



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TÍTULO: “DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA TEXTILES TEXSA S.A”**

**Autores:**

Cunalata Guato José Fernando  
Freire Villalva Bryan Paúl

**Tutor:**

Ing. MSc. Freire Martínez Luigi Orlando

Latacunga – Ecuador

Septiembre 2020



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **CUNALATA GUATO JOSÉ FERNANDO** portador de la cédula N° **180513533-0** y **FREIRE VILLALVA BRYAN PAÚL** portador de la cédula N° **172186731-3**, declaramos ser los autores del presente proyecto tecnológico: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA TEXTILES TEXSA S.A”** siendo, Ing. MSc. Freire Martínez Luigi Orlando Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de proyecto tecnológico, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
Cunalata Guato José Fernando

**C.I. 180513533-0**

.....  
Freire Villalva Bryan Paúl

**C.I. 172186731-3**



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Electromecánica

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA TEXTILES TEXSA S.A”**, de los señores Cunalata Guato José Fernando y Freire Villalva Bryan Paúl, de la carrera en Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** de la Universidad Técnica de Cotopaxi que designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, septiembre del 2020

---

Ing. MSc. Freire Martínez Luigi Orlando

**Tutor principal.**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Propuesta tecnológica de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **Cunalata Guato José Fernando** portador del número de cedula **180513533-0** y **Freire Villalva Bryan Paúl** portador del número de cedula **172186731-3**, con el título de Proyecto de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA TEXTILES TEXSA S.A”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, septiembre del 2020,

Para constancia firman:

---

### LECTOR 1

Ing. MsC. Corrales Bastidas Byron Paúl

CC: 050234776-8

---

### LECTOR 2

Ing. Ph.D Laurencio Alfonso Héctor Luis

CC: 175836725-2

---

### LECTOR 3

Ing. MsC. Cruz Panchi Luis Rolando

CC: 050259517-6



Textiles TEXSA S.A.  
Hilos - Telas  
Quito - Ecuador

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Quito, 11 de septiembre del 2020

Mediante el presente se constata que los señores **Cunalata Guato José Fernando**, con cédula de ciudadanía No. **180513533-0** y **Freire Villalva Bryan Paúl**, con cédula de ciudadanía No. **172186731-3**, estudiantes la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Realizaron la presente propuesta tecnológica y actualmente se está implementando el proyecto: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA TEXTILES TEXSA S.A.”**, en la empresa “TEXTILES TEXSA S.A”, ubicada en ciudad de QUITO, barrio San Bartolo, calle Teodoro Gómez de la Torre y Pujilí. Recibiendo la aprobación y conformidad de la empresa en cuanto al mismo.

Se autoriza al interesado hacer del presente documento el uso legas que más convenga.

Atentamente,

**TEXTILES TEXSA S.A.**

**GERENTE**

Ing. José María Ponce

**GERENTE GENERAL**

**TEXTILES TEXSA S.A**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi Dios, por haberme dado la dicha más grande que es la vida, así como también la sabiduría, el entendimiento y perseverancia necesaria para superar cada uno de los obstáculos logrando así el haber terminado mi formación profesional como Ingeniero Electromecánico.

A mis padres, Heriberto Cunalata y Lidia Guato por todo su amor cariño y dedicación del haberme formado en los valores éticos y morales, por estar siempre a mi lado apoyándome y guiándome durante todo el camino.

A mi tutor, Ing. MSc. Freire Martínez Luigi Orlando, al guiarme durante todo el proceso de elaboración del presente proyecto, por su valioso tiempo, apoyo, consejos y principalmente por su paciencia conmigo, también agradezco a todos mis docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por habernos compartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación personal.

**CUNALATA            GUATO            JOSÉ  
FERNANDO**

## **AGRADECIMIENTO.**

Agradezco a mi padre y al apoyo incondicional de mi madre que a pesar de las circunstancias día a día me motivaron e invirtieron en mi educación, a mis tíos que desde el extranjero siempre buscaron la forma de ayudarme y aconsejarme. A mi universidad que me acogió con brazos abiertos a la formación de mi querida carrera que es Ingeniería electromecánica.

Sin todos esos pilares en mi vida no hubiera podido llegar donde me encuentro actualmente.

**FREIRE VILLALVA BRYAN PAÚL**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a las Autoridades que dirigen esta institución, así como a todos y cada uno de los docentes de la carrera de ingeniería electromecánica.

De Forma especial quiero agradecer a mis padres Heriberto Cunalata y Lidia Guato, quienes son fuente de inspiración y orgullo. Unas personas dedicadas, las cuales me han motivado siempre a seguir adelante, superando cada obstáculo que pueda presentarse, desarrollando en mi un espíritu de lucha, perseverancia y también valores morales y éticos.

A mis hermanos Carlos y Mónica por su cariño y apoyo incondicional, por estar conmigo en todo momento ya que de una u otra forma me acompañan siempre. En todos mis sueños y metas.

Igualmente deseo expresar un profundo agradecimiento de gratitud a mis compañeros de la Universidad, quienes además de brindarme su amistad incondicional, me alentaron siempre para seguir adelante.

**CUNALATA                      GUATO                      JOSÉ  
FERNANDO**

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se la dedico a mi madre, ya que gracias a los cuidados y apoyo que me brinda cada día, he logrado permanecer y no rendirme hasta alcanzar mi sueño.

También a toda mi familia por haberme brindado su ayuda incondicional, ya sea moral o económica a lo largo de mis años de estudio, gracias a su ayuda pude llegar hasta esta etapa de culminación de mi educación.

Gracias a todos.

**FREIRE VILLALVA BRYAN PAÚL**

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN .....	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica .....	2
2.2. Tipo de alcance .....	2
2.3. Área del conocimiento .....	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica .....	2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción .....	3
2.6. Situación problémica y problema .....	3
2.6.3. Matriz Causa – Efecto .....	4
2.7. Hipótesis o formulación de preguntas directrices.....	4
2.8. Beneficiarios .....	5
2.8.1. Beneficiarios directos .....	5
2.8.2. Beneficiarios indirectos .....	5
2.9.1. Objetivo General:.....	5
2.9.2. Objetivos específicos: .....	5
2.10. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. Análisis de trabajos precedentes .....	7
3.1.1. Tratamiento de aguas residuales.....	7
3.1.2. Composición de aguas residuales.....	7
3.1.3. Ingeniería de aguas residuales .....	7
3.2. Descripción del objeto de estudio.....	8

3.3.	Alternativas para selección del sistema.....	9
3.3.1.	Matriz de priorización.....	9
3.3.2.	Criterios de selección.....	9
3.4.1.	Definiciones generales de distintos tipos de aguas.....	10
3.4.1.1.	Aguas residuales.....	10
3.4.1.2.	Aguas pluviales.....	10
3.4.1.3.	Agua dulce.....	10
3.4.1.4.	Agua subterránea.....	10
3.4.1.5.	Agua superficial.....	11
3.4.1.6.	Agua para uso público urbano.....	11
3.4.2.	Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público.....	11
3.5.	Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos.....	11
3.5.1.	Clasificación de tratamientos de aguas residuales industriales.....	12
3.5.2.	Tratamientos primarios (Tratamientos físicos).....	12
3.5.3.	Tratamientos secundarios (Tratamientos biológicos).....	13
3.5.3.1.	Oxidación de compuestos.....	13
3.5.3.2.	Filtración.....	13
3.5.3.3.	Filtración rápida.....	14
3.5.4.	Tratamiento terciario (tratamiento avanzado).....	14
3.6.	Materiales, equipos e instrumentación que intervienen en el proceso de tratamiento de aguas residuales.....	15
3.6.1.	Tipos de tanques industriales.....	15
3.6.2.	Válvulas.....	16
3.6.2.1.	Clasificación de Válvulas.....	17
3.6.3.	Bombas de agua.....	17
3.6.3.1.	Clasificación de bombas centrifugas.....	17
3.6.4.	Motor eléctrico.....	18
3.6.5.	Sensores de nivel.....	18
3.6.6.	Contactador.....	19
3.6.6.1.	Categorización de contactores bajo norma IEC.....	20
3.6.7.	Dispositivos de señalización.....	20

3.6.8.	Temporizadores o relés de tiempo.....	21
3.7.	Tipos de controladores.....	21
3.7.1.	Controles manuales.....	21
3.7.2.	Control semiautomático.....	21
3.7.3.	Control automático: .....	22
3.8.	Semiautomatización industrial.....	22
3.8.1.	Sistemas de Control.....	23
3.8.1.1.	Sistemas de control en lazo abierto.....	23
3.8.1.2.	Sistema de control en lazo cerrado .....	24
3.8.1.3.	Control retroalimentado .....	24
4.	METODOLOGÍA .....	25
4.1.	Alternativas para selección del sistema. ....	25
4.2.	Matriz de priorización.....	25
4.2.1.	Criterios de selección.....	25
4.3.	Procedimiento para desarrollo del proyecto de la parte mecánica (Fase 1).....	27
4.3.1.	Caudal de diseño.....	27
4.3.2.	Diseño conceptual.....	28
4.3.2.1.	Evaluación del tanque de homogeneización .....	28
4.3.2.2.	Evaluación de los tanques de electrocoagulación .....	28
4.3.2.2.1.	Volumen requerido para el tanque de electrocoagulación .....	29
4.3.2.2.2.	Longitud del tanque de electrocoagulación.....	29
4.3.2.2.3.	Conductancia requerida en el módulo de electrocoagulación.....	29
4.3.2.2.4.	Equivalente químico.....	30
4.3.2.2.5.	Equivalente electroquímico.....	30
4.3.2.2.6.	Resistencia del material.....	30
4.3.2.2.7.	La corriente en el electrocoagulador .....	31
4.3.2.2.8.	Potencia óhmica .....	31
4.3.2.2.9.	Potencia total consumida.....	31
4.3.2.2.10.	Cantidad de metal disuelto o depositado .....	32
4.3.2.2.11.	Potencial de la celda de electrocoagulación .....	32
4.3.3.	Métodos para determinar el sistema de bombeo .....	33
4.3.4.	Determinación del tanque de sedimentador (tanque de floculación y coagulación química) .....	35
4.3.4.1.	Espacio entre placas floculadoras .....	36

