución de la mejora proyectada, con sus respectivos costos.

Una vez analizado el costo se debe considerar el ahorro que generará el proyecto, como se ha mencionado este ahorro es básicamente el salario de los dos operarios menos, que no se necesitarían más en el área de la planta de tratamiento de aguas residuales.

La figura 7.1, muestra la estimación del ahorro por concepto de mano de obra el cual ronda los \$1 400 por mes, además de las cargas sociales por el mismo concepto, en caso de prescindir de los servicios de los funcionarios.

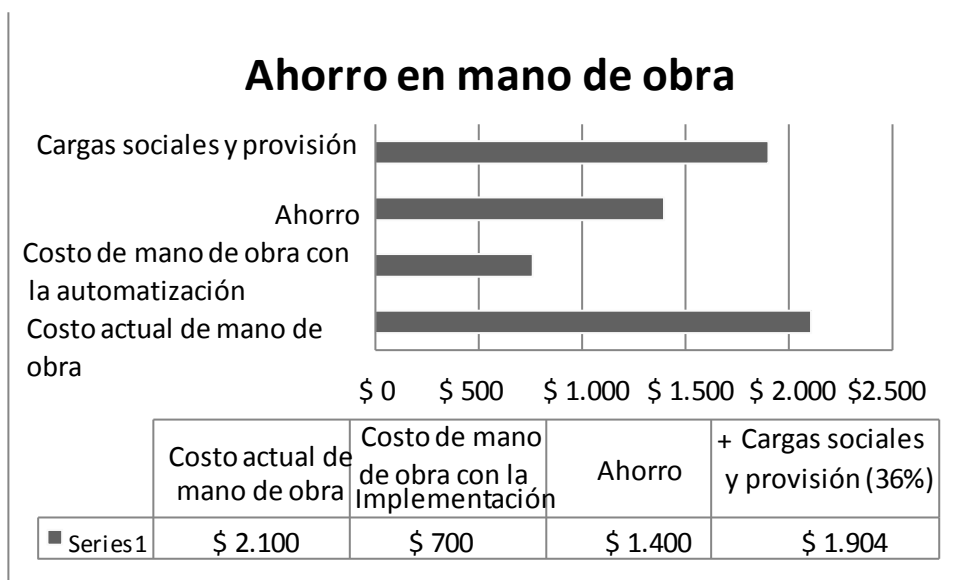


Figura 7.1: Ahorro por concepto de mano de obra en \$/mes

No se toma en cuenta costo que representa el riesgo del fallo humano, ya que en caso de que los operadores cometan algún error en los procesos de la planta de tratamiento, y se llegue a realizar descargas al alcantarillado público que no estén dentro de los parámetros establecidos por el municipio la multa impuesta por el ministerio de ambiente rodea los \$6000 , más la clausura momentánea de la empresa hasta cumplir con los tramites respectivos para el levantamiento de la misma lo cual perjudicaría en la imagen y producción de la empresa.

Considerando el ahorro de mano de obra como el principal beneficio económico del proyecto y además tomando en cuenta que no existen costos adicionales de mantenimiento del equipo, pues ese mantenimiento es realizado por personal de planta de la empresa.

A continuación, la figura 7.2, muestra el balance costo-beneficio proyectado a cinco años desde la implementación de lo propuesto.

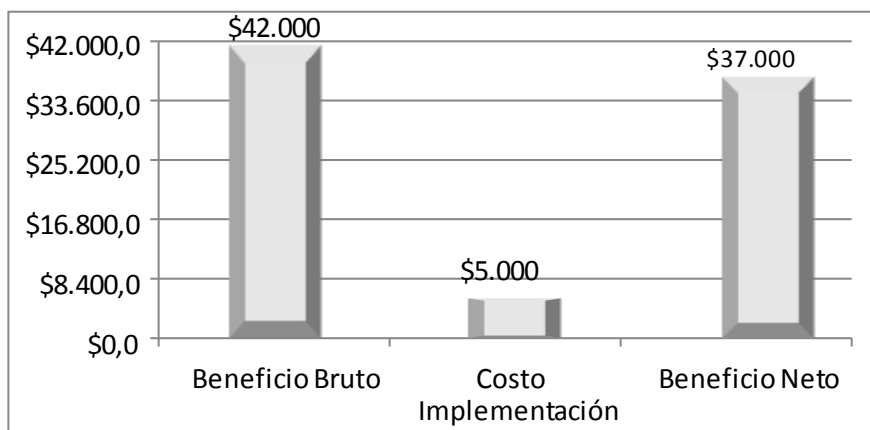


Figura 7.2: Balance costo/beneficio proyectado a cinco años

La figura anterior evidencia como en 5 años se obtendría un beneficio neto de casi \$37 mil lo cual permite recuperar la inversión inicial en un lapso muy corto de tiempo, tal y como se indica en la tabla 5, donde se muestra el cálculo del retorno sobre la inversión, el valor actual neto de la inversión y el tiempo de recuperación de la misma, junto con el desglose por año de lo presentado en la figura 7.2.

El cálculo se realiza utilizando una tasa de descuento del 10% que es el estándar utilizado por la compañía para este tipo de proyectos.

Tabla 7.2: Beneficios económicos de la inversión

| Descripción | MES 0 | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | TOTAL |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Beneficio Bruto | 0 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 7.000,00 |
| Costo de Implementación | \$ 5.000,00 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 5.000,00 |
| Beneficio Neto | (\$ 5.000,00) | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 1.400,00 | \$ 2.000,00 |
| TIR | | | | 12% | | | |
| VAN | | | | \$ 307,10 | | | |
| ROI | | | | 0,40 | | | |

Fuente: *El autor*

Tabla 7.3: Beneficios económicos de la inversión

| Descripción | AÑO 0 | AÑO 1 | AÑO 2 | AÑO 3 | AÑO 4 | AÑO 5 | TOTAL |
|--------------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| Beneficio Bruto | 0 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 42.000,00 |
| Costo de Implementación | \$ 5.000,00 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 0 | \$ 5.000,00 |
| Beneficio Neto | (\$ 5.000,00) | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 8.400,00 | \$ 37.000,00 |
| TIR | 167% | | | | | | |
| VAN | \$ 26.842,61 | | | | | | |
| TIEMPO DE RECUPERACION DE INVERSION | 0,59 AÑOS | | | | | | |
| ROI | 7,40 | | | | | | |

Fuente: *El autor*

Como se observa en la tabla 7.2 y 7.3, el proyecto tiene una tasa interna de retorno (TIR) del 167% en los 5 años y de 12% en tan solo 5 meses lo cual es un excelente rendimiento para un proyecto de automatización, además el valor actual neto (VAN) a 5 meses después de la implementación sería de \$307,10 y \$26.842,61 a los 5 años, lo cual demuestra que es una inversión bastante baja para el beneficio que traería el proyecto como tal.

