



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**CONTROL AUTOMATIZADO EN LA PLANTA DE DOSIFICACIÓN DE
POLÍMEROS, TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES,
CARGILL - DELICIA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

PRESENTADO POR:

21411168 LUIS JOSÉ OSEGUERA MANZANARES

ASESOR: INGENIERO JAVIER VILLANUEVA

CAMPUS SAN PEDRO SULA, CORTES

DICIEMBRE, 2018

DEDICATORIA

A DIOS por toda su gracia e infinitas bendiciones ya que nunca me ha abandonado en el camino, acompañándome siempre en todo momento, permitiendo que llegara a cumplir esta meta anhelada.

A mis padres, que siempre han demostrado su amor incondicional, respeto además de sus grandes consejos, apoyándome en todo momento y que además entregaron parte de su vida para convertirme en la persona que soy ahora, ellos son todo para mí y les estaré eternamente agradecido. Ellos junto con mi hermana, siempre serán mi más grande Bendición y agradezco mucho a Dios por sus vidas.

A mi hermana, por su gran cariño y siempre contar con ella en todo momento que Dios le permita alcanzar todos sus sueños.

A mis amigos, con los que compartí, con los que además recorrí este camino y que juntos logramos cumplir nuestra meta.

A la Asociación de Fulbright de Honduras, por creer en mis capacidades y por tener siempre su apoyo en mi camino universitario.

Al personal de Cargill de Honduras, por su gran soporte, calidez humana, buenos consejos y haber confiado en mi persona.

A todas las personas que han sido parte de este camino e impactado de alguna forma en mi vida infinitas gracias.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	2
2.1 Cargill.....	2
2.1.1 Cargill Meats Central America, CMCA.....	2
2.1.2 Cargill de Honduras S. de R. L.	2
2.1.3 MISIÓN.....	3
2.1.4 VISIÓN	3
2.1.5 Marcas de Cargill de Honduras S. de R.L.	3
2.1.6 Ubicación Planta Embutidos Delicia.....	4
2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO.....	5
2.2.1 Departamento de Mantenimiento.....	5
2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	5
2.4 OBJETIVOS.....	5
2.4.1 Objetivo general.....	6
2.4.2 Objetivos específicos	6
III. MARCO TEÓRICO	7
3.1 SISTEMAS DE CONTROL.....	8
3.1.1 Control básico en equipo eléctrico.....	8
3.1.2 Corriente continua y corriente alterna	8
3.1.3 Señales analógicas y digitales	9
3.2 El PLC.....	12
3.2.1 Funciones Básicas.....	12
3.2.2 Campos de aplicación.....	13

3.2.3	<i>Estructura de un PLC</i>	14
3.2.4	<i>El controlador modular compacto S7-1200</i>	15
3.2.5	<i>Lógica del autómata</i>	15
3.3	PANTALLA HMI.....	20
3.3.1	<i>HMI</i>	20
3.4	PROTECCIÓN DEL PANEL ELÉCTRICO.....	21
3.4.1	<i>Fusibles</i>	21
3.4.2	<i>Tipos de Fusible</i>	22
3.5	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	22
3.5.1	<i>Bomba Hidráulica</i>	23
3.5.2	<i>Tanque de Almacenamiento</i>	24
3.5.3	<i>Tanque DAF</i>	24
3.5.4	<i>Polímero</i>	25
3.5.5	<i>Caudalímetro</i>	25
IV.	METODOLOGÍA	27
4.1	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	27
4.1.1	<i>Variable dependiente</i>	27
4.1.2	<i>Variabes independientes</i>	27
4.2	ENFOQUE Y MÉTODOS.....	27
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	28
4.3	Técnicas Aplicadas.....	28
4.3.1	<i>Fuentes de Información</i>	28
4.3.2	<i>Instrumentos Aplicados</i>	29
4.4	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	30

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO	31
5.1 Confidencialidad.....	31
5.2 Análisis inicial.....	31
5.3 Tanque dosificador de polímero.....	31
5.3.1 Elementos del tanque dosificador de polímero.....	32
5.3.2 Panel de Control.....	33
5.3.3 PLC S7 1200.....	33
5.3.4 Pantalla HMI.....	35
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41
7.1 Para la empresa	41
7.2 Para la universidad	41
VIII. BIBLIOGRAFÍA	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Logo de Cargill.....	2
Ilustración 2 - Ubicación de la Planta de Embutidos Delicia.....	4
Ilustración 3 - Señal corriente continua y alterna.....	9
Ilustración 4 - Pulsos digitales.....	11
Ilustración 5 - Estructura interna de un PLC.....	14
Ilustración 6 - PLC SIMATIC S7 1200.....	15
Ilustración 7 - Ejemplo de programación Ladder.....	19
Ilustración 8 - TIA PORTAL LOGO.....	20

Ilustración 9 - Diferentes Pantallas HMI.....	21
Ilustración 10 - Un porta-fusible.....	22
Ilustración 11 - Ejemplo de Tanque DAF.....	25
Ilustración 12 - Esquema del Tanque de Polímero.....	32
Ilustración 13 - Esquema de Pantalla Principal HMI, Tanque de Polímero.....	35
Ilustración 14 - Esquema de Segunda Pantalla HMI, Tanque de Polímero.....	37
Ilustración 15 - Esquema de Pantalla Indicadora de Fallas HMI, Tanque de Polímero.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Dispositivos electromecánicos y dispositivos electrónicos.....	8
Tabla 2 - Equivalencia de algunos símbolos eléctricos y su instrucción al PLC.....	18
Tabla 3 - Cronograma de actividades.....	28

GLOSARIO

- **Algoritmo:** En términos de programación, un algoritmo es una secuencia de pasos lógicos que permiten solucionar un problema.
- **Caudal:** Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto (tubería, cañería, oleoducto...) por unidad de tiempo.
- **HMI:** Es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario.
- **Interfaz:** Conexión funcional entre dos sistemas, programas, dispositivos o componentes de cualquier tipo, que proporciona una comunicación de distintos niveles permitiendo el intercambio de información.
- **Lenguaje Ladder:** Es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.
- **PLC:** Es un dispositivo utilizado en la ingeniería automática o automatización industrial.
- **Polímero:** Son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros.
- **Pulso:** Es un tipo de señal generada por algún fenómeno electromagnético.
- **Sensor:** Es todo aquello que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad.
- **Tanque:** Son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable.

I. INTRODUCCIÓN

Daneri (2008) Afirma: Para alcanzar elevados niveles de productividad en la industria, resulta indispensable aplicar tecnología de automatización y control. (p. 3)

Actualmente en Cargill de Honduras S. de R.L. específicamente en la Planta de Embutidos Delicia se cuenta con diferentes áreas de trabajo o líneas, por ejemplo, está la parte del área de producción es aquí donde inicia todo el proceso de elaboración de los embutidos desde materia prima hasta obtener un producto listo para su empaque como ser salchichas, jamón, mortadela, extremeños etc. y en otro caso se encuentra el área de empaquetado del producto que como su nombre lo dice aquí se traslada el producto realizado en el área de producción para su posterior sellado y entrega del producto para su posterior distribución.

Además, la empresa cuenta con otras áreas como lo son el área de mantenimiento, que es la que vela por el mantenimiento e inspecciones a todo el equipo tanto eléctrico, hidráulico, mecánico y neumático de la planta en general.

En este caso se toma en cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales cuya situación es un tanto interesante, el control de su proceso es muy bueno pero se puede optimizar lo que sucede es que el panel de control de la planta de tratamiento de aguas está un poco desfasado tecnológicamente, por lo que la empresa desea actualizar el panel con la ayuda de un PLC para una mejor gestión del proceso y así es como nace este proyecto que básicamente es migrar el control principal del panel a un PLC Siemens S7 1200, crear una nueva lógica en la programación para la realización del proceso y optimar la eficiencia del mismo que realiza la planta de tratamiento de aguas residuales.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 Cargill

Cargill está presente en 70 países con más de 155,000 empleados a nivel mundial quienes trabajan incansablemente para lograr el propósito de alimentar al mundo de una manera segura, responsable y sustentable.

Cargill tiene el compromiso de ayudar al mundo a prosperar.



Ilustración 1 - Logo de Cargill.

Fuente: Página WEB Oficial Cargill.

2.1.1 Cargill Meats Central America, CMCA.

Cargill opera en Centroamérica desde 1969 con dos negocios principales: carnes y aves de corral, y nutrición animal. Les ofrecemos a los clientes una amplia variedad de productos frescos y congelados de aves de corral, directamente en las tiendas locales.