4.3.4.2.	Determinación del tiempo de inyección de bombas dosificadoras ....	36
4.3.4.2.1.	Determinación del tiempo de dosificación de policloruro de aluminio (PAC).....	36
4.3.4.3.	Determinación del agitador para tanque sedimentador.....	37
4.4.	Desarrollo de la parte de control del proyecto (Fase 2).....	38
4.4.1.	Descripción del sistema a controlar.....	38
4.4.2.	VARIABLES A CONTROLAR.....	40
4.4.3.	Diseño de control de la planta de tratamiento (Diseño semiautomático) .	40
4.4.3.1.	Metodología para elección de relé térmico y contactor. ....	40
4.4.3.2.	Procedimientos para elegir un temporizador .....	41
4.5.	Selección del conductor .....	41
4.5.1.	Determinación por ampacidad.....	41
4.5.3.	Determinación del de la tubería conduit.....	42
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	43
5.1.	Elección de la mejor alternativa para la planta de tratamiento (Fase 1) .....	43
5.2.	Especificaciones técnicas de la planta de tratamiento .....	44
5.3.	Evaluación de tanques de homogeneización.....	44
5.4.	Evaluación de tanques de electrocoagulación y dimensionamiento de electrocoaguladores.....	45
5.5.	Evaluación del sistema de bombeo .....	47
5.6.	Cálculo de sedimentador (cámara de floculación y coagulación química).....	48
5.7.	Cálculo del tiempo de dosificación de cloro y policloruro de aluminio (PAC)49	
5.8.	Resultados de la elección de agitador .....	51
5.9.	Sistema de control (Fase 2).....	51
5.9.1.	Referenciado de contactos de control y fuerza.....	52
5.9.2.	Referenciado de elementos auxiliares de control .....	52
5.10.	Resultado elección de relé térmico y contactor .....	52
5.11.	Selección de cable para bomba sumergida .....	53
5.12.	Selección de cable para bombas centrifugas.....	53
5.13.	Selección de cable para motor .....	54
5.15.	Análisis de resultados obtenidos comprobando el cumplimiento de la normativa	55
5.16.	Eficiencia de procesos mediante análisis de laboratorio.....	56
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	57
6.1.	Presupuesto .....	57

6.1.1.	Equipos utilizados en la planta de tratamiento .....	57
6.1.2.	Materiales .....	57
6.1.3.	Mano de obra .....	58
6.1.4.	Consumibles .....	59
6.1.5.	Costo total del proyecto.....	59
6.2.	Análisis de impactos .....	59
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
7.1.	Conclusiones.....	61
7.2.	Recomendaciones .....	61
8.	REFERENCIAS .....	62
	ANEXOS.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3. 1.</b> Planta de tratamiento de aguas residuales.....	8
<b>Figura 3. 2.</b> Procesos de tratamiento de aguas residuales.....	12
<b>Figura 3. 3.</b> Tipos de sensores de nivel .....	19
<b>Figura 3. 4.</b> Diagrama de control semiautomático .....	22
<b>Figura 3. 5.</b> Representación de los elementos de un proceso semiautomático.....	22
<b>Figura 3. 6.</b> Representación del sistema en lazo cerrado.....	23
<b>Figura 3. 7.</b> Representación de un sistema de control en lazo abierto.....	23
<b>Figura 3. 8.</b> Representación de un sistema de control en lazo cerrado.....	24
<b>Figura 4. 1.</b> $N_p$ vs $N_{Re}$ , Hélice de 4 palas.....	38
<b>Figura 5. 1.</b> Imagen real electrodos.....	47
<b>Figura 5. 2.</b> Curva característica para selección de bomba .....	48
<b>Figura 5. 3.</b> Espaciamiento placas floculadoras .....	49
<b>Figura 5. 4.</b> Turbina empleada en el sistema .....	51
<b>Figura 5. 5.</b> Comparación de valores obtenidos en el tratamiento .....	55
<b>Figura 5. 6.</b> Comparación de valores obtenidos en el tratamiento .....	56

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1.</b> Cuadro de tareas por objetivos específicos.....	6
<b>Tabla 3. 1.</b> Categorías de contactores bajo norma IEC.....	20
<b>Tabla 3. 2.</b> Descripción de los tipos temporizador. ....	21
<b>Tabla 4. 1.</b> Análisis de criterios para la selección del sistema.....	26
<b>Tabla 4. 2.</b> Sistema de calificación de los criterios.....	26
<b>Tabla 4. 3.</b> Número de potencia según velocidad angular.....	38
<b>Tabla 5. 1.</b> Matriz de decisión.....	43
<b>Tabla 5. 2.</b> Criterios evaluados .....	43
<b>Tabla 5. 3.</b> Especificaciones técnicas de la planta de tratamiento .....	44
<b>Tabla 5. 4.</b> Evaluación de tanque de homogeneización.....	45
<b>Tabla 5. 5.</b> Evaluación de tanque de electrocoagulación.....	45
<b>Tabla 5. 6.</b> Pruebas de jarras para proceso de Electrocoagulación.....	46
<b>Tabla 5. 7.</b> Variables presentadas en electrodos .....	47
<b>Tabla 5. 8.</b> Datos utilizados para el cálculo de bombeo .....	47
<b>Tabla 5. 9.</b> Selección de caudal de bombeo.....	47
<b>Tabla 5. 10.</b> Volumen del tanque de floculación.....	49
<b>Tabla 5. 11.</b> Volumen de tanque de Sedimentación .....	49
<b>Tabla 5. 12.</b> Pruebas de dosificación realizadas .....	50
<b>Tabla 5. 13.</b> Tiempo y volumen de dosificación de PAC.....	50
<b>Tabla 5. 14.</b> Tiempo y volumen de dosificación de cloro .....	51
<b>Tabla 5. 15.</b> Potencia para elección del motor.....	51
<b>Tabla 6. 1.</b> Costo de equipos utilizados.....	57
<b>Tabla 6. 2.</b> Costos de materiales .....	58
<b>Tabla 6. 3.</b> Costo de mano de obra .....	58
<b>Tabla 6. 4.</b> Costo consumible .....	59
<b>Tabla 6. 5.</b> Costos totales del proyecto.....	59
<b>Tabla 6. 6.</b> Flujo de caja.....	60
<b>Tabla 6. 7.</b> Cálculo del VAN y TIR.....	60

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO:** “DESARROLLO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTIZADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL ÁREA DE TINTORERÍA DE LA EMPRESA TEXTILES TEXSA S.A”

**Autores:**

Cunalata Guato José Fernando

Freire Villalva Bryan Paúl

**RESUMEN**

En el presente proyecto se implementó un sistema semiautomático para el control de los procesos de tratamiento de aguas residuales, el cual cumplió con la función de eliminar gran cantidad de agentes nocivos que se encontraban presentes en el agua desechada por el área de tintorería de la empresa “Textiles Texsa S.A”, esto se realizó debido a que con sistemas anteriores de tratamiento no se evidenciaban cambios significativos en las características del agua, además que dichos procesos no contaban con tanques que cumplieran con la capacidad necesaria de almacenamiento ni un control de sus procesos. Con el objetivo realizar un tratamiento eficiente de aguas residuales se optó por la combinación de métodos de; homogeneización, electrocoagulación, coagulación química, floculación química, sedimentación y filtración, interactuando con el sistema semiautomático, el cual utilizó sensores y actuadores para el control de dichos métodos llevando el agua a las condiciones requeridas por la norma vigente [1] tales condiciones son; DBO<sub>5</sub> de 170 mg/l, DQO de 350 mg/l, pH de 6 a 9 upH y temperatura de 40°C. Finalmente se comprobó que los procesos efectuados mejoraron las características del agua residual, obteniendo como resultado, un potencial de hidrógeno de 6.35 a 7.87 upH, DBO<sub>5</sub> de 41 a 286 mg/l, un DQO de 72.83 a 85 mg/l, manteniéndose bajo los límites permitidos por la normativa vigente [1].

**Palabras clave:** Tratamiento de agua, electrocoagulación, floculación y coagulación química, control semiautomático.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TITLE:** "DEVELOPMENT OF A SEMI-AUTOMATED SYSTEM FOR THE TREATMENT PLANT OF RESIDUAL WATER FROM THE DYEING AREA OF THE TEXTILE COMPANY TEXSA S.A.

**Authors:**

Cunalata Guato José Fernando

Freire Villalva Bryan Paúl

**ABSTRACT**

In the present work, a semiautomatic system for the control of the processes of residual water treatment was implemented, which fulfilled the function of eliminating a large amount of harmful agents that were present in the water discarded by the area of dyeing of the company "Textiles Texsa S.A.", this was done because with previous systems of treatment there were not significant changes in the characteristics of the water, in addition to the fact that these processes did not have tanks that fulfilled the necessary capacity of storage nor a control of their processes. In order to carry out an efficient treatment of residual water, it was chosen the combination of methods of; homogenization, electrocoagulation, chemical coagulation, chemical flocculation, sedimentation and filtration, interacting with the semiautomatic system, which used sensors and actuators for the control of these methods taking the water to the conditions required by the current norm [1] such conditions are; BOD5 of 170 mg/l, DQO of 350 mg/l, pH from 6 to 9 upH and temperature of 40°C. Finally, it was found that the processes carried out improved the characteristics of the residual water, obtaining as a result, a hydrogen potential of 6.35 to 7.87 upH, DBO5 of 41 to 286 mg/l, a DQO of 72.83 to 85 mg/l, while maintaining the current regulations limits [1].

**Keywords:** Water treatment, electrocoagulation, flocculation and chemical coagulation, semiautomatic control



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los Egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS, CUNALATA GUATO JOSÉ FERNANDO Y FREIRE VILLALVA BRYAN PAÚL**, cuyo título versa **"DEVELOPMENT OF A SEMI-AUTOMATED SYSTEM FOR THE TREATMENT PLANT OF RESIDUAL WATER FROM THE DYEING AREA OF THE TEXTILE COMPANY TEXSA S.A."**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Septiembre del 2020

Atentamente,

**Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 0502666514**



## **1. INFORMACIÓN BÁSICA**

### **PROPUESTO POR:**

Cunalata Guato José Fernando

Freire Villalva Bryan Paúl

### **TEMA APROBADO:**

“Desarrollo de un sistema semiautomatizado de la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes del área de tintorería de la empresa Textiles Texsa S.A”.