Por otro lado, el tiempo de recuperación de la inversión es de apenas el 0,59% de 1 año, un equivalente de 7 meses, un tiempo sumamente corto para recuperar una inversión de \$5.000 incluso el rendimiento sobre la inversión (ROI) es de 0,40 a 5 meses, lo cual es otro indicador de que la inversión es más que rentable.

De esta forma se evidencia lo apropiado de un proyecto de automatización de esta índole por todo lo que llegaría a significar para la industria que desee implementarla.

Capítulo 8

8.1 Conclusiones

El enfoque de este trabajo ha sido el diseño de un automatismo en el proceso de oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales en una industria cartonera, esto con el fin de obtener un mejor control y desarrollo del proceso de este tipo de plantas de tratamiento, ya que comúnmente estos procesos conllevan una supervisión y operación constante debido al alto compromiso de las empresas con el medio ambiente y el cumplimiento de las normas exigidas por el ministerio de medio ambiente.

Para ello se seleccionó el Plc S7-1500 de marca siemens el cual es un instrumento de alta precisión, rendimiento y abierto a mejoras continuas debido a su diseño, el cual permite el aumento de módulos para control, esto debido al resto de procesos en la planta de tratamiento los cuales de igual manera pueden ser incluidos. Este diseño hizo énfasis en el proceso más delicado como es el de oxidación debido a que en este era el punto con más tendencia a sufrir del error humano y de este dependía los principales resultados del tratamiento de estos efluentes los cuales debían entrar al rango permisible de DBO y DQO.

A través del software TIA Portal de la marca siemens, se realizó la simulación del proceso, donde se incluyó los diferentes tanques, sensores y motores que llevaría un proceso básico de tratamiento de efluentes de tinta y almidón, se desarrolló la respectiva programación de los diferentes puntos parametrizando los tiempos y condiciones para que se permita el avance del proceso, y a su vez se desarrolló en un módulo HMI su visualización para un control con las opciones de arranque y paro del proceso.

De esta manera se puede lograr un proceso óptimo, retirando la necesidad de una supervisión constante por parte de un operador en cual cada 6 u 8 horas debía empezar cada operación y control del mismo. Así mismo el ahorro debido a la eficiencia energética que brinda un sistema automatizado. Como se ha mencionado este ahorro es básicamente el salario de los dos operarios

menos, que no se necesitarían más en el área de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Se concluye que la rentabilidad y ahorro que se obtiene al implementar la automatización un valor actual neto (VAN) a 5 meses después de la implementación sería de \$307,10 y \$26.842,61 a los 5 años, lo cual demuestra que es una inversión bastante baja para el beneficio que traería el proyecto como tal.

8.2 Recomendaciones

Dentro de los puntos a considerar como supervisión del sistema será la inspección de los diferentes actuadores y sensores del sistema, como parte de un mantenimiento preventivo, y así mismo se recomienda la inspección termografía de los diferentes modelos controladores como parte de una rutina predictiva.

Se recomienda considerar que el presente proyecto está basado en una industria promedio, por ende, la cantidad de efluentes generados pueden variar y en base a estos se debe considerar las dimensiones de los diferentes tanques, motores y sus protecciones, que de no hacer el cálculo respectivo la capacidad de procesamiento no abastecería la necesidad de la empresa, fuera de esto el proceso y el tiempo por batch sería siempre el mismo.

Se recomienda el automatismo completo de toda la planta para un mayor beneficio económico debido a que ya no será necesario que hayan muchos trabajadores en esta área, si no los suficiente para supervisar y arreglar algún fallo o daño que se pueda presentar; y de control ya que este sistema al ser programable, lo ira realizando con una tasa de fallos casi nulas garantizando su rapidez y eficacia en dichas tareas y por lo cual no se necesita al personal para realizar estos procesos, solo se estará monitoreando que el sistema funcione correctamente y que la programación está cumpliendo su función.

Citas Bibliográficas

- Aguilar. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Españ: Universidad de Murcia .
- Aguilar. (2017). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Españ: Universidad de Murcia.
- Ambid, R. (28 de Noviembre de 2016). *Blog Seas: desequilibrios en máquinas detectados en señales de vibraciones*. Obtenido de <http://www.seas.es>
- Astudillo, G. (2016). *Enfoque basado en gamificación para el aprendizaje de un lenguaje de programación*. S/c: VEC.
- Aquastat. (2017). *Climate, Biodiversity, Land and Water Department*. S/c: link.fao.org/Aquastat.
- Barrales, R. (2018). *Medidor de ph, electro-conductividad y temperatura para cultivos hidropónicos*. S/c: rebid.
- Bifani, p. (2014). *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Madrid: red almar.
- Calán, c. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control supervisorio en plataformas web de controladores s7-1500 simatic de siemens, para la empresa ingel-pro*. Quito: bibdigital.epn.edu.ec.
- Campos, m. (2017). *Métodos de investigación académica*. S/c: repositorio.ucr.ac.cr.
- Caponera, D. (2014). *Principios de derecho y administración de aguas*. Santiago del chile : Prefacios .
- Cappa, Wanda, Britos, & Trelles. (2012). *Educación ambiental y detección de contaminantes del agua*. Mexico: Ext.
- Castilo, F., & Chimbo, F. (2018). *Desarrollo de un sistema automático implementado sobre un caldero piro-tubular en el laboratorio de procesos industriales en la Facultad de Ciencias-ESPOCH*. Dspace.esPOCH.edu.ec.
- Díaz, V. (2016). *Artículos científicos, tipos de investigación y productividad científica en las Ciencias de la Salud*. S/c: Revista Ciencias de la Salud.
- Fasano, M. (2017). *High voltage DC circuit breaker with double break contacts*. Patents.google.com.
- Figuroa, C. (2019). *Estudio de la calidad de energía en fábrica de bloques y adoquines*. Repositorio Digital UCSG.
- Gimenez, A. (2019). *Proyecto de automatización de una línea de producción de engranajes mediante autómatas S7-1200 y HMI KTP700 basic de Siemens*. Riunet.upv.es.