Comercializamos productos bajo las marcas más reconocidas y confiables en los países en los que operamos. Con presencia en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Colombia, Cargill emplea un equipo de más de 15,000 empleados en la región.

2.1.2 Cargill de Honduras S. de R. L.

Ubicaciones: Nuestra oficina principal se encuentra en San Pedro Sula, pero contamos con operaciones en 11 ciudades de todo el país: Tocoa, La Ceiba, San Pedro Sula, Villanueva, Santa Cruz de Yojoa, Siguatepeque, Comayagua, Tegucigalpa, Juticalpa, Danlí y Choluteca.

Cargill opera en Centroamérica desde 1969 con dos negocios principales: Cargill Protein (carnes y aves de corral) y Cargill Feed and Nutrition (nutrición animal). Con presencia en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Colombia, Cargill emplea un equipo de más de 15,000 empleados en la región.

En Honduras, contamos con más de 2,300 empleados. En Cargill de Honduras S. de R.L. los centros principales son: Planta de Embutidos DELICIA, Planta PRONORSA y Planta ALCON.

2.1.3 MISIÓN

La filosofía de Cargill se basa en nutrir a las comunidades en las que operamos. A pesar de avances en algunas zonas, la seguridad alimentaria continúa siendo un reto en Centro América.

2.1.4 VISIÓN

Al 2020, ser reconocidos como una empresa líder en impacto social en materia de nutrición y educación en las comunidades donde operamos y por contribuir con el desarrollo de nuestra gente, clientes y proveedores permitiéndoles prosperar.

2.1.5 Marcas de Cargill de Honduras S. de R.L.

2.1.5.1 Marcas de pollo y embutidos

- ✓ Pollo Norteño.
- ✓ Delicia.
- ✓ Pollo Rico.
- ✓ San Miguel.
- ✓ Mike's.
- ✓ Castillo del Roble.
- ✓ Premier.

2.1.5.2 Marcas de nutrición animal

- ✓ ALCON.
- ✓ Dogui.
- ✓ Gati.
- ✓ Pet Master.

2.1.6 Ubicación Planta Embutidos Delicia.

San Pedro Sula, 6 avenida SE entre 18 y 19 calle SE.



Ilustración 2 - Ubicación de la Planta de Embutidos Delicia.

Fuente: (Google Maps, s.f)

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

2.2.1 Departamento de Mantenimiento

El departamento en el que me han asignado es el Departamento de Mantenimiento de Cargill de Honduras, específicamente en la Planta de Embutidos Delicia.

El departamento de mantenimiento es el que vela por toda la seguridad en la empresa, tanto de máquinas, estructuras y personas. Es el encargado de brindar todo el mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a las máquinas y estructuras de la planta.

2.3 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Actualmente en Cargill de Honduras S. de R.L. específicamente en la Planta de Embutidos Delicia se cuenta con diferentes áreas de trabajo, por ejemplo, está la parte de producción, empaquetado de los productos y otras.

Como supervisor de mantenimiento se vela que todas las instalaciones y equipo en la planta se encuentren en óptimas condiciones. En este caso se toma en cuenta la planta de tratamiento de aguas residuales cuya situación es un tanto interesante, el control de su proceso es muy bueno pero lo que sucede es que el panel de control de la planta de tratamiento de aguas está un poco desfasado tecnológicamente y esto ha ocasionado cierto tipo de problemas en su funcionamiento, por lo que la empresa desea actualizar el panel con la ayuda de un PLC y así es como nace este proyecto que básicamente es migrar el control principal del panel a un PLC Siemens S7 1200 y mejorar la eficiencia del proceso que realiza la planta de tratamiento de aguas.

2.4 OBJETIVOS

Según Galpin (2013) "El proceso de establecimiento de objetivos es imprescindible para alcanzar las metas deseadas".

A continuación, se presenta los objetivos tanto general y específicos del presente informe:

2.4.1 Objetivo general

Desarrollarse como Supervisor en el área de mantenimiento y analista de la planta de tratamiento de aguas en Cargill-Planta Embutidos Delicia.

2.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Analizar el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta con el fin de entender sus características.
- ✓ Establecer un control de la planta de tratamiento de aguas para optimizar su eficiencia.
- ✓ Identificar la mejoría del proceso de la planta de tratamiento de aguas a través de pruebas piloto.

III. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo contiene el sustento teórico del proyecto. En este se menciona ciertos argumentos y descripciones generales respecto al trabajo de investigación.

Antes, por favor analice el siguiente pensamiento.

Según Barragán Serrano, Esquivel Lara, & Villalobos Ordaz (2009) Afirma: "El ingeniero ocupa una posición clave con respecto a la fabricación, ya sea diseñando productos o equipos de fabricación, o dirigiendo una planta de elaboración".

Como usted puede ver el ingeniero tiene un papel sumamente importante y crítico en lo que el mundo industrial e investigativo se refiere.

Cabe destacar que se mencionó anteriormente en la descripción de la empresa Cargill de Honduras, esta cuenta con el departamento de mantenimiento, el cual es un área sumamente delicada ya que se encarga prácticamente del funcionamiento correcto de toda la planta.

Según García Garrido (2012):

No es posible gestionar adecuadamente un departamento de mantenimiento si no se establece un sistema que permita atender las necesidades de mantenimiento correctivo (la reparación de averías) de forma eficiente. De poco sirven nuestros esfuerzos para tratar de evitar averías si, cuando éstas se producen, no somos capaces de proporcionar una respuesta adecuada (p.57).

En este caso se enfocará en una de las áreas de las cuales el departamento de mantenimiento se encarga, es la planta de tratamiento de aguas residuales o de aguas grises.

3.1 SISTEMAS DE CONTROL

3.1.1 Control básico en equipo eléctrico

El control en equipos eléctricos se logra por medio de dispositivos principalmente, electromecánicos y electrónicos. Observar Tabla 1 más adelante.

Los dispositivos electromecánicos: Son los que combinan partes eléctricas y mecánicas para conformar su mecanismo. Ejemplos de estos dispositivos son los motores eléctricos y los dispositivos mecánicos movidos por estos, así como las ya obsoletas calculadoras mecánicas y máquinas de sumar; los relés; las válvulas a solenoide; y las diversas clases de interruptores y llaves de selección eléctricas.

Los dispositivos electrónicos: Se suelen encapsular, generalmente en un material cerámico, metálico o plástico, y terminar en dos o más terminales o patillas metálicas. Se diseñan para ser conectados entre ellos, normalmente mediante soldadura, a un circuito impreso, para formar el mencionado circuito.

Tabla 1 - Dispositivos electromecánicos y dispositivos electrónicos.

<i>Dispositivos electromecánicos</i>	<i>Dispositivos electrónicos</i>
<ul style="list-style-type: none">• Interruptores (switch)• Relevadores• Contactores• Actuadores	<ul style="list-style-type: none">• Resistencias• Diodos• Elementos de estado sólido (transistores, IGBT, FET, powermosfet, relevadores de estado sólido, tiristores)

Fuente: (Carman Avendaño, 2013).

3.1.2 Corriente continua y corriente alterna

“Una de las tecnologías más importantes en automatización es la electrotecnia, porque la mayoría de los sistemas técnicos necesitan energía eléctrica para funcionar y, además, para procesar las señales de entrada” (F. Ebel, S. Idler, D. Scholz, & G. Prede, 2008).

Se puede diferenciar entre corriente continua y corriente alterna:

- ✓ Si la tensión en un circuito siempre actúa en un mismo sentido, la corriente siempre fluye en un mismo sentido. En ese caso, se trata de corriente continua, es decir, de un circuito de corriente continua.
- ✓ Tratándose de corriente alterna, es decir, de un circuito de corriente alterna, la tensión y la intensidad cambian su sentido y carga en una frecuencia determinada.

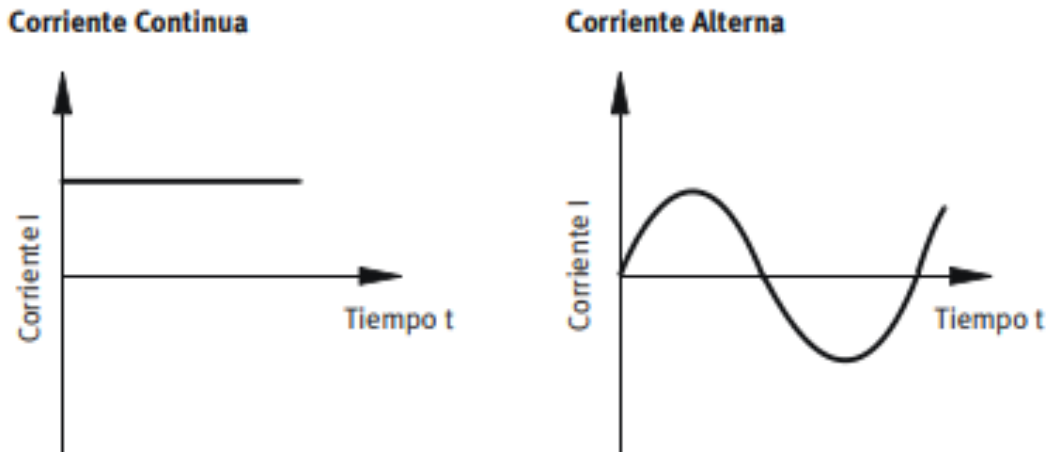


Ilustración 3 - Señal corriente continua y alterna.

