



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

**Análisis de factibilidad para el suministro y montaje de un Centro
Control de Motores para una estación de bombeo de aguas residuales.**

AUTOR:

BRYAN JOSUE ZAPATA CASTRO

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TUTOR:

ING. JORGE CARRILLO BURGOS

Guayaquil, Ecuador

21 de Marzo del 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **Zapata Castro, Bryan Josué** como requerimiento para la obtención del título de **INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**.

TUTOR

ING. JORGE CARRILLO BURGOS

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, 21 de Marzo de 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA.
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Zapata Castro, Bryan Josué

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación **“Análisis de factibilidad para el suministro y montaje de un Centro de Control de Motores para una estación de bombeo de aguas residuales.”** 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, 21 de Marzo de 2019

EL AUTOR

Zapata Castro, Bryan Josué



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, Zapata Castro, Bryan Josué

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Análisis de factibilidad para el suministro y montaje de un Centro de Control de Motores para una estación de bombeo de aguas residuales.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 21 de Marzo de 2019

EL AUTOR

Zapata Castro, Bryan Josué

DEDICATORIA

Dedico este gran logro a Dios a mis padres así como también a familiares cercanos, amistades con las que compartí en todo este trayecto para formarme como profesional

EL AUTOR

Zapata Castro, Bryan Josué

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios que siempre supo guiarme por darme salud fuerzas para llegar hasta este momento tan gratificante, por darme todo lo necesario para cumplir una meta más en mi vida agradezco a mis padres que son un pilar fundamental en mi vida que por ellos soy el hombre de hoy
Agradezco a mi familia por siempre apoyarme en todo agradezco a mi tutor por guiarme en este proyecto de tesis de la mejor manera posible así como también a mis amigos presentes por su compañía y consejos

EL AUTOR

Zapata Castro, Bryan Josué



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESÚS
DECANO

f. _____

M. Sc. ORLANDO PHILCO
COORDINADOR DE AREA

f. _____

Ing. DANIEL CAMPOVERDE C, MBA
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Introducción.	2
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Planteamiento del Problema.....	3
1.4. Objetivos del Problema de Investigación.	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.	3
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Metodología de Investigación.	4
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Estación de bombeo	5
2.1.1. Partes de una estación de bombeo	6
2.1.2. Sistema automatizado para una estación de bombeo	12
2.1.3. Consideraciones generales para diseño e implementación.....	14
2.1.3.1. Sensores	14
2.1.3.2. Instrumentación.....	15
2.1.3.3. Proceso de Control.....	16
2.1.4. Configuración de un sistema de bombeo	17
2.2. Proceso de tratamiento de aguas residuales.....	18
2.2.1. Impacto ambiental	20
2.2.2. Métodos tradicionales para el tratamiento de agua residual....	21
2.3. Centro de Control de Motores [CCM].....	23
2.3.1. Clasificación de Centro de Control de Motores por tensión. ...	25
2.3.2. Clasificación de Centro de Control de Motores por configuración.....	27
2.3.3. Clasificación de Centro de Control de Motores por tipo de arranque	28

2.3.4.	Clasificación de Centro de Control de Motores por tipo de corte de circuito.	29
2.3.5.	Centro de Control de Motores por ARC FLASH.	29
2.3.6.	Centro de Control de Motores por STANDARD	30
CAPITULO 3: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE DE CONTROL DE MOTORES PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....		
3.1.	Partes de la Planta de tratamiento de agua residual	38
3.1.1.	Tratamiento Preliminar	40
3.1.2.	Tratamiento Primario Químicamente Asistido	41
3.1.3.	Desinfección con hipoclorito	43
3.1.4.	Emisario Subfluvial	44
3.1.5.	Estructura de espesadores.....	46
3.1.6.	Estructuras digestores	47
3.1.7.	Estructuras complementarias	47
3.1.7.1.	Generación de energía por biogás	47
3.1.7.2.	Biofiltros.....	49
3.1.7.3.	Generación de hipoclorito	50
3.1.	Partes de la estación de bombeo	51
3.2.	Descripción del Centro de Control de Motores para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	53
3.3.	Estudio económico del proyecto	57
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		
5.1	Conclusiones.....	68
5.2	Recomendaciones.....	68
BIBLIOGRAFÍA.....		69

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2. 1 Estación de bombeo para tratamiento de aguas residuales.	6
Figura 2. 2 Partes de una planta de tratamiento de aguas residuales en sus tres procesos.	7
Figura 2. 3 Vista de aérea de la planta de tratamiento de aguas residuales.	11
Figura 2. 4 Esquemático del proceso de tratamiento de aguas residuales. Fuente: (Peirce, Weiner, & Vesilind, 1998)	13
Figura 2. 5 Proceso de tratamiento de aguas residuales.	19
Figura 2. 6 Central de Control de Motores Básicos.	24
Figura 2. 7 Planta de tratamiento de Aguas Residuales.	31

Capítulo 3

Figura 3. 1 Mapa de número de plantas potabilizadores, a nivel regional (%)	32
Figura 3. 2 Mapa del número de plantas potabilizadoras, a nivel provincial (%).	33
Figura 3. 3 Porcentaje de GAD Municipales que realizan tratamiento de aguas residuales.	34
Figura 3. 4 Sitios de disposición del agua residual tratada en %.	35
Figura 3. 5 Ubicación de sistema de bombeo.	36
Figura 3. 6 Curso de agua tratada hasta el río.	39
Figura 3. 7 Tratamiento preliminar de aguas residuales.	40
Figura 3. 8 Tratamiento primario químicamente asistido.	41
Figura 3. 9 Desinfección con hipoclorito.	43
Figura 3. 10 Emisario subfluvial.	45
Figura 3. 11 Estructura de espesadores.	46
Figura 3. 12 Estructura de digestores.	47
Figura 3. 13 Estructura de biogás.	48
Figura 3. 14 Biofiltros.	49
Figura 3. 15 Planta de producción de hipoclorito.	50
Figura 3. 16 Localización geográfica del proyecto.	51
Figura 3. 17 Área de influencia del proyecto.	52
Figura 3. 18 Cuarto de transformadores y CCM.	55
Figura 3. 19 Dimensiones del CCM.	56
Figura 3. 20 Arranque del CCM.	56
Figura 3. 21 Acometida para la CCM.	56
Figura 3. 22 Centerline 2100 - Centerline 2500.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales..	36
Tabla 3. 2 Tabla de componentes eléctricos, electrónicos y de instrumentación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	59

RESUMEN

El impacto ambiental por las aguas residuales provenientes de actividades industriales es considerado como preocupante para la comunidad científica, el cual identifica este mal como un problema a largo plazo y que debe ser tratada de manera urgente por autoridades gubernamentales. El presente trabajo de titulación consiste en un estudio de factibilidad para la implementación de un centro de control de motores (CCM) que es manejado por un sistema automatizado cuyo objetivo principal es ser parte del proceso de tratamiento de aguas residuales. Una vez finalizado este proyecto, el estudio económico nos da un valor de 4 millones ochocientos noventa mil seiscientos noventa y cuatro dólares con noventa centavos (\$ 4.890.694,90) incluido IVA, materiales y mano de obra. El estudio técnico consta en detalle dentro de este tema complementándolo con los anexos del 1 al 5. La factibilidad de este proyecto está por demás mencionarlo porque los resultados mejoran el medio ambiente considerablemente, todos los países desarrollados utilizan esta metodología. Esperando con este proyecto de tesis haber cumplido con la comunidad y con el país demostrando que es un proyecto totalmente

Palabras claves: AGUAS RESIDUALES, IMPACTO AMBIENTAL, CCM, AUTOMATIZACIÓN, PROYECTO.

ABSTRACT

The environmental impact of wastewater from industrial activities is considered to be a concern for the scientific community, which identifies this problem as a long-term problem and that must be addressed urgently by government authorities. The present titration work consists of a feasibility study for the implementation of an engine control center (CCM) that is managed by an automated system whose main objective is to be part of the wastewater treatment process. Once finished this project, the economic study gives us a value of 4 million eight hundred ninety thousand six hundred ninety four dollars and ninety cents (\$ 4.890.694,90) including VAT, materials and labor. The technical study is detailed in this topic, complementing it with annexes 1 to 5. The feasibility of this project is worth mentioning because the results improve the environment considerably, all developed countries use this methodology. Waiting with this thesis project to have complied with the community and with the country showing that it is a totally

Keywords: WASTEWATER, ENVIRONMENTAL IMPACT, CCM, AUTOMATION, PROJECT.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción.

En la actualidad, el medio ambiente está frente a un sin número de actividades industriales que afectan de gran forma al ciclo básico de la naturaleza, y es por esto que las aguas residuales provenientes de industrias deben ser tratadas de tal forma que en su retorno a la naturaleza no generen un impacto negativo. Las aguas residuales que provienen de las industrias, junto con las provenientes de domicilios y otras fuentes, deben ser depuradas o tratadas de tal forma que las condiciones en que se presenten de nuevo en la naturaleza tengan una menor repercusión.

Existen varias formas de llevar a cabo este tipo de tratamientos, así como también realizar estos proyectos requiere de una planificación extensa en lo que respecta al impacto ambiental de las industrias, procesos para eliminar contaminantes físicos, químicos y biológicos, regulaciones gubernamentales que contribuyan a un mejor manejo de estos residuos y finalmente, proyecciones de los resultados que se obtienen después de la implementación y puesta en marcha de estos centros de tratamiento de aguas residuales. Toda esta planificación solo se la lleva a cabo si se presenta una problemática que es de interés público y que por lo general se lo hace coincidir con agendas en beneficio de la comunidad.

El proceso de tratamiento de aguas residuales abarca diferentes tipos de fases, y en este trabajo en particular se tomará en cuenta los componentes necesarios para el control de un centro de motores que, de manera automática, inicie el bombeo de estas aguas residuales para formar parte de un proceso seguido el cual es el retiro de elementos contaminantes como son metales pesados, plásticos, compuestos orgánicos, aceites y grasas. Una vez establecida la parte esencial de este trabajo, se dará un análisis de precios unitarios de los elementos que conforman esta sección del proyecto para tener una idea del costo en general y además, el beneficio a largo plazo de este tipo de proyectos.

1.2. Antecedentes

Este tipo de proyectos están teniendo gran acogida en nuestro país ya que la crisis del calentamiento global es un problema que nos afecta a todos. El tratamiento de aguas residuales es una de las soluciones que se han dado para aliviar la contaminación creada por las industrias y el cual es un factor importante en la contaminación del agua.

Aunque en la actualidad existen varios métodos para el tratamiento de aguas residuales, ya sean estas grises o negras, el uso de bombas para la eliminación de elementos sólidos dentro de los canales y ríos presentes en nuestra zona es de gran importancia para contribuir con el ciclo natural hidrológico. Debido a esto, el tratamiento de aguas residuales de este trabajo contará con un centro de control de motores que formará parte de este proyecto.

1.3. Planteamiento del Problema.

La implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales a gran escala es muy costosa, si no se tiene un estudio extensivo de cómo y porque se necesitan los componentes elementales de este tipo de sistemas.

1.4. Objetivos del Problema de Investigación.

1.4.1 Objetivo General.

El objetivo de este trabajo de titulación es el de analizar los diferentes aspectos de factibilidad que se deben tomar en cuenta para poder conformar una oferta económica – técnica para la implementación de un Centro de Control de Motores para una estación de bombeo de aguas residuales.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Presentar una solución técnica a partir de una problemática actual que afecta a nuestra sociedad.
- Mostrar los diferentes tipos de sistemas básicos que se necesitan para desarrollar un proyecto para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales

- Determinar la lista de los equipos mecánicos, eléctricos y los controles a fin de presentar una oferta económica para el sistema de bombeo de una Planta de tratamiento de aguas residuales.

1.5. Hipótesis.

Con este análisis de factibilidad, la entidad encargada de llevar adelante este proyecto tendrá un mejor entendimiento de selección del CCM con el fin de calcular costos del suministro, el montaje y puesta en marcha partiendo de las necesidades descritas en el proyecto, en el cual se describen los principales suministros eléctricos necesarios para controlar un sistema automatizado de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

1.6. Metodología de Investigación.

Para el presente trabajo de titulación la metodología que se usará por la naturaleza del proyecto y por los diferentes datos que se pueden obtener desde el punto de vista de costos, instrumentación y equipos en sitio, es el método cuantitativo. Este tipo de investigación se la conoce porque basa su análisis en procedimientos de medición y contraste con investigaciones previas. De esta manera, se puede hacer una comparación técnica y económica del desarrollo de nuestro proyecto, y además también podemos contrastar la evolución de precios, disponibilidad de equipos y procedimientos para proyectos en el sector eléctrico.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Estación de bombeo

Una estación de bombeo, también conocida como estación de bombeo empaquetada o sistema de bombeo, es una cámara de almacenamiento de recolección intermedia que incorpora bombas que transfieren el agua sucia o superficial a un drenaje local, pozo de inspección o alcantarillado. Se usa una estación de bombeo cuando un sistema de gravedad normal no existe, ya sea porque no hay una caída de gravedad suficiente en una distancia (se recomienda un pendiente mínimo de 1:40) o el punto de recolección común es más bajo que el alcantarillado. (The Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati, 2013)

En el transporte de aguas residuales, las estaciones de bombeo están diseñadas para recolectar y transportar aguas residuales a un punto de mayor elevación. Las estaciones de bombeo también se conocen como estaciones de elevación. (The Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati, 2013)

Una estación de bombeo está diseñada típicamente para manejar aguas residuales que se alimentan de tuberías subterráneas de gravedad y se almacenan en un pozo subterráneo o pozo húmedo. El pozo húmedo está equipado con instrumentación eléctrica para detectar el nivel de agua residual presente. Cuando el nivel de las aguas residuales aumenta a un nivel predeterminado, la estación de bombeo comienza a funcionar: Una bomba comienza a elevar las aguas residuales hacia arriba a través de un sistema de tuberías presurizadas que descargan las aguas residuales en un pozo de gravedad. Aquí, el ciclo comienza nuevamente hasta que las aguas residuales llegan a su destino, generalmente una planta de tratamiento de aguas residuales. (The Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati, 2013)

En el caso de que caigan grandes cantidades de agua en el pozo (por ejemplo, durante los períodos de mayor flujo y clima húmedo), se pondrán en marcha bombas adicionales en paralelo. En términos de su tamaño, las estaciones de

bombeo se clasifican normalmente como estaciones de bombeo presurizadas (pequeñas), estaciones de bombeo en red (medianas) o estaciones de bombeo principales (grandes). Como podemos ver en la figura 2.1, las estaciones de bombeo principales poseen bombas que permiten la llegada del agua de río hasta los pozos que se mencionan anteriormente. En este caso podemos ver un grupo de cuatro bombas que trabajan paralelamente para abastecer de agua a la planta de tratamiento de aguas residuales. (The Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati, 2013)



Figura 2. 1 Estación de bombeo para tratamiento de aguas residuales.
Fuente: (Kooij, 2015)

2.1.1. Partes de una estación de bombeo

Existe una amplia gama de terminologías utilizadas para clasificar los niveles de tratamiento de aguas residuales, pero con esta descripción general, los términos claves a los que se hace referencia son tratamiento primario, secundario y terciario. En general, cuantas más etapas de las aguas residuales de tratamiento se producen, menor será el efecto adverso que tendrá al reingresar al medio ambiente. Generalmente una planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con las partes o áreas que se explicará a continuación, aunque estas partes están sujetas a cambios dependiendo del alcance del proyecto planteado. El proceso de control de contaminación del agua trata las aguas residuales usando tratamiento

primario y secundario. Como podemos ver en la figura 2.2, el tratamiento primario es un proceso mecánico simple que utiliza pantallas de barras, cámaras de arenilla y tanques de sedimentación para eliminar la basura y los sólidos sedimentables de las aguas residuales. El tratamiento secundario es un proceso biológico complejo que utiliza bacterias para convertir la materia orgánica disuelta en materia suspendida que se puede sedimentar. Las aguas residuales restantes se desinfectan y se descargan, mientras que los sólidos se estabilizan, se deshidratan y se retiran. La energía requerida para operar la planta de tratamiento se genera en el sitio por dos fuentes renovables. La primera fuente es el gas metano, que se genera mediante el proceso de estabilización de sólidos y se utiliza para producir calor y energía para ejecutar la planta de tratamiento. La segunda fuente es la energía solar, que se genera mediante paneles solares en el sitio. Juntos, estos recursos energéticos permiten que el proyecto sea autosuficiente ahora y en el futuro. Cada una de estas partes, que se las puede apreciar en la figura 2.2, son partes que generalmente todas las plantas de tratamiento de aguas residuales, y que serán explicadas a continuación. (The Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati, 2013)

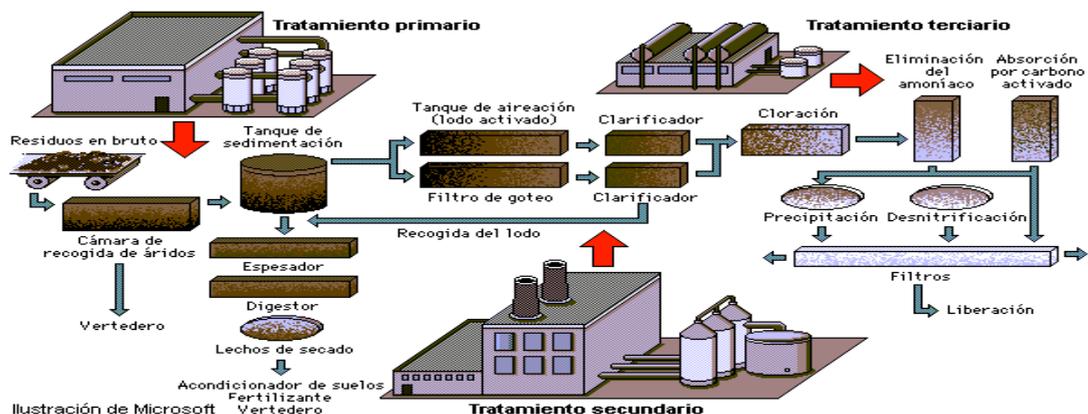


Figura 2. 2 Partes de una planta de tratamiento de aguas residuales en sus tres procesos.
Fuente: (GUNT, 2018)

PROCESO PRIMARIO

Afluentes de la planta de tratamiento de aguas residuales. Las afluentes del área de servicio, se recolectan de hogares y negocios y se bombean a la

planta de tratamiento a través de una red de 270 millas de tuberías de alcantarillado aproximadamente. (Ruapehu District Council, 2015)

Pantallas de barras. Las pantallas de barras actúan como filtros gruesos para eliminar rocas, palos y otros escombros grandes que podrían obstruir o dañar el equipo más abajo. (Ruapehu District Council, 2015)