- González, M. (2016). *Guía para el examen extraordinario de taller de lectura, redacción e iniciación a la investigación DOCUMENTAL III*. S/c: Colegio de Ciencias y Humanidades.
- Henz, M. (2017). *Factores mundiales para el saneamiento*. London: IWA publishing.
- Luvino, A. (2018). *Instructivo para revisión de componentes de Central Bending en planta Ensenada*. S/c: ria.utn.edu.ar.
- Mejía, J. (2 de Octubre de 2009). *Biblioteca Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0158_ME.pdf
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0158_ME.pdf
- Molero, B. (22 de Enero de 2016). *Iberisa*. Obtenido de <http://www.iberisa.wordpress.com>
- Morillo, L. (2019). *Remoción de tensoactivos y coliformes en aguas residuales domésticas mediante procesos fenton*. S/c: Revista Internacional de Contaminacion Ambiental.
- Moscatel, L. (2016). *Arquitecturas emergentes de la interacción fisico-virtual*. S/c: S/e.
- Mosquera, W. (2018). *Módulo de red de control industrial mediante profinet modbus ethernet-serial y comunicación RS-485*. Repositorio.utn.edu.ec.
- Muñoz, R., & Parra. (2011). *Ecología industrial y desarrollo humano integral sustentable. Dinámica social, ambiental y económica*. Chile : Universidad La sallie.
- Pacheco, A. (2019). *Estimaciones del consumo de drogas ilícitas derivadas del análisis de aguas residuales: Una revisión crítica*. S/c: Escuela Nacional de Salud Pública - Sérgio Arouca/Fiocruz.
- Parra, C. (2019). *Diseño e implementación de dos módulos educacionales, basados en dispositivos de maniobra y relé programable (Logo)*. Quito: bibdigital.epn.edu.ec.
- Ponce, A. (2018). *La competitividad de PLC en México como alternativa de comunicación por internet a través de las líneas de la CFE*. S/c: Red Internacional de Investigadores en Competitividad.
- Recursos-hidricos*. (agosto de 2018). Obtenido de <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos>
- Rendón, G. (2018). *Sistema de riego inteligente utilizando electroválvulas a partir de sensores de visión*. Ibarra: REDIB.
- Sanchez, A. (2019). *¿Qué es un switch?* Aboutespanol.com.

- Sanzano, P. (2019). *Utilidad del monitoreo lagunar ambiental con boyas multiparamétricas en la región pampeana: Laguna La Barrancosa*. S/c: researchgate.net.
- Takaya, K. (2017). *Electromagnetic contactor*. Patents.google.com.
- Tolentino, A. (2017). *Proceso de oxidación fotocatalítica mediante Dióxido de Titanio (tio₂) y luz Ultravioleta (UV) para el tratamiento del agua residual de la lavandería del Instituto Nacional de Salud del Niño*. Repositorio.ucv.edu.pe.
- Verma, V. (2017). *Implementation of Ladder Logic for Control of Pipeline Inspection Robot Using PLC*. S/c: link.springer.com.

Glosario

BUCLE: Un bucle o ciclo, en programación, es una secuencia que ejecuta repetidas veces un trozo de código, hasta que la condición asignada a dicho bucle deja de cumplirse.

CPU: es una abreviación de (Central Processing Unit) Unidad Central de Procesamiento, es un componente básico de la computadora personal u ordenador.

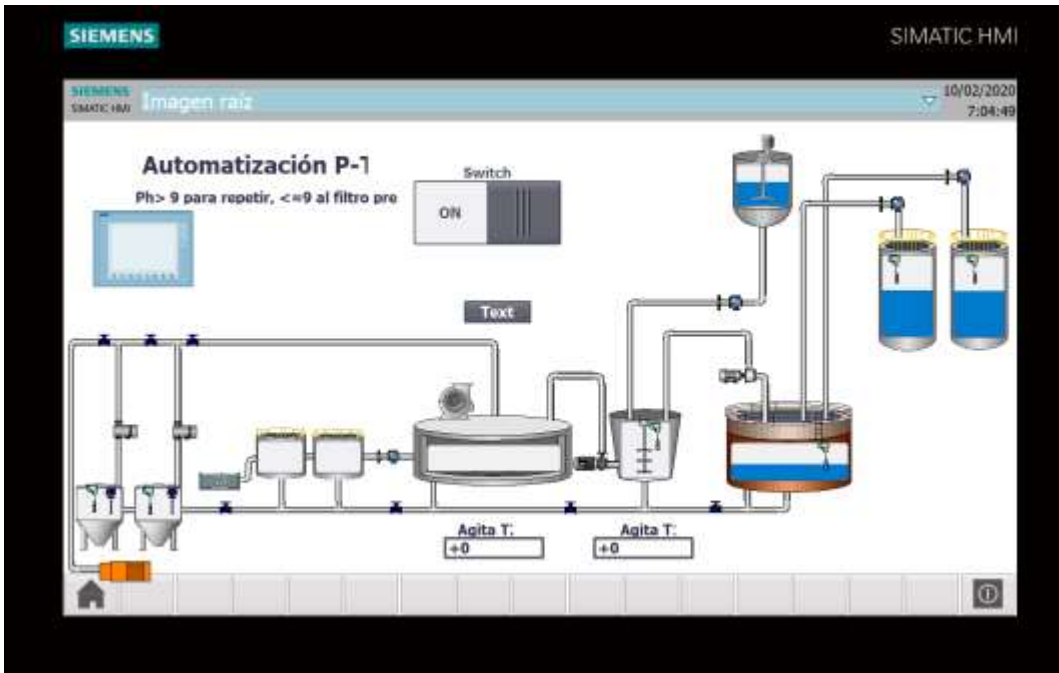
DAF: (Dissolved Air Flotation) es la flotación de aire disuelto (DAF por sus siglas en inglés) es un tratamiento de aguas o proceso que clarifica aguas residuales (u otras aguas) mediante la remoción de materia suspendida como aceites o sólidos.

EFLUENTE: Es un fluido procedente de una instalación industrial. El término proviene del verbo efluir, que alude al escape al exterior de un gas o de un líquido.

OPERABILIDAD: Grado o nivel de funcionamiento de algo tangible o intangible, ejemplo una máquina o un software respectivamente.

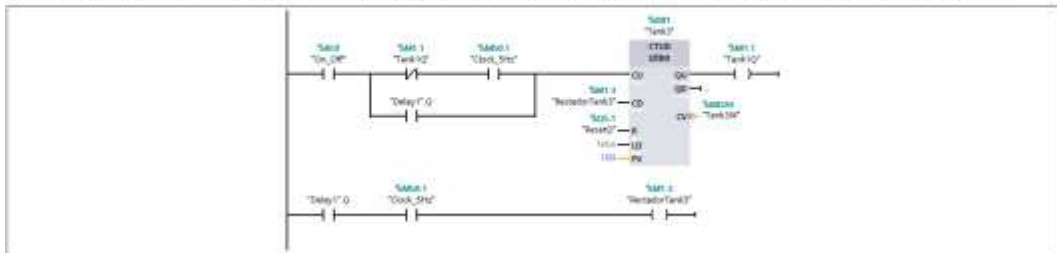
PLC: (Programmable Logic Controller) o por autómeta programable, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica.