### **CARRERA:**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

Sr. Cunalata Guato José Fernando

Sr. Freire Villalva Bryan Paúl

Ing. MsC. Freire Martínez Luigi Orlando (Tutor Técnico)

### **TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA, ASESOR TÉCNICO:**

Ing. MsC. Freire Martínez Luigi Orlando

### **LUGAR DE EJECUCIÓN:**

El presente proyecto se realizará en la empresa “TEXTILES TEXSA S.A”, ubicado en la PROVINCIA DE PICHINCHA, ciudad de QUITO, barrio San Bartolo, calle Teodoro Gómez de la Torre y Pujilí.

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

### **SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN**

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

### **TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

Producto

## **2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1. Título de la propuesta tecnológica**

“Desarrollo de un sistema semiautomatizado de la planta de tratamiento de aguas residuales provenientes del área de tintorería de la empresa Textiles Texsa S.A”.

### **2.2. Tipo de alcance**

Esta propuesta tiene un alcance multipropósito, ya que, partiendo de los requerimientos de la empresa, este proyecto no solo se basa en desarrollar un sistema de control semiautomático que incorpore dispositivos electrónicos y eléctricos, sino que también busca mejorar el diseño de la planta de tratamiento.

### **2.3. Área del conocimiento**

Tecnología de la instrumentación, tecnología e ingeniería mecánica, ingeniería y tecnología eléctrica, tecnología energética, tecnología de productos metálicos y tecnología de la construcción.

### **2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica**

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un control semiautomático para la operación de los procesos de la planta de tratamiento, que sirva para realizar la clarificación del agua residual, que proviene del área de tintorería de la empresa “Textiles Texsa S.A”, ya que, el agua que sale del proceso de tinturado cuenta con gran cantidad de contaminantes sean éstos partículas en suspensión, residuos de sustancias químicas, detergentes y residuos sólidos los mismos que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Para cumplir con los estatutos designados en el tema de descargas líquidas al alcantarillado, se desarrolla distintos procesos de tratamientos de aguas residuales, donde, se destaca el método de electrocoagulación, conjuntamente con la coagulación y floculación los cuales ayudan en la remoción del color y otros parámetros como el DBO<sub>5</sub>, DQO, pH, temperatura, turbidez, entre otros, después de estos procedimientos es necesario realizar pruebas de laboratorio para corroborar la efectividad del mismo, donde, los límites permisibles están establecidos por la norma NEC 11, cap. 16 [1], para su evaluación, se selecciona los parámetros más relevantes, los cuales son; DBO<sub>5</sub> hasta 170 mg/l, DQO hasta 350 mg/l, pH hasta 9 y temperatura hasta 40 °C.

## **2.5. Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1. Objeto de estudio**

Planta de tratamiento de aguas residuales provenientes del área de tintorería de la empresa Textiles Texsa S.A”.

### **2.5.2. Campo de acción**

El campo de acción viene a ser los equipos eléctricos de control utilizados, instrumentos eléctricos y medida de la temperatura, bombas y equipos para manipulación de líquidos, utilización de la corriente continua, aplicaciones eléctricas, motores eléctricos, conductores aislados, interruptores, también construcciones metálicas, alcantarillado y depuración de aguas con lo que se pretende reforzar, la parte técnica y analítica de temas estudiados durante el proceso de formación del ingeniero electromecánico.

## **2.6. Situación problémica y problema**

### **2.6.1. Situación problémica**

La empresa “Textiles Texsa S.A” no cuenta con un proceso adecuado para el tratamiento del agua residual que se desecha del área de tintorería, debido a que la planta de tratamiento que operaba en la empresa no se evidenciaban cambios significativos en las características del agua, además de ello su infraestructura no contaba con la capacidad necesaria de almacenamiento, razón por la que el fluido se desbordaba constantemente, es decir, no se cumplía con los estándares de la normativa NEC 11, capítulo 16 [1] donde se establece descargar agua sin agentes contaminantes a la naturaleza, entonces se analizan los sistemas de tratamiento de agua y tanques con mayor capacidad de almacenamiento que puedan servir para tratar el agua del proceso de tinturado.

Una vez seleccionadas las alternativas de tratamiento, es necesario determinar un sistema que permita la operación y control de los procesos de la planta de tratamiento mediante el uso de sensores y actuadores evitando paros innecesarios, permitiendo la rápida eliminación de agentes contaminantes, llevándolos a los límites permisibles establecidos bajo la norma NEC 11, capítulo 16 [1].

Los costos de operación de la planta son un parámetro importante a verificar, ya que pueden variar respecto a la carga contaminante y control de operación diaria. Es necesaria la evaluación de los costos para verificar que los mismos estén acordes a lo ofertado por el vendedor.

### 2.6.2. Problema

La empresa “Textiles Texsa S.A” no cuenta con un sistema de control y procesos adecuados para el tratamiento del agua residual desechada por el área de tintorería.

### 2.6.3. Matriz Causa – Efecto

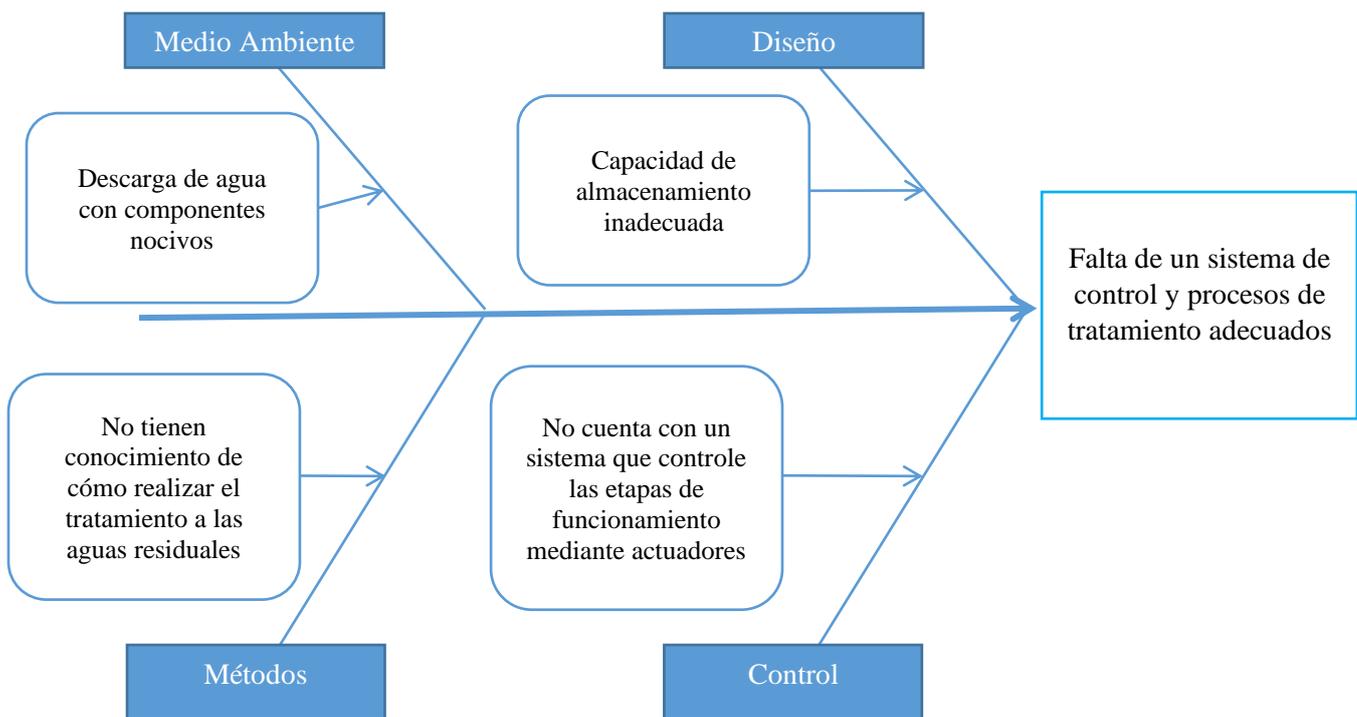


Diagrama 2.1. Representación de causa – efecto del proyecto

### 2.7. Hipótesis o formulación de preguntas directrices

Mediante un sistema semiautomático para el control de los procesos de tratamiento de aguas residuales este proyecto conseguirá mejorar los componentes críticos del agua que se desecha del área de tintorería logrando estar dentro de los estándares permitidos por el Ministerio del Ambiente sobre descargas líquidas al alcantarillado.

## **2.8. Beneficiarios**

### **2.8.1. Beneficiarios directos**

Inversionistas del proyecto, es decir la empresa, ya que se espera que esta planta pueda recuperar la inversión y genere ingresos adicionales debido al ahorro en compra de reactivos químicos, como también ya no tener multas por el incumplimiento de normas de descarga líquida.

### **2.8.2. Beneficiarios indirectos**

El personal de la empresa, ya que las plantas de tratamiento tienen la capacidad de erradicar bacterias y virus que pudieran causar daños en la salud de las personas, animales o al medio ambiente.

## **2.9. Objetivos**

### **2.9.1. Objetivo General:**

Desarrollar un sistema semiautomático mediante dispositivos electrónicos y eléctricos para el control de los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, en beneficio de la empresa “Textiles Texsa S.A”.

### **2.9.2. Objetivos específicos:**

- Determinar las características químicas principales del agua residual mediante análisis del laboratorio.
- Diseñar el control de la planta de tratamiento mediante el dimensionamiento de las conexiones eléctricas y electrónicas para establecer la interacción entre la planta de tratamiento con el operador.
- Analizar los resultados obtenidos comprobando el cumplimiento de los parámetros establecidos según la normativa de descargas líquidas industriales del Ministerio del Ambiente.