Fuente: (F. Ebel, S. Idler, D. Scholz, & G. Prede, 2008).

3.1.3 Señales analógicas y digitales

García Lorenzo, Huerta Pellitero, & Sánchez de la Lama, (2014) Afirma: “La información que se suministrará al sistema, independientemente de la tecnología utilizada, viene caracterizada por una o varias magnitudes”.

Una magnitud es una propiedad física que puede medirse cuantitativamente. Dependiendo de la naturaleza de las mismas podemos dividir las en analógicas y digitales. Se denomina **señal** a la evolución en el tiempo de dichas magnitudes. Entre dichas magnitudes podemos mencionar: Las magnitudes analógicas y digitales.

- **Las magnitudes analógicas:** Son aquellas que toman valor en un rango continuo. Matemáticamente se asocian con números reales o conjuntos de los mismos. Se

pueden poner muchos ejemplos de magnitudes analógicas: temperatura, voltaje, fuerza, etc. La mayoría de los fenómenos naturales se miden utilizando magnitudes analógicas.

- **Las magnitudes digitales:** Toman valor en un rango discreto. Al igual que las magnitudes analógicas podemos asociarlas con un subconjunto matemático: los números enteros.

Sabiendo que la mayoría de los fenómenos naturales se miden mediante magnitudes analógicas, se podría llegar a pensar que los sistemas digitales tienen un ámbito de aplicación más reducido que los sistemas analógicos.

Esto no es cierto en absoluto, si bien es cierto que los sistemas digitales solo pueden manipular información digital, la información analógica puede transformarse en información digital mediante **convertidores analógico / digitales** y la información digital puede transformarse en información analógica mediante **convertidores digital / analógicos**.

3.1.3.1 Señales digitales

En la actualidad la información manejada por dichos sistemas es binaria, es decir, la información se compone por secuencias de dos dígitos: el "0" y el "1". Se suele denominar al "1" como valor cierto y al "0" como valor falso. Esta información se codifica mediante una magnitud física: el voltaje. Cada tecnología define dos valores de voltaje: valor bajo (VL) y valor alto (VH). Generalmente se hace coincidir a VL con el valor "0" y VH con el valor "1".

"Denominaremos **flanco** a una transición entre dos niveles. Si esta transición es de "0" a "1", recibirá el nombre de *flanco de subida*, mientras que si es de "1" a "0" recibirá el nombre de *flanco de bajada*" (Miyara, 2004).

La señal entre dos flancos recibirá el nombre de **pulso**. Si se encuentra entre un flanco de subida y uno de bajada se estará hablando de un pulso positivo, mientras que si se encuentra entre un flanco de bajada y uno de subida estaremos hablando de un pulso negativo.

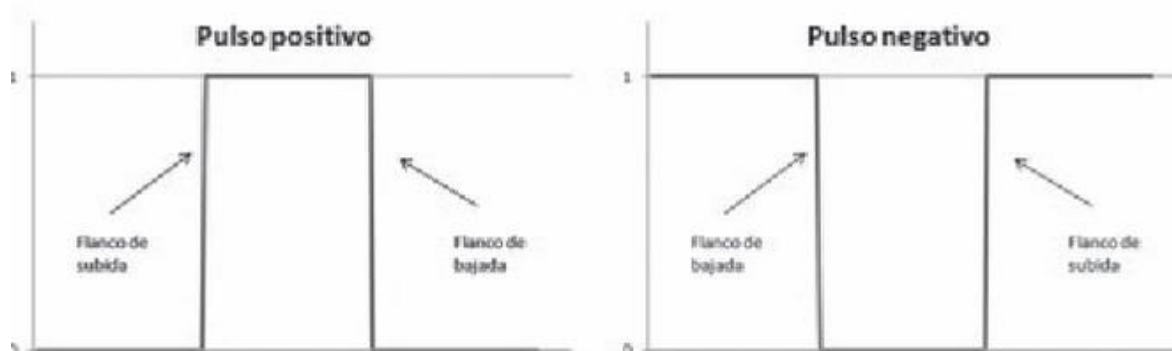


Ilustración 4 - Pulsos digitales.

Fuente: (García Lorenzo, Huerta Pellitero, & Sánchez de la Lama, 2014).

3.1.3.1.1 Ventajas de los sistemas digitales

Actualmente la electrónica digital está experimentando un gran empuje y se está imponiendo en mercados en los que tradicionalmente se imponía la electrónica analógica. Esto se debe a sus numerosas ventajas:

- **Sencillez.** El diseño de circuitos digitales es relativamente simple reduciendo el tiempo de diseño y abaratando el coste del producto.
- **Menor sensibilidad a ruidos.** Al transmitir la señal por un determinado medio ésta puede atenuarse y degradarse. La señal digital en muchos casos puede amplificarse y regenerarse.
- **Tolerancia a fallos.** Existen numerosos sistemas de codificación digital capaces de detectar información corrupta y en algunos casos regenerarla.
- **Facilidad de almacenamiento.** Existen numerosos sustratos capaces de almacenar de forma barata gran cantidad de información digital (memorias flash, discos duros magnéticos...).

3.2 EL PLC

“Conocido como Controlador Lógico Programable, está a cargo de los enlaces y procesamientos de señales y está constituido por tres partes: la entrada de señales, la unidad central y la salida de señales” (Carman Avendaño, 2013).

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.

También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica.

La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real.

Según (Moreno, 2011) “Los PLC son utilizados donde se requieran tanto controles lógicos como secuenciales o ambos a la vez”.

Los PLC disponen de una unidad central la cual está compuesta de un procesador y una memoria de programas.

3.2.1 Funciones Básicas

- ✓ **La detección:** Lectura de la señal de los captadores distribuidos por el sistema de fabricación.
- ✓ **El mando:** Elabora y envía las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.

- ✓ **El diálogo hombre máquina:** “Mantener un diálogo con los operarios de producción obedeciendo sus consignas e informando del estado del proceso” (Martínez, 2012).

3.2.2 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo, para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización.

Por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, o control de instalaciones, entre otras.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie principalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- ✓ Espacio reducido.
- ✓ Procesos secuenciales.
- ✓ Maquinaria de procesos variables.
- ✓ Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- ✓ Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Ejemplos de aplicaciones generales:

- ✓ Maniobra de máquinas.
- ✓ Maquinaria de embalajes.

- ✓ Instalaciones de seguridad.
- ✓ Señalización y control.

3.2.3 Estructura de un PLC

La estructura básica de un PLC está compuesta por lo siguiente:

- ✓ La CPU.
- ✓ Las interfases de entradas.
- ✓ Las interfases de salidas.