PRESOSTATO: Es un instrumento que abre o cierra un circuito eléctrico, en función del cambio de un valor de presión prefijado, en un circuito.



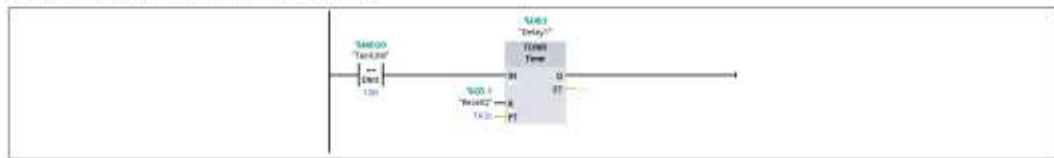
Segmento 2:

Encendido del PLC y llenado del Tanque 3, al mismo tiempo que se está descargando el tanque 1 y 2, se espera un tiempo (delay 1) y luego comienza a descargar.



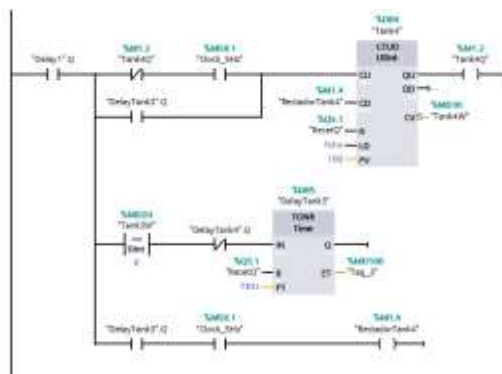
Segmento 3:

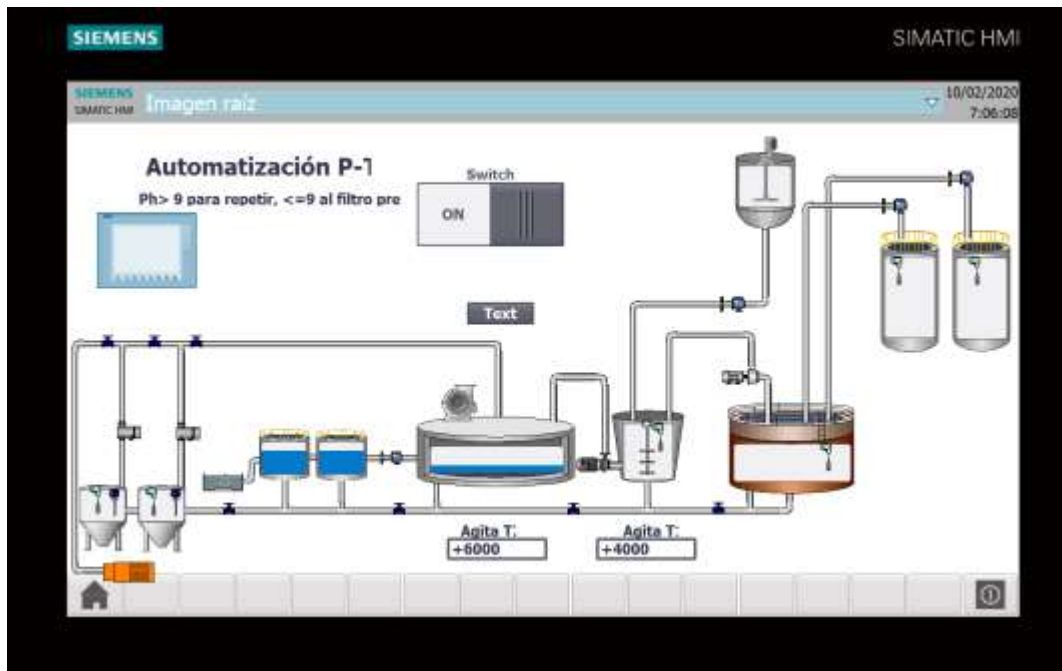
Configuración del Delay 1, si el Tanque 3 está lleno se activa



Segmento 4:

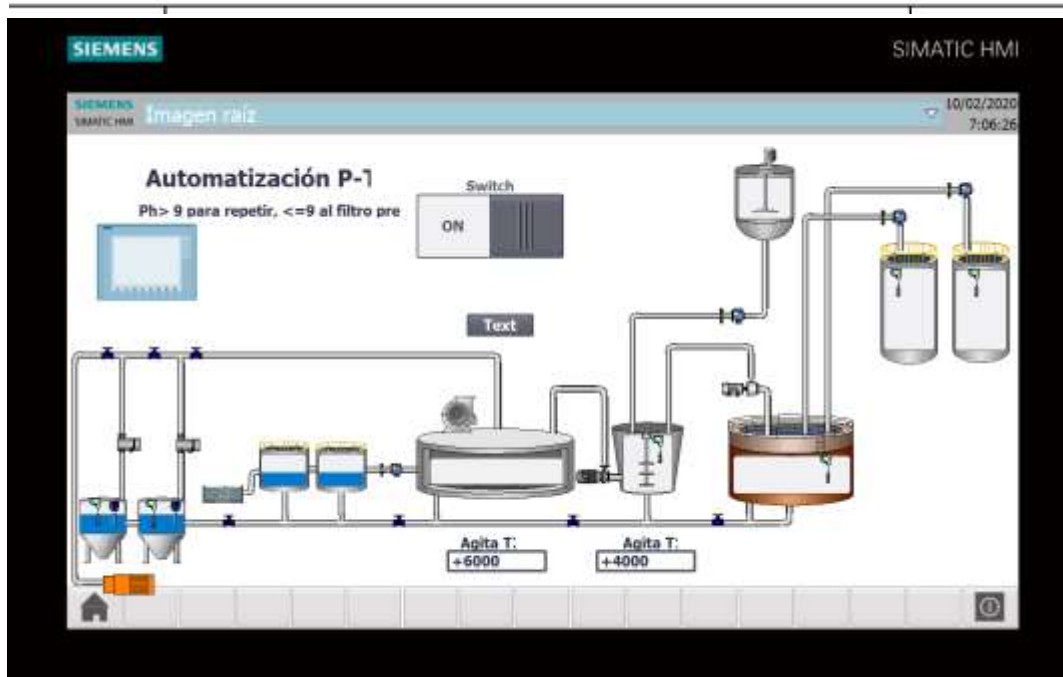
Cuando pase el tiempo del Delay 1 se comenzará a llenar el Tanque 4 y cuando esté totalmente lleno se activará el Delay 3 para que pase de la velocidad 1 a la velocidad 2 (cambio de color) y posterior a eso iniciar la descarga.