Cámara de arenilla. Después de pasar a través de las rejillas de la barra, las aguas residuales ingresan en la cámara de arena, donde el material pesado como la arena y la grava se asientan por gravedad, se lavan y luego se transportan en camiones a un vertedero. (Ruapehu District Council, 2015)

Bombas de Afluente. Las aguas residuales entran en las bombas afluentes y se elevan hasta los clarificadores primarios. A partir de este momento, las aguas residuales fluyen por gravedad a través del resto de la planta, ahorrando energía y ayudando a mantener bajas las tasas de servicio. (Ruapehu District Council, 2015)

Clarificadores primarios. Las aguas residuales ingresan a los clarificadores primarios donde los sólidos en suspensión se depositan gradualmente en el fondo como lodo crudo. El lodo, alrededor del 70% del total de sólidos, se recolecta mecánicamente y se envía a los digestores. Las hojas raspadoras eliminan la espuma y la grasa de la superficie. El líquido restante, llamado efluente primario, fluye hacia el proceso de tratamiento secundario. (Ruapehu District Council, 2015)

PROCESO SECUNDARIO

Cuencas de aireación. La primera etapa del proceso de tratamiento secundario son las cuencas de aireación, donde el oxígeno se introduce en las aguas residuales para dos propósitos. Primero, crear un ambiente rico en oxígeno para sostener los microorganismos que se alimentan de la materia orgánica suspendida y disuelta en las aguas residuales. Estos microorganismos y la materia biodegradable que consumen se denominan

conjuntamente lodo activado. En segundo lugar, suministra oxígeno que el material orgánico utiliza a medida que se descompone. Cuando las aguas residuales tratadas finalmente se liberan en arroyos o ríos, no exigirán oxígeno del río que los peces y la vida silvestre necesitan para prosperar. (Ruapehu District Council, 2015)

Clarificadores secundarios. Desde las cuencas de aireación, las aguas residuales tratadas fluyen hacia los clarificadores secundarios. Aquí se asienta el lodo activado, donde se envía de vuelta a las cuencas de aireación para mantener la población de microorganismos o se espesa y se envía a los digestores. El agua clarificada restante, llamada efluente secundario, se envía a la etapa final del proceso de tratamiento, la desinfección. (Ruapehu District Council, 2015)

Tanques de desinfección. El efluente tratado de los clarificadores secundarios fluye hacia los tanques de desinfección, donde se agrega hipoclorito de sodio (lejía) para matar los organismos patógenos. Luego, el agua desinfectada se envía a los ríos y arroyos con el respectivo permiso de las autoridades pertinentes en el tema. (Ruapehu District Council, 2015)

Espesador de cinturón de gravedad. Los sedimentos sedimentados de los clarificadores secundarios que no se devuelven a las cuencas de aireación se espesan con un espesador de cinturón de gravedad. Mezclado con el polímero, el lodo se concentra a medida que libera el agua, que drena por gravedad a través de un cinturón horizontal poroso. (Ruapehu District Council, 2015)

Instalación de recepción de grasa. Los camiones que transportan grasa y aceites de usuarios comerciales e industriales, como restaurantes, descargan sus desechos en la instalación de recepción de grasa. La instalación receptora de grasa procesa los residuos para que puedan ser tratados con el resto de los sólidos de aguas residuales. La eliminación adecuada de las grasas y aceites de los hogares y las empresas evita que los desagües y alcantarillas se obstruyan. Esto ayuda a mantener limpios los arroyos y los ríos al evitar el

desbordamiento de las alcantarillas sanitarias. (Ruapehu District Council, 2015)

Digestores. Los lodos activados espesados del espesador de la banda de gravedad, los lodos de los clarificadores primarios y los sólidos de la planta receptora de grasa se combinan en los digestores anaeróbicos donde los microorganismos descomponen los sólidos durante 15 a 25 días en ausencia de oxígeno. Los biosólidos digeridos se estabilizan biológicamente y se reducen en volumen. (Ruapehu District Council, 2015)

PROCESO Terciario

Prensa de filtro de banda. Los biosólidos estabilizados se deshidratan mecánicamente mediante una prensa de filtro de banda. El proceso elimina una cantidad significativa de agua y reduce considerablemente el volumen. (Ruapehu District Council, 2015)

Estanques de secado solar. Los sólidos deshidratados se llevan a los estanques de secado solar, donde se secan más y luego se retiran para su eliminación o reutilización beneficiosa. (Ruapehu District Council, 2015)

Sistema de cogeneración

Un subproducto del proceso de digestión anaeróbica es el gas metano, que es similar al gas natural comercial con aproximadamente 2/3 del valor de calentamiento. Las plantas de tratamientos de aguas residuales por lo general, generan 100 millones de pies cúbicos de gas metano por año. El metano es utilizado por el sistema de cogeneración en sitio para producir calor y electricidad para operar la planta de tratamiento. (Ruapehu District Council, 2015)

Conjunto de paneles solares. Los paneles solares en el sitio generan energía solar limpia y renovable, que se utiliza para complementar las necesidades de electricidad para operar la planta de tratamiento. Cuando se agrega al sistema de cogeneración, las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales pueden satisfacer el 100% de sus necesidades de energía

eléctrica de fuentes de energía renovables, aunque esta parte del proceso es una recomendación, su uso no es estrictamente necesario para implementarlo en la planta. Por lo general, una red eléctrica de distribución para la planta es también recomendable. (Ruapehu District Council, 2015)

Dique experimental y humedal. Un dique y humedal especial imitan la naturaleza al filtrar las aguas residuales tratadas para eliminar aún más los nutrientes para proteger los ríos y arroyos. El dique y el área de humedales mejoran la calidad de las aguas residuales que salen de la planta de tratamiento. El humedal también proporciona almacenamiento en clima húmedo. (Ruapehu District Council, 2015)

Como podemos ver en la figura 2.3, las plantas de tratamientos de aguas residuales pueden tener diferentes tipos de configuraciones dependiendo del alcance que quiera tener la planta o el proyecto ambiental. Por lo general, estas disposiciones pasan a formar parte de las autoridades respectivas, y el nivel de contaminación existente en el agua. (ORO LOMA SANITARY DISTRICT, 2015)



Figura 2. 3 Vista de aérea de la planta de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: (ORO LOMA SANITARY DISTRICT, 2015)

2.1.2. Sistema automatizado para una estación de bombeo

Para conseguir un sistema automatizado para una estación de bombeo, se debe tener en cuenta diferentes formas de cómo se puede obtener un resultado final conveniente para la entidad implementadora del sistema, así como también para la entidad encargada de que el funcionamiento de la planta esté en óptimas condiciones. Partiendo de la figura 2.4, podemos decir que el sistema automatizado que requiere la planta es robusto, sin muchas retroalimentaciones. (Haimi, Mulas, & Vahala, 2010)

La necesidad de procesos de tratamientos fiables y rentables ha aumentado considerablemente para cumplir con el nivel cada vez más estricto de las regulaciones ambientales y, en una mayor escala, para alcanzar los desafiantes objetivos nacionales para la reducción de la carga de nutrientes en los cuerpos de agua. Como resultado de estas regulaciones, se han realizado importantes mejoras y nuevas obras de construcción, en particular para la eliminación más eficiente de nutrientes. Implementando una instrumentación más avanzada, el sistema de control y automatización representa la forma correcta de renovar los procesos correspondientes para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, lo que lleva al uso óptimo de los procesos unitarios. Por otra parte, las mediciones en línea y los controles basados en ellos son esenciales en la operación flexible y rentable de la remoción moderna de nutrientes y elementos sólidos. (Haimi, Mulas, & Vahala, 2010). Como podemos ver en la figura 2.4, estos procesos respetan un diagrama de bloque general, pero también cada uno de estos bloques puede tener procesos paralelos o alternos dependiendo la complejidad del sistema.

Para las interpretaciones que se debe tener en cuenta para el correcto funcionamiento del sistema, los sensores y los actuadores deben estar definidos desde un principio para que se puedan hacer mejoras en el proceso como suele ocurrir. Dentro de las primeras variables que se debe considerar para poder establecer un sistema automatizado, de manera general, el control de procesos necesita sensores y analizadores para la implementación en línea continua. Sensores comunes se usan cada vez más en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y da lugar a una importante mejora de la seguridad operativa y mejor economía operativa. En particular, lo tradicional.

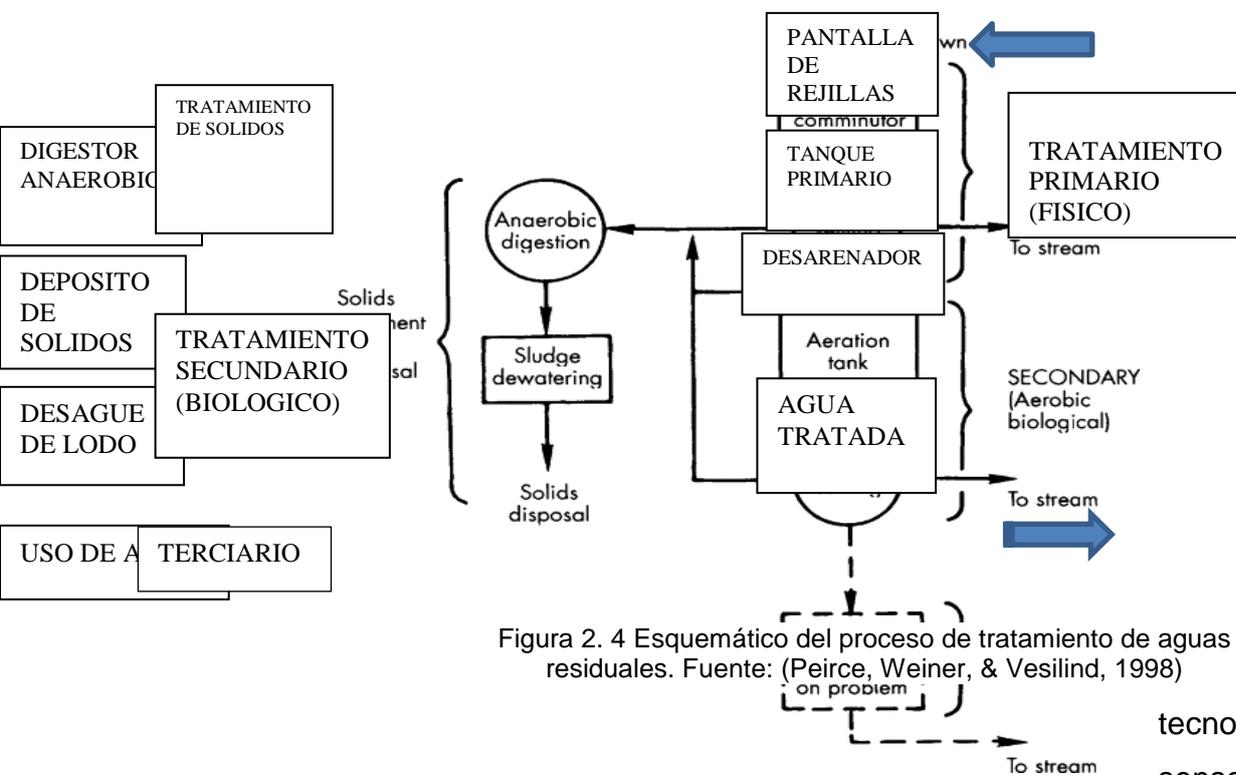


Figura 2. 4 Esquemático del proceso de tratamiento de aguas residuales. Fuente: (Peirce, Weiner, & Vesilind, 1998)

La tecnología de sensores de

nutrientes se basa en métodos de laboratorio automatizados, requiere un flujo de muestra sin sólidos suspendidos que representa en cierta medida la debilidad en la línea de medición. (Haimi, Mulas, & Vahala, 2010)

La tecnología libre de reactivos y de muestreo para medir las concentraciones de amoníaco y nitrato es basado en electrodos selectivos de iones y fotometría respectivamente. Cuando las mediciones necesarias no están disponibles en línea, de manera exitosa, se pueden estimar con un sensor suave, que representa una combinación de sensores duros robustos y un modelo matemático definido para reconstruir; a evolución temporal de los estados no

medidos. Estas herramientas también pueden usarse para ayudar al operador o un sistema de supervisión para tomar las acciones apropiadas para mantener el proceso en buenas condiciones operativas y según las condiciones, diagnosticar posibles fallos del proceso o incluso prevenir accidentes. (Haimi, Mulas, & Vahala, 2010)

Finalmente, en el circuito de control se accionan actuadores como válvulas, bombas y compresores de acuerdo con las salidas del controlador para mantener la variable controlada en su punto de ajuste. El flujo de gases, líquidos, lodos y sólidos se controlan con los actuadores. Las válvulas de control son totales o parcialmente abiertas o cerradas en respuesta a las señales recibidas de los controladores. Las válvulas pueden ser controlados manualmente, eléctricamente, neumáticamente, mecánicamente, hidráulicamente o por combinaciones de dos o más de estos métodos, especialmente los siguientes factores requieren consideración cuando selección de válvulas para aplicaciones de tratamiento de aguas residuales: caída de presión, caudal máximo, rangeabilidad, sensibilidad, linealidad e histéresis. La eficiencia y flexibilidad de los compresores, las bombas y válvulas son aspectos cruciales para tener un control adecuado del proceso. (Haimi, Mulas, & Vahala, 2010)

2.1.3. Consideraciones generales para diseño e implementación

2.1.3.1. Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta y responde a algún tipo de entrada del entorno físico. La entrada específica puede ser luz, calor, movimiento, humedad, presión o cualquiera de una gran cantidad de otros fenómenos ambientales. La salida es generalmente una señal que se convierte en una pantalla legible por humanos en la ubicación del sensor o se transmite electrónicamente a través de una red para su lectura o procesamiento posterior. (Umetsu, 2017)

2.1.3.1.1. Biosensor: Un biosensor consta de dos componentes: un bioreceptor y un transductor. El bioreceptor es una biomolécula que reconoce el analito objetivo, mientras que el transductor convierte el evento de reconocimiento en una señal medible. La singularidad de un biosensor es que los dos componentes están integrados en un solo sensor. Esta combinación permite medir el analito objetivo sin usar reactivos. Por ejemplo, la concentración de glucosa en una muestra de sangre se puede medir directamente con un biosensor (que se hace específicamente para la medición de glucosa) simplemente sumergiendo el sensor en la muestra. Esto contrasta con el ensayo convencional en el que se utilizan muchos pasos y cada paso puede requerir un reactivo para tratar la muestra. La simplicidad y la velocidad de medición son las principales ventajas de un biosensor. (Umetsu, 2017)

2.1.3.1.2. Sensor de coagulación para deshidratación de aguas residuales: La coagulación, la floculación y la clarificación son quizás los procesos más pasados por alto cuando se instala la instrumentación en una instalación de tratamiento de agua. Esto puede deberse al hecho de que el monitoreo en estos puntos generalmente no es un requisito reglamentario. Sin embargo, cada paso en el proceso de tratamiento depende de los pasos anteriores y de los que siguen para que todo el proceso funcione de manera efectiva. La medición es fundamental en cada paso para optimizar el proceso y controlar los costos operativos. (Umetsu, 2017)

2.1.3.2. Instrumentación

Instrumento es el término general que los investigadores usan para un dispositivo de medición (encuesta, prueba, cuestionario, etc.). Para ayudar a distinguir entre el instrumento y la instrumentación, considere que el instrumento es el dispositivo y la instrumentación es el curso de la acción (el proceso de desarrollo, prueba y uso del dispositivo). (Umetsu, 2017)

Los instrumentos se dividen en dos categorías amplias, completadas por el investigador y completadas por el sujeto, distinguidas por los instrumentos que los investigadores administran frente a los que completan los participantes.

Los investigadores eligieron qué tipo de instrumento, o instrumentos, utilizar en función de la pregunta de investigación. (Umetsu, 2017)

2.1.3.2.1. Tecnología de instrumentación óptica: Esta tecnología incluye técnicas basadas en láser para la caracterización de flujos y mediciones de temperatura y presión de superficie, micro ópticas, plataformas de detección móviles, óptica cuántica, nanotecnología y biocinética. Los nuevos laboratorios para la resolución espacial alta y la resolución temporal alta de parámetros como velocidad, temperatura, presión, detección de daños y concentración de especies se conciben y desarrollan en los laboratorios de la División y se aplican en las instalaciones de investigación del Centro. Además, se está investigando la investigación y el desarrollo en la ciencia de la evaluación no destructiva (ECM) para garantizar la integridad estructural y la confiabilidad de los sistemas de propulsión y potencia aeroespaciales. Las áreas de énfasis incluyen la caracterización de materiales no destructivos para materiales compuestos monolíticos y avanzados. Estos métodos se utilizan para evaluar la calidad, monitorear la degradación de los componentes, ayudar con los modelos de predicción de la vida y el monitoreo avanzado de la salud estructural. Los métodos utilizados y desarrollados incluyen ultrasonido guiado y onda de volumen, acústica, tomografía micro computada de rayos X, rayos X digitales e imágenes termográficas. También se buscan aplicaciones biomédicas de tecnologías basadas en láser, electroóptica y ECM. (Umetsu, 2017)

2.1.3.3. Proceso de Control

Para cada proceso que conlleva al tratamiento de aguas residuales se necesita un control de cada uno de los instrumentos y de la programación de los mismos.