Esta estructura se puede observar en la Ilustración 4 siguiente:

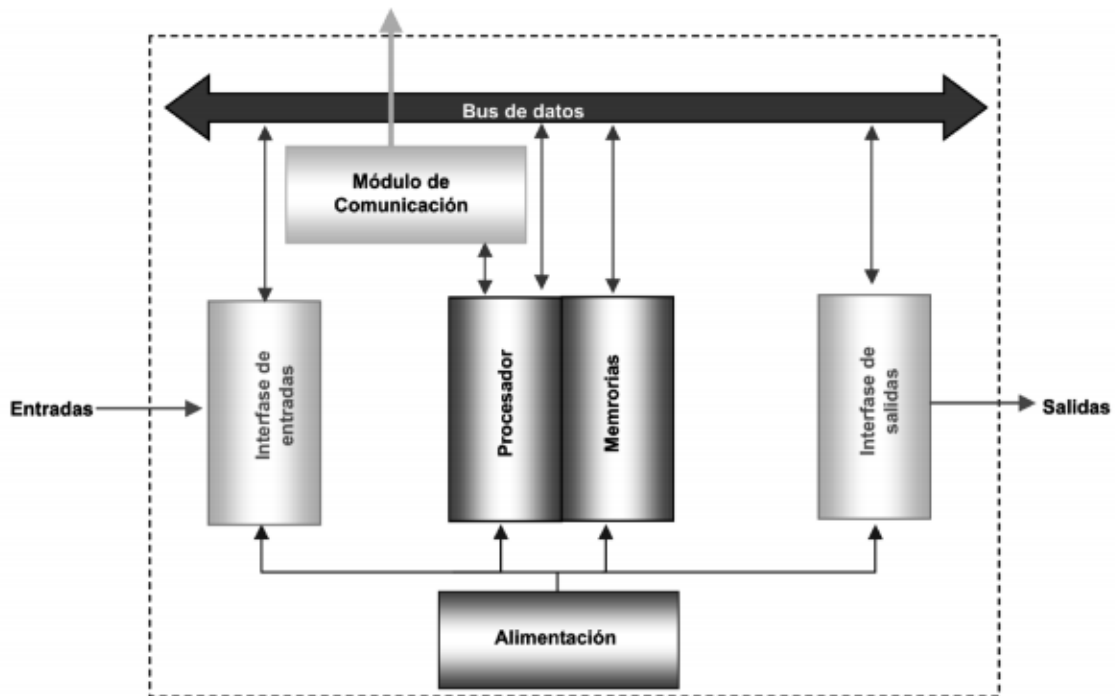


Ilustración 5 - Estructura interna de un PLC.

Fuente: (Martinez, 2012).

Existen diversas gamas y modelos de PLC en el mundo dependiendo de su marca, cada una con sus características distintivas, en este caso se opta por el uso de un PLC SIEMENS S7 1200.

A continuación, la Ilustración 6 muestra el dispositivo autómatas en cuestión.



Ilustración 6 - PLC SIMATIC S7 1200.

Fuente: Página Oficial SIEMENS SIMATIC.

3.2.4 El controlador modular compacto S7-1200

Proporciona la potencia y flexibilidad para controlar una amplia variedad de dispositivos de apoyo a sus necesidades de automatización.

“El diseño compacto, configuración flexible y potente conjunto de instrucciones se combinan para hacer que el S7-1200 sea la solución perfecta para el control de una amplia variedad de aplicaciones”(SIEMENS AG, 2015).

3.2.5 Lógica del autómatas

3.2.5.1 Algoritmo

Moreno Pérez (2014) afirma: “Un algoritmo es un conjunto de instrucciones o pasos para resolver un problema”.

El algoritmo es la especificación concisa del método para resolver un problema con indicación de las acciones a realizar. Un algoritmo es un conjunto finito de reglas que dan

una secuencia de operaciones para resolver un determinado problema. Es, por consiguiente, un método para resolver un problema que tiene en general una entrada y una salida.

En la práctica, un algoritmo es un método para resolver problemas mediante los pasos o etapas siguientes:

- Diseño del algoritmo que describe la secuencia ordenada de pasos sin ambigüedades conducentes a la solución de un problema dado (Análisis del problema y desarrollo del algoritmo).
- Expresar el algoritmo como un programa en un lenguaje de programación adecuado. (Fase de codificación).
- Ejecución y validación del programa por la computadora.

Los algoritmos se suelen escribir en pseudocódigo o en otras herramientas de programación como diagramas de flujo o diagramas.

En el caso de los PLC, la programación puede ser realizada en diferentes lenguajes, tales como ladder o KOP, bloques de función o FUP, listado de instrucciones o AWL, texto estructurado, etc.

3.2.5.2 Lenguaje Ladder

Existen distintos tipos de lenguaje de programación de un PLC, quizás el más común sea la programación tipo escalera o ladder.

Un PLC tiene muchas terminales "de entrada" y también muchos terminales de salida, a través de los cuales se producen las señales "alta" o "baja" que se transmiten a las luces de energía, solenoides, contactores, pequeños motores y otros dispositivos que se prestan a control ON/OFF.

En un esfuerzo por hacer PLC fácil de programar, el lenguaje de programación ladder fue diseñado para asemejarse a los diagramas de lógica de escalera.

Por lo tanto, un electricista industrial o ingeniero eléctrico, acostumbrados a leer esquemas de lógica ladder se sentirán más cómodos con la programación de un PLC si se maneja con el lenguaje ladder.

Los diagramas de escalera son esquemas de uso común para representar la lógica de control de sistemas industriales. Se le llama diagrama "escalera" porque se asemejan a una escalera, con dos rieles verticales (de alimentación) y "escalones" (líneas horizontales), en las que hay circuitos de control que definen la lógica a través de funciones.

Estudiez (2012) "El lenguaje Ladder, diagrama de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos".

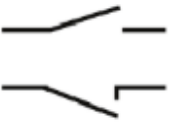

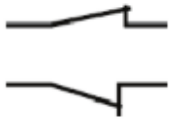


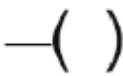


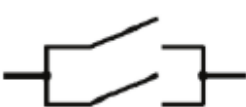

De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

Al programar en ladder o KOP, se emplea un formato de programación gráfico, compuesto por varios segmentos. En dichos segmentos se pueden encontrar contactos en estado normal abierto y/o cerrado, bobinas y cuadros de funciones.

Las conexiones de las señales y estándares de programación varían un poco entre los diferentes modelos de PLC, pero los conceptos son los mismos, así que tanto el cableado de alimentación como la programación son de alguna forma genéricos.

En la Tabla 2 se pueden observar las equivalencias entre algunos de los símbolos eléctricos y su instrucción en el PLC.

Tabla 2 - Equivalencia de algunos símbolos eléctricos y su instrucción al PLC.

	Símbolo en esquema eléctrico	Instrucción de lenguaje <i>ladder</i> en el PLC	Descripción de la función
Contacto normalmente abierto (NA)			Si circula corriente por el contacto, el resultado de la instrucción es verdadero I
Contacto normalmente cerrado (NC)			Si no circula corriente por el contacto, el resultado de la instrucción es verdadero I
Bobina			La bobina se activa si se la alimenta con un valor verdadero
Contactos en serie (condición Y)			Combinación Y . Para que circule corriente deberán estar cerrados el primer Y el segundo interruptor
Contactos en paralelo (condición O)			Combinación O . Para que circule corriente deberán estar cerrados el primer O el segundo interruptor

Fuente: (Daneri, 2008).

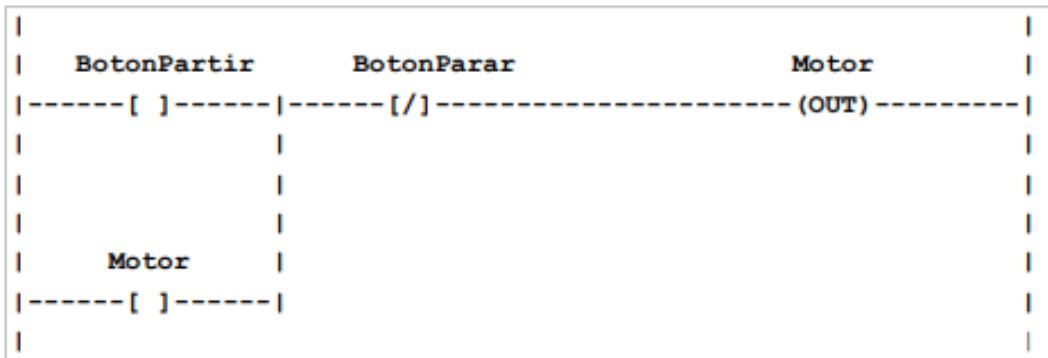


Ilustración 7 - Ejemplo de programación Ladder.

Fuente: (Dahl-Skog, 2012).

En la Ilustración 6 anterior puede observar un pequeño ejemplo de cómo funciona la lógica de la programación en escalera o lenguaje Ladder.

3.2.5.3 TIA PORTAL

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación.



Ilustración 8 - TIA PORTAL LOGO

Fuente: Página Oficial SIEMENS SIMATIC.

3.3 PANTALLA HMI

Según Rodríguez Penin (2007) "El Interfaz Hombre-Máquina (HMI) es el interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario".

3.3.1 HMI

Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación. El HMI traduce variables de procesos complejos en información útil y procesable.

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del motor y de la válvula, niveles de depósitos y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa al proceso, y permiten el controlar y la optimización al regular los objetivos de producción y de proceso.

Los paneles SIMATIC HMI ofrecen modernas funciones de manejo y visualización aunadas con características tales como robustez, estabilidad y simplicidad. SIMATIC HMI está optimizado para satisfacer sus necesidades de interfaz hombre-máquina específicos

utilizando interfaces abiertas y estandarizadas en hardware y software, que permiten la integración eficiente en sus sistemas de automatización.