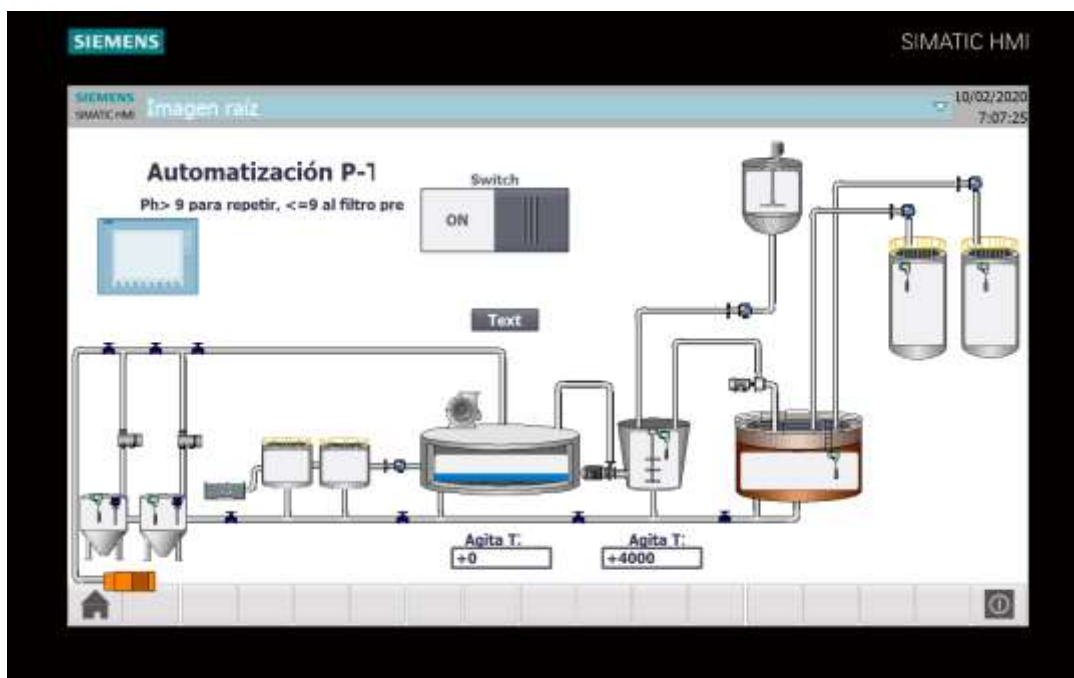
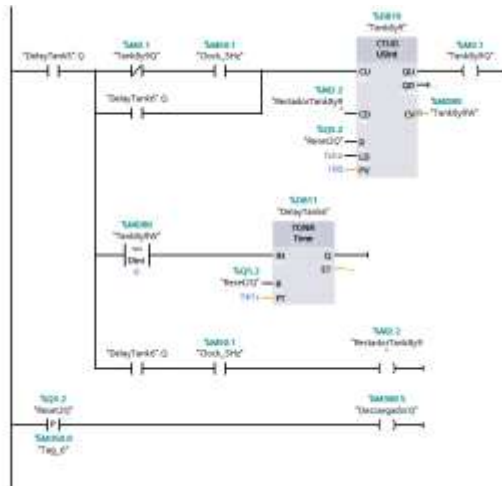




Segmento 7:

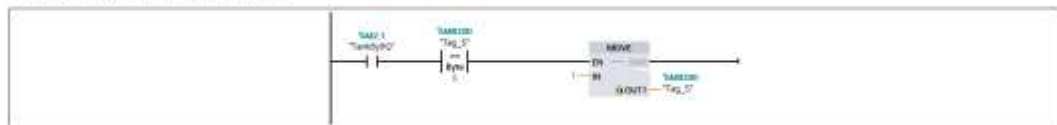
Mientras se descargan los 2 tanques anteriores, Estos dos últimos tanques se comienzan a llenar para que el sensor de Ph decida si llenar nuevamente el tanque 5 o terminar el proceso.





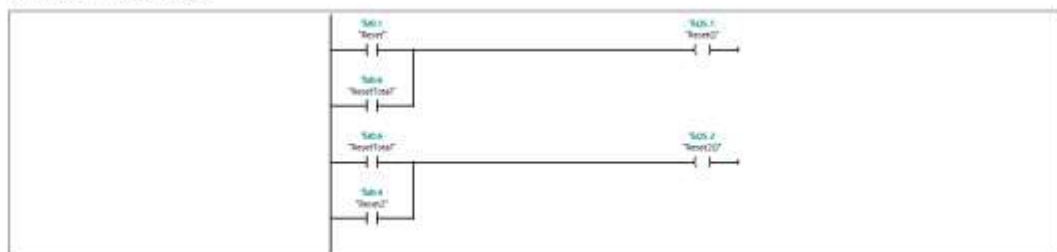
Segmento 8:

Indica cuantas veces se ha repetido el proceso



Segmento 9:

Configuración de Botón de Reset

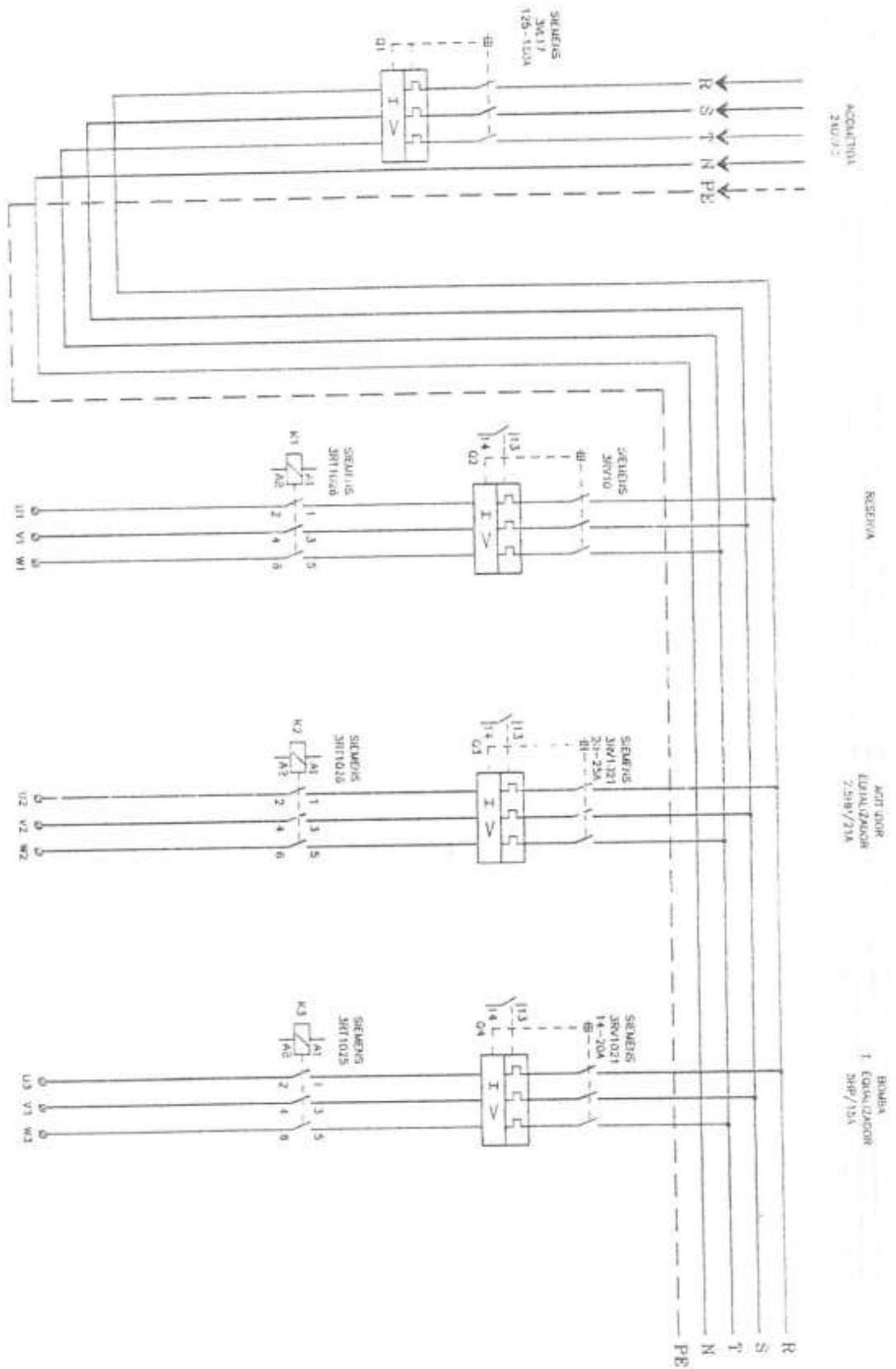


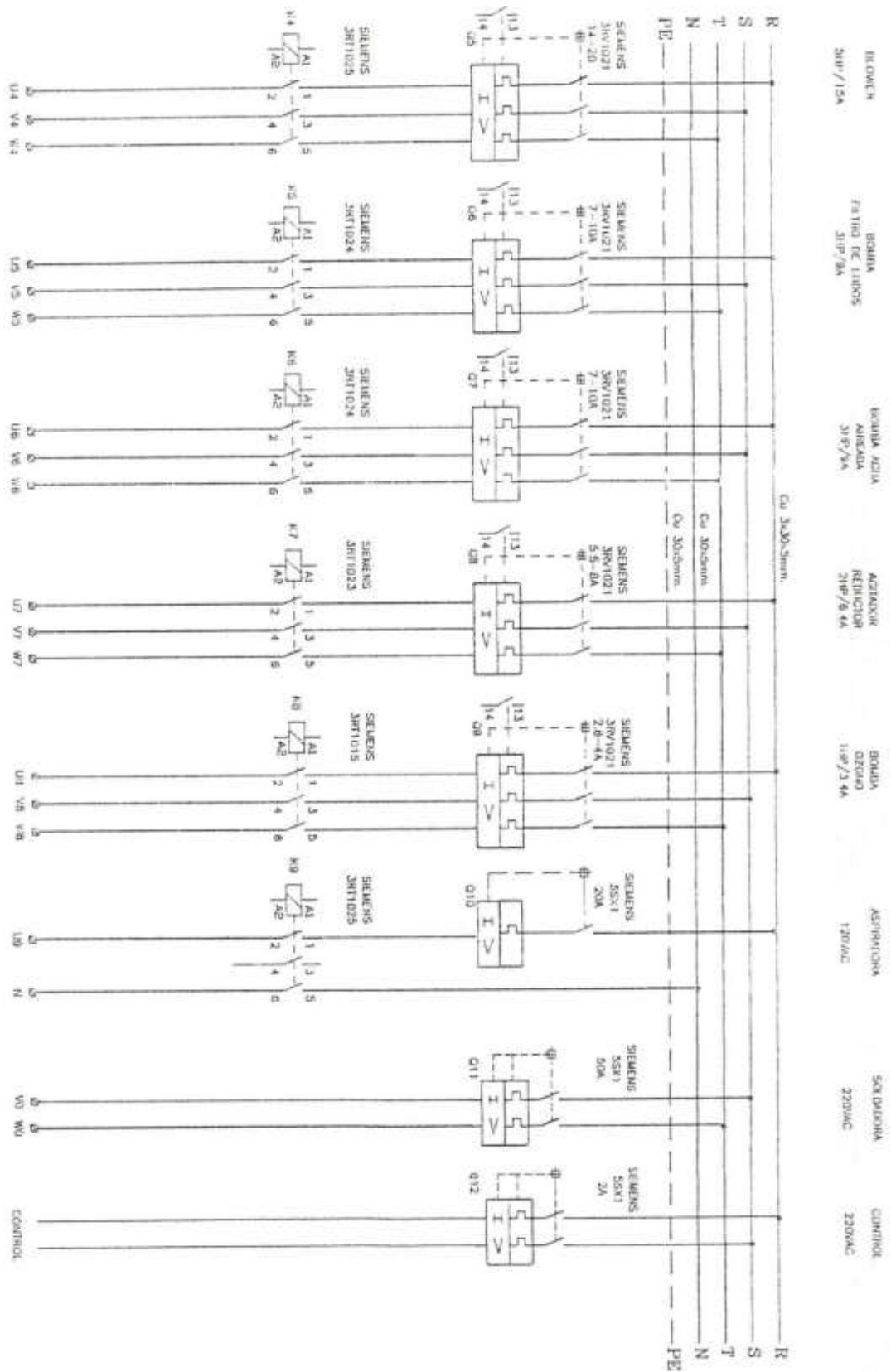
Anexo N°2.- Variables generadas

| Variables PLC | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|-----------------------|---------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Nombre | Tabla de variables | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Acces... | Escrib... | Visibl... |
| 1 | Vuelta1Q | Tabla de variables e. | Bool | %M00.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | Tank8y9W | Tabla de variables e. | DWord | %M080 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | Tank8y9Q | Tabla de variables e. | Bool | %M2.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Tank6W | Tabla de variables e. | DWord | %M070 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 5 | Tank6Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 6 | Tank5W | Tabla de variables e. | DWord | %M060 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 7 | Tank5Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 8 | Tank4W | Tabla de variables e. | DWord | %M030 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 9 | Tank4Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 10 | Tank3W | Tabla de variables e. | Dint | %M020 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11 | Tank1y2W | Tabla de variables e. | Dint | %M010 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12 | Tank1y2Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 13 | Tank1Q | Tabla de variables e. | Bool | %M1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14 | Tag_6 | Tabla de variables e. | Bool | %M050.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 15 | Tag_5 | Tabla de variables e. | Byte | %M0200 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 16 | Tag_4 | Tabla de variables e. | Time | %M0120 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 17 | Tag_3 | Tabla de variables e. | Time | %M0100 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 18 | Tag_2 | Tabla de variables e. | DWord | %M090 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 19 | Tag_1 | Tabla de variables e. | Bool | %I1.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 20 | Run | Tabla de variables e. | Bool | %Q0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21 | RestadorTank8y9 | Tabla de variables e. | Bool | %M2.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