2.1.3.3.1. Control Avanzado

Los controladores PID son fundamentales para este proceso y el uso extensivo de los mismo es de vital importancia para que las limitaciones dentro de todos los procesos que conllevan el tratamiento de aguas residuales de esta planta, tengan un impacto positivo y haya la menor cantidad posible

procesos muertos que no ayuden al flujo normal de lo que se requiere para la planta. Sin embargo, entre las limitaciones más frecuentes dentro de este tipo de procesos, se puede mencionar sistemas no lineales como por ejemplo sistemas con dependencia a la variable del tiempo en la que se requiere una constante retroalimentación para el proceso de control y este pueda habilitar el resto de las funciones de la planta. La gran cantidad de sistemas de control que necesita el sistema solo puede realizarse con lógica difusa en su configuración de control las cuales ayudarán a proveer un buen funcionamiento de la planta de bombeo y control de compuertas. Cada uno de estos procesos cuando se subdividan, tendrán la menor cantidad de procesos en las cuales tenga que intervenir un operador. (Umetsu, 2017)

2.1.4. Configuración de un sistema de bombeo

La configuración de bomba de tipo múltiple equipada con un esquema de inversión es adecuada para que el sistema funcione en un amplio rango de flujo y altura en diferentes períodos de tiempo. Su optimización puede ser el resultado de una capacidad de regulación relativamente baja. Como resultado, se adoptó un modelo de control de interruptor síncrono para superar este defecto y ahorrar más operación de energía del sistema de bomba. El hardware del control del interruptor síncrono podría lograrse mediante un simple circuito de control lógico que podría ser fácilmente programable y un circuito de control discriminador de fase que podría eliminar la corriente de impacto. El software del control del interruptor síncrono se podría lograr mediante el grupo de modelos de programación de potencia del eje mínimo basado en cada tipo de bomba, ya que la bomba de velocidad variable podría calcular la condición de operación óptima y el número mínimo de interruptor podría garantizar el esquema de regulación de control óptimo. Sin embargo, la inversión única con tecnología de control de interruptor síncrono se utilizó en un proyecto de reconstrucción de ahorro de energía de una estación de bombeo de circulación; podría lograr la ganancia casi igual que los dos esquemas de inversión con el tiempo de recuperación casi el mismo que el inverso único con el esquema de bomba de pony. Este es un esquema de precios particularmente alto y de alta calidad. (Luo, Sun, Xiong, & Guo, 2017)

2.2. Proceso de tratamiento de aguas residuales

Los procesos de tratamiento de agua potable y aguas residuales implican el uso de muchos tipos de recursos: humanos (habilidades, experiencia); natural; energía; conocimiento de procesos físicos, biológicos y químicos; uso de las matemáticas; y mantenerse al día con las normas y regulaciones estatales y federales. Este trabajo de titulación abarca los temas sobre el tratamiento de aguas residuales, y esta descripción general abordará solo los sistemas centralizados donde las aguas residuales se recolectan de la comunidad y se tratan juntas en un solo lugar. Los sistemas descentralizados (a veces conocidos como sistemas sépticos), donde las aguas residuales se recolectan y tratan en el lugar, cerca de una casa o edificio, no se abordarán aquí porque hay muchas maneras de hacerlo, y ese es un tema digno de su propia discusión. (RCAP Resources Library, 2015)

Como puede imaginar, tratar las aguas residuales es más complicado que tratar el agua para beber. Piense en su rutina diaria y todo lo que ponga en sus aguas residuales: jabones utilizados en los fregaderos y en la ducha, desechos humanos líquidos y sólidos, papel higiénico, agua de lavar los platos y ropa, sólidos del desagüe de la cocina, etc. Limpiar el agua con todo esto y hacerla adecuada para el medio ambiente nuevamente requiere mucho trabajo. (RCAP Resources Library, 2015)

Primero, está el sistema de recolección que recoge todas las aguas residuales y las envía a la planta. El sistema de recolección incluye no solo las tuberías conectadas a su casa, sino también las estaciones de muestreo, estaciones de bombeo, válvulas de alivio de presión, interruptores de vacío, pozos y válvulas de cierre. (RCAP Resources Library, 2015)

El tratamiento comienza con la eliminación física de artículos grandes del agua, utilizando equipos como pantallas, en las cabeceras de la planta. Estos artículos suelen ser enviados a un relleno sanitario. Sigue el tratamiento primario, que en la mayoría de las plantas es un proceso físico (que usa la gravedad) para eliminar algunos sólidos suspendidos y materia orgánica de las aguas residuales. En grandes cuencas de sedimentación primaria, los

sólidos sedimentables y los materiales flotantes se separan de las aguas residuales y se eliminan de ellos. (RCAP Resources Library, 2015)

Hay tres fases principales del tratamiento de aguas residuales en un sistema centralizado:

- Eliminación de material grande y flotante.
- Tratamiento de aguas residuales
- Tratamiento de lodos

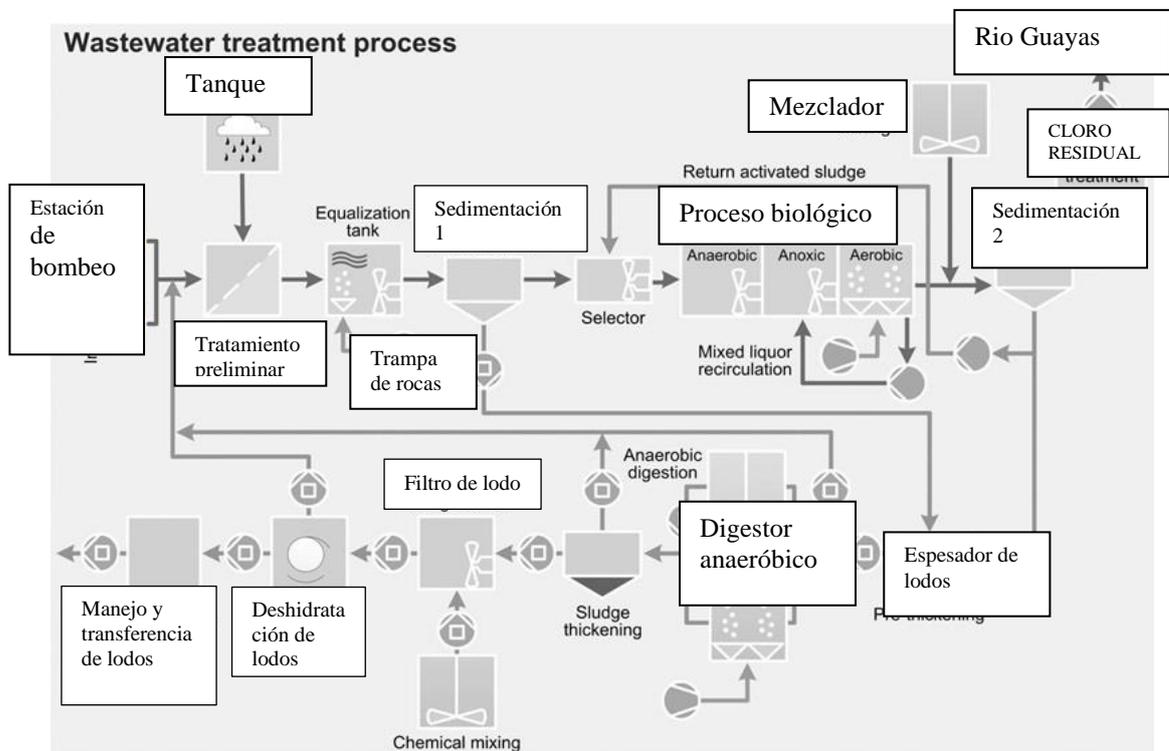


Figura 2. 5 Proceso de tratamiento de aguas residuales.
Fuente: (SULZER, 2016)

El tratamiento secundario elimina la materia orgánica biodegradable, los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, y los sólidos suspendidos de las aguas residuales. Hay muchos procesos diferentes que pueden usarse para lograr este objetivo: digestores aeróbicos o anaeróbicos, oxidación, filtración por membrana, tratamiento químico y más. Su sistema puede usar más de una de estas tecnologías. (RCAP Resources Library, 2015)

La desinfección se considera parte del tratamiento secundario de las aguas residuales. Esto se puede lograr a través de procesos químicos, de luz ultravioleta u ozono. La forma más común de desinfectar el agua en esta etapa es usar cloro. La desinfección desactiva los contaminantes biológicos en las aguas residuales antes de descargar el agua al medio ambiente. (RCAP Resources Library, 2015)

Los lodos que se eliminan de los procesos de tratamiento primario y secundario también deben tratarse antes de eliminarse. En cuanto al agua, observe con atención lo que se descarga de la planta y considere todas las formas en que ha sido tratada (física, biológica y químicamente) y se sorprenderá de la agua limpia y clara que se produce. Durante los últimos 40 años, la Ley de Agua Limpia ha regulado estos procesos para proteger el medio ambiente y la salud pública. La ley, junto con otras regulaciones federales y estatales, garantiza que podamos usar esta agua nuevamente. Después de todo, las aguas residuales que son tratadas serán utilizadas nuevamente por el planeta y, finalmente, por nuestros cuerpos. (RCAP Resources Library, 2015)

2.2.1. Impacto ambiental

Las aguas residuales están a tu alrededor. Desde el agua que corre por el desagüe de la ducha hasta el escurrimiento que proviene de carreteras mojadas, esto es un subproducto de nuestro estilo de vida moderno. Gracias a la avanzada tecnología de tratamiento de aguas residuales, el agua que bebe y se ducha es filtrada y tratada para eliminar cualquier contaminante, como aguas residuales o productos químicos.

Cuerpos naturales de agua

Ambos cuerpos de agua dulce y salada están contaminados todos los días por aguas residuales no tratadas. De hecho, la Agencia de protección del medio ambiente de los EE. UU. Estima que casi 1.2 billones de galones de aguas residuales provenientes de fuentes domésticas e industriales se vierten en el agua de la nación cada año, o aproximadamente 3.28 mil millones de galones por día. Y, sí, eso fue un billón con una "T" y mil millones con una "B".

Esto no solo crea un ambiente inseguro para la vida marina, sino que también crea riesgos para los seres humanos. La importancia del diseño y la infraestructura del tratamiento de aguas residuales son especialmente relevantes para los cuerpos de agua dulce, ya que estos materiales terminarían en su hogar si el agua no se tratara adecuadamente. (ORGANICA , 2017)

Falta de agua subterránea y agua en general

Muchas partes del mundo sufren actualmente de escasez de agua (y eso incluye a los estados de los Estados Unidos como California), lo que significa que el agua limpia es de suma importancia. Cuando las aguas residuales se descargan en estas tierras secas, pueden filtrarse en los niveles freáticos y fuentes de pozos subterráneos. Debido a que necesitamos extraer de estos cuerpos de agua naturales para las generaciones venideras, esto puede inutilizar los suministros de agua completos para las personas en múltiples ubicaciones. (ORGANICA , 2017)

Ecosistemas naturales

Cada ecosistema se basa en el agua en algún sentido. Y cuando el agua está contaminada por aguas residuales, productos químicos tóxicos o cualquier otra forma de desperdicio hecho por el hombre, esos ecosistemas se ponen en grave riesgo. No solo eso, sino que las aguas superficiales y subterráneas están conectadas, siempre. La eliminación imprudente de los desechos puede contaminar una gama mucho más amplia de animales y ambientes de lo que usted puede saber. (ORGANICA , 2017)

2.2.2. Métodos tradicionales para el tratamiento de agua residual.

Tratamiento primario de aguas residuales

El tratamiento primario de aguas residuales implica la sedimentación de residuos sólidos dentro del agua. Esto se hace después de filtrar contaminantes más grandes dentro del agua. Las aguas residuales pasan a través de varios tanques y filtros que separan el agua de los contaminantes. El "lodo" resultante se alimenta a un digestor, en el que se lleva a cabo un

procesamiento adicional. Este lote primario de lodo contiene casi el 50% de los sólidos suspendidos dentro de las aguas residuales.

Tratamiento secundario de aguas residuales

El tratamiento secundario de las aguas residuales hace uso de la oxidación para purificar aún más las aguas residuales. Esto se puede hacer de una de tres maneras:

Biofiltración

Este método de tratamiento secundario de aguas residuales emplea filtros de arena, filtros de contacto o filtros de goteo para garantizar que se eliminen los sedimentos adicionales de las aguas residuales. De los tres filtros, los filtros de goteo suelen ser los más efectivos para el tratamiento de aguas residuales en pequeños lotes.

Aireación

La aireación es un proceso largo pero efectivo que implica mezclar aguas residuales con una solución de microorganismos. La mezcla resultante se airea durante un máximo de 30 horas seguidas para garantizar los resultados.

Estanques de oxidación

Los estanques de oxidación se utilizan típicamente en lugares más cálidos. Además, este método utiliza cuerpos naturales de agua como las lagunas. Se permite que las aguas residuales pasen a través de este cuerpo durante un período de tiempo y luego se retengan durante dos o tres semanas.

Tratamiento de aguas residuales terciarias

Este tercer y último paso en el sistema básico de gestión de aguas residuales consiste principalmente en eliminar los fosfatos y nitratos del suministro de agua. Las sustancias como el carbón activo y la arena se encuentran entre los materiales más utilizados que ayudan en este proceso.

El tratamiento de aguas residuales puede implicar un poco más que estos tres pasos, pero son la base de cómo funcionan las instalaciones de tratamiento

de aguas residuales tradicionales. Cuanto más sepa sobre el proceso, más ideas podrá cultivar para hacer un cambio positivo y mejorarlo.

2.3. Centro de Control de Motores [CCM]

Los sistemas de distribución de energía utilizados en grandes aplicaciones comerciales e industriales pueden ser complejos. La energía se puede distribuir a través de conmutadores, cuadros de distribución, transformadores y paneles de control. La potencia distribuida en una aplicación comercial o industrial se usa para una variedad de aplicaciones tales como calefacción, refrigeración, iluminación y maquinaria motorizada. (EEP, 2018)

Los componentes de control se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones con diversos grados de complejidad. Un ejemplo de un circuito de control simple es un circuito que enciende y apaga una luz. En este circuito, el componente de control es a menudo un interruptor monopolar. Los circuitos de control utilizados en aplicaciones comerciales e industriales tienden a ser más complejos que este simple circuito y emplean una variedad más amplia de componentes. (EEP, 2018)

Control manual

Un simple circuito de control de iluminación on-off ilustra un ejemplo de control manual. El control manual requiere que alguien use un interruptor para encender o apagar algo. El dispositivo que se enciende o apaga puede ser una luz, como en el ejemplo anterior. (EEP, 2018)

Operación automática

Si bien el control manual de las máquinas sigue siendo una práctica común, muchas máquinas se inician y se detienen automáticamente o mediante una combinación de control manual y automático. El control automático se produce cuando los circuitos pueden encender y apagar algo sin interacción humana. (EEP, 2018)

Componentes de control

Una amplia variedad de componentes se utiliza en circuitos de control. Esto incluye componentes que varían en complejidad, desde luces indicadoras hasta sistemas avanzados que monitorean, protegen y controlan los motores de CA. En algunos casos, la interacción de estos componentes depende únicamente de cómo están conectados entre sí. Esto a veces se conoce como lógica cableada. (Spada, 2018)

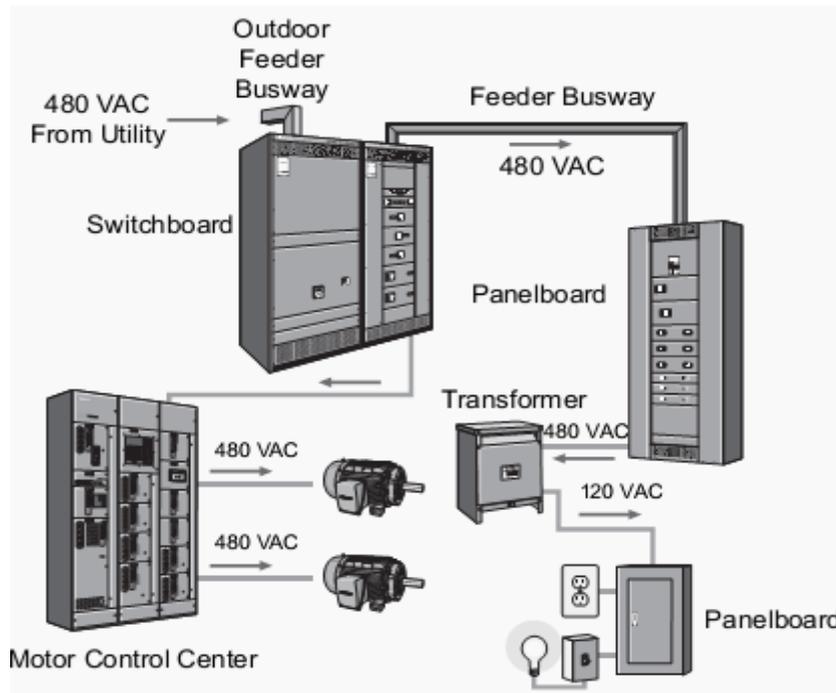


Figura 2. 6 Central de Control de Motores Básicos.
Fuente: (EEP, 2018)

Los contactos del contactor están cerrados para arrancar el motor y se abren para detener el motor. Esto se logra de manera electromecánica utilizando los botones de arranque y parada u otros dispositivos piloto conectados para controlar el contactor. El relé de sobrecarga protege el motor al desconectar la alimentación del motor cuando existe una condición de sobrecarga. Aunque el relé de sobrecarga proporciona protección contra sobrecargas, no proporciona protección contra cortocircuitos para el cableado que suministra energía al motor. Por esta razón, también se utilizan un disyuntor o fusibles. (Spada, 2018)

En muchas aplicaciones comerciales e industriales, se requieren bastantes motores eléctricos, y a menudo es deseable controlar algunos o todos los

motores desde una ubicación central. El aparato diseñado para esta función es el centro de control de motores (CCM). Un arrancador combinado es un gabinete único que contiene el arrancador de motor, los fusibles o el disyuntor, y un dispositivo para desconectar la alimentación. También se pueden incluir otros dispositivos asociados con el motor, como botones pulsadores y luces indicadoras. (Spada, 2018)

2.3.1. Clasificación de Centro de Control de Motores por tensión.

Los centros de control de motores (CCM) están segmentados en dos clasificaciones distintas: baja tensión y media tensión.

- Los CCM de bajo voltaje se utilizan para motores de corriente alterna trifásica de bajo voltaje de 230 V a menos de 1000 V.
- Los CCM de media tensión se utilizan para motores grandes que requieren 1000 V a aproximadamente 15000 V.