A continuación, puede visualizar algunas pantallas HMI que existen, observe Ilustración 9.



Ilustración 9 - Diferentes Pantallas HMI

Fuente: Página Oficial SIEMENS SIMATIC.

3.4 PROTECCIÓN DEL PANEL ELÉCTRICO

3.4.1 Fusibles

Según López Gázquez, (2012): "Interrumpen el circuito al fundirse cuando los atraviesa una corriente superior a la que están diseñados para soportar, por lo que deben ser reemplazados tras su actuación. Previamente habrá que solucionar el problema que haya motivado el cortocircuito o sobrecarga".

Existen dos opciones de montaje para los fusibles:

- ✓ En soportes específicos o porta-fusibles.
- ✓ Insertados en seccionadores.



Ilustración 10 - Un porta-fusible.

Fuente: (López Gázquez, 2012).

3.4.2 Tipos de Fusible

a) Fusibles tipo gG: protegen doblemente contra cortocircuitos y contra sobrecargas de picos de corriente no muy elevados. Se seleccionan con un calibre inmediatamente superior a la corriente a plena carga del circuito protegido. Se utilizan en circuitos de distribución de potencia.

b) Fusibles tipo aM: protegen solo contra cortocircuitos producidos en circuitos sometidos a picos altos de corriente, como son los picos de arranque de motores. Los perfiles de fusión de los fusibles aM dejan pasar las sobre intensidades, pero no ofrecen protección alguna contra las sobrecargas, por lo que deben asociarse con otros dispositivos.

3.5 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

“El reuso y recirculación son operaciones que hacen parte de las estrategias de manejo del agua” (Arango Ruiz, 2009).

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.

Sin embargo, es indispensable realizar tratamientos a las aguas residuales. Éstos deben satisfacer aspectos tales como ser adecuados para el propósito, tener una alta efectividad y unos bajos costos, y adicionalmente traer ventajas ambientales.

El tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de estas aguas empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipos especiales; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente.

A continuación, sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc.

El efluente final puede ser descargado o reintroducido de nuevo en una masa de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada. (Rivas, 2012)

A continuación, se describen algunos elementos necesarios para el tratamiento de aguas residuales:

3.5.1 Bomba Hidráulica

Según Sánchez-Juny, Bladé, & Puertas, (2005) "Una bomba hidráulica es una máquina capaz de elevar la carga hidráulica (trinomio de Bernoulli) de un fluido en una conducción a presión".

Lo hace absorbiendo la energía mecánica que proviene de un motor, normalmente eléctrico. Esto permite que el fluido pueda ser transportado de un punto a otro situado en un mismo nivel o en diferentes niveles y/o a diferentes velocidades.

Una bomba hidráulica o bomba de agua es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada (generalmente energía mecánica) en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.

En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión a otra de mayor presión.

3.5.2 Tanque de Almacenamiento

Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable y no potable, las plantas de tratamiento de agua funcionan mejor si tienen poca variación del caudal tratado, conviene mantener aproximadamente constante el caudal.

3.5.3 Tanque DAF

Para aplicaciones de tratamiento de agua que requieren la remoción de un floculo frágil, para depuradoras que funciona con la flotación por reciclado de caudal a presión, el equipo DAF sería el sistema más apropiado.

El tanque de los equipos DAF para depuradoras con sobresaturación se divide en dos cámaras o depósitos. La primera cámara se denomina zona de contacto y la segunda es la zona de separación, ambas están separadas por un deflector o baffle.



Ilustración 11 - Ejemplo de Tanque DAF.

Fuente: Página Oficial de BECO.

3.5.4 Polímero

En el proceso de tratamiento del agua y con objeto de conseguir una óptima y mejor formación del floculo que a su vez lleve a un mayor rendimiento en las etapas de decantación y filtración y en definitiva la mejor calidad posible del agua tratada, se utilizan frecuentemente ayudantes de floculación, productos conocidos comúnmente como "Poliectrolitos" o "Polímeros" o también llamados "Poliacrilamidas" siendo estos de alto peso molecular.

3.5.5 Caudalímetro

Un caudalímetro es un instrumento de medida para la medición de caudal o gasto volumétrico de un fluido o para la medición del gasto másico. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros.

3.5.5.1 Electrónico de molino

Sus partes mecánicas consisten en un molino con aspas transversales a la circulación de flujo, el molino tiene en un extremo un imán permanente. Cuando este imán gira genera un campo magnético variable que es leído por un sensor de efecto de campo magnético (sensor de efecto Hall), después el circuito electrónico lo convierte en pulsos que transmite a través de un cable.

IV. METODOLOGÍA

A palabras de Gómez (2009):

La metodología implica también el desarrollo de reglas lógicas de pensamiento, criterios apropiados de decisión y el uso de procedimientos coherentes con el fenómeno investigado, sin la aplicación de los cuales, el conocimiento obtenido como resultado de la tarea puede no servir a la ciencia. (p. 14)

4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Estas se dividen en variable dependientes y variable independiente, siendo la variable independiente la que manipula el experimentador y la que cambia su estado con la modificación de la(s) variables independientes se llama variable dependiente.

“En igualdad de circunstancias es preferible medir las variables que pueden dar una respuesta directa e importante acerca del problema” (Cegarra Sánchez, 2004, p. 116).

4.1.1 Variable dependiente

Eficacia de la polimerización en el agua a tratar.

4.1.2 Variables independientes

Las variables independientes fueron identificadas y analizadas para su posterior manipulación.

- ✓ Caudal de agua entrante.
- ✓ Cantidad de polímero a verter.

4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

“El método científico es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus

conexiones internas y externas, llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación.” (Ruíz, 2007)

El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, en una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema.

Durante la planeación y realización del proyecto se utilizó el método mixto, contando con características de ambos enfoques:

- Enfoque cuantitativo: Mediante el análisis de datos previos se determinó las situaciones que generan un óptimo procedimiento en el tratamiento del agua residual
- Enfoque cualitativo: “Este se basa en los métodos de recolección de datos sin medición numérica, sin conteo, utilizando descripciones y observaciones” (Gómez, 2006).

Se involucró al personal de la empresa como ser: los operadores y técnicos, ya que ellos cuentan con un amplio conocimiento del proceso y planificación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

A continuación, se detallan los instrumentos y técnicas aplicadas durante el desarrollo del proyecto.

4.3 Técnicas Aplicadas

4.3.1 Fuentes de Información

Las fuentes de información se clasifican en primarias y secundaria, siendo las primarias el resultado de un trabajo intelectual, nuevo y original, mientras que las secundarias emplean las fuentes primarias para realizar una organización de esta información por medio de análisis.

Fuentes primarias empleadas:

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

Fuentes secundarias empleadas:

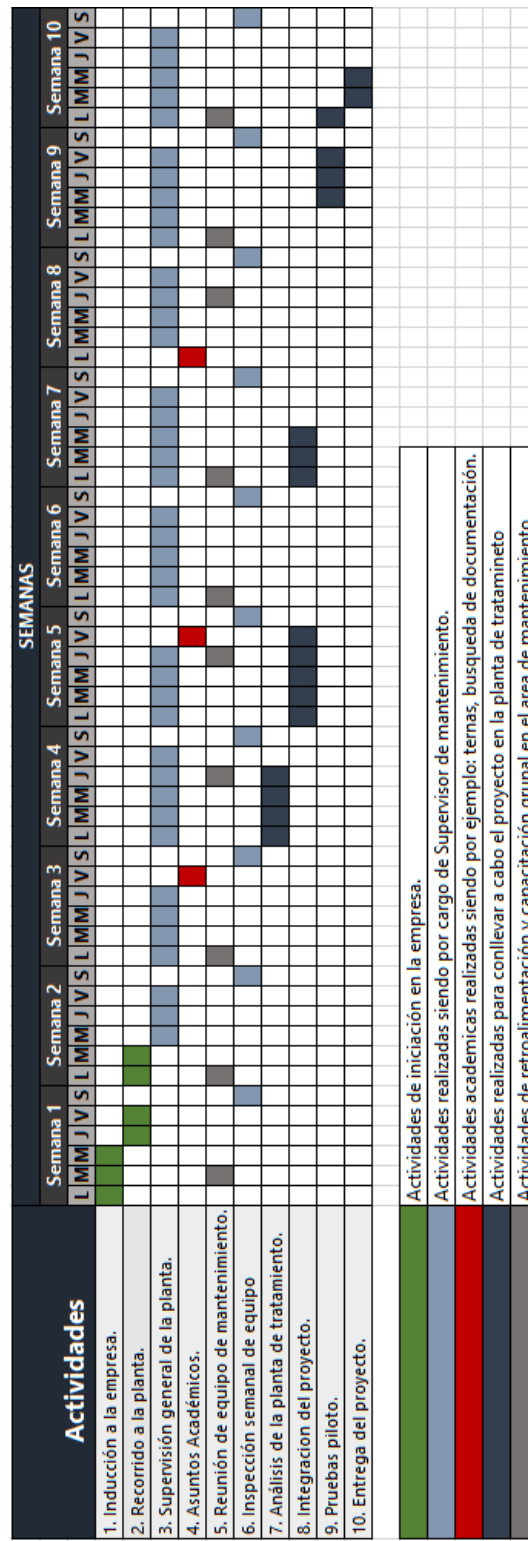
- Manuales técnicos.
- Internet.