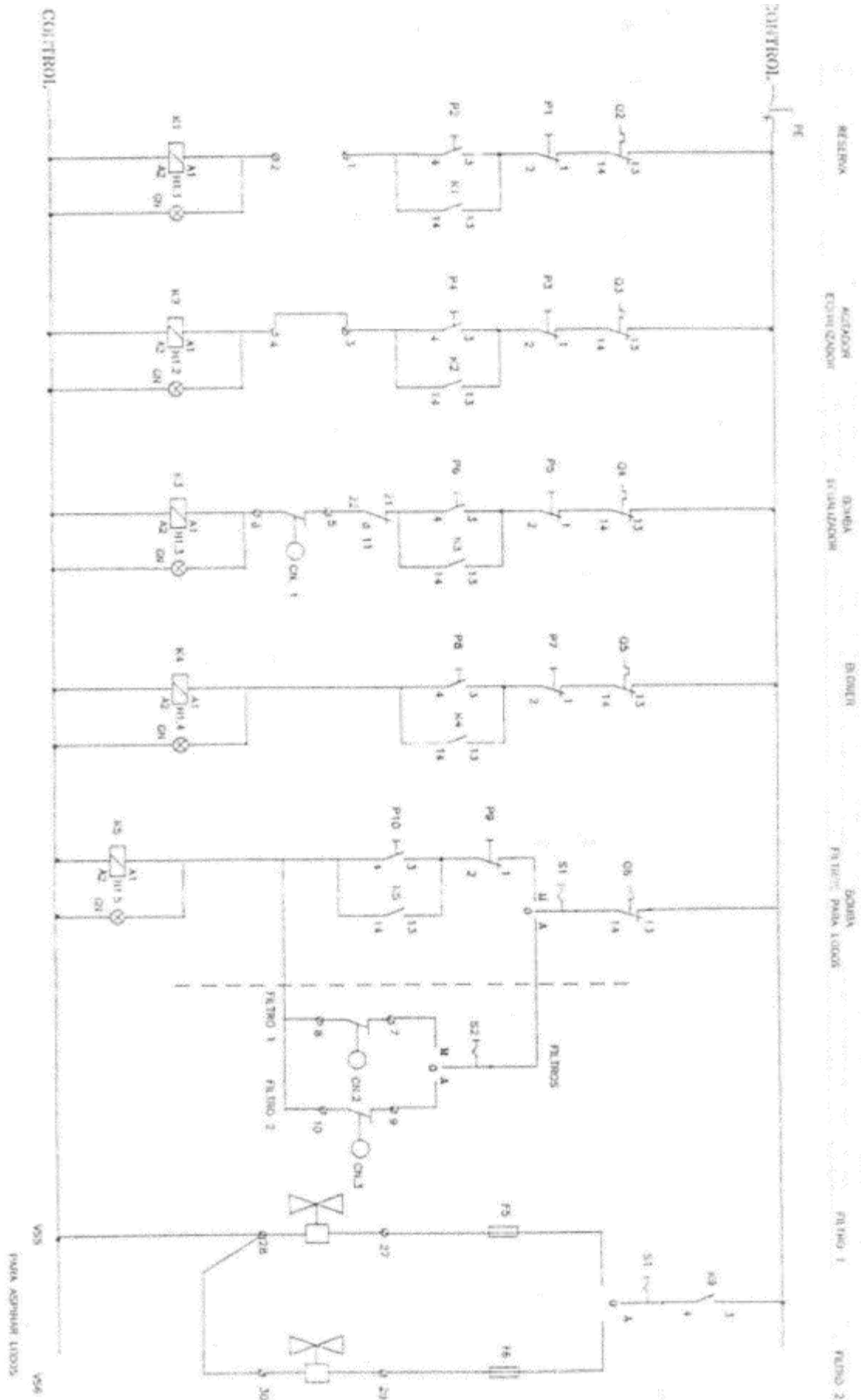
| Variables PLC | | | | | | | | |
|---------------|---------------|-----------------------|---------------|-----------|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Nombre | Tabla de variables | Tipo de datos | Dirección | Rema... | Acces... | Escrib... | Visibl... |
| 22 | RestadorTank6 | Tabla de variables e. | Bool | %M2.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 23 | RestadorTank5 | Tabla de variables e. | Bool | %M1.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 24 | RestadorTank4 | Tabla de variables e. | Bool | %M1.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 25 | RestadorTank3 | Tabla de variables e. | Bool | %M1.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 26 | ResetTotal | Tabla de variables e. | Bool | %I0.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 27 | ResetQ | Tabla de variables e. | Bool | %Q5.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 28 | Reset2Q | Tabla de variables e. | Bool | %Q5.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29 | Reset2 | Tabla de variables e. | Bool | %I0.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 30 | Reset | Tabla de variables e. | Bool | %I0.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 31 | ParpadeoTank3 | Tabla de variables e. | Bool | %M00.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 32 | On_Off | Tabla de variabl... | Bool | %I0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 33 | DescargadorQ | Tabla de variables e. | Bool | %M00.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 34 | Clock_Byte | Tabla de variables e. | Byte | %M050 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 35 | Clock_5Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.1 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 36 | Clock_2Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.3 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 37 | Clock_2.5Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.2 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 38 | Clock_1Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.5 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 39 | Clock_10Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.0 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 40 | Clock_1.25Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.4 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 41 | Clock_0.625Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.6 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 42 | Clock_0.5Hz | Tabla de variables e. | Bool | %M0.7 | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 43 | <Agregar> | | | | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