Para ambas clasificaciones de CCM, cada controlador de motor contiene un contactor o un controlador de estado sólido, relés de sobrecarga para proteger el motor, fusibles o un disyuntor para proporcionar protección contra cortocircuitos, y un interruptor de desconexión para aislar el circuito del motor. La alimentación trifásica entra en cada controlador a través de conectores separables. El motor está cableado a los terminales en el controlador. Los CCM proporcionan formas de cable para control de campo y cables de alimentación. Cada controlador de motor en un CCM se puede especificar con una gama de opciones tales como transformadores de control separados, lámparas piloto, interruptores de control, bloques de terminales de control adicionales, varios tipos de relés de protección de sobrecarga bimetálicos y de estado sólido, o varias clases de energía Fusibles o tipos de disyuntores. Se puede suministrar un CCM listo para que el cliente conecte todo el cableado de campo, o puede ser un conjunto de ingeniería con control interno y cableado de enclavamiento a una placa del panel de terminales de control central o un controlador programable. Un CCM generalmente se monta en pisos, que a menudo requieren una clasificación de resistencia al fuego. Es posible que se requieran paradas contra incendios para los cables que penetran pisos y paredes con clasificación contra incendios. (Spada, 2018)

Centros de control de motores de baja tensión

De control de motores de bajo voltaje (LV-CCM) es un conjunto de una o más secciones cerradas que tienen un bus de alimentación común y que contienen principalmente unidades de control de motores. Los LV-CCM han sido utilizados desde 1950 por la industria de fabricación de automóviles que usaba una gran cantidad de motores eléctricos. Hoy en día, se utilizan en muchas aplicaciones industriales y comerciales. Cuando se utilizan procesos muy polvorientos o corrosivos, el LV-CCM se puede instalar en una habitación separada con aire acondicionado. (Spada, 2018)

Los LV-CCM proporcionan el método más adecuado para agrupar el control del motor eléctrico, la automatización y la distribución de energía en un paquete compacto y económico. Los LV-CCM están formados por estructuras independientes totalmente cerradas y atornilladas entre sí. Estas secciones admiten y albergan unidades de control, una barra de bus común para distribuir la alimentación a las unidades de control y una red de canales de entrada y áreas de entrada de conductores para acomodar los cables de carga y control de entrada y salida. Las unidades de control constan de componentes, como una combinación de arrancadores de motor, dispositivos de alimentación de derivación, unidades de frecuencia variable, controladores lógicos programables, arrancadores suaves, arrancadores en línea directa y medidores. Cada unidad se monta en un compartimiento individual, aislado o en un cajón que tiene su propia puerta. Los LV-CCM son un conjunto de varios arrancadores de motor. Un LV-CCM consta de una o más secciones verticales de gabinete de metal con bus de alimentación y provisión para montaje enchufable de controladores de motor individuales. Los controladores muy grandes pueden atornillarse en su lugar, pero los controladores más pequeños se pueden desenchufar del gabinete para pruebas o mantenimiento. (Spada, 2018)

Centros de control de motores de media tensión

De control de motores de media tensión (MV-CCM) es un conjunto de una o más secciones cerradas que tienen un bus de alimentación común y que

contienen principalmente unidades de control de motores. Los MV-CCM se utilizan en muchas aplicaciones industriales y comerciales. Cuando se utilizan procesos muy polvorientos o corrosivos, el MV-CCM se puede instalar en una habitación separada con aire acondicionado. (Spada, 2018)

Los MV-CCM proporcionan el método más adecuado para agrupar el control del motor eléctrico, la automatización y la distribución de energía en un paquete compacto y económico. Los MV-CCM están formados por estructuras independientes totalmente cerradas y atornilladas entre sí. Estas secciones admiten y albergan unidades de control, una barra de bus común para distribuir la alimentación a las unidades de control y una red de canales de entrada y áreas de entrada de conductores para acomodar los cables de carga y control de entrada y salida. Las unidades de control están compuestas por componentes tales como una combinación de arrancadores de motor, dispositivos de alimentación de ramal, variadores de frecuencia, controladores lógicos programables, variadores de CA, arrancadores suaves, arrancadores directos en línea y medidores. Cada unidad está montada en un compartimiento individual, aislado. Los MV-CCM son un conjunto de varios arrancadores de motor. Un MV-CCM consta de una o más secciones verticales de gabinete de metal con bus de alimentación y provisión para el montaje enchufable de controladores de motores individuales. Los controladores muy grandes pueden atornillarse en su lugar, pero los controladores más pequeños se pueden desenchufar del gabinete para pruebas o mantenimiento. (Spada, 2018)

2.3.2. Clasificación de Centro de Control de Motores por configuración Convencional

Esta configuración consiste en una o más secciones compartimentadas verticales cerradas atornilladas y montadas en el piso. Cada sección vertical admite y alberga una o más combinaciones de unidades de control y varios dispositivos relacionados, incluidos los botones pulsadores y los interruptores de selección. Estas unidades están montadas en un compartimiento individual, aislado que tiene su propia puerta y pueden ser fijos o extraíbles. (Spada, 2018)

Inteligente

Un CCM inteligente utiliza un dispositivo de protección electrónico inteligente en lugar de un dispositivo de sobrecarga térmica convencional, para adaptarse a varias funciones de protección, según la configuración y el software. Sin embargo, cada unidad de control utiliza dispositivos que tienen inteligencia integrada. Específicamente, PLC, arrancadores suaves, disyuntores, contactores y variadores de CA que pueden proporcionar información a través de una red interna que puede brindar soporte a las redes de comunicación para sistemas de nivel superior en la operación. La red más común admitida fuera del gabinete incluye Profibus, ProfiNet, CCLink, Ethernet \ IP, DeviceNet o Modbus). Este enlace de comunicación a menudo se conecta directamente al PLC montado dentro del gabinete. El PLC realiza funciones de protección, comunicación, control y monitorización. (SULZER, 2016)

2.3.3. Clasificación de Centro de Control de Motores por tipo de arranque

Los CCM están segmentados por tipo de inicio, que incluye la siguiente segmentación:

Directo en línea

Los arrancadores de motor denominados Direct On Line son la forma más simple de arrancadores de motor. Simplemente conectan el motor directamente a la línea. (Spada, 2018)

Arranque suave

Los arrancadores de motor denominados arrancadores suaves aumentan la tensión aplicada hacia arriba al inicio y hacia abajo en la parada. (Spada, 2018)

Unidad de velocidad variable (unidades de CA)

AC Drives son las formas más avanzadas de arrancadores de motor. Estos sistemas permiten un rango completo de control de velocidad y aceleración

del motor. En general, el variador de CA también proporciona diagnósticos más avanzados a través de una conexión de red. (Spada, 2018)

2.3.4. Clasificación de Centro de Control de Motores por tipo de corte de circuito.

El CCM se puede segmentar por el tipo de protección contra sobrecorriente empleada en el panel.

Técnica fusionada

Un fusible es un dispositivo de un solo disparo. El calor producido por la sobrecorriente hace que el elemento portador de corriente se funda, desconectando la carga de la fuente de voltaje. (Spada, 2018)

Cortacircuitos

Además de proporcionar protección contra sobrecorriente, un interruptor automático proporciona un medio manual para energizar y desenergizar un circuito. Un disyuntor permite que un circuito se reactive rápidamente después de que se elimine un cortocircuito o una sobrecarga simplemente reiniciando el disyuntor. (Spada, 2018)

2.3.5. Centro de Control de Motores por ARC FLASH.

Un arco eléctrico es un arco eléctrico que se suministra con suficiente energía eléctrica para causar daños sustanciales, incendios o lesiones. Hay muchos métodos para proteger al personal de los riesgos de arco eléctrico. Esto puede incluir personal que use equipo de protección personal (PPE) de arco eléctrico o que modifique el diseño y la configuración del equipo eléctrico. La mejor manera de eliminar los peligros de un arco eléctrico es desenergizar los equipos eléctricos. (Spada, 2018)

El CCM se puede segmentar en diseños de arco eléctrico y no a prueba de arco. ARC Flash es específicamente un diseño de panel que incorpora tecnología que permitirá al personal abrir las puertas del panel de manera segura sin quitar energía del sistema. (Spada, 2018)

2.3.6. Centro de Control de Motores por STANDARD

Varias organizaciones participan en el establecimiento de estándares para el diseño, la construcción y la aplicación de centros de control de motores. Los estándares principales segmentados en este informe son NEMA e IEC.

NEMA: la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) es una organización que desarrolla estándares para equipos eléctricos. (Peirce, Weiner, & Vesilind, 1998)

IEC - La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es una organización con sede en Ginebra, Suiza, con más de 50 países miembros. IEC escribe normas para las prácticas de equipos eléctricos y electrónicos. (Spada, 2018)

Como podemos ver en la figura 2.7, el tratamiento de aguas residuales a gran escala tiene la participación de volúmenes mucho más grandes de aguas y por consecuencia, un número mucho mayor de capacidad dentro de los tanques que están encargados a desarrollar los diferentes procesos de tratamiento que se necesita para que el impacto ambiental de los mismos, sea mucho menor.



Figura 2. 7 Planta de tratamiento de Aguas Residuales.
Fuente: (TES Water, 2014)

**CAPITULO 3: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES
PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

Como parte de la resolución de este proyecto, se establecerá un escenario donde se pueda implementar en la ciudad de Guayaquil este tipo de implementaciones. En la actualidad, de acuerdo con el informe de Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales 2015 (Agua y Alcantarillado), existen dentro de los 215 GAD Municipales 461 plantas potabilizadoras en 192 GAD Municipales, de las cuales solamente en la Región Costa existen 20,39% con respecto al total de plantas en todo el país, como podemos ver en la figura 3.1. (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

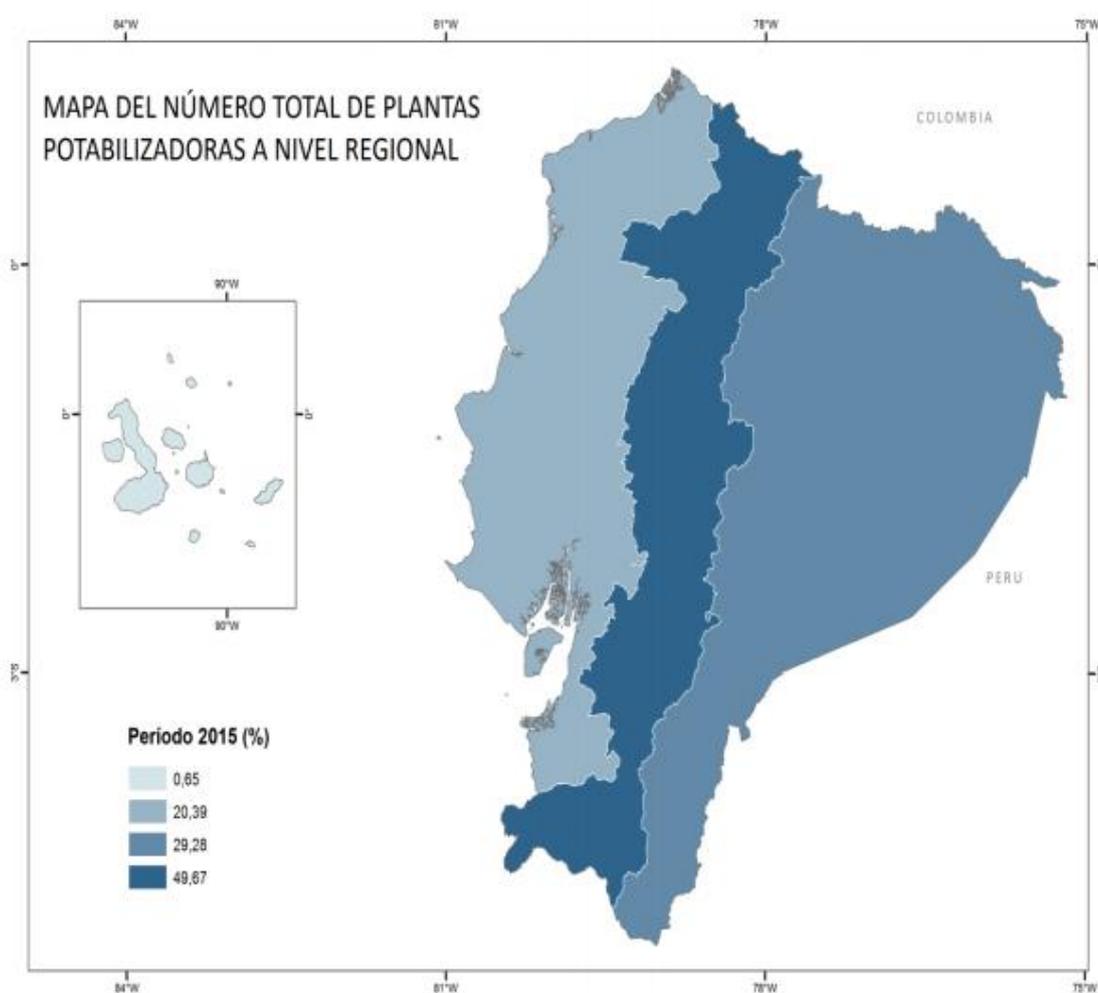


Figura 3. 1 Mapa de número de plantas potabilizadores, a nivel regional (%)
Fuente: (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

A nivel provincial se puede tener una mejor idea de cómo se está distribuyendo las plantas de tratamiento de aguas residuales, con respecto al porcentaje que se está cubriendo en la región, como podemos ver en la figura 3.2, en la provincia del Guayas se cuenta con un menor número de estas plantas de tratamiento de aguas residuales. (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

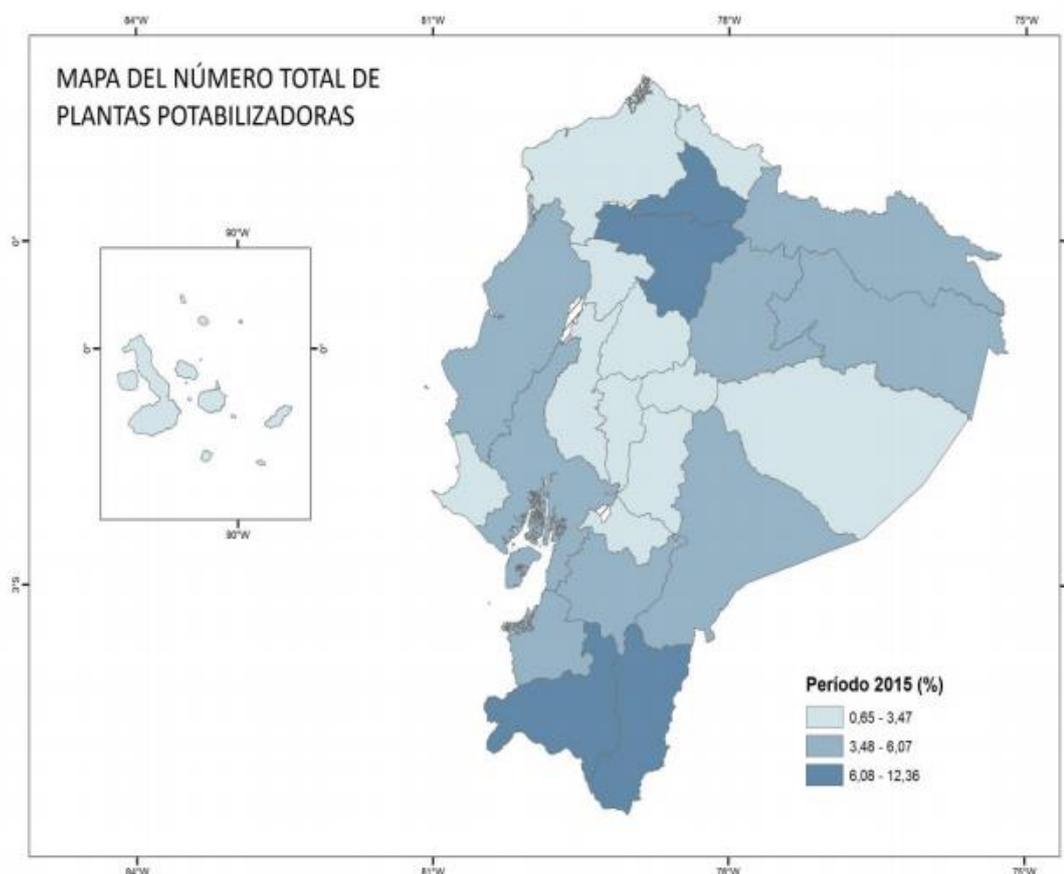


Figura 3. 2 Mapa del número de plantas potabilizadoras, a nivel provincial (%).
Fuente: (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

Partiendo de este punto, el estudio también se presta para tener las ubicaciones respectivas de donde se pueden presentar estas plantas de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con un estudio similar, se mantiene que en la región de la sierra se tiene un mayor número de plantas que se encargan del proceso de tratamiento de aguas residuales, y de esta forma hay una mayor presencia de inversión en esta problemática de otras provincia, y además un creciente número de estudios para la implementación de plantas de estas características. Como podemos ver en la figura 3.3, los

GAD Municipales de la región costa, realizan el tratamiento de sus aguas residuales en un menor porcentaje comparado con la sierra. (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016).

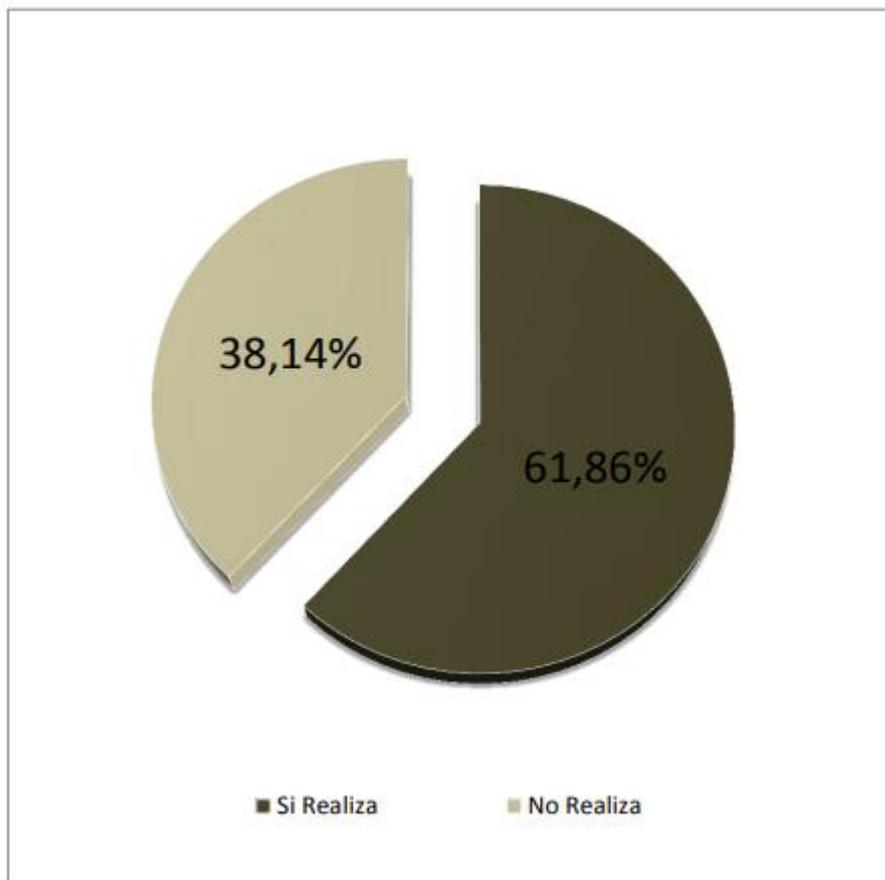


Figura 3. 3 Porcentaje de GAD Municipales que realizan tratamiento de aguas residuales.

Fuente: (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

Dentro del número de tratamiento de aguas residuales que se encuentran en el país, la región costa cuenta con 129 plantas, que corresponden al 30,64% del total de plantas de estas características en el país. (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

Como dato adicional, la disposición final del agua residual tratada, el 56,39% de los GAD Municipales es de los ríos, un 26,32% en quebradas y el restante 19,55% en otros sitios. (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016). Como podemos ver en la figura 3.4, estas disposiciones también son importantes reconocerlas, ya que dependiendo de la región las disposiciones facilitan el proceso de tratamiento de estas aguas.