4.3.2 Instrumentos Aplicados

- ✓ **PLC SIEMENS S7 1200:** Este es el dispositivo principal del proyecto en conjunto con la pantalla HMI, ambos se encargan de toda la operación del proceso de tratamiento de aguas residuales con la polimerización.
- ✓ **PANTALLA HMI:** Este elemento es el que alberga la interfaz del usuario para poder utilizar el panel de control.
- ✓ **Laptop PC:** En este dispositivo se elaboró el diseño del circuito electrónico principal para el panel de control tanto como también la programación requerida para la correcta ejecución de la máquina.
- ✓ **Multímetro:** Con este dispositivo se realizan las correctas detecciones de corriente, voltaje, resistividad, continuidad, etc... su empleo imprescindible para la realización de un panel de control eléctrico o modificación del mismo.

4.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 3 - Cronograma de actividades



Fuente: Elaboración propia.

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

El presente capítulo contiene el trabajo elaborado y algunas breves descripciones de lo acontecido en la realización del proyecto.

5.1 Confidencialidad

Antes de comenzar a caracterizar los procedimientos que se siguieron en el proyecto, es importante dar a conocer que por las diferentes políticas y directrices que existen en la empresa es estrictamente prohibido ofrecer información privada de la misma a otras fuentes por niveles de confidencialidad, por lo que de cierta manera se hablara de forma casi superficial acerca de los elementos enfocados a el proyecto.

5.2 Análisis inicial

Inicialmente se debía analizar todo a lo que se describía el proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en Cargill de Honduras – Delicia, tanto el proceso inicial hasta como este culminaba y cada uno de los elementos y equipo que intervienen en todo el ciclo del proceso.

Por tanto, se toma en cuenta uno de los tantos procesos que conlleva al tratamiento de agua residuales, en este caso el proceso seleccionado fue el tanque de Dosificación de Polímero.

5.3 Tanque dosificador de polímero

Este tanque es el que posee el polímero que ayuda al proceso de tratamiento de aguas residuales, este polímero en combinación de agua se enfrenta a un proceso meramente químico a través de enlaces de moléculas y este es el que permite el levantamiento de sólidos en el agua residual, procedimiento el cual es uno de los más importantes en la planta de tratamiento.

5.3.1 Elementos del tanque dosificador de polímero

Este se dispone de una serie de tanques de agua (3), motores para ciertos accionamientos (3), tolva del polímero y de entrega de polímero, un juego de engranaje sin fin, un caudalímetro además del sistema de tubería y su panel de control el que se encarga del proceso del tanque de polímero.

A continuación, en la Ilustración 12 se demuestra un cierto esquema de los componentes, y más adelante una breve descripción de cada uno.

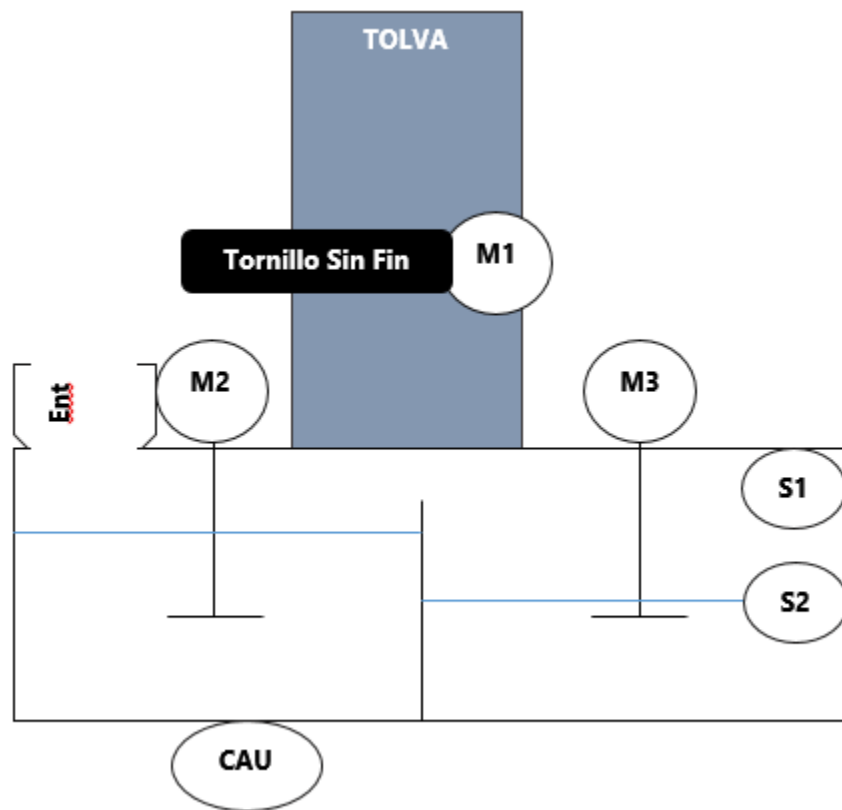


Ilustración 12 - Esquema del Tanque de Polímero.

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.1.1 Descripción de los elementos

- ✓ **Tolva:** En este recipiente se guarda o almacena el polímero a utilizar en el tanque.
- ✓ **Tornillo sin fin:** Este elemento es el que permite el paso de polímero de la tolva a la entrada del tanque.
- ✓ **M1:** Este motor está acoplado al tornillo sin fin, es el que le da movimiento al mismo y así transportar el polímero para la dosificación.
- ✓ **Ent:** Aquí es donde es vertido el polímero a la primera sección (1era sección) del tanque.
- ✓ **M2 y M3:** Ambos motores sirven para realizar el mezclado del agua con el polímero que ha sido vertido al tanque.
- ✓ **CAU:** Este es el dispositivo medidor de caudal (Caudalímetro) del tanque de polímero.
- ✓ **S1:** Sensor medidor de nivel superior de agua en la sección dos (2) del tanque.
- ✓ **S2:** Sensor medidor de nivel medio de agua en la sección dos (2) del tanque.

5.3.2 Panel de Control

En el panel se dispone de diferente clase de elementos como ser guarda motores, borneras de conexión, contactores, etc..., entre los cuales de los más importantes que hay y que tuvieron que implementarse para el proyecto son:

- ✓ PLC Siemens S7 1200
- ✓ Pantalla HMI Siemens de 4 pulgadas.

5.3.3 PLC S7 1200

Es este el dispositivo primordial de toda la elaboración del proyecto ya que es el cerebro de toda la operación en el proceso.

Como se presentó en el capítulo tres (3) de marco teórico del presente informe, la programación utilizada es la programación Ladder, fue necesaria la realización de 4 lógicas

para el control del proceso en la dosificación de polímero de la planta tratamiento de agua residuales.

Cada una de las lógicas fue elaborada para obtener un mejor control y facilidad de entendimiento en lo que sucedía en dicha programación estas lógicas llevan los siguientes nombres:

✓ **Principal o de marcha.**

Esta es la que se encarga de la detección de cada uno de las entradas y determina si estas se encuentran en total funcionamiento para con los motores. Una vez terminada dicha detección, una señal es enviada a la siguiente lógica para que el inicio de ciclo arranque de manera normal.

✓ **Inicio de ciclo.**

Aquí es donde ocurre toda la situación de arranque de cada uno de los motores como lo son el motor de dosificación que arroja el polímero al tanque y cada uno de los motores mezcladores y agitadores de la mezcla de polímero y agua.

Las detecciones de los sensores de nivel son las que permiten que este proceso pare y se reinicie nuevamente, ya que al llenarse el tanque y activándose el sensor superior el proceso para y deja de trabajar la válvula de entrada de agua esperando a que el tanque se drene hasta el nivel medio y así el sensor que está en medio del tanque vuelva a iniciar nuevamente el proceso de llenado del ciclo.