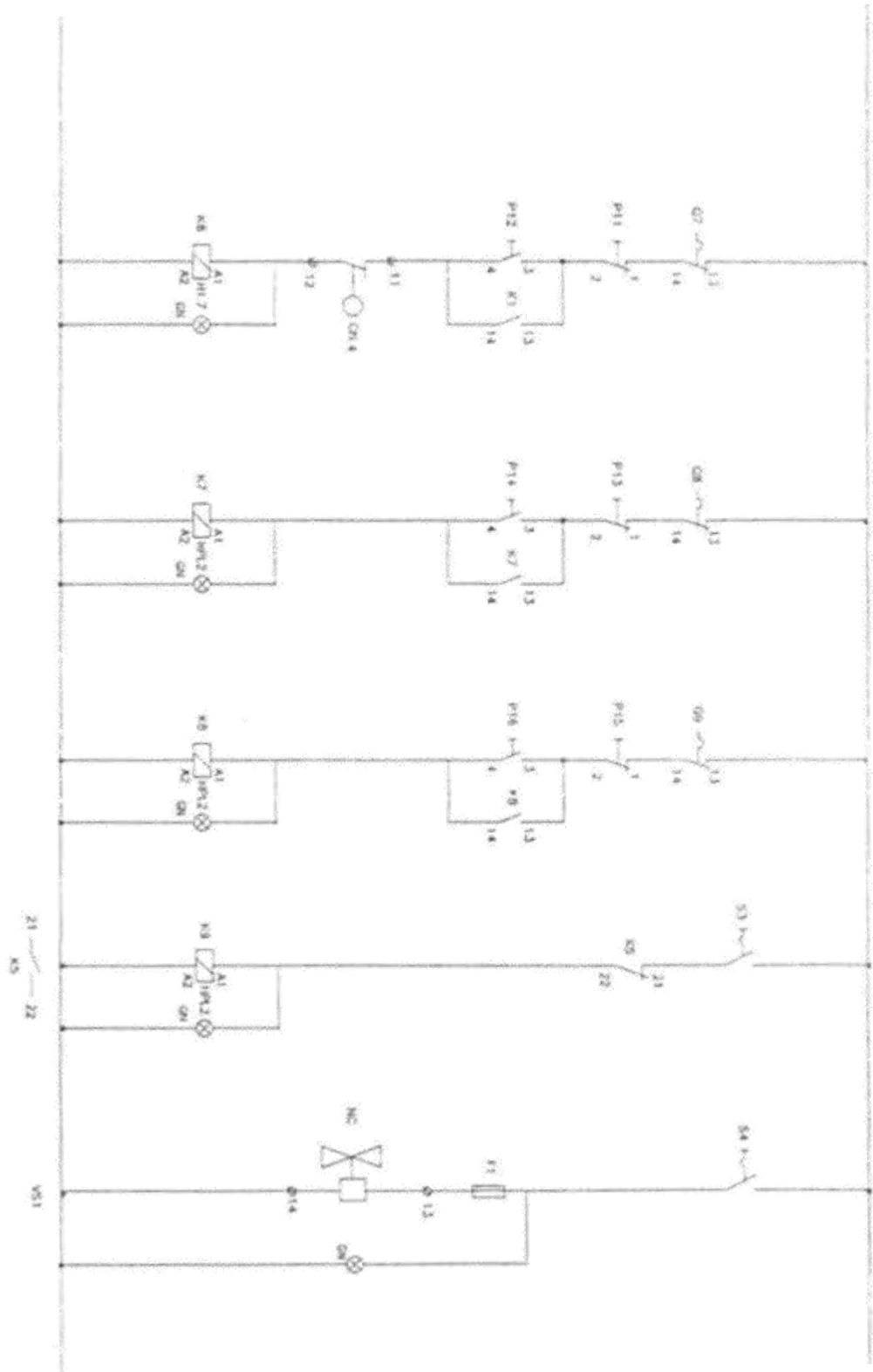
Anexo N°3.- Diagramas de Fuerza





Anexo N°4.- Diagrama de control





DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Eduardo Luis Páez Pazmiño, con C.C: # **0930950290** autor del trabajo de titulación: **Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de Oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico - Mecánico** 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, 5 de **marzo** del **2020**

f. _____

Nombre: Eduardo Luis Páez Pazmiño

C.C: **0930950290**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----|
| TEMA Y SUBTEMA: | Diseño de un automatismo eléctrico de un proceso de Oxidación en una planta de tratamiento de aguas residuales para la industria cartonera | | |
| AUTOR | Eduardo Luis Páez Pazmiño | | |
| REVISOR/TUTOR | Galarza Chacón, Luis Carlos | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. | | |
| CARRERA: | Ingeniería en Eléctrico – Mecánica | | |
| TITULO OBTENIDO: | Ingeniero Eléctrico – Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 5 de marzo del 2020 | No. DE PÁGINAS: | 86 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Energía Renovable, Instalaciones Eléctricas, Conversión de Energía | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | Sistema Fotovoltaico, Energía Renovable, Controlador de Carga, Baterías, Inversores. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT | | | |
| <p>En este Proyecto se da a conocer una solución para mejorar un proceso de tratamiento de aguas residuales, el cual consta de varias etapas para su respectivo desarrollo y realización. Una de las mejores soluciones para que un proceso sea eficaz es que trabaje de manera automática en su proceso más crítico, por esta razón se procedió a automatizar parte de su proceso, logrando así agilizar dicho tratamiento de agua residual e incluso reducir los costos de proceso mediante la eficiencia energética que nos da un proceso automático. La problemática presentada abordó que actualmente las empresas cartoneras producen láminas y cajas de cartón corrugado que sirven para el empaque de diversos productos, y como resultado de la producción se generan efluentes no aptos para su descarga al alcantarillado público, el objetivo principal de este estudio fue diseñar un automatismo eléctrico para el proceso de oxidación de una planta de tratamiento de aguas residuales de tinta y almidón, para el cumplimiento del objetivo se llevó a cabo una metodología investigativa y un método de análisis, que permitió tener un enfoque más profundo de sus partes para llegar a conclusiones generales que respondan al estudio propuesto y lograr cumplir así los objetivos establecidos previamente, entre las principales conclusiones se resalta que este diseño se enfocó en el proceso más delicado como es el de oxidación debido a que en este era el punto con más tendencia a sufrir del error humano y de este dependía los principales resultados del tratamiento de estos efluentes los cuales debían entrar al rango permisible de DBO y DQO solicitado por el ministerio de ambiente para toda industria generadora de efluentes.</p> | | | |
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593 969980225 | E-mail: marcopuco98@gmail.com | |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE): | Nombre: Ing. Philco Asqui, Luis Orlando, M.S.C. | | |
| | Teléfono: +593-4-980960875 | | |
| | E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec | | |
| SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA | | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | | |
| Nº. DE CLASIFICACION: | | | |
| DIRECCION URL (tesis en la web): | | | |