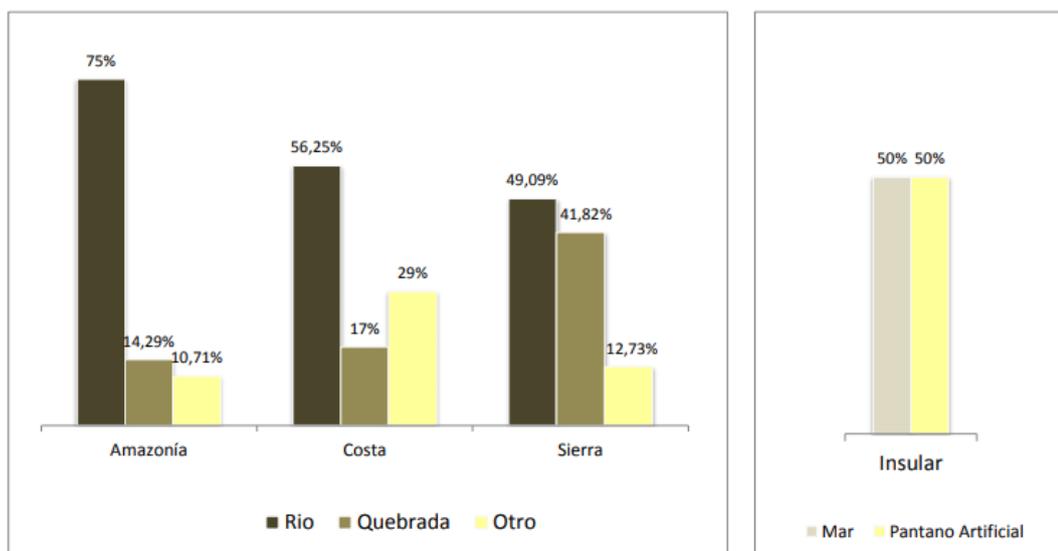


Figura 3. 4 Sitios de disposición del agua residual tratada en %.
Fuente: (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

De acuerdo con la EMAPAG – EP, las características principales de la Planta de tratamiento de agua residual, deberán ser, como se indica en la tabla 3.1.

Componente	Nombre	Descripción cuantitativa
Tratamiento de aguas y lodos	Pre-Tratamiento	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cámara aireada: una cámara mezcladora con aireación a través de difusores de burbuja gruesa. 2. Cámara cribadora: cuatro canales de rejillas, rejillas gruesas (8mm) y finas (6mm) 3. Desarenador tipo vórtice: tres unidades diseñados para un caudal pico de 3.07 m³/seg
	Tratamiento Primario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mezcla rápida, dos unidades, tiempo de retención 40 segundos, entre 300 y 500 seg-1. 2. Tanques de pre-aireación y floculación, dos unidades, tiempo de retención de 17 minutos. Los mezcladores serán mecánicos. 3. Clarificadores primarios: tres unidades 52.5 m de diámetro, y 5 m de profundidad.
	Digestores de lodos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Espesadores por gravedad: dos unidades de 13m de diámetro. 2. Rejillas finas de filtración de lodos: dos unidades con ranuras de 2mm. 3. Digestores: dos tanques en servicios con tiempo de retención de 15 días. Volumen de cada unidad 5000 m³ 4. Deshidratación de sólidos: dos prensas de banda en servicios de 3m de ancho. Los sólidos se deshidratarán por 35 horas a la semana, durante 5 días. 5. Biofiltros para control de olores. Una unidad para 4400 m².
	Desinfección	Hipoclorito de sodio en sitio. Tiempo de retención 43 minutos a 3.7 m ³ /s

	Emisario	Emisario: diámetro de 2400 mm, 15 difusores con sección vertical de 900 mm, con difusores laterales tidedflex de 600 mm.
--	----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 3. 1 Descripción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
Fuente: (EMAPAG - EP, 2015)

Como se indica en el estudio hecho por la EMAPAG – EP, las estaciones de bombeo de aguas residuales consisten en 3926 km de colectores, para brindar este servicio en particular también se debe tener en cuenta los sistemas que también existen dentro del servicio de alcantarillado de la ciudad. Como se puede ver en la figura 3.5, las redes de servicio de alcantarillado se descargan en los ríos Daule-Guayas. La cantidad de agua residual que se produce en Guayaquil es de aproximadamente 280.000 m³ por día, y ya que estamos ubicados favorablemente con respecto a los ríos antes mencionados y al estero salado, la mayor parte de aguas residuales son descargadas por medio de dos locaciones importantes como lo son: Progreso, Pradera y emisario subfluvial Guasmo. (EMAPAG - EP, 2015)



Figura 3. 5 Ubicación de sistema de bombeo.
Fuente: (Aguirre, 2016)

Para establecer el estudio de este proyecto se tomará en cuenta la Cuenca Sur – Las Esclusas, que corresponde a la cobertura del sector suburbio de Guayaquil, en el que existe un sistema de tratamiento de aguas residuales

llamado La Pradera, que se encarga de hacer la respectiva descarga de aguas pretratadas, al río Guayas mediante un emisario subacuático y la estación de bombeo. (Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales, 2016)

Las estaciones de bombeo que se han propuesto a la entidad correspondiente, en este caso EMAPAG – EP, consta de un pozo húmedo / seco con bombas centrifugas ubicadas en el nivel más bajo del pozo. Además, estas estaciones constarán con 4 rejillas y 5 canales. Las bombas que se utilizan para las estaciones de bombeo serán 6 bombas centrifugas verticales de 800 HP, con un caudal de 100819.07 GPM y 13600 PSI, tienen una altura de aproximadamente 33.5 metros. Como dato adicional, también se puede destacar, que por la naturaleza del proyecto se deben instalar micro túneles, con tuberías de 1800 mm, y un caudal pico de 6.36 m³/seg, con una longitud de más de 4.7 KM, lo que corresponde a toda la dimensión del proyecto.

Antes de continuar con la descripción de cada una de las etapas de nuestra planta debemos tener en consideración algunas especificaciones técnicas de nuestro proyecto. Las tecnologías que se emplearán en este proyecto tienen que ver con diferentes métodos de transporte del agua ya sea en su entrada como en su salida. El primer método que debemos tener en cuenta es la rehabilitación por PIPE BURSTING. Si bien los sistemas existentes han funcionado más allá de la vida útil razonablemente esperada, los sistemas subterráneos la mayoría de los sistemas están deteriorados y necesitan un mantenimiento y una reparación costosa. Problemas comunes implican corrosión y deterioro de los materiales de las tuberías, fallas o fugas de las uniones de las tuberías y reducción de flujo debido a depósitos minerales y residuos acumulados dentro de la tubería. El daño a las tuberías existentes también puede ocurrir por movimientos del suelo debido a la actividad de construcción adyacente, asentamiento desigual u otro terreno con inestabilidad. Esto lleva a un aumento de la infiltración y entrada (I&I) en el alcantarillado. En estos sistemas el agua conduce a reducciones de flujo y presión, fugas persistentes (hasta el 30 por ciento del agua suministrada en algunos sistemas), ráfagas de tuberías y mala calidad del agua. Los problemas anteriores se ven agravados por la significativa concurrencia con

impactos negativos (de reparación a cielo abierto o proyectos de reemplazo) en la vida cotidiana, tráfico y comercio de la zona servida por y a lo largo de la tubería en cuestión.

La rotura de tuberías es un método sin zanjas bien establecido que es ampliamente utilizado para la sustitución de tuberías deterioradas por una nueva de igual o mayor diámetro. La rotura de tuberías es una tubería económica y es una alternativa de reemplazo que reduce la perturbación de los negocios y residentes cuando se compara con la técnica de corte abierto.

Reemplazar una tubería vieja por una más grande se denomina cambio de tamaño. El cambio de tamaño es reemplazar la tubería vieja por una tubería de un tamaño estándar más grande, por ejemplo, reemplazando un tubo de 8 "por uno de 10". Del mismo modo, dos tamaños. Este proceso permite reemplazar el tubo viejo por un tubo de dos tamaños estándar más grande, por ejemplo, reemplazo de tubo de 8 "con 12" uno. Este método de rehabilitación que consiste en usar el tubo que existe actualmente para pasar un nuevo tubo de polietileno ya que con este tubo se puede soportar una mayor densidad. Quedaría después del proceso de puesta en marcha la consolidación de un nuevo tubo con un diámetro mayor si está en lo posible.

El siguiente método a utilizar es el CURED IN PLACE PIPE. Las soluciones de curado de tubería en sitio (CIPP) han existido durante décadas y se ha comprobado que prolongan el ciclo de vida de las líneas de alcantarillado subterráneas que simplemente tienen un costo prohibitivo para excavar y reemplazar. Como solución de revestimiento, CIPP es apropiado para sistemas como líneas de drenaje y alcantarillado subterráneas y de mayor diámetro, donde los costos de acceso son muy elevados y hay menos conexiones de las que preocuparse.

Los revestimientos CIPP son revestimientos más gruesos, más pesados, impregnados con resina, como fieltro o fibra de vidrio, que se curan para obtener un acabado estructural duro, esencialmente creando una tubería dentro de una tubería.

3.1. Partes de la Planta de tratamiento de agua residual

Para tener una mejor idea de cómo está conformada la planta actualmente, vamos a dar una breve descripción del proceso de tratamiento, tal cual como se daría una vez puesta en marcha, y hasta el curso del agua tratada hasta su disposición cuando este llegue al río. Como podemos ver en la figura 3.6. La tubería descrita anteriormente sería para poder enviar el agua tratada hacia el río, una vez esta haya completada su proceso.



Figura 3. 6 Curso de agua tratada hasta el río.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

Además de la tubería que transportará el agua tratada, la estación comprende otras partes como las que se mencionarán a continuación. Estas partes son las que comprenden la línea de tratamiento de aguas. Se hace claro este punto ya que existen más líneas dentro del proceso.

De acuerdo al Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario de Guayaquil, el sitio designado para poder realizar las obras concernientes al servicio de tratamiento de aguas residuales es en el sur de la ciudad en el sector Las Esclusas.

A continuación se presentarán las diferentes partes del proceso de tratamiento de aguas residuales, con una breve explicación de cómo funciona internamente estos compartimentos, y además con una imagen tentativa del proyecto en general.

3.1.1. Tratamiento Preliminar



Figura 3. 7 Tratamiento preliminar de aguas residuales.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

Como podemos ver en la figura 3.7, la primera parte de esta planta será el de tener una sección de tratamiento preliminar que se encargará de eliminar los sólidos que se encuentran en las aguas residuales, tomando en cuenta que no todos los sólidos se podrán excluir del flujo normal del agua. Esta sección esta conformada por rejillas y desarenizadores principalmente. La cámara aireada consta de una cámara mezcladora con aireación a través de los difusores de burbuja gruesa el cual tendrá como función principal eliminar la primera ronda de sólidos para después de esto pasar a la siguiente fase del proceso. La cámara cribadora que también se encuentra en esta primera parte de la planta consta de cuatro canales de rejillas, las cuales están distribuidas en rejillas gruesas y finas. La última parte de esta sección, tiene un desarenador tipo vortice el cual es el encargado de retener las arenas que están en las aguas servidas para evitar que estas ingresen al canal y producir algún tipo de percance en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Por la naturaleza mecánica de este desarenador, el vortice o remolino, es el encargado de retener todos los sólidos de la tolva central de donde se encuentre el tanque. Estos desarenizadores tienen por lo general dos tipos de diseño. Existe uno que contiene una cámara con fondo plano con abertura pequeña que sirve para retener la arena y una segunda con cámaras y un

fondo inclinado que tiene además una abertura grande que lleva a la tolva. una vez que los elementos en el vórtice son guiados hacia el centro, el sistema contiene unas paletas rotativas que levantan el material orgánico liviano y con estos el resto del contenido regresa al flujo de la cámara de arena para la siguiente etapa.

3.1.2. Tratamiento Primario Químicamente Asistido



Figura 3. 8 Tratamiento primario químicamente asistido.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

Como podemos ver en la figura 3.8, esta sección de la planta está conformada por 3 estructuras de coagulación y clarificación las cuales también tendrán participación en el proceso de eliminación de cualquier tipo de materia que cause contaminación al agua, con respecto al proceso que se está llevando a cabo con una dimensión de 53 m de diámetro y 5 m de profundidad. Esta parte del sistema consta de una primera parte que es la de coagulación. Todas las partículas coloidales que se encuentran en el flujo de agua de las tuberías en suspensión, se desestabilizan por medio de este proceso. Este primero proceso no solamente elimina la turbiedad, sino que la concentración de materia orgánica y micro orgánica dentro del agua también se regula. La desestabilización química de este proceso se produce por dos factores importantes. El primero es un impacto directo de la adición de coagulantes químicos, y un segundo por la aplicación de energía en el momento de

mezclar estos coagulantes con el agua que se está tratando. La parte principal de este proceso es cuando se agrega los coagulantes y las moléculas se aglomera formando flóculos, debido que estas sustancias químicas eliminan las cargas eléctricas. Entre los coagulantes más utilizados para este proceso, se puede mencionar los siguientes:

- Sulfato de aluminio
- Aluminato de sodio
- Cloruro de aluminio
- Cloruro férrico
- Sulfato férrico
- Sulfato ferroso

Para el proceso de clarificación del agua, también se debe tener en cuenta que el actuador químico de este proceso debe respetar el ciclo del agua. Por lo general, el color de las aguas residuales se debe a la concentración de materia orgánica debido a la composición de los mismos, y a esto se le agrega los humos que contienen los suelos. Este proceso con respecto al descrito en la primera parte, es de muy corto tiempo, y presenta las siguientes etapas:

- Hidrólisis de coagulantes
- Formación de compuestos químicos poliméricos
- Adsorción de cadenas poliméricas por coloides
- Adsorción mutua de coloides
- Acción de barrido

Finalmente, la floculación es una parte de este proceso que se encarga de la mezcla de forma lenta que se tiene después de lo indicado anteriormente. Entre los flóculos y el color que se ha puesto en tratamiento por medio de químicos, la mezcla debe tener una suficiente diferencia de velocidad de agua dentro de las tuberías de paso, lo suficiente para que el tiempo de floculación sea óptimo. La primera parte de coagulación tiene como objetivo eliminar los sólidos de las aguas residuales, mientras que la floculación es el proceso que consiste en agitar todo lo que se recibe de la coagulación para permitir el crecimiento y aglomeración de flóculos para que este de modo se facilite el proceso de sedimentar. Para poder llevar a cabo este proceso, los floculantes deben ser de naturaleza minera, orgánico, o sintético. Los floculantes son

polímeros de pesos moleculares altos y solubles en agua formadas por bloques o monómeros. Para llevar a cabo este proceso se debe tener en cuenta que en la planta de tratamiento de aguas residuales se respete dos partes importantes. El primero los requisitos principales de operación de la planta, como lo son:

- Verificación del caudal de tratamiento
- La dosificación de los productos químicos
- Manejo de equipos

Y una vez determinado esta parte, se realiza la verificación del caudal de tratamiento de donde proviene el agua con los coagulantes. Se deben considerar dos aspectos fundamentales:

- Calibración de equipo de medición
- Ajuste de curva de calibración de los equipos.

3.1.3. Desinfección con hipoclorito



Figura 3. 9 Desinfección con hipoclorito.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

Como podemos ver en la figura 3.7, este sería la tercera y última fase de eliminación de agentes contaminantes en el agua que forma parte del proceso secundario de la planta, la cual a partir de ese momento será transportada al río a $3.7 \text{ m}^3/\text{s}$, de acuerdo a las especificaciones técnicas de la bomba utilizada para este proyecto. Cada una de estos cálculos serán explicados posteriormente.

El hipoclorito de sodio es un compuesto que permite la desinfección en superficies, ropa, y desecho los equipos que estén bajo este tipo de tratamiento tienden a oxidarse mediante. El hipoclorito de sodio es una

solución clara, ligeramente amarillenta con un olor característico. El hipoclorito de sodio tiene una densidad relativa de 1,1 (solución acuosa al 5,5%). Como agente blanqueador para uso doméstico, generalmente contiene un 5% de hipoclorito de sodio (con un pH de alrededor de 11, es irritante). Si está más concentrado, contiene una concentración de 10-15% de hipoclorito de sodio (con un pH de alrededor de 13, se quema y es corrosivo).

El hipoclorito de sodio es inestable. El cloro se evapora a una tasa de 0,75 gramos de cloro activo por día de la solución. Luego el hipoclorito de sodio calentado se desintegra. Esto también sucede cuando el hipoclorito de sodio entra en contacto con ácidos, luz solar, ciertos metales y gases tóxicos y corrosivos, incluido el gas de cloro. El hipoclorito de sodio es un oxidante fuerte y reacciona con compuestos inflamables y reductores. La solución de hipoclorito de sodio es una base débil que es inflamable.

Estas características deben tenerse en cuenta durante el transporte, almacenamiento y uso del hipoclorito de sodio.

3.1.4. Emisario Subfluvial



Figura 3. 10 Emisario subfluvial.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

Como podemos ver en la figura 3.10, las aguas tratadas serán transportadas mediante un emisario subfluvial de 2500 mm, hasta el fondo del río, como medida adicional preventiva de acuerdo con la planificación hecha por la entidad concerniente al proyecto. También este proyecto, incluye dentro de su proceso la línea de tratamiento de lodos las cuales son producto del proceso antes mencionado y que están conformadas por sus siguientes partes. Primero se mencionará los espesadores pro gravedad, las cuales contarán con dos unidades de 13 metros diámetro. Las rejillas de estas estructuras contarán con ranuras de 2mm.

3.1.5. Estructura de espesadores



Figura 3. 11 Estructura de espesadores.

Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

Como podemos ver en la figura 3.11, esta estructura pretende reducir la humedad de los lodos, acondicionándolos para que puedan proceder a un siguiente posee un diámetro de 13 m y cuenta con una altura de 5 m. Mencionamos esta estructura ya que se consigue una reducción de volumen de los elementos filtrada dos en los primeros procesos de la planta en un 30% a 80%, y con esto se reduce el tamaño de la planta para poder realizar todo el proceso. Estas plantas cuentan con rodillos de rotación vertical, que producen canales pequeños en el lodo para un mejor escurrido. Estas estructuras son importantes para que el lodo que se comprime en el tanque quede asentado en la parte de abajo y la capa de agua que queda en la parte superior por gravedad sea dirigida hacia la canalización hacia el río.

3.1.6. Estructuras digestores



Figura 3. 12 Estructura de digestores.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

La figura 3.12 muestra 2 estructuras con las cuales se pretende estabilizar los lodos provenientes del proceso de tratamiento de aguas residuales anterior, por medio de una digestión anaeróbica, la cual elimina la materia orgánica para su disposición final cuenta con un volumen de 5000 m³. En grandes plantas de tratamiento de aguas residuales, la digestión anaeróbica se utiliza a menudo para descomponer los residuos orgánicos. El proceso produce gas digestor a partir de la descomposición de los lodos de depuración de los clarificadores primario o secundario. El gas digestor de aguas residuales es un subproducto rico en metano que puede ser una fuente de energía. Un medidor de flujo de gas digestor se usa a menudo para monitorear las aplicaciones de gas digestor.

3.1.7. Estructuras complementarias

Con estas tres estructuras complementarias lo que se pretende es dar a la planta la autonomía necesaria para poder procesar las aguas residuales, eliminando algunos agentes externos necesarios para el funcionamiento correcto.