✓ **Control de polímero.**

En esta lógica es implementada una especie de control sobre el polímero este es en conjunto con el caudal de agua entrante ya que el caudalímetro que posee la planta de tratamiento envía cierta cantidad de pulsos al PLC y este los reconoce como conteos para que en una suma total de estos sea accionado el motor dosificador de polímero y que este solo funcione

unos cuantos segundos para permitir una dosificación correcta y obtener una solución eficiente para su posterior uso en el tratamiento de aguas.

✓ **Fallas del sistema.**

Esta es la que permite la detección de fallas o alarmas en el sistema, ya que de alguna forma puede ocurrir que un motor no arranque y para que el operario sepa dicha situación pueda detectarla de una mejor forma. Este proceso fue incluido en la pantalla HMI para visualizar cada una de las alarmas.

5.3.4 Pantalla HMI

En la realización de la lógica de programación que debería tener el PLC S7 1200 se analizaron ciertos criterios para poder desarrollar el control a través de la Pantalla HMI Siemens de 4 pulgadas ya que la misma debía contar con la suficiente información: valores numéricos y de control, para que el operario de la planta pueda utilizarla de la manera más eficiente posible. Se realizó en total 3 series de pantalla para este proyecto en la HMI las cuales son:

- ✓ Pantalla principal.
- ✓ Control Manual.
- ✓ Fallas del sistema.

Cada una de ellas con su funcionalidad y características propias. A continuación, en la Ilustración 13 se puede observar como es el esquema de diseño de la pantalla principal de la HMI.

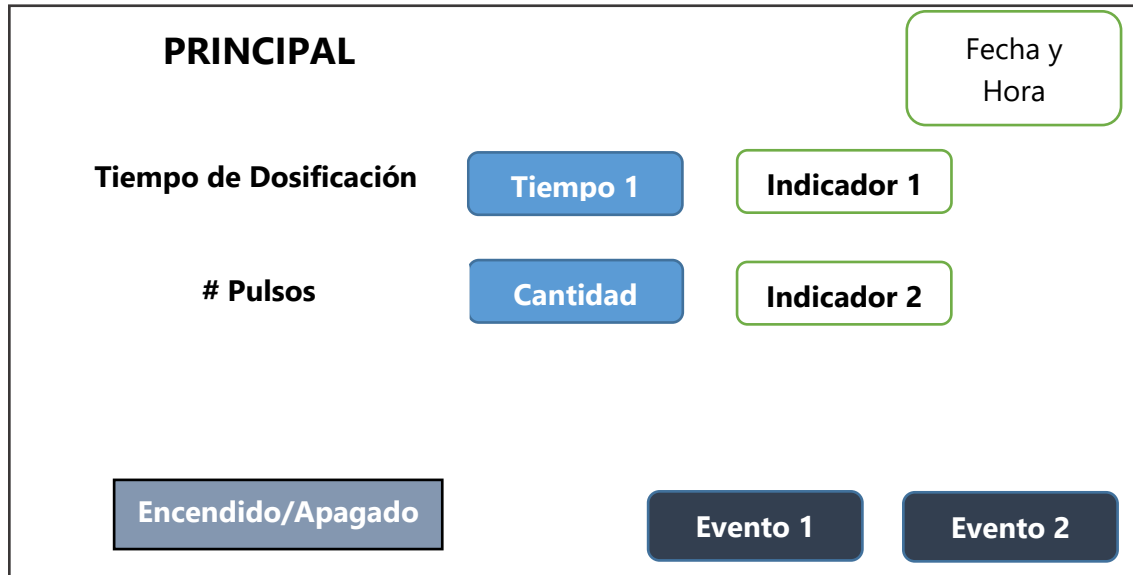


Ilustración 13 - Esquema de Pantalla Principal HMI, Tanque de Polímero.

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.4.1 Descripción de los elementos en la pantalla principal

- ✓ **Encendido/Apagado:** Este es un conmutador de encendido y apagado de la planta de dosificación de polímeros.
- ✓ **Tiempo 1:** Aquí se ingresa la cantidad de tiempo en la que se efectuara la dosificación del polímero al agua.
- ✓ **Identificador 1:** Para mayor conocimiento del operario en este elemento de indica la cantidad de tiempo una vez que esta está corriendo de manera real.
- ✓ **Cantidad:** Aquí se ingresa la cantidad de total de pulsos a detectar por el caudalímetro para que se efectuó la dosificación y su duración es la de ingresada en Tiempo 1.
- ✓ **Identificador 2:** Para mayor conocimiento del operario en este elemento de indica la cantidad de pulsos por parte del caudalímetro que están ocurriendo de manera real.
- ✓ **Evento 1:** Este es un botón para reiniciar totalmente el ciclo del proceso tanto de lógica como de fallas del sistema.

- ✓ **Evento 2:** Otro botón al cual se le asignó un control de manera manual sobre la válvula y motor dosificador de la planta de polímero.

Cabe destacar que la pantalla HMI posee botones físicos los cuales son utilizados para avanzar o retroceder en cada una de las pantallas del proceso. A continuación, en la Ilustración 14 se observa el esquema de la pantalla de operación manual.

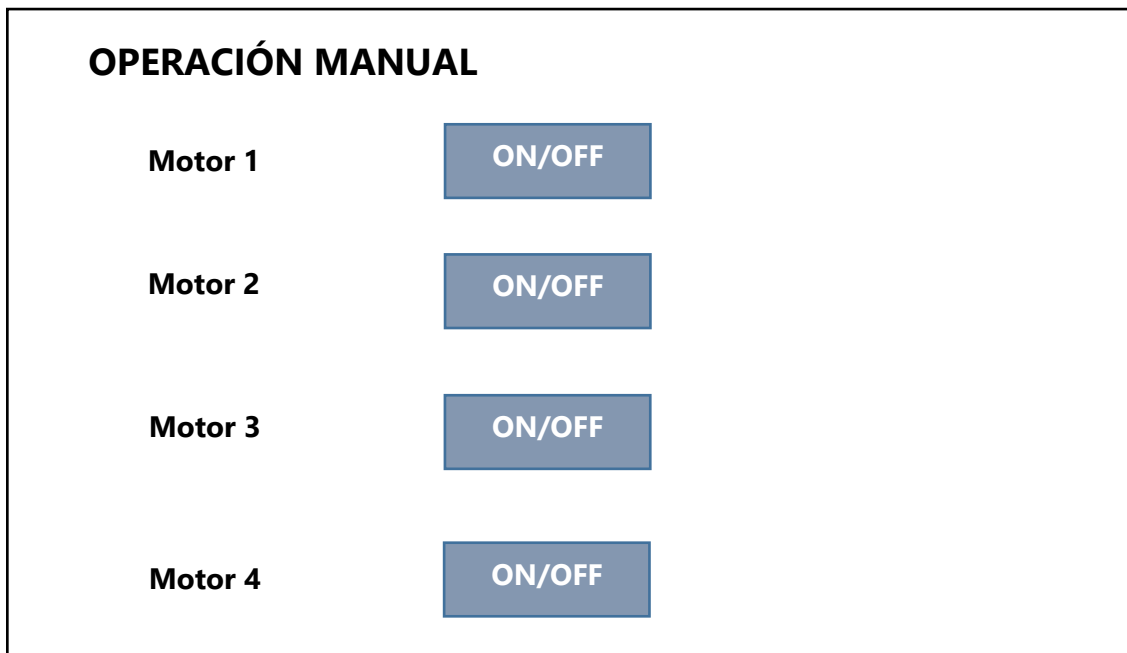


Ilustración 14 - Esquema de Segunda Pantalla HMI, Tanque de Polímero.

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.4.2 Descripción de los elementos en la pantalla de operación manual

Como se podrá visualizar en la Ilustración 14 anterior las funciones de esta pantalla son relativamente similares no es más que:

- ✓ El inicio y apagado de manera manual con conmutadores de cada uno de los motores tanto: dosificador, mezclador y agitadores que posee la planta de dosificación de polímero.

Esto con el fin de que el operador verifique que cada uno se encuentra en perfecta operación.

Cada uno de estos motores además de la válvula posee cierto tipo de detección de fallas para cada elemento, a continuación, se muestra en la Ilustración 15 el esquema de la pantalla indicadora de fallas.