**2.10. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos**

**Tabla 2. 1. Cuadro de tareas por objetivos específicos**

<b>OBJETIVOS</b>	<b>Actividad (tareas)</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Medios de Verificación</b>
<b>Determinar las características químicas principales del agua residual mediante análisis del laboratorio.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Análisis de componentes químicos presentes en el agua residual.</li> <li>- Análisis de jarras.</li> <li>- Identificación de los parámetros críticos a tomar en cuenta en la descontaminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estipulación de los químicos a utilizar para el proceso.</li> <li>- Determinación de la dosis a utilizar para las diferentes sustancias químicas.</li> <li>- Elaboración de un proceso para ayudar a descontaminar el agua.</li> </ul>	<p>Resultados obtenidos por el laboratorio que realizó los estudios. (anexo 17)</p> <p>Metodología propuesta en el documento.</p>
<b>Diseñar el control de la planta de tratamiento mediante el dimensionamiento de las conexiones eléctricas y electrónicas para establecer la interacción entre la planta de tratamiento con el operador.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Determinación de los materiales utilizados para la construcción de la planta de tratamiento.</li> <li>-Evaluación de la capacidad de almacenamiento de cada cámara que conforma el sistema.</li> <li>-Diseño del control semiautomático</li> <li>- Elaboración de un manual de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elección del material para la construcción del proyecto.</li> <li>-Funcionamiento normal del sistema, después de la aplicación de los cálculos que amerita.</li> <li>-Manual de operación y mantenimiento</li> </ul>	<p>Metodología propuesta en el documento.</p> <p>Manual presentado (Anexo 24)</p>
<b>Analizar los resultados obtenidos comprobando el cumplimiento de los parámetros establecidos según la normativa de descargas líquidas industriales del Ministerio del Ambiente.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Adquisición de valores de los diferentes contaminantes presentes en el agua ya tratada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Comparación de los resultados obtenidos con los que estipula la ley de descargas líquidas del Medio Ambiente.</li> </ul>	<p>Resultados obtenidos proceso realizado (análisis de laboratorio)</p> <p>(Anexos 18 y 19)</p>

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Análisis de trabajos precedentes**

##### **3.1.1. Tratamiento de aguas residuales.**

Se realizó el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, donde, se resalta la importancia de la misma, destacando el siguiente:

Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo. Su tratamiento nulo o indebido genera graves problemas de contaminación. A las aguas negras también se les llama aguas servidas, aguas residuales, o aguas cloacales. Son residuales, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen, y cloacales porque son transportadas mediante cloacas (del latín cloaca, alcantarilla), nombre que se le da habitualmente al colector [2].

##### **3.1.2. Composición de aguas residuales**

Se realizó un análisis acerca de la composición de aguas residuales, donde, se señala sus características generales y estas son las siguientes:

Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH. Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora. Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos, materia inorgánica o mineral [3].

##### **3.1.3. Ingeniería de aguas residuales**

Se realizó la ingeniería de aguas residuales, donde, se destaca la calidad del agua, exponiendo lo siguiente:

La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica. Este término puede responder a varias definiciones, que se han visto reflejadas en la legislación a lo largo del tiempo.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversa normativa, que asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales [4].

### 3.2. Descripción del objeto de estudio.

El objeto de estudio es una planta de tratamiento de aguas residuales, las cuales provienen del área de tintorería de la empresa Textiles “Texsa S.A”, el cual, tiene una altura útil de 2.6 m con un ancho de 2.25m por 5 m de longitud, la cual consta con 2 tanques de almacenamiento donde estos se distribuyen en 6 piscinas de para generar el proceso de tratamiento, por donde circulará el agua contaminada, la cual, pasa por los diferentes ciclos de purificación, para luego ser descargada hacia el desagüe (alcantarilla), en la empresa “Textiles Texsa” ubicada en la provincia de Pichincha. Como se puede apreciar en la figura 3.1.



**Figura 3. 1.** Planta de tratamiento de aguas residuales

La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, seis etapas principales:

- Alternativas para la selección.
- Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento.

- Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos, incluyendo la selección de los procesos de cada sistema, los parámetros de diseño.
- Diseño detallado de la alternativa de costo mínimo.
- Construcción.
- Operación y mantenimiento del sistema construido.

### **3.3. Alternativas para selección del sistema.**

Para iniciar con el diseño de la planta primero se toma en cuenta la disposición que ofrece la empresa, de colaborar con distintos tipos de taques que son utilizados en los baños de tinta y secado, que cumplieron con su vida útil, posteriormente se selecciona el modelo adecuado, para así, proceder al dimensionamiento y construcción de la planta.

#### **3.3.1. Matriz de priorización**

Una matriz de priorización es una herramienta de gestión y control de proyectos que se utiliza para determinar problemas clave y evaluar las alternativas apropiadas ante un objetivo determinado.

Es decir, es un sistema que facilita la toma de decisiones y que garantiza que se emprenden acciones basadas en criterios de utilidad objetiva. Ayuda a conocer cuáles son las formas de actuar más rentables y beneficiosas en un caso concreto. Se utiliza en múltiples contextos, que pueden incluir desde la compra de material en una empresa, a la contratación de personal para un proyecto concreto o para ayudar a los gerentes de proyectos a determinar qué problemas deben resolverse primero para cumplir con los objetivos.

#### **3.3.2. Criterios de selección**

Los criterios de selección son requisitos mínimos, los cuales son evaluados tomando como referencia las necesidades del cliente y del personal encargado a implementar el proyecto asignando una ponderación a cada criterio permitiendo la selección idónea proyecto.

### **3.4. Caracterización del agua residual cruda y definición de las normas de vertimiento**

En esta sección se detalla las definiciones de los distintos tipos de aguas y también la normativa para descargas de efluentes al alcantarillado público.

#### **3.4.1. Definiciones generales de distintos tipos de aguas**

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales se debe tener en cuenta las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas.

##### **3.4.1.1. Aguas residuales**

Son las aguas que resultan de una composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original [5].

##### **3.4.1.2. Aguas pluviales**

Aguas pluviales es un término utilizado para hacer referencia al agua que entra en el sistema de alcantarillado que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación como resultado de la lluvia, nieve, granizo, entre otros [6].

##### **3.4.1.3. Agua dulce**

Es agua que contiene cantidades mínimas de sales disueltas, distinguiéndose así del agua de mar o agua salobre [7].

##### **3.4.1.4. Agua subterránea**

Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica) [8].

### **3.4.1.5. Agua superficial**

Es la proveniente de las precipitaciones, que no se infiltra ni regresa a la atmósfera por evaporación o la que proviene de manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas [9].

### **3.4.1.6. Agua para uso público urbano**

Es el agua nacional para centros de población o asentamiento humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización [10].

### **3.4.2. Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público**

1. Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:
  - a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
  - b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
  - c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse [1].

Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos esto se puede apreciar en la tabla presentada en el anexo 16.

### **3.5. Diseño conceptual de los sistemas de tratamiento propuestos**

En esta sección se da a conocer la gran importancia de los procesos a los que están sometidas el agua residual, el cual empieza a pasar por el tratamiento primario, luego pasa por el tratamiento secundario, después finaliza con el tratamiento terciario. Es fundamental dar a conocer el aspecto de diseño.

### 3.5.1. Clasificación de tratamientos de aguas residuales industriales

No es necesario construir todos los procesos de tratamiento en una planta, sino aquellos que eliminen los contaminantes requeridos para la localidad o industria. Por ejemplo, no tiene sentido construir un proceso primario (la cual consta de pozos gruesos), en una industria que produce agua residual coloreada, ya que ésta no contiene sólidos gruesos, sino únicamente agua con colorante.

En la figura 3.2 se representa gráficamente los procesos utilizados para el tratamiento de aguas residuales.

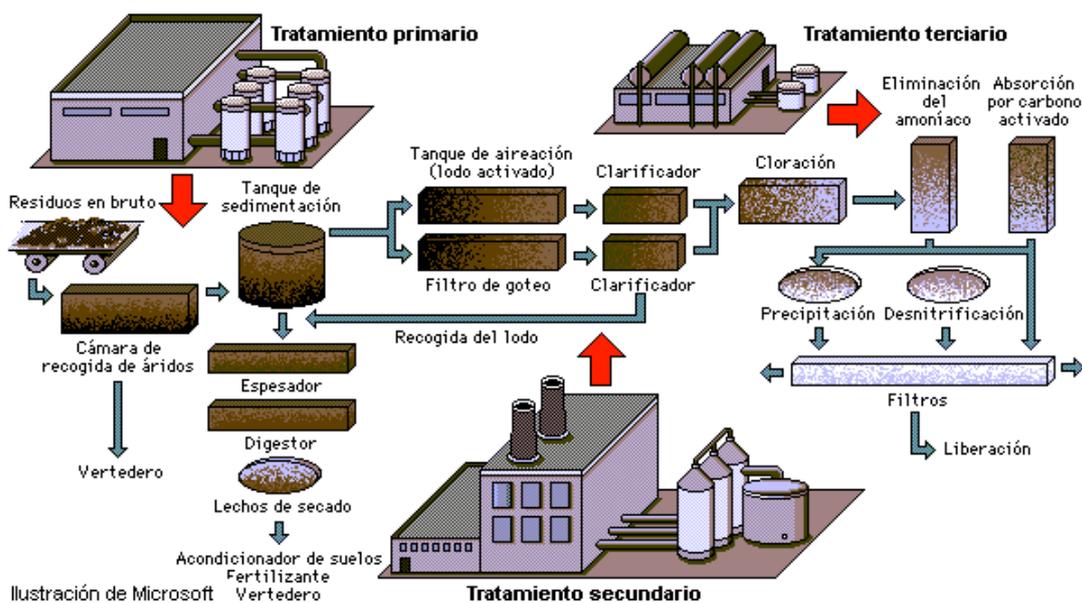


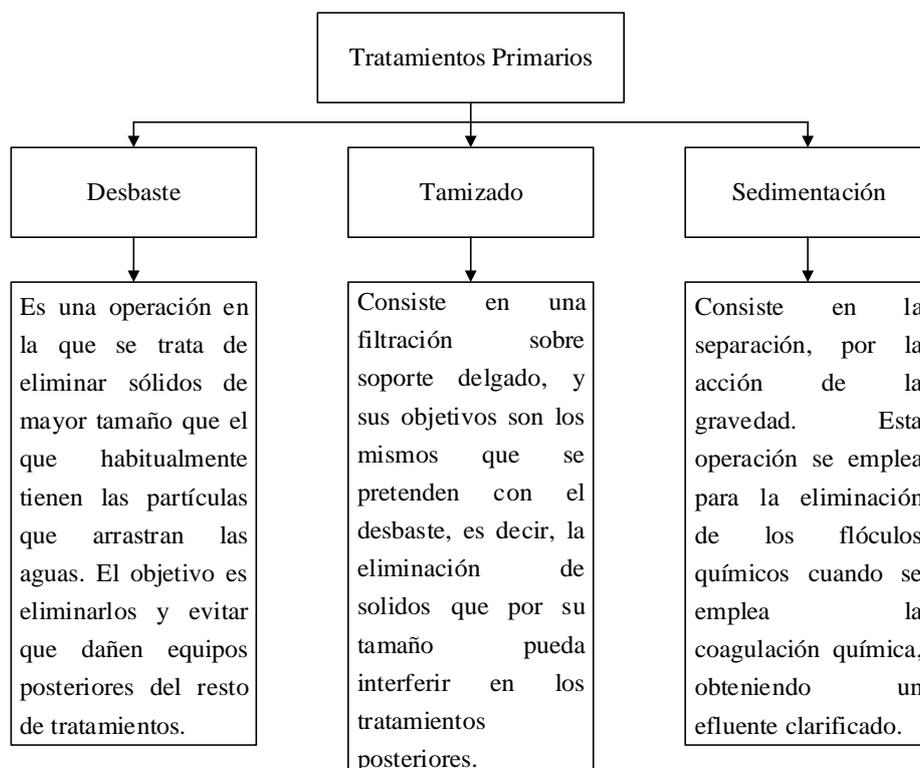
Figura 3. 2. Procesos de tratamiento de aguas residuales  
Fuente: [11]

### 3.5.2. Tratamientos primarios (Tratamientos físicos).

Aquí se puede ver la importancia del pre tratamiento, ya que el objetivo del tratamiento primario es reducir los sólidos en suspensión del agua residual.