3.1.7.1. Generación de energía por biogás



Figura 3. 13 Estructura de biogás.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

La figura 3.13 muestra el proceso por el cual los residuos que se obtienen a partir de la eliminación de agentes orgánicos dentro de las aguas residuales, el proceso de generación de energía a partir del biogás es una construcción de gran importancia para el abastecimiento de toda la planta. El gas digestor es una forma de biogás. La composición del gas digestor de aguas residuales varía, aunque los constituyentes principales son el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2). También pueden estar presentes cantidades traza de gas nitrógeno (N_2), gas oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S). Mientras que la compensación de gas fluctuará dependiendo de las temperaturas y del proceso en sí, el gas rico en metano ($\sim 60\text{-}70\% \text{CH}_4$) se convierte en una

fuentes de energía atractiva. El biogás puede usarse (quemado en motores) para generar electricidad o incluso calentar el tanque del digestor para acelerar la descomposición. Además, el gas del digestor, a veces puede ser complementado con gas natural, puede calentar la instalación. El gas del digestor también está sucio y mojado, y a menudo se condensa causando la acumulación en la tubería y las sondas dentro de la tubería.

3.1.7.2. Biofiltros



Figura 3. 14 Biofiltros.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

La biofiltración es una tecnología de control de la contaminación del aire relativamente reciente en la que los gases que contienen compuestos orgánicos volátiles biodegradables o sustancias tóxicas del aire inorgánico se ventilan a través de un material biológicamente activo como se muestra en la figura 3.14. Esta tecnología se ha aplicado con éxito en Alemania y los Países Bajos en muchas aplicaciones a gran escala para controlar olores, COV y emisiones tóxicas del aire de una amplia gama de fuentes del sector público e industrial. Se han logrado eficiencias de control de más del 90 por ciento para muchos contaminantes comunes del aire. Debido a los menores costos operativos, la biofiltración puede proporcionar importantes ventajas económicas sobre otras tecnologías de APC si se aplica a gases de escape que contienen contaminantes fácilmente biodegradables en bajas concentraciones. Los beneficios ambientales incluyen bajos requerimientos

de energía y evitar la transferencia de contaminantes a través de los medios. Con los biofiltros se combatirán los malos olores que se puedan generar en la planta y serán de gran ayuda para un mejor ambiente laboral para los operadores de la planta.

3.1.7.3. Generación de hipoclorito



Figura 3. 15 Planta de producción de hipoclorito.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)

En esta parte de la planta, para poder producir hipoclorito de sodio, usan cloro y soda cáustica para fabricarlo. En la figura 3.15 se muestra una planta que produce la soda cáustica que también se conoce como "hidróxido de sodio" y es un compuesto que consiste en sodio, oxígeno e hidrógeno. Hay muchas etapas por hacer para crear hipoclorito de sodio. El proceso se divide en dos componentes llamados "Reacción y Descarga del producto" y "Filtración de lejía". En la etapa de Reacción y Descarga del Producto, hay un sistema de absorción de cloro que se puede dividir en dos sistemas. El primer sistema tiene una columna empacada que contiene cáustico de forma segura. Luego, en el segundo sistema, obtiene el licor de la primera columna y lo agrega al cloro hasta que obtenga la concentración de cloro que desea.

Luego se usa agua para debilitar la sosa cáustica y se mezcla con la primera corriente del fondo de la columna que se encuentra en el primer tanque de reserva. Luego la solución pasa por la primera bomba de reciclaje. Se enfría mientras se hace esto antes de que pueda alcanzar la parte superior de la columna. El cloro se debilita con el aire y se coloca en la parte inferior de

ambas columnas. La etapa de filtración de lejía se parece mucho a la primera etapa, pero también tiene su diferencia. Esta etapa es obligatoria porque hace que el producto sea higiénico y debe cumplir con los requisitos de calidad para ser empaquetado y vendido.

3.1. Partes de la estación de bombeo

Para la estación de bombeo se tiene en consideración la existencia de esta planta de tratamiento de aguas residuales, y el proyecto se llevaría a cabo solamente en las bombas que se encargarán de transportar el agua sin tratamiento hacia la planta, así como la disposición de las aguas residuales ya tratadas hacia la desembocadura del río, como se muestra en la figura 3.16.

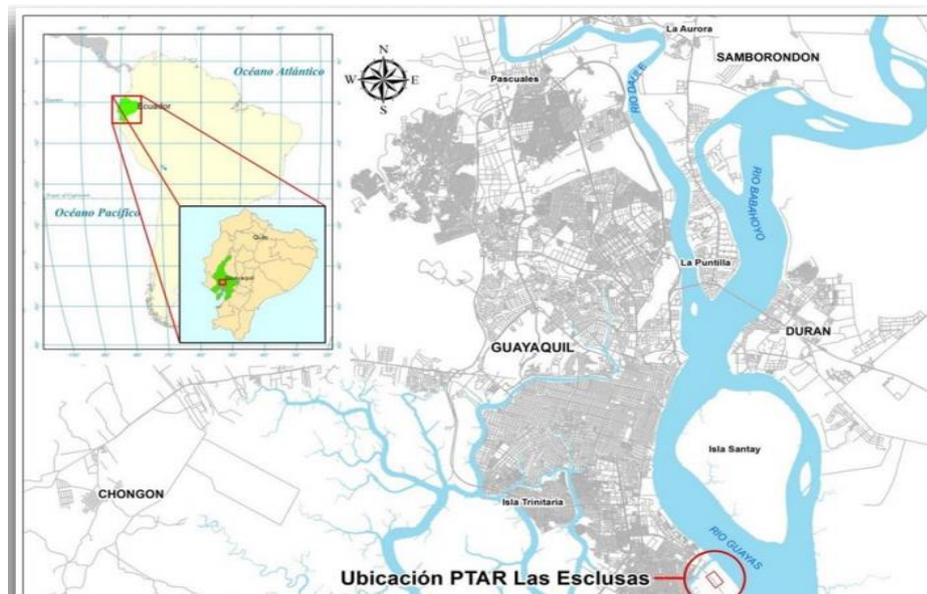


Figura 3. 16 Localización geográfica del proyecto.
Fuente: (Secretaría del Agua, 2017)



Figura 3. 17 Área de influencia del proyecto.
Fuente: (EMAPAG - EP, 2015)

Para tener un mejor entendimiento de la estación de bombeo y del número de bombas que se utilizarán en este proyecto, la planta de tratamiento de aguas residuales donde se puede observar los diferentes componentes de la planta, el mismo que se puede observar en la figura 3.17. En la parte superior de este proyecto tenemos el cuarto donde se va a concentrar nuestro proyecto, el cual es la implementación de un CCM (Centro de Control de Motores). Este centro es el que va a proveer la potencia suficiente a los motores que están ubicados

en la parte inferior del plano. Los motores corresponden al abastecimiento de agua que se necesitará para poder llenar la estructura principal de acumulación de agua residual donde se procederá por primera vez la eliminación de sólidos del agua, lo que correspondería con la línea de tratamiento primario, antes descrito.

En lo que corresponde a nuestro proyecto, el Centro de Control de Motores contará con un estudio principal de las cargas de la planta, en su totalidad, y en áreas específicas. Como podemos ver en el anexo 3, el diagrama unifilar de la planta, tiene como parte principal el control de las bombas y los motores destinados para el funcionamiento.

3.2. Descripción del Centro de Control de Motores para la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

El centro de control de motores está compuesto por diferentes piezas para que de este modo pueda tener un funcionamiento correcto sin comprometer los diferentes equipos de la planta. Este centro de control de motores propuesto tiene como característica adicional resistencia a arcos eléctricos y de tipo modular por lo cual estará ubicado dentro de un cuarto o modulo. Como parte de la recomendación para la construcción de este CCM, se definen que serán de 600V, adecuados para poder operar sistemas trifásicos de 60 HZ.

Este CCM además de proveer resistencia a arcos eléctricos también tienen como composición adicional laminas laterales y traseras, canaletas horizontales construidos con acero 12'' y puertas verticales. El CCM contendrá barras aisladas entre cada estructura para ayudar a contener arcos eléctricos si este fuese el caso. El CCM además tendrá un mecanismo de operación que deberá ser montado en la desconexión principal de cada unidad de arranque. Esto deberá ser mecánicamente bloqueado por la puerta de la unidad para prevenir acceso, al menos que el desconectador este en posición "OFF". Con la puerta abierta, se dispondrá de un sistema de bloqueo para evitar el cierre inadvertido de la desconexión. Un segundo bloqueo se proporcionará para evitar la extracción o la re inserción de la unidad mientras

se encuentre en la posición "ON". Deberá disponerse de cierre con candado para bloquear positivamente la desconexión en la posición "OFF" con un máximo de tres (3) candados con la puerta abierta o cerrada.

Las combinaciones de arrancadores del CCM resistente al arco, deberán ser del tipo no reversible a pleno voltaje (Full Voltage Non Reversing-FVNR) a menos que se indique lo contrario. Los arrancadores magnéticos para los CCM resistentes al arco deberán estar disponibles mediante tamaño NEMA 5 y deberán estar equipados con contactos de doble rotura en aleación de plata. El arrancador deberá tener cableado directo. Cada arrancador deberá tener como mínimo un contacto auxiliar normalmente abierto. Los relés de sobrecarga deberán tener una compensación al ambiente, del tipo bimetálico con calentadores intercambiables, calibrados para motores con factores de servicio.

Los interruptores individuales deberán tener una capacidad de interrupción mínima de 65kA a la tensión nominal o según se indique en los planos. El tipo de gabinete deberá ser de acuerdo con las normas NEMA. Todas las láminas metálicas del envolvente, canalizaciones y puertas deberán ser empaquetadas. Adicional a las características del CCM se deberá además incluir ítems de acuerdo con las normas NEMA. Todas las láminas metálicas del envolvente, canalizaciones y puertas deberán ser empaquetadas. El bloque principal del CCM debe contener un módulo de medición que contenga los equipos y dispositivos de medición no se limiten a mostrar los siguientes ítems: tensión de fase, tensión de línea, corriente, frecuencia, medidor de flickers, potencia, factor de potencia positiva, energía, armónicos, temperatura. Cada estructura del CCM resistente al arco contendrá una barra principal horizontal de platina de cobre, con capacidad mínima de acuerdo a la demanda presentada en el diseño del mismo. La barra horizontal deberá ser tipo 65°C, la temperatura aumentará aproximadamente 40°C en cumplimiento con las normas UL. Las barras verticales deberán estar aseguradas mediante fijación a la barra horizontal. El barraje vertical en los CCM resistente al arco, deberán estar completamente protegidos y aislados por una barrera de diseño de laberinto. Esto deberá proteger efectivamente

las barras verticales para prevenir cualquier gas generado por fallas entre una fase y otra. El barraje vertical incluirá un mecanismo de disparador automático que permitirá la unidad engancharse a la barra vertical cada 6 pulgadas y se proveerá completa protección del barraje vertical cuando una unidad es removida. El barraje horizontal deberá estar completamente aislado con el fin de ayudar en los eventos de prevención de arco eléctrico que existan en el barraje horizontal. Una platina de cobre para tierra será provista, asegurada firmemente a cada sección vertical y se extenderá a lo largo del centro de control de motores. La barra de tierra podrá estar ubicada arriba o debajo de la canaleta horizontal.

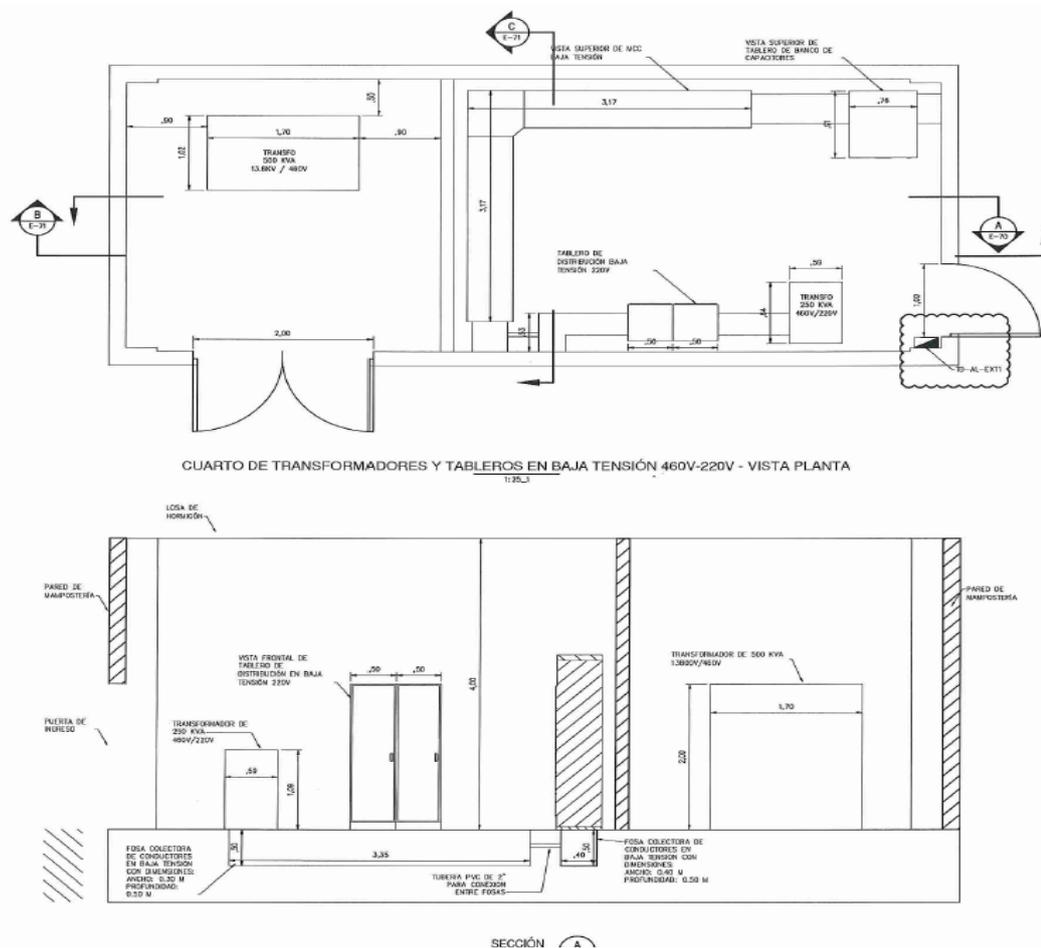


Figura 3. 18 Cuarto de transformadores y CCM.

Fuente: Autor

Con respecto a las dimensiones del CCM, estas pueden variar de acuerdo a los espacios dentro de la planta. Como estamos dentro de una propuesta de un centro de control de motores, entonces podemos hacer un esquemático de como luciría el CCM dentro del cuarto de transformadores que es donde se va a poder tener estos dispositivos y que además tendrán la posibilidad de

hacer las adecuaciones necesarias ya sea al equipo o al espacio para poder hacer la instalación y la puesta en marcha del CCM, junto con el conexionado correspondiente y las pruebas necesarias antes de su proceso de encendido, como se puede ver en la figura 3.19.