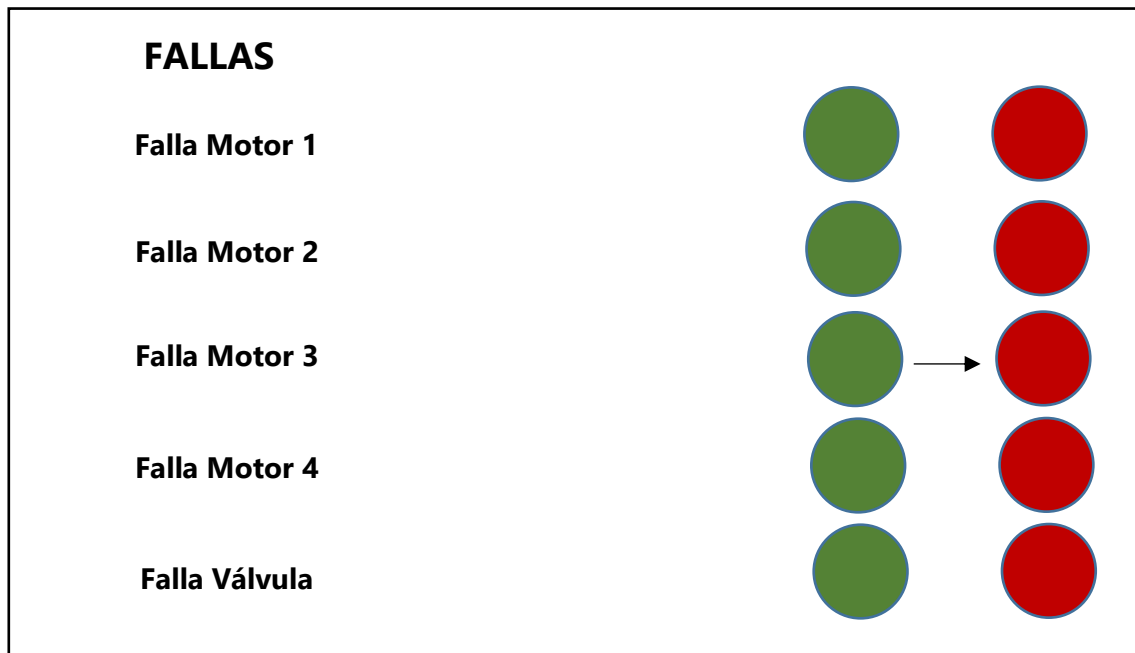


Ilustración 15 - Esquema de Pantalla Indicadora de Fallas HMI, Tanque de Polímero.

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.4.3 Descripción de los elementos en la pantalla indicadora de fallas

Como se puede visualizar en la pantalla indicadora de fallas cada elemento posee su propio indicador en este caso cada uno es una señal visual como un led que cambia de color verde a rojo cuando este detecta falla en el elemento.

Lo que se busca es que antes y durante el proceso de dosificación todos los indicadores presenten su condición favorable que en este caso es color verde y en dado caso ocurra un fallo el operario pueda visualizar en que elemento está presente este fallo. Las fallas pueden

eliminarse reiniciando con la ayuda de Evento 1 en la pantalla principal además de que si los fallos son demasiados el PLC manda a apagar la planta de polímero en su totalidad.

Como se puede apreciar en la realización y descripción del proyecto que va desde la programación del PLC S7 1200 e integración de la pantalla HMI, se enfocó bastante en que fuera ventajoso y amigable con el operario y técnico mismo, así se lograría conseguir una mejor eficiencia operacional en la planta de polímeros de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Dicho proyecto queda con opción a seguir trabajándose y mejorándose a partir de lo que ya se dispone ya que en el transcurso de su uso diario en los próximos meses se logrará identificar algunos factores que lograrían ser de impacto para que la planta de polímeros siga desarrollándose y sea cada vez más eficiente en todo lo que conlleva su proceso de tratamiento de aguas residuales.

VI. CONCLUSIONES

“En la investigación y en la experimentación, las conclusiones son argumentos y afirmaciones relativas a datos de mediciones experimentales y de la lógica” (Villafuerte Ledesma, 2015).

A continuación, se presentan cada una de las conclusiones del presente informe:

- ✓ Se analizó el proceso de tratamiento de aguas residuales en la planta con el fin de entender sus características y principales procesos.
- ✓ Se logró establecer un control del tanque de dosificación de polímero en la planta tratamiento de aguas con la inclusión de un PLC S7 1200 SIEMENS y su pantalla HMI para optimizar su eficiencia de operación.
- ✓ Se identificó una mejoría del proceso de dosificación de polímero de la planta de tratamiento de aguas residuales a través de pruebas piloto.

VII. RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se enumeran las recomendaciones para mejora realizadas tanto a la empresa y la universidad.

7.1 Para la empresa

- ✓ Incito a la empresa a que continúe con la iniciativa de querer mejorar sus procesos a través de los diferentes sistemas de control que existen, siempre y cuando sea para beneficio de la misma.

7.2 Para la universidad

- ✓ Enfocarse más en el uso de tecnologías como lo es el PLC y sus acompañantes ya que son de gran importancia en la industria, quizá extendiendo más el área de uso en la universidad como por ejemplo abriendo más clases en las que se necesite este dispositivo.
- ✓ Realizar en lo posible más visitas técnicas a diferentes empresas del rubro, solamente para que el alumno se familiarice y conozca más acerca del campo laboral.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Arango Ruiz, Á. (2009). La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitectvirtualesp/detail.action?docID=31809>
58
- Barragán Serrano, A., Esquivel Lara, V. E., & Villalobos Ordaz, G. (2009). *Procesos de manufactura II: un enfoque práctico*. México, D.F., MEXICO: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitectvirtualesp/detail.action?docID=31956>
10
- Carman Avendaño, S. (2013). *Electrónica digital aplicada para ingeniería mecánica*. Ciudad de México, MEXICO: Ediciones y Gráficos Eón. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitectvirtualesp/detail.action?docID=55134>
37
- Cegarra Sánchez, J. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid, SPAIN: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitectvirtualesp/detail.action?docID=31713>
39
- Dahl-Skog, R. (2012). *Introducción a la Programación de controladores lógicos* (Vol. 1).
- Daneri, P. A. (2008a). *PLC: automatización y control industrial*. Buenos Aires, ARGENTINA: Editorial Hispano Americana HASA. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitectvirtualesp/detail.action?docID=31837>
44
- Daneri, P. A. (2008b). *PLC: automatización y control industrial*. Buenos Aires, ARGENTINA: Editorial Hispano Americana HASA. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitectvirtualesp/detail.action?docID=31837>
44
- Estudiez, B. (2012). SLICETEX LADDER DESIGNER STUDIO. Recuperado de <http://www.slicetex.com.ar/ladder/docs/files/STXLADDER-UM.pdf>

- F. Ebel, S. Idler, D. Scholz, & G. Prede. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización*. Alemania. Recuperado de https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/nwt/gym/weiteres/fb1/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf
- Galpin, T. J. (2013). *Fijando objetivos*. Madrid, SPAIN: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3228668>
- García Garrido, S. (2012). *Mantenimiento programado en centrales de ciclo combinado* (Díaz de Santos). Madrid, España.
- García Lorenzo, M., Huerta Pellitero, P., & Sánchez de la Lama, C. (2014). *Electrónica*. Madrid, SPAIN: RA-MA Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3229512>
- Gómez, M. (2009). *Introducción a la metodología de la investigación científica (2a. ed.)*. Córdoba, ARGENTINA: Editorial Brujas. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3185747>
- López Gázquez, P. (2012). *Sistemas de control integrados en bienes de equipo y maquinaria industrial y elaboración de la documentación técnica (UF0460)*. Málaga, SPAIN: IC Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3212468>
- Martinez, P. (2012). *Programación de PLC'S*.
- Miyara, F. (2004). *ELECTRONICA III* (2.^a ed.). Argentina.
- Moreno, M. (2011). CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC). Recuperado de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

- Moreno Pérez, J. C. (2014). *Programación*. Madrid, SPAIN: RA-MA Editorial. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=32293>
16
- Rivas, W. (2012). *Fundamentos de Diseño de Plantas Depuradoras de Aguas Residuales*. BOGOTA.
- Rodríguez Penin, A. (2007). *Sistemas SCADA (2a. ed.)*. Barcelona, SPAIN: Marcombo. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=31754>
59
- Ruíz, R. (2007). El método científico y sus etapas. Recuperado 10 de junio de 2018, de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
- Sánchez-Juny, M., Bladé, E., & Puertas, J. (2005). *Hidràulica*. Barcelona, SPAIN: Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=32291>
09
- SIEMENS AG. (2015). SIMATIC S7 1200.
- Villafuerte Ledesma, L. A. (2015). *Análisis metodológico en los trabajos de tesis*. Distrito Federal, UNKNOWN: Editorial Digital UNID. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=53078>
93