Los sólidos suspendidos de un agua residual se determinan filtrando ésta y pesando el material sólido retenido por el filtro y este se mide en mg/l. El filtro utilizado retiene partículas superiores a una micra.

Los tratamientos primarios detallan cada proceso en el diagrama 3.1.



**Diagrama 3.1.** Tratamientos primarios.

### 3.5.3. Tratamientos secundarios (Tratamientos biológicos)

Constituyen una serie de importantes procesos de tratamiento que tienen en común la utilización de microorganismos (entre las que destacan las bacterias y compuestos químicos) para llevar a cabo la eliminación de componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de los mismos sobre esos componentes.

#### 3.5.3.1. Oxidación de compuestos

El cloro es el oxidante más utilizado. Hay una serie de factores que influyen en el proceso como por ejemplo puede influir: la naturaleza y concentración de organismos a destruir, sustancias disueltas o en suspensión en el agua, así como la concentración de cloro y el tiempo de contacto utilizado.

#### 3.5.3.2. Filtración

La filtración es un procedimiento en el que se utiliza el paso de una mezcla sólido líquido a través de un medio poroso (filtro) que retienen los sólidos y deja pasar los líquidos (filtrados).

### 3.5.3.3. Filtración rápida

En el proceso de filtración rápida, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades de 4 a 50 m/h. Los procesos de filtración rápida, pueden citarse esencialmente los siguientes:

- La filtración directa, cuando no se adicionan reactivos al agua a filtrar.
- La filtración con coagulación sobre el filtro de un agua no decantada previamente.
- La filtración de un agua coagulada y decantada.

### 3.5.4. Tratamiento terciario (tratamiento avanzado)

Los sólidos en suspensión que no han sido eliminados en las operaciones convencionales de tratamiento primario y secundario pueden constituir una parte importante de la  $DBO_5$  de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Se dispone de los siguientes procesos mostrados en el diagrama 3.2, para la eliminación de estos sólidos en suspensión [12].

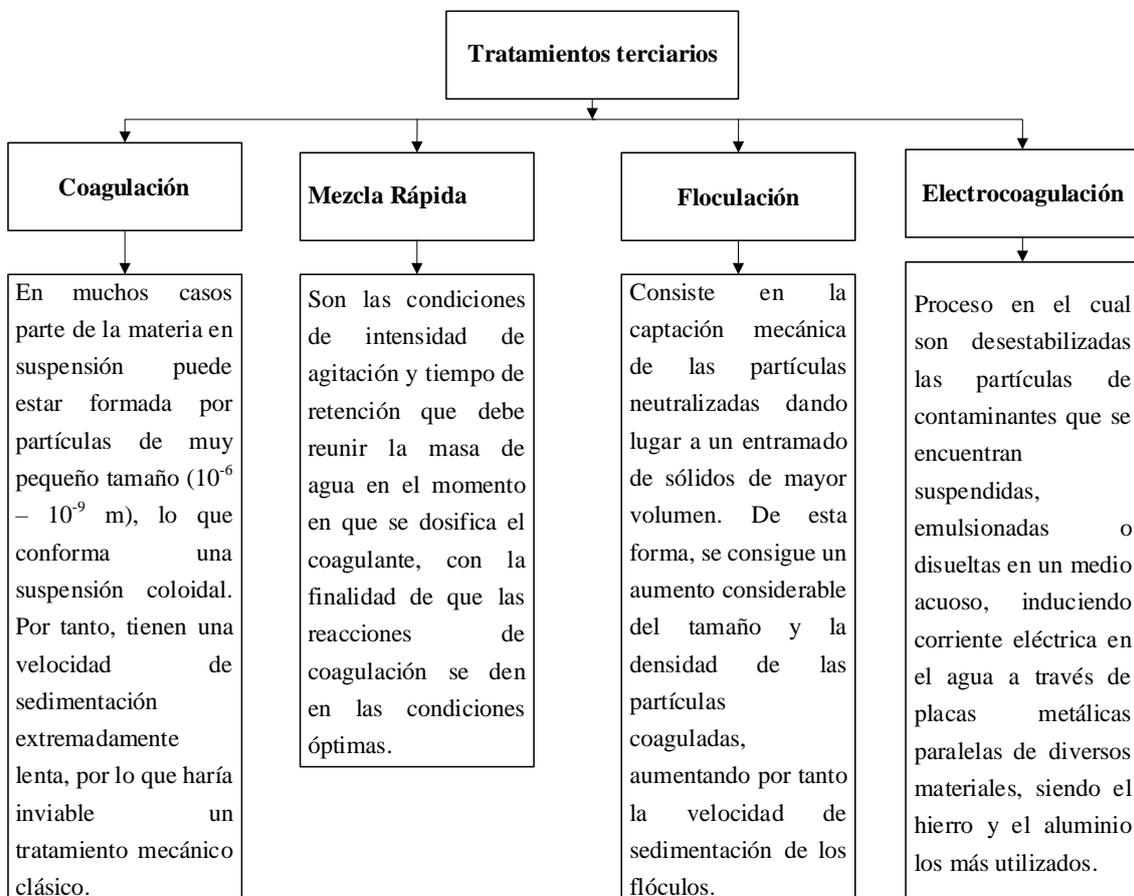


Diagrama 3.2. Descripción de tratamientos terciarios.

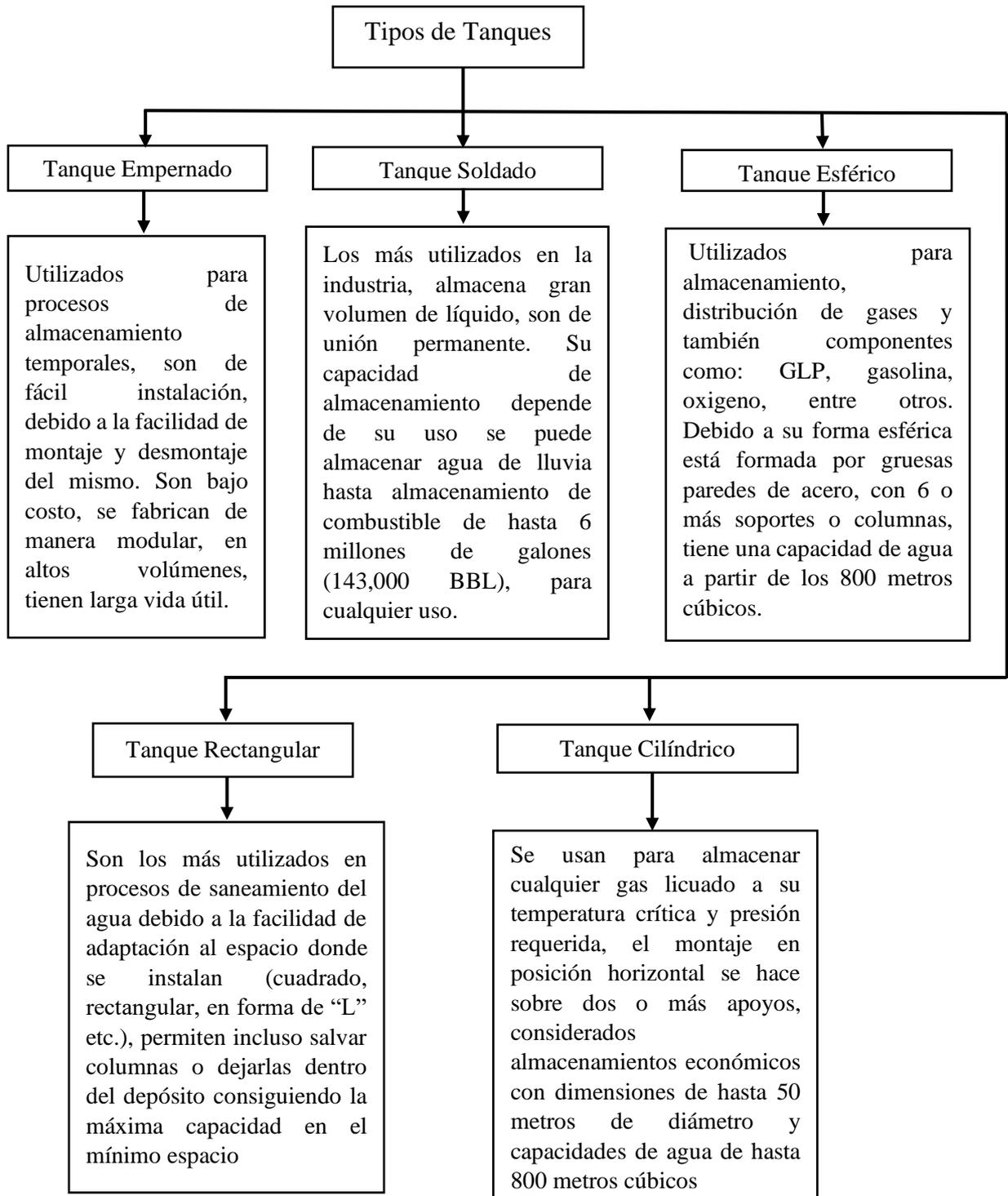
### **3.6. Materiales, equipos e instrumentación que intervienen en el proceso de tratamiento de aguas residuales**

En esta sección se detalla los materiales, equipos e instrumentación que se utiliza para la implementación de la planta de tratamiento para aguas industriales residuales.