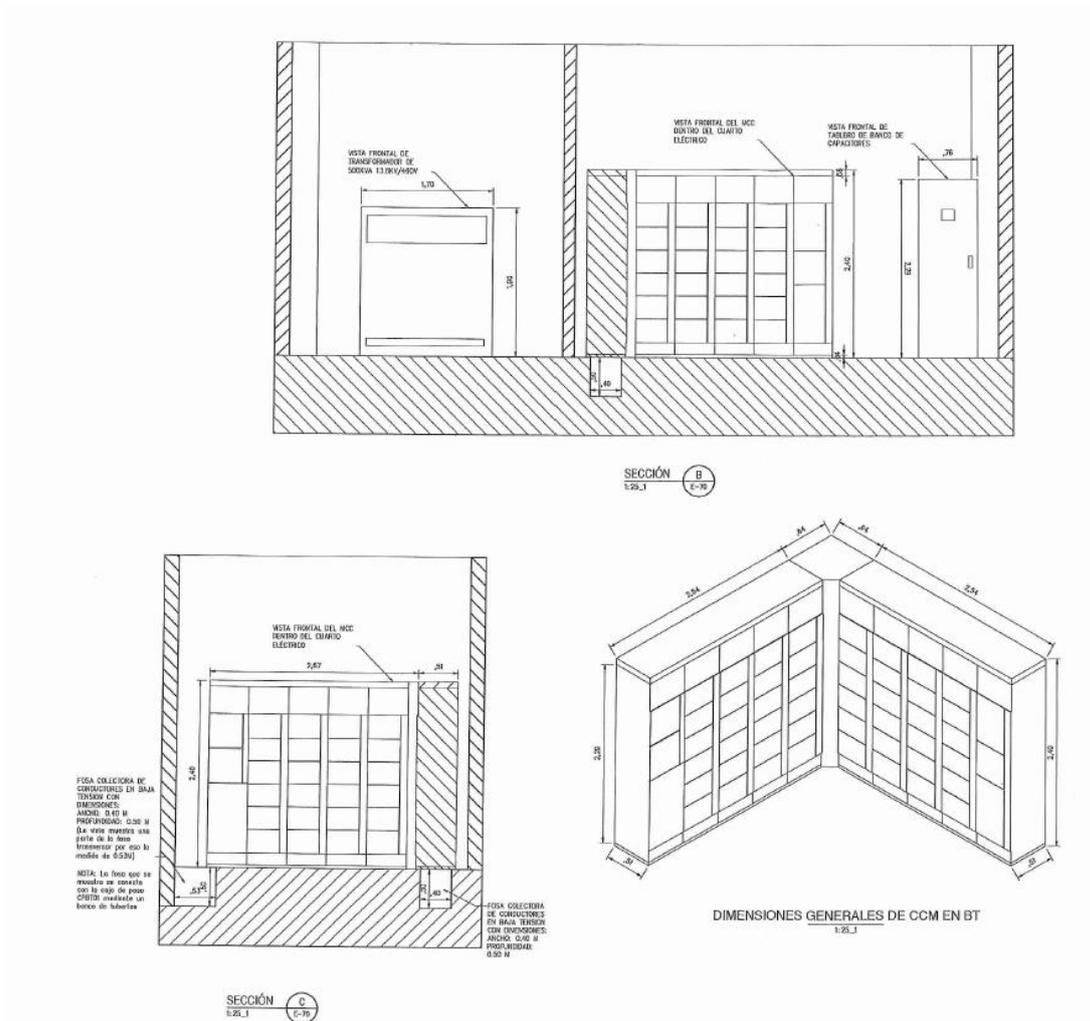
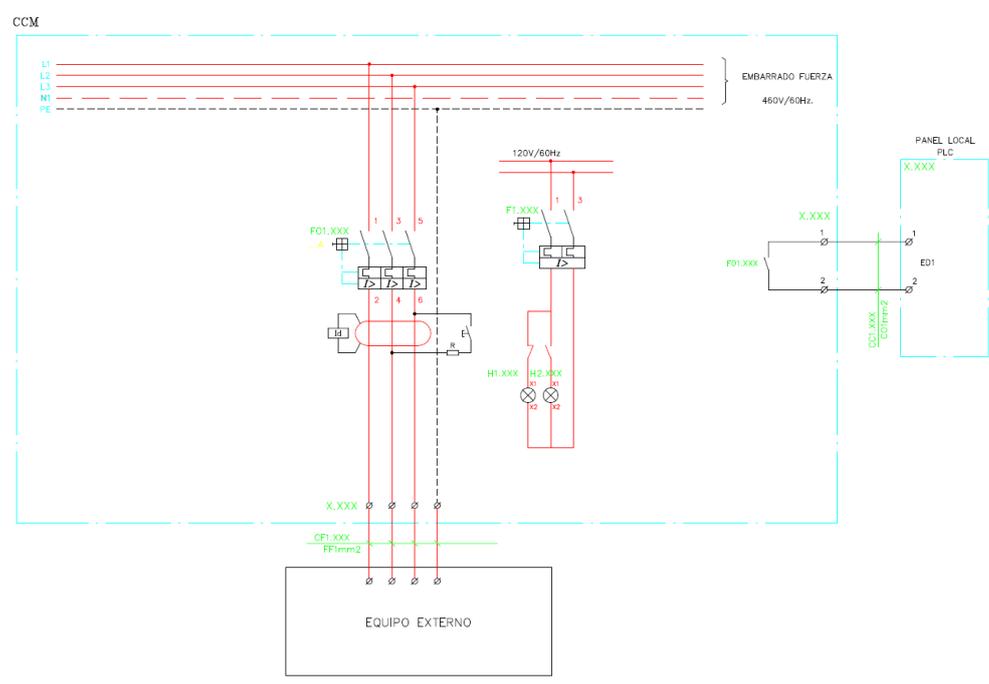
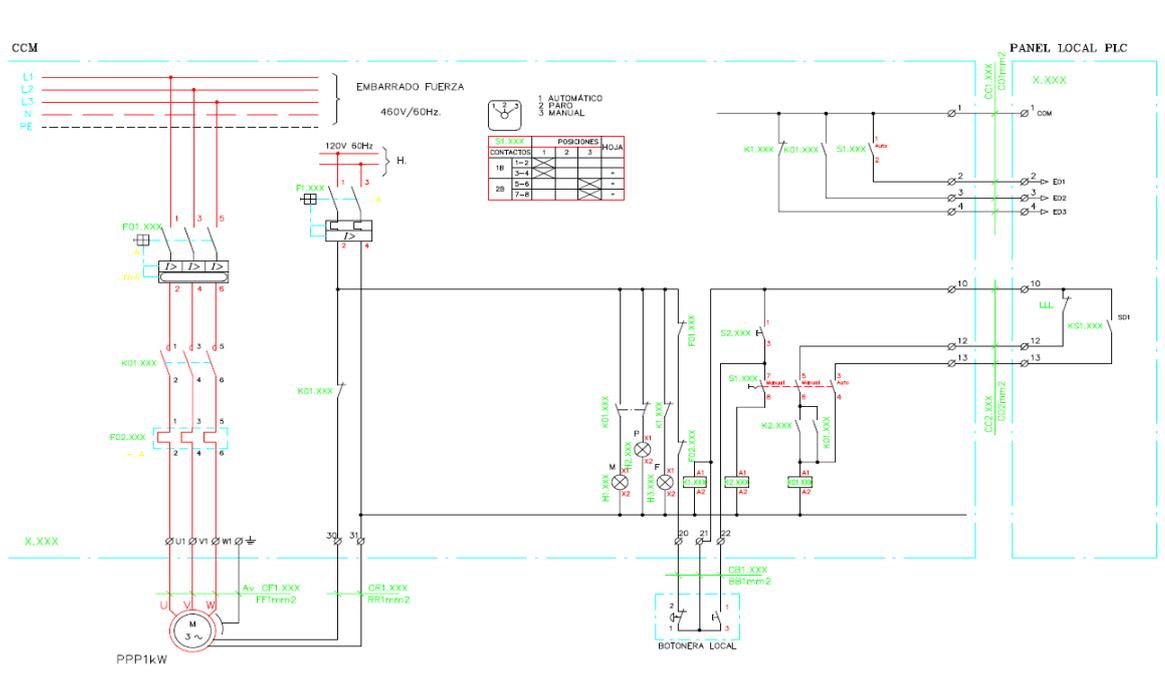


Figura 3. 19 Dimensiones del CCM.
Fuente: Autor

Todo el equipo estará conectado a un panel local de control y con un diseño de arranque como se puede apreciar en las figuras 3.20 y 3.21, en las cuales se podrán observar las diferentes botoneras y sistemas de emergencia de todo el sistema de arranque de motores. Para esto también se debe tener en cuenta que las comunicaciones de los equipos de control también deben ser descritas, como se lo podrá observar en el ANEXO 3, en la que con un sistema

Figura 3. 21 Acometida para la CCM.
Fuente: Autor

de monitoreo por SCADA se podrá llevar a cabo operaciones remotas en caso de un paro de emergencia o un evento fortuito.



Partiendo de este requerimiento también se provee la arquitectura que se debe tener en cuenta para la estructuración del CCM, como se podrá ver también en el anexo 4.

3.3. Estudio económico del proyecto

De acuerdo con lo anteriormente planteado, hay una gran variedad de marcas que pueden proveer dispositivos como el CCM para dar una solución óptima de este proceso. Un modelo que se apega a lo solicitado es el de la CCM – Centerline 2100, que además de proveer las especificaciones antes descritas, también puede proveer más soluciones de las requeridas.



Figura 3. 22 Centerline 2100 - Centerline 2500.
Fuente: (Rockwell Automation, 2015)

El costo aproximado de este CCM es de \$2.074.798,70 el cual incluye el montaje y puesta en marcha del equipo, con el debido conexionado de los sistemas de control y fuerza requeridos por la planta. Con esto se provee una solución clara de los requerimientos que establece la entidad conocida como EMAPAG – EP. Es necesario indicar que los componentes del CCM es parte del rubro que corresponde a la totalidad de equipos que conforman la planta y otros componentes que forman parte esencial del proyecto de implementación, conformará un rubro aparte. A continuación, se presenta ambas cotizaciones para nuestro proyecto.

UN	Descripción	Cant.	Costo	Total
GLB	Hardware Rockwell	1	\$1.356.116,00	\$1.356.116,00
	Software Rockwell	1		
	Ingeniería	1		
GLB	Equipos adicionales	1	\$245.818,00	\$245.818,00
GLB	Suministro de Hardware Data Center	1	\$92.422,00	\$92.422,00
UN	Suministro de tableros NEMA 12	1	\$34.936,00	\$34.936,00

UN	Suministro de tableros NEMA 12	1	\$69.872,00	\$69.872,00
UN	Suministro de tableros NEMA 4X	1	\$91.872,00	\$91.872,00
UN	Suministro de tableros NEMA 4X	1	\$183.762,70	\$183.762,70
Total				\$2.074.798,70

Tabla 3. 2 Tabla de costo del CCM y rubros relacionados

La tabla 3.2 indica los valores del CCM en el cual incluye IVA y mano de obra con un total de dos millones setenta y cuatro mil setecientos noventa y ocho dólares con setena ctvs.

SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE CELDAS METALCLAD				
rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Celda tipo switchgear de media tensión a 13.8 KV aisladas en aire. Incluye: 1 interruptor en VACIO 1200 A., 1 relé de protección diferencial 87/87N (IED), 1 medidor de calidad de energía y TC's, para entrada del transformador de potencia y seccionador de puesta a tierra	Unidad	2	\$ 41.92 2,10	\$83,844,20
Celda tipo switchgear de media tensión a 13.8 KV aisladas en aire. Incluye: 1 interruptor en VACIO 600 A, 1 relé de protección (IED) 50/50N, 51/51N, 67/67N, 1 contador de energía, TC's, seccionador de puesta a tierra, para salidas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 , servicios auxiliares y banco de capacitores.	Unidad	14	\$34.102,10	\$477,429,40
Celda con banco de capacitores, incluye 9 capacitores de 200 KVAR, 13.8/√3 KV, conexión en "Y".	Unidad	1	\$70.902,10	\$70,902,10
Celda de medida, incluye TPS 13,8/√3 KV-115/√3 V extraíbles, protección con fusibles.	Unidad	2	\$18.002,10	\$36,004,20
Celda para acople de barras Incluye: 1 interruptor en VACIO 1200 A y 1 relé de protección diferencial 87/87N (IED)	Unidad	1	\$38.702,10	\$38,702,10
Tablero metálico para control, protección y medida de 3 líneas a 69 KV , incluye 3 relés de protección direccional, 67/67N, 50/50N, 51/51N (IED) y 3 contadores de energía.	Unidad	1	\$45.027,10	\$45,027,10
Tablero metálico que alojará breakers de servicios auxiliares AC/DC, medidor (contador de energía)	Unidad	1	\$11.073,05	\$11.073,05
Tablero metálico para equipos de comunicación, que alojará UTR, switchs y enlace de fibra óptica	Unidad	1	\$5.979,57	\$5.979,57
Cargador de baterías, >= 50 ^a	Unidad	1	\$11.716,91	\$11.716,91
Banco de baterías 125 V, 200A -h, 60 celdas 2,2 V	Unidad	1	\$10.493,09	\$10.493,09

Transformador trifásico 250 y 500 KVA 13.8 KV/ 220-127V sumergido en aceite, tipo Padmounted, incluye bushing insert 15 KV y conectores tipo codo 15 KV	Unidad	1	\$4.111,58	\$4.111,58
IED de protección de sobrecorriente direccional 67/67 multifunción	Unidad	1	\$8.050,00	\$8.050,00
IED de protección diferencial 87 multifunción	Unidad	1	\$8.970,00	\$8.970,00
Medidor con módulo de calidad de energía	Unidad	1	\$10.005,00	\$10.005,00
Unidad Terminal Remota (UTR)	Unidad	1	\$24.767,87	\$24.76,87
Switch de comunicaciones	Unidad	3	\$2.055,37	\$6.166,11
Elemento activo para enlace de fibra óptica-router-MPLS	Unidad	1	\$9.012,87	\$9.012,87
Inversor AC/DC-120V AC	Unidad	1	\$2.917,87	\$2.917,870
Ingeniería, integración de IED's y medidores de energía al sistema SCADA mediante los equipos de comunicación y pruebas	Unidad	1	\$20.229,42	\$20.229,42
SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA, INTERRUPTORES DE POTENCIA, SECCIONADORES, PARARRAYOS Y TRANSFORMADORES DE POTENCIAL				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Transformador de potencia de 16/20 MVA, 69/13.8 KV	Unidad	2	\$398.077,10	\$796.154,20
Interruptor tripolar tipo tanque muerto en SF6, 69 KV, 1200 A	Unidad	5	\$50.202,10	\$251.010,50
Transformador de potencial tipo inductivo para voltaje nominal 69 KV, relación 69000/ $\sqrt{3}$:115/ $\sqrt{3}$	Unidad	6	\$6.502,10	\$39.012,60
Seccionador tripolar, tipo exterior, con puesta a tierra, montaje vertical, operación motorizada y manual, para voltaje nominal 69 KV.	Unidad	3	\$8.227,10	\$24.681,30
Seccionador tripolar, tipo exterior, montaje vertical, operación motorizada y manual, para voltaje nominal 69 KV, sin puesta a tierra	Unidad	7	\$6.042,10	\$42.294,70
Seccionador tripolar, tipo exterior, instalación horizontal, operación motorizada y manual, para voltaje nominal 69 KV, sin puesta a tierra	Unidad	4	\$6.042,10	\$24.168,40
SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS				
Módulo para patio a 69 KV para Subestación, fabricación, transporte y montaje, peso referencial 21.518 Kg	Unidad	1	\$94.546,68	\$94.546,68
SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Descargador de sobrevoltajes para voltaje nominal 69 KV. línea - línea con neutro puesto a tierra, incluye contador de descargas	Unidad	15	\$1.480,80	\$22.212,00
Conductor de aluminio con aleación Al ACAR 500 MCM (18/19)	Metros	300	\$7,42	\$2.226,00

Conjunto de retención (polimérico para 3000m snm, grapa retención, grilletes)	Unidad	42	\$288,66	\$12,123.72
Conectores ranura paralela 500 MCM (puentes)	Unidad	100	\$16,20	\$1.620,00
Aislador line post tipo polímero para 3000 msnm con conector 500 MCM	Unidad	6	\$527,38	\$3.164,28
TRANSPORTE, SUMINISTRO Y MONTAJE DE MATERIALES PARA APANTALLAMIENTO PÓRTICO 69 KV				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Cable de acero 9 mm tipo B	Metros	400	\$2,31	\$924,00
Conjunto de retención (grillete, grapas)	Unidad	8	\$145,830	\$1.166,64
Conexión de hilo de guarda a estructuras metálica y accesorios	Unidad	8	\$52,90	\$423,20
Puesta tierra (poste H-12.5, mástil y accesorios de sujeción conexión)	Unidad	2	\$847,77	\$1.695,54
Conexión de equipos, tableros y estructuras a malla de tierra, con conectores y accesorios EMT	Unidad	50	\$25,23	\$1.261,50
Cable de Cu desnudo N. 2/0 AWG, bajante para puntas franklin	Metros	90	\$9,44	\$849,60
Conductor cobre asilado No. 2/0 AWG, para descargador de sobrevoltaje a contadores de descargas 69 KV	Metros	300	\$9,96	\$2.988,00
SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE ALIMENTACION ENTRADA TRANSFORMADOR DE POTENCIA A CELDAS 13.8 KV				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Cable de cobre aislado para 15 KV. XLPE 250 mm ²	Metros	560	\$74,92	\$41.955,20
Cable de Cu desnudo No. 4/0 AWG	Metros	100	\$14,55	\$1.455,00
Puntas terminales tipo interior 15 KV, para cable 250 mm ² , kit (3u)	Unidad	8	\$594,77	\$4.758,16
SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE ALIMENTADORES SALIDAS SUBTERRANEAS 13,8 KV				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Cable de cobre aislado para 15 KV. XLPE 127 mm ² . (salidas alimentadoras)	Metros	4.000	\$25,07	\$100.280,00
Cable de cobre aislado para 15 KV. XLPE 50 mm ² . (servicios auxiliares)	Metros	120	\$14,55	\$1.746,00
Cable de Cu desnudo No. 4/0 AWG	Metros	1.500	\$14,55	\$21.825,00
Puntas terminales tipo exterior 15 KV., para cable 127 mm ² , kit (3u)	Unidad	11	\$507,69	\$5.584,59
Puntas terminales tipo interior 15 KV., para cable 127 mm ² , kit (3u)	Unidad	11	\$415,69	\$4.572,59
Puntas terminales tipo interior 15 KV., para cable 50 mm ² , kit (3u) (servicios auxiliares)	Unidad	4	\$299,03	\$1.196,12
Accesorios EMT 4" (contiene: tubo, codo, uniones, reversible. Long. 8 mts)	Unidad	6	\$593,11	\$3.558,66

Seccionadores tipo barra 15 KV, 300 Amp, kit (3u)	Unidad	6	\$326,73	\$1.960,38
Pararrayos, polímeros 10 KV, heavy duty con módulo de desconexión (surge disconector). kit (3u)	Unidad	6	\$180,73	\$1.084,38
Puesta a tierra (cable cu desnudo No. 2, varilla 16 mm, suelda isotérmica, tubos EMT)	Unidad	6	\$107,04	\$642,24
SUMINISTRO, TRANSPORTE Y MONTAJE DE CABLES PARA SEÑALES CONTROL EQUIPOS PATIO 69 KVA Y TABLEROS				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Terminales, amarras, conectores, conexiones a tierra, etc	Glb	1	\$1.222,30	\$1.222,300
Cable de control Cu. apantallado, 4x12 AWG	Metros	8.00	\$2,32	\$18.560,00
Cable de control Cu. apantallado, 4x10 AWG	Metros	1.000	\$2,78	\$2.780,00
Instalación cable de control Cu. apantallado, 2x10 + 2x14 AWG	Metros	3.000	\$0,37	\$1.110,00
Funda sellada para protección de cables, conectores de mandos a canaletas	Glb	1	\$3.031,15	\$3.031,15
Luminarias LED 220 W, accesorios EMT, iluminación subestación	Unidad	7	\$410,73	\$2.875,11
Reflectores LED 300 W, accesorios EMT, iluminación patio 69 KV.	Unidad	4	\$905,23	\$3.620,92
PRUEBAS EQUIPAMIENTO S/E HUACHI				
Rubro	Unidad	cantidad	Precio unitario	Precio total
Pruebas de equipamiento (transformadores, interruptores, celdas, seccionadores, ied's, medidores de energía, etc.)	Glb	1	\$15.084,55	\$15.084,55
TOTAL				\$ 2.815.896,20

Estos valores son relacionados a la planta que incluyen IVA, mano de obra, suministro y transporte con un total de dos millones ochocientos quince mil ochocientos noventa y seis dólares con veinte centavos (\$2.815.896,20). Que al sumar con el resultado anterior de \$2.074.798,70 del CCM me da un total de \$ 4.890.694,90

3.4 Fórmulas y cálculos utilizados en este capítulo

Fórmula 1

$$HP = \frac{PSI \times GPM}{1714}$$

$$HP = \frac{13600 \times 100819.07}{1714} = 799.96 \text{ HP, donde}$$

HP: House Power/Caballo de fuerza, es la unidad de medida de la potencia empleada

PSI: es la presión manométrica en libras por pulgada cuadrada

GPM: es el flujo de aceite en galones por minuto.

Con esta fórmula procedemos a calcular los caballos de fuerza de los motores que vamos a encontrar en nuestro sistema de bombeo hacia nuestra Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Está definido como 800 HP con respecto al caudal que se va a recibir desde el sistema de alcantarillado sur ubicado en el sector de Las Esclusas

Fórmula 2

$$V = \Pi \times h \times r^2$$

$$3.14 \times 5 \text{ m} \times 6.5 \text{ m} = 102.10 \text{ m}^3$$

V: Volumen de los tanques

H: altura

R: radio

Π: Pi

Con esta fórmula podemos calcular la capacidad de cada tanque que integra nuestra Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Cada uno de los tanques posee medidas similares, al menos en el proceso primario. A partir del proceso secundario, ya que se procede con la eliminación de lodos, los tanques tienden a disminuir en tamaño, pero no necesariamente con una diferencia importante.

Fórmula 3

$$KW = KVA \times fp$$

Transformador 500 KVA

$$500KVA \times 0.85 = 425KW$$

Transformador 250 KVA

$$250KVA \times 0.85 = 212KW$$

KW: potencia activa del sistema

KVA: potencia aparente

fp: factor de potencia o eficiencia energética

Con esta fórmula se pretende se calcula los KW de los transformadores que tendremos en nuestra planta.