#### **3.6.1. Tipos de tanques industriales**

En la actualidad los tanques de almacenamiento de aguas contaminadas son construidas de distintos materiales, pero generalmente los más utilizados hoy en día están hechos de componentes metálicos permitiendo contener o procesar fluidos a presiones bajas.

A continuación, se presenta un mapa mental en el diagrama 3.3 de los tipos de tanques para aguas residuales utilizados en la industria.



**Diagrama 3.3.** Tipos de tanques industriales

### 3.6.2. Válvulas

Las válvulas son elementos que pueden ser mecánicas o bien electromecánicas, permiten regular el paso de fluido que pase a través de ellas.

### 3.6.2.1. Clasificación de Válvulas

A continuación, se presenta el diagrama 3.4 en el cual se expone la clasificación de las válvulas.

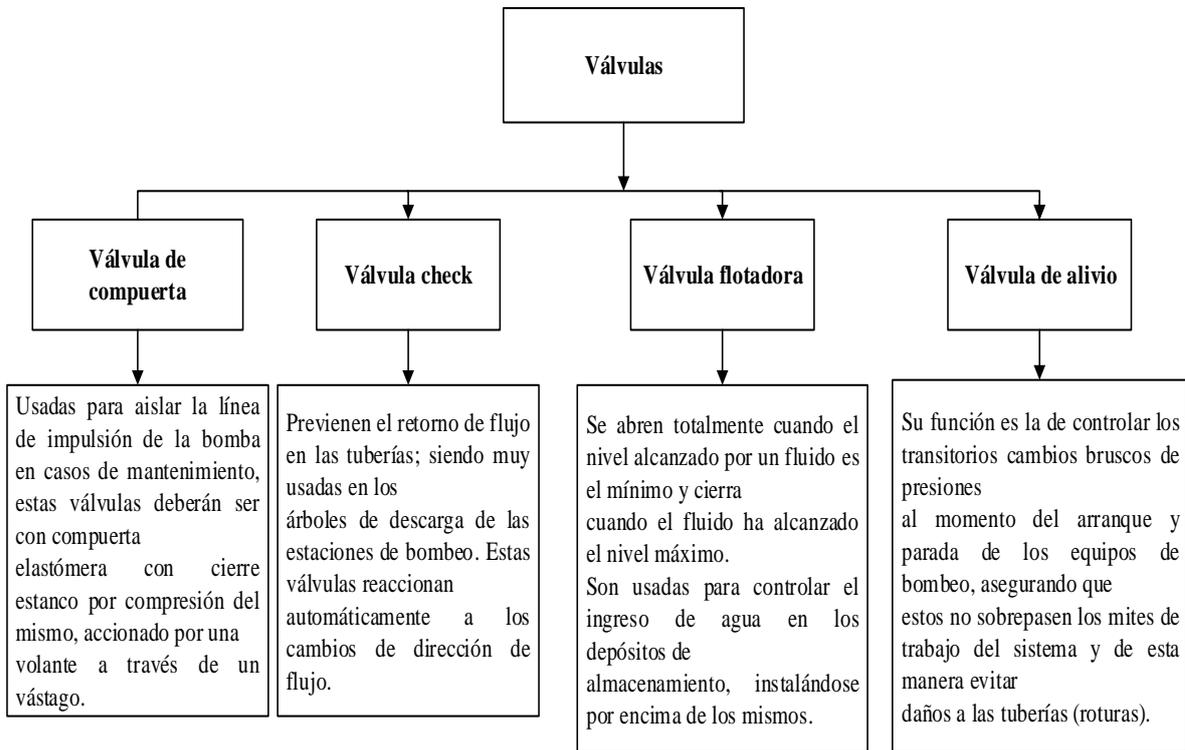


Diagrama 3.4. Descripción del tipo de válvulas

### 3.6.3. Bombas de agua

Una bomba de agua es un dispositivo capaz de adicionarle energía a una sustancia fluida para producir su desplazamiento de una posición a otra, incluyendo cambios de elevación. Las bombas son empleadas para aumentar el nivel energético de los fluidos, convirtiendo la energía mecánica en energía hidráulica. Su función es transportar fluidos a larga distancias o modificar las condiciones de alta o baja presión [13].

#### 3.6.3.1. Clasificación de bombas centrífugas

A continuación, se presenta el diagrama 3.5 en el cual se expone la clasificación de las bombas.

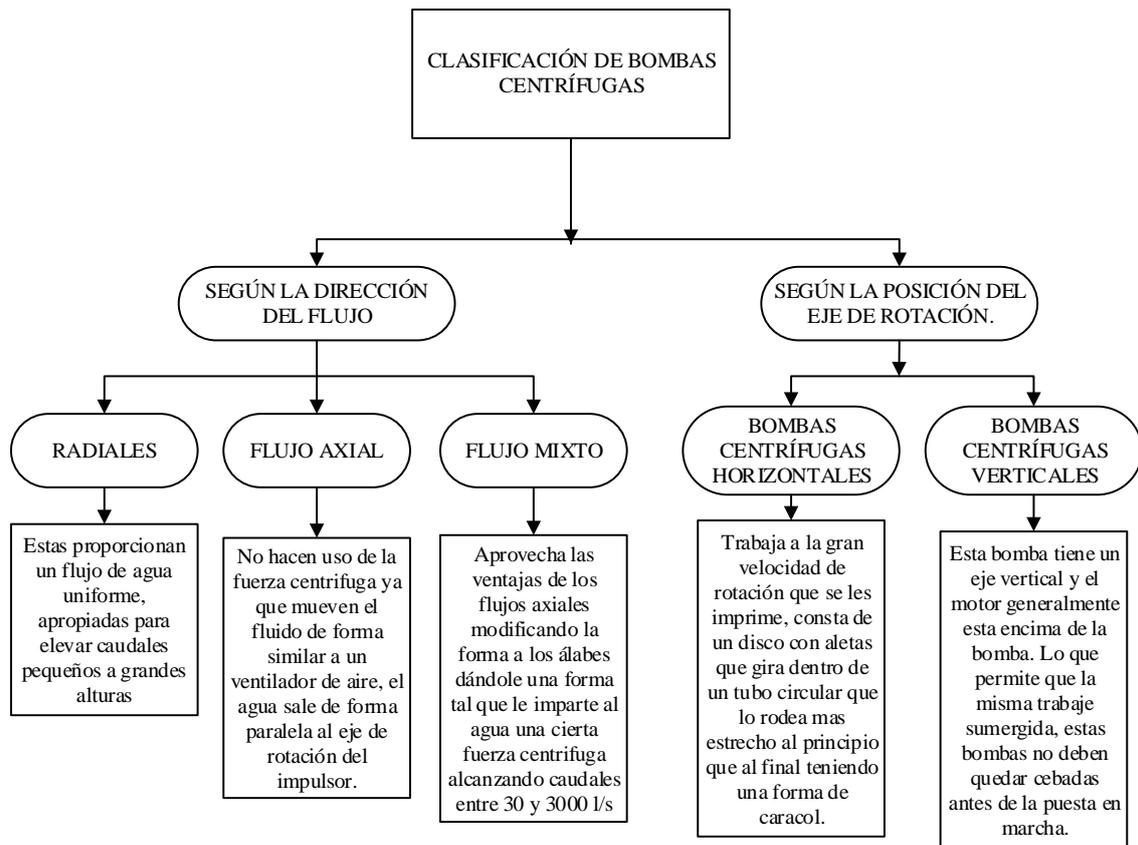


Diagrama 3.5. Descripción del tipo de bombas centrífugas

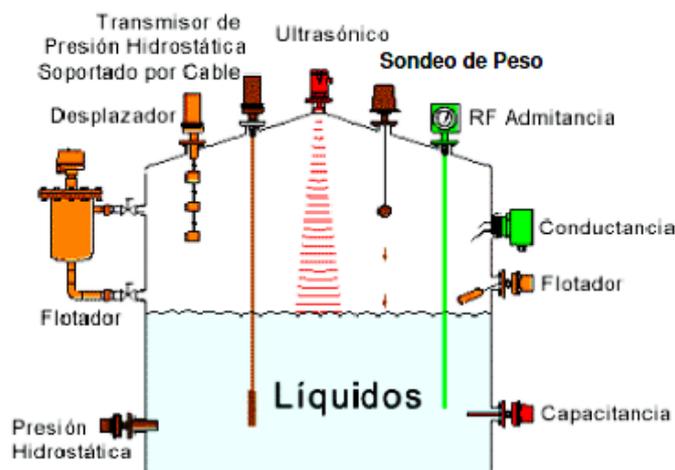
### 3.6.4. Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica, la cual, puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando este dispositivo se utiliza para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador, y cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama motor. Puesto que puede convertir energía eléctrica en mecánica o viceversa, una máquina eléctrica se puede utilizar como generador o como motor [14].

### 3.6.5. Sensores de nivel

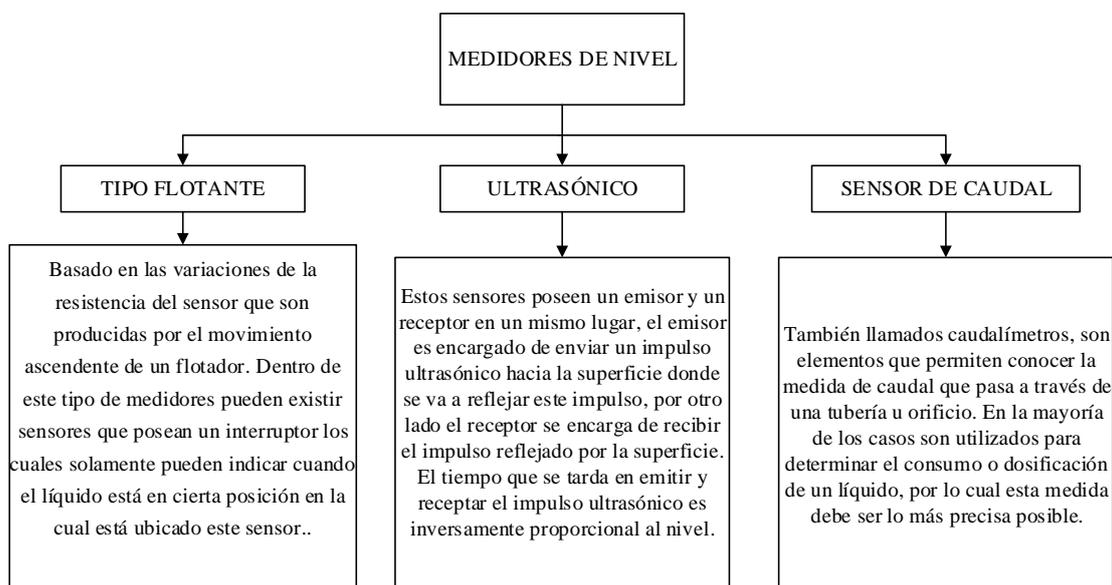
Los sensores de nivel son elementos que permiten conocer el nivel de un líquido, sólido o gas en el recipiente que lo contenga.

## MEDICIÓN DE NIVEL



**Figura 3. 3.** Tipos de sensores de nivel  
Fuente: [13]

Existe una gran variedad de sensores de nivel, algunos de estos se los pueden apreciar en la figura 3.3, y entre los cuales mediante el diagrama 3.6, se pueden citar los siguientes medidores principales:



**Diagrama 3.6.** Descripción de los tipos de sensor de nivel

### 3.6.6. Contactor

El contactor es un aparato de maniobra eléctrica usado en circuitos de fuerza con la finalidad de conmutar una carga determinada, es decir conectarla o desconectarla.

**Contactos principales.** - Son los destinados a abrir y cerrar el circuito de potencia. Están abiertos en reposo. Según las normas internacionales los contactos principales de un

contactor se identifican por números de una sola cifra (1-2, 3-4, 5-6, 7-8). Las cifras impares se colocan en la parte superior y la progresión se efectúa de arriba abajo y de izquierda a derecha [15].

**Contactos Auxiliares.** - Son los encargados de abrir y cerrar el circuito de mando. Están acoplados mecánicamente a los contactos principales y pueden ser abiertos o cerrados. Estos contactos soportan normalmente hasta seis amperios. Fundamentalmente, estos contactos son de 2 tipos: normalmente cerrados (NC) y normalmente abiertos (NA); y las normas recomiendan numeración de dos cifras para su identificación (13- 14, 43-44 para NA y 21-22, 31-32 para los NC) [15].

### 3.6.6.1. Categorización de contactores bajo norma IEC

Los contactores de acuerdo al tipo de carga que manejan se clasifican en las siguientes categorías:

**Tabla 3. 1.** Categorías de contactores bajo norma IEC

<b>Cargas alimentadas por Corriente Continua/Directa.</b>	<b>Cargas alimentadas por Corriente Alterna</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Categoría DC-1: Cargas no inductivas. Ej. Hornos de resistencias.</li> <li>- Categoría DC-3: Arranque, inversión o marcha a pulsos de motores Shunt/paralelo. Ej. Corte dinámico de motores de corriente continua.</li> <li>Categoría DC-5: Arranque, inversión o marcha a pulsos de motores serie. Ej. Corte dinámico de motores de corriente continua.</li> <li>- Categoría DC-6: Mando de lámparas de incandescencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Categoría AC-1: Cargas con factor de potencia superior a 0.95 sin demanda de picos de corriente al energizarlas. Ej. Iluminación, calefacción.</li> <li>- Categoría AC-2: Arranque, inversión, frenado, marcha a pulsos de motores de anillos rozantes.</li> <li>- Categoría AC-3: Arranque y frenado (standard) de motores de jaula de ardilla.</li> <li>- Categoría AC-4: Arranque, inversión o marcha a pulsos, frenado contracorriente de motores jaula de ardilla, anillos rozantes. Ej. Ascensores, trefiladoras.</li> </ul>

### 3.6.7. Dispositivos de señalización

Son todos aquellos dispositivos, cuya función es llamar la atención sobre el correcto funcionamiento o paros anormales de las máquinas, aumentando así la seguridad del personal y facilitando el control y mantenimiento de los equipos [15].

### 3.6.8. Temporizadores o relés de tiempo

Es un aparato que censará una entrada y después de que un tiempo especificado de retardo haya transcurrido, producirá una salida, los temporizadores según su forma de accionamiento pueden ser ON DELAY u OFF DELAY.

**Tabla 3. 2.** Descripción de los tipos temporizador.

<b>Temporizador ON DELAY</b>	<b>Temporizador OFF DELAY</b>
El temporizador recibe una señal y empieza a contar el tiempo que tiene programado, al cumplirse el tiempo programado el contacto cambia de posición, y así permanece mientras el temporizador conserve la señal de activación. (Se emplea para realizar una función de retardo a la conexión).	El temporizador deja de recibir la señal de activación y empieza a contar el tiempo que tiene programado, al cumplirse el tiempo programado el contacto cambia de posición. (Se emplea para realizar una función de retardo a la desconexión).

### 3.7. Tipos de controladores

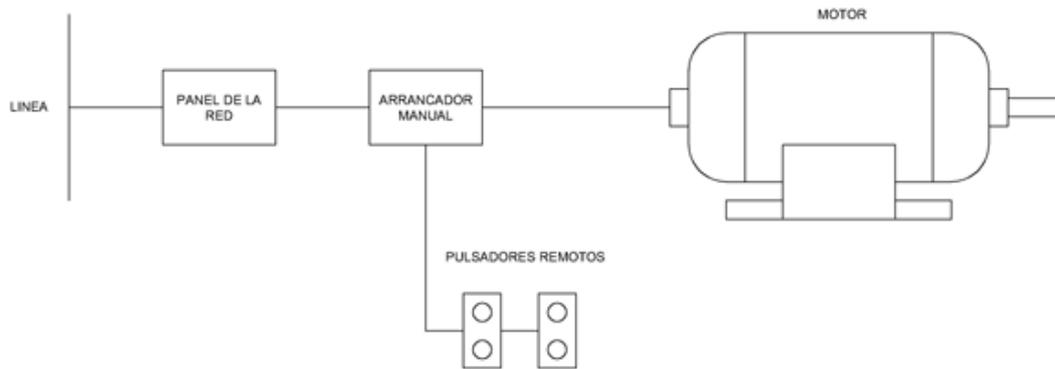
En esta sección se detalla los distintos tipos de controladores más utilizados en la industria y dependiendo de su operación se pueden clasificar en: manuales, semiautomáticos y automáticos.

#### 3.7.1. Controles manuales

El elemento humano interviene durante toda la operación por ejemplo cuando se utiliza un reóstato para el arranque de un motor de CC.

#### 3.7.2. Control semiautomático

El control semiautomático se emplea principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control de aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible. Este tipo de control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina. En la figura 3.4, se muestra un control semiautomático [16].



**Figura 3. 4.** Diagrama de control semiautomático

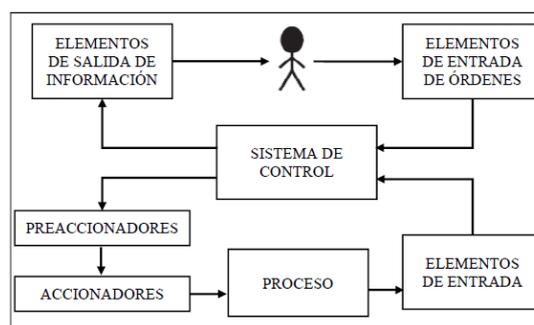
### 3.7.3. Control automático:

Un control automático está formado por un arrancador electromagnético o contactor controlado por uno o más dispositivos pilotos automáticos. La orden inicial de marcha puede ser automática, pero generalmente es una operación manual, realizada en un panel de pulsadores e interruptores.

### 3.8. Semiautomatización industrial

La semiautomatización de los procesos industriales es un área que está en pleno desarrollo y que representa el objetivo principal de los sectores industriales, ya que permite la integración de tecnologías, logrando mejorar la productividad de las empresas y reducir los costos de fabricación, mejorando también la calidad de sus productos, flexibilidad al cambio y la seguridad laboral [17].

Todo proceso que se desee tener un sistema semiautomático es necesario que tenga un conjunto de elementos que cumple su respectiva función dentro de dicho proceso, como se ilustra en la figura 3.5 donde se indican diferentes elementos que describen a continuación.



**Figura 3. 5.** Representación de los elementos de un proceso semiautomático

**Fuente:** [15]

Los elementos de entradas de órdenes son los que permiten ingresar al operador los datos y “órdenes” al sistema de control, los cuales pueden ser binarios, numéricos o alfa numéricos. Dichos datos pueden ser ingresados a través de pulsantes, selectores, botones, que evitan tanto cableado.

Los elementos de salida de información, por otro lado, se encargan de comunicar al operador el estado del proceso, a través de visualizadores como balizas o avisos sonoros [15].

### 3.8.1. Sistemas de Control

Sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control, en la figura 3.6 se muestra la representación de un sistema de control.

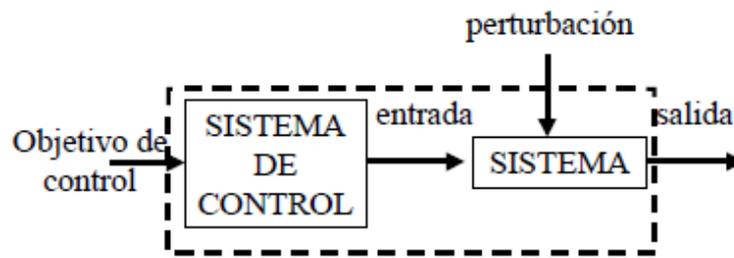


Figura 3. 6. Representación del sistema en lazo cerrado  
Fuente: [18]

#### 3.8.1.1. Sistemas de control en lazo abierto

Son aquellos en los que la variable de salida (variable controlada) no tiene efecto sobre la acción de control (variable de control), como se muestra en la figura 3.7. En los casos simples, el controlador puede ser un amplificador, unión mecánica, filtro u otro elemento de control. En los casos más complejos el controlador puede ser una computadora, o un controlador lógico programable (PLC).