Fórmula 4

Bomba 800 HP

$$KW = \frac{750 \times hp}{1000} =$$

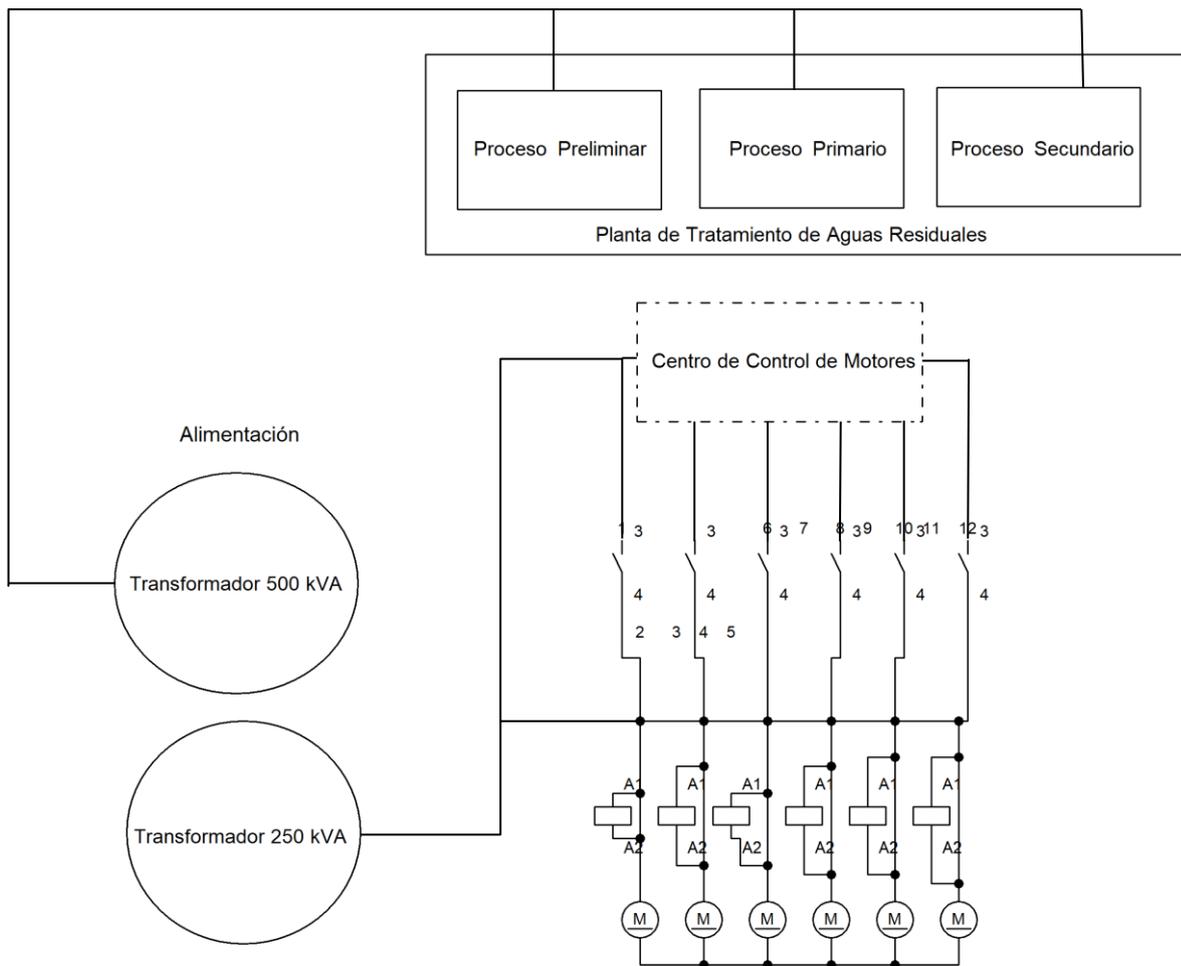
$$KW = \frac{750 \times 800}{1000} = 600KW$$

$$600KW \times 6 = 3600KW$$

Potencia de CCM = 4237 KW

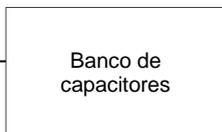
Con esta fórmula se calcula la carga total que se necesita para nuestro CCM, y de este modo poder escoger la configuración correcta de nuestro conjunto de dispositivos para el control de motores.

3.5 Diagrama de flujo

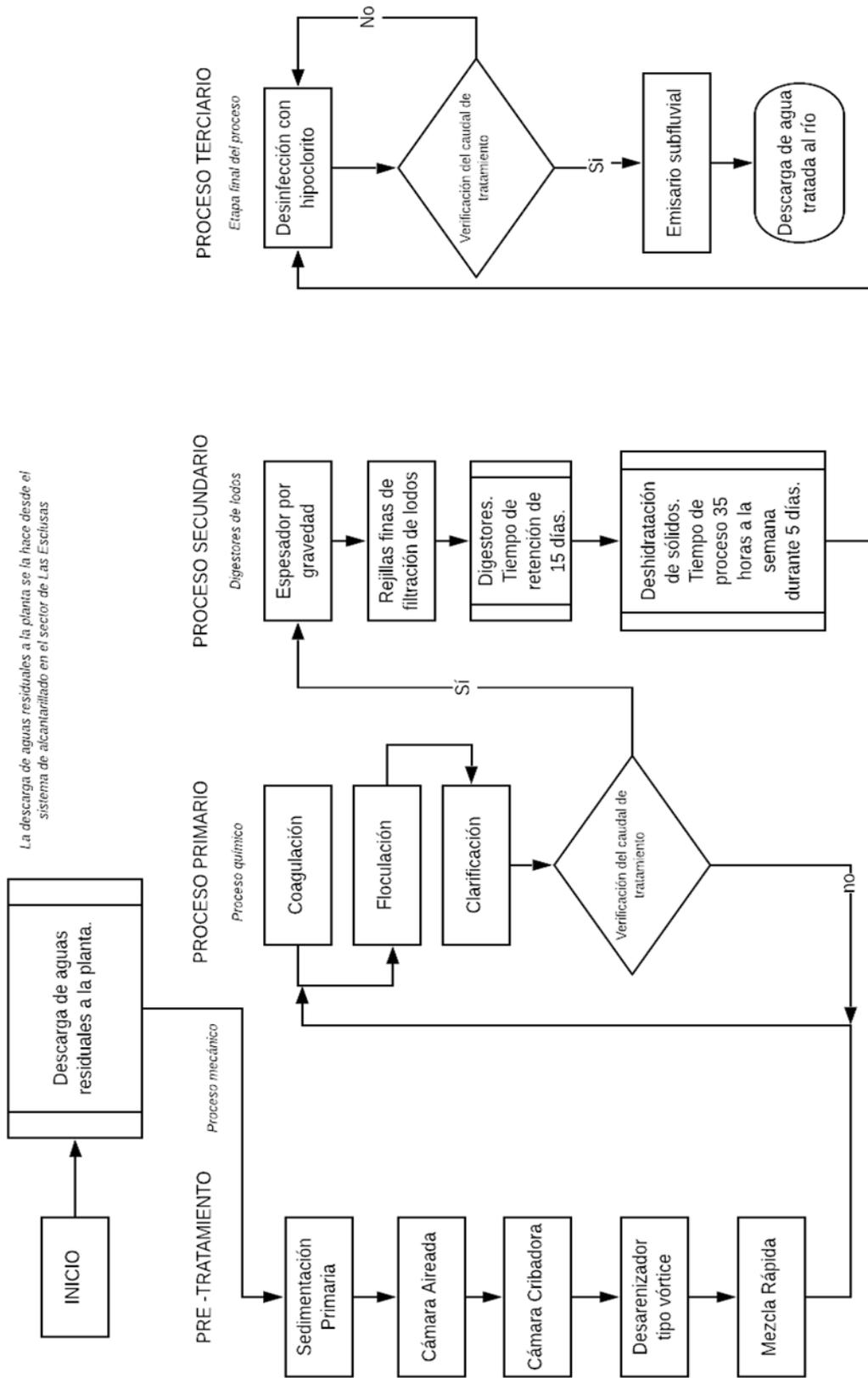


→ 6 motores

Como podemos ver en nuestro diagrama de flujo, nuestras conexiones están divididas en lo que respecta al conexionado de control, y el conexionado de fuerza. Las de control principalmente estarán diferenciadas a aquellas conexiones que empiezan del CCM, y las de fuerza las que empiezan del bus de alimentación de nuestra planta.



3.6 Diagrama de bloques



CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Como parte de este proyecto, se había planteado inicialmente describir brevemente los pasos y los estudios necesarios para poder implementar un proyecto de esta escala en la ciudad de Guayaquil. De acuerdo a los estudios ya hechos por entidades públicas podemos concluir que nuestro proyecto y nuestro estudio van de la mano con los requerimientos esenciales con las necesidades de este servicio. La oferta económico-técnica inicia con el centro de control de motores que se pretende implementar teniendo en cuenta todos los elementos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, que por disposición estatal, se la tendrá que dirigir en el sector de Las Esclusas.

El estudio se lo llevó satisfactoriamente, y aunque los precios de los elementos que integran con el proyecto tienden a variar, se hace un cálculo generalizado con los precios actuales del mercado. El estudio básicamente se centra el impacto ambiental que produce el desfogue de las aguas residuales en el río y la importancia de la implementación de estos elementos para lo cual se cubre uno de los objetivos específicos, ya que estos es un problema actual de nuestra sociedad y que recientemente cuenta con los recursos para poder llevarlos a cabo. Los diferentes sistemas que se necesitan para desarrollar este proyecto también se lo incluyen ya sea de forma anexa en su respectiva sección, también como de forma teórica. Es importante recalcar que la terminología que es empleada para describir estos procesos de gran importancia para futuros proyectos similares.

5.2 Recomendaciones

Como recomendación podemos incluir que los estudios técnicos, con respecto a los materiales de instrumentación y de lectura que son los elementos más importantes dentro de este proyecto, sean mucho más fáciles de encontrar. La limitante de cualquier estudiante, es no poder encontrar los recursos necesarios para poder tener una mejor idea de la instrumentación de cada elemento de los proyectos, no solo eléctricos, pero también de carácter técnico en cualquiera rama de la ingeniería. Debido a este tema, es importante hablar con las entidades públicas para que puedan dar una mejor información

de los requerimientos técnicos que se puedan requerir para poder realizar las obras necesarias en nuestra ciudad.

Como última recomendación los precios que se incluyen en este trabajo, pueden presentar cambios a lo largo de un periodo establecido, por lo que es importante siempre estar pendiente a los precios de los recursos naturales como cobre y aluminio en el mercado, ya que las diferencias que se presentan en los materiales pueden parecer pequeñas, pero potenciarlos a nivel de proyectos a gran escala, los precios suben significativamente.

Con respecto al CCM que se escogió, se elige el CCM inteligente ya que con este dispositivo podemos tener un mejor control de caudal y los instrumentos que se colocan a lo largo del proyecto dan un mejor tiempo de respuesta en cada uno de los procesos. Aunque el CCM es el encargado de controlar estrictamente los motores, este control dependerá mucho del caudal con el que se trabaje el tiempo de tratamiento del agua que se tenga internamente.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, A. (11 de Febrero de 2016). *El Universo*. Obtenido de En julio iniciará la construcción de la planta de tratamiento Las Esclusas.:

<https://www.eluniverso.com/noticias/2016/02/11/nota/5398390/julio-iniciara-construccion-planta-tratamiento-esclusas>

Dirección CE Estadísticas Agropecuarias y Ambientales. (Octubre de 2016). *Ecuador en Cifras*.

Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Censos:

http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf

EEL. (2018). *Electrical Engineering Portal*. Obtenido de The Basics of Motor Control Centers

[CCM's]: <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/books-and-guides/siemens-basics-of-energy/motor-control-centers>

EMAPAG - EP. (2015). *EMAPAG - EP*. Obtenido de PTAR - Las Esclusas: [http://www.emapag-](http://www.emapag-ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2015/02/descripciongeneralproyecto1.pdf)

[ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2015/02/descripciongeneralproyecto1.pdf](http://www.emapag-ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2015/02/descripciongeneralproyecto1.pdf)

GUNT. (5 de Septiembre de 2018). *WASTE WATER TREATMENT PLANT*. Obtenido de

https://www.gunt.de/images/download/wastewater-treatment-plant_english.pdf

Haimi, H., Mulas, M., & Vahala, R. (2010). *Official Publication of the European Water Association*

(EWA). Obtenido de Process automation in Wastewater Treatment Plants: the Finnish experience:

<https://pdfs.semanticscholar.org/3c51/313f6f2ed99056d02aca3b63a895ed0e1eac.pdf>

Kooij, K. (10 de Abril de 2015). *Deltares*. Obtenido de Booster pumping stations for wastewater

transport work well in practice: <https://www.deltares.nl/en/news/booster-pumping-stations-for-wastewater-transport-work-well-in-practice/>

Luo, Y., Sun, H., Xiong, Z., & Guo, Y. (2017). *ResearchGate*. Obtenido de Research on energy-

saving operation control model of the multi-type configuration centrifugal pump system with single invert: [https://www.researchgate.net/publication/319040963_Research_on_energy-saving_operation_control_model_of_the_multi-](https://www.researchgate.net/publication/319040963_Research_on_energy-saving_operation_control_model_of_the_multi-type_configuration_centrifugal_pump_system_with_single_invert)

[type_configuration_centrifugal_pump_system_with_single_invert](https://www.researchgate.net/publication/319040963_Research_on_energy-saving_operation_control_model_of_the_multi-type_configuration_centrifugal_pump_system_with_single_invert)

ORGANICA . (2017). *What Are the Effects of Wastewater on the Environment?* Obtenido de

<https://www.organicawater.com/effects-wastewater-environment/>

- ORO LOMA SANITARY DISTRICT. (2015). *District Meets or Exceeds Permit Requirements for 12th Year Running*. Obtenido de Wastewater Treatment Diagram:
<https://oroloma.org/sewage-treatment/>
- Peirce, J. J., Weiner, R. F., & Vesilind, A. P. (1998). *Environmental Pollution and Control*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- RCAP Resources Library. (2015). *The online RCAP Resources Library*. Obtenido de WASTEWATER TREATMENT: THE TECHNICAL PARTS EXPLAINED FOR NON-TECHNICAL PEOPLE: <https://rcap.org/resource/wastewater-treatment-technical-parts-explained-non-technical-people/>
- Rockwell Automation. (2015). *Centro de Control de Motores* . Obtenido de Centerline 2100:
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/2100-br006_es-p.pdf
- Ruapehu District Council. (2015). *Wastewater System Components*. Obtenido de <https://www.ruapehudc.govt.nz/our-services/drinking-water-wastewater-and-stormwater/wastewater/ruapehu-district-wastewater-treatment-schemes/Documents/Wastewater%20System%20Components.pdf>
- Secretaría del Agua. (2017). *Se construirá la obra de saneamiento más grande del Ecuador*. Obtenido de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Las Esclusas.: <https://www.agua.gob.ec/se-construira-la-obra-de-saneamiento-mas-grande-del-ecuador/>
- Spada, S. (2018). *ARC Advisory Group*. Obtenido de Motor Control Centers Defined: <https://www.arcweb.com/blog/motor-control-centers-defined>
- SULZER. (2016). *Estación de bombeo de cabecera*. Obtenido de Soluciones para estaciones de bombeo de cabecera: <https://www.sulzer.com/es-es/shared/applications/2017/04/03/12/50/inlet-pumping-station>
- TES Water. (2014). *Barrow WwTW Tidal*. Obtenido de Pumping Station: <https://tesgroup.com/water/portfolio-item/barrow-wwtw-tidal-pumping-station/>
- The Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati. (2013). *Pumping Station Design Guidelines*. Obtenido de http://www.msdc.org/downloads/customer_care/forms_and_documents/design/MSDGC_pumping_station_design_guidelines.pdf

Umetsu, J. (15 de Agosto de 2017). *Semantic Scholar*. Obtenido de Instrumentation, control and sensor technology for Sewage Treatment Plants:

<https://pdfs.semanticscholar.org/8c53/c8b0d59473926b19fc1e562f9c3d1c66d886.pdf>

United States Environmental Protection Agency. (2015). *Wastewater Pump Station Elimination*.

Obtenido de Water Infrastructure Outreach:

<https://www3.epa.gov/region1/sso/pdfs/PumpStationEliminationCaseStudy.pdf>

ANEXO

- Figura 1 Esquema general del funcionamiento del PTAR
- Figura 2 Esquemático eléctrico del PTAR.
- Figura 3 Diagrama unifilar.
- Figura 4 Cuarto de transformadores y CCM
- Figura 5 Arquitectura del sistema de control



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Bryan Josué Zapata Castro** con C.C: # 0941168171 autor del Trabajo de Titulación: **Análisis de factibilidad para el suministro y montaje de un Centro de Control de Motores para una estación de bombeo de aguas residuales**. Previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRICO MECANICO CON MENCION EN GESTION EMPRESARIAL INDUSTRIAL** 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, 21 de Marzo de 2019

f. _____

Nombre: Zapata Castro, Bryan Josué

C.C: 0941168171



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN		
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Análisis de factibilidad para el suministro y montaje de un centro de control de motores para una estación de bombeo de aguas residuales	
AUTOR(ES)	Zapata Castro, Bryan Josué	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Mgs. Jorge Carrillo Burgos	
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil	
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo	
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico mecánico	
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico mecánico con mención en gestión empresarial industrial	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de Marzo de 2019	No. DE PÁGINAS: 84
ÁREAS TEMÁTICAS:	Bombas de alimentación, tratamiento de aguas residuales	
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Aguas residuales, impacto ambiental, ccm, automatización, proyecto	
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):		
<p>El impacto ambiental por las aguas residuales provenientes de actividades industriales es considerado como preocupante para la comunidad científica, el cual identifica este mal como un problema a largo plazo y que debe ser tratada de manera urgente por autoridades gubernamentales. Una vez establecido El presente trabajo de titulación consiste en un estudio de factibilidad para la implementación de un centro de control de motores (CCM) que es manejado por un sistema automatizado cuyo objetivo principal es ser parte del proceso de tratamiento de aguas residuales. Este trabajo abarca el estudio técnico y económico para poder llevar a cabo este proyecto desde su fase de planificación y alcance, hasta su fase de montaje de los diferentes elementos necesarios para poder obtener el resultado requerido por la entidad competente. Una vez identificado el alcance y los elementos que conforman parte de este proceso de tratamiento de aguas residuales, se presenta una oferta que abarca ambos aspectos de un proyecto, que incluye el económico y el técnico.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +59369160327	E-mail: bryanzapata93@outlook.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Orlando Philco	
	Teléfono: +593-980960875	
	E-mail: Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		