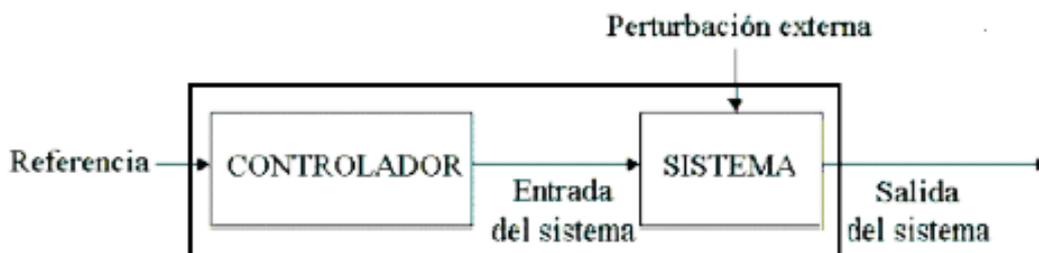
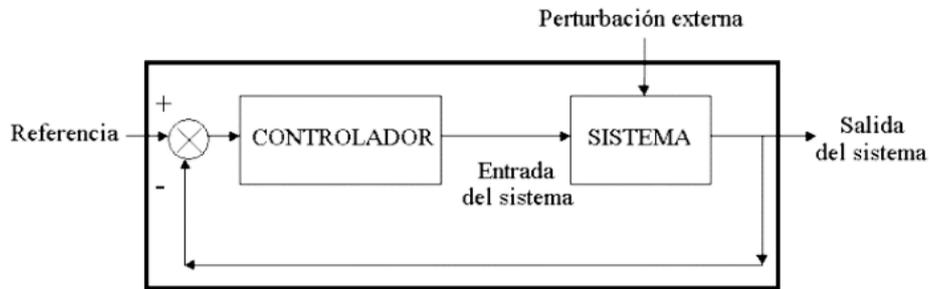


Figura 3. 7. Representación de un sistema de control en lazo abierto  
Fuente: [18]

### 3.8.1.2. Sistema de control en lazo cerrado

Son aquellos en los que la señal de salida del sistema (variable controlada), como se muestra en la figura 3.8, tiene efecto directo sobre la acción de control (variable de control).



**Figura 3. 8.** Representación de un sistema de control en lazo cerrado  
**Fuente:** [18]

### 3.8.1.3. Control retroalimentado

Operación que en presencia de perturbaciones tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia. Esta reducción se logra manipulando alguna variable de entrada del sistema, siendo la magnitud de dicha variable de entrada función de la diferencia entre la variable de referencia y la salida del sistema.

## 4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el funcionamiento de la planta distingue dos partes. Por un lado, la parte mecánica, donde, se detalla la evaluación de los componentes que constituyen la planta, ya que, estos al ser reutilizados necesitan de un debido estudio técnico, para comprobar si cumplen con las necesidades requeridas. Por otro lado, se realiza el proceso control de toda la planta de tratamiento con sus accionamientos y elementos eléctricos y electrónicos que permitan el adecuado funcionamiento de la misma, tomando en cuenta las normativas NEC-11, cap. 15-16 [19] [1], ISA-S5 y NFPA 70 [20] respectivamente.

### 4.1. Alternativas para selección del sistema.

Para iniciar con el diseño de la planta primero se toma en cuenta la disposición que ofrece la empresa, de colaborar con distintos tipos de taques que son utilizados en los baños de tinta y secado, que cumplieron con su vida útil, posteriormente se selecciona el modelo adecuado, para así, proceder al dimensionamiento y construcción de la planta.

### 4.2. Matriz de priorización

Para crear una de estas matrices, las cuestiones clave deben priorizarse y ponderarse antes de que las opciones de acción posible puedan aplicarse. Gracias a esta herramienta, se obtiene una puntuación para clasificar las diferentes posibilidades de implementación. Las opciones que obtienen más puntos son las más viables y beneficiosas de llevar a cabo.

#### 4.2.1. Criterios de selección

Los parámetros generales que debe cumplir el diseño se describen a continuación:

**Seguridad.** – El sistema tiene que tener una fisonomía rígida, ya que, en el momento que entre en funcionamiento, un fallo físico podría ocasionar un grave accidente, ya sea, en el personal encargado de su control o persona natural que visite el lugar.

**Costo.** - El mecanismo lleva consigo procesos de manufactura, diseño detallado y uso de diferentes materiales. A pesar de tener una variedad de cámaras o piscinas de almacenamiento, no debe tener un costo disparado respecto a otras plantas de tratamiento que están en el mercado.

**Mantenimiento.** - Como toda maquinaria debe de recibir mantenimiento preventivo periódico, el diseño debe tener en cuenta este requerimiento.

**Apariencia.** - El diseño puede ser utilizado en empresas, residencias, centros comerciales o edificaciones de otros tipos, por lo que debe tener una apariencia agradable.

**Desempeño.** – La planta de tratamiento debe funcionar cumpliendo perfectamente los requerimientos para el cual se diseña.

**Ergonomía.** - Un adecuado diseño nos permitirá una correcta adecuación entre las características personales del trabajador, tanto física como psíquica, y las operaciones que el trabajador debe realizar.

**Versatilidad.** - Su uso no debe ser de gran complejidad ya que los usuarios son personas que no necesariamente cuentan con un conocimiento sobre este tipo de maquinaria.

A continuación, se presenta la matriz de priorización que se empleará para la selección del proceso que cumpla el requerimiento deseado, seleccionando así mejor sistema, acorde a los criterios de selección previamente expuestos.

**Tabla 4. 1.** Análisis de criterios para la selección del sistema

<b>Importancia del criterio (de 1 a 10)</b>	<b>Criterio</b>	<b>Sistema Automático</b>	<b>Sistema Semiautomático</b>
10	Seguridad	X	X
8	Costo	X	X
7	Mantenimiento	X	X
7	Apariencia	X	X
10	Desempeño	X	X
8	Ergonomía	X	X
7	Versatilidad	X	X

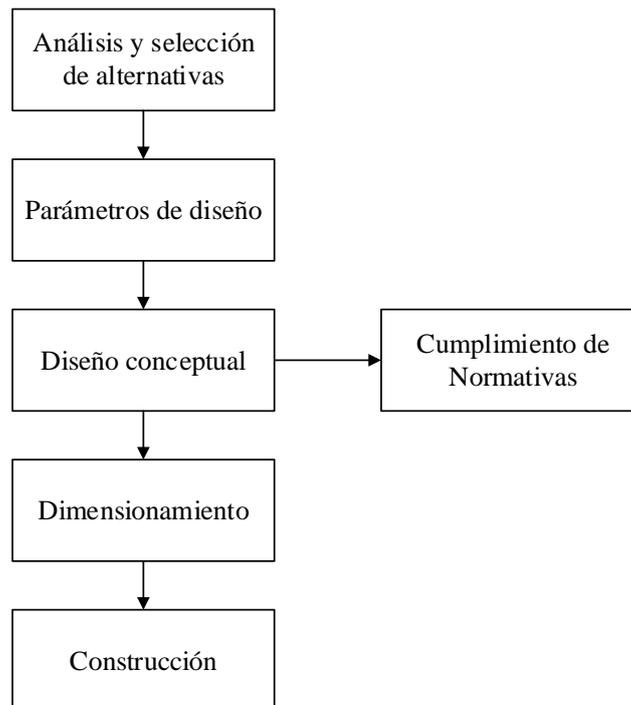
**Tabla 4. 2.** Sistema de calificación de los criterios

<b>CALIFICACIÓN</b>	
4	Muy Bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

A continuación, en la sección de resultados se mostrará el análisis de las alternativas propuestas, dónde, se determinará la mejor opción para que el proyecto entre en operación.

### 4.3. Procedimiento para desarrollo del proyecto de la parte mecánica (Fase 1)

En el siguiente diagrama se presenta la secuencia de pasos a seguir para la puesta en marcha del presente proyecto cumpliendo con las normativas y parámetros de construcción [19].



**Diagrama 4.1.** Pasos para desarrollo del proyecto

#### 4.3.1. Caudal de diseño

Para el diseño de los tanques de la planta de tratamiento, se necesita conocer el caudal de consumo que se produce en toda el área de la empresa textilera, de acuerdo a la normativa ecuatoriana de la construcción NEC-11, capítulo 16 [1], ya que, este proyecto toma como referencia el diseño de la planta anterior, la cual fue elaborada por otra empresa, la misma que realizó los datos de medición y dichos datos, son tomados en cuenta para el presente proyecto.

### 4.3.2. Diseño conceptual

En esta sección se determina la metodología a utilizarse para el dimensionamiento y evaluación de los componentes de la planta de tratamiento.

#### 4.3.2.1. Evaluación del tanque de homogeneización

Se evalúa el tanque determinado mediante el cálculo con el tanque proporcionado por la empresa para ver si cumple con las condiciones requeridas, el tanque de homogeneización en esta planta es utilizado para ajustar el pH, a un valor entre 5 a 9, a fin de que se pueda obtener un mejor resultado; además con el tanque se logra controlar el caudal de ingreso al sistema de tratamiento. Para esto se usarán las siguientes ecuaciones:

$$V = Q \cdot t_{residencia} \quad (4.1)$$

Dónde:

$V$  = Volumen de retención ( $m^3$ )

$Q$  = Caudal nominal ( $m^3/min$ )

$t_{residencia}$  = Tiempo de residencia en el tanque (min)

$$t_{residencia} = \frac{A \cdot h}{Q} \quad (4.2)$$

Dónde:

$A$  = Área de ascensión del flujo ( $m^2$ )

$h$  = Altura útil (m)

$$A = \frac{\pi \cdot d_{in}^2}{4} \quad (4.3)$$

Dónde:

$A$  = Área de ascensión del flujo ( $m^2$ )

$d_{in}$  = Diámetro interior del tanque (m)

#### 4.3.2.2. Evaluación de los tanques de electrocoagulación

El proceso de electrocoagulación se realiza en un tanque cedido por la empresa, el cual se utilizaba para el proceso de tinturado, este tanque cuenta con 4 compartimentos simétricos, para lo cual, 2 de estos se utilizarán en este proceso y los otros 2 en el proceso

de coagulación y floculación química, este tanque cumple con los requerimientos necesarios en el ámbito de material, ya que, es fabricado de acero inoxidable, pero, aún se necesita la evaluación de su volumen para verificar si es rentable para el proyecto, es decir, evaluar si cumple con los parámetros del diseño, en base al caudal y tiempo de retención hidráulica, lo cual se podrá apreciar en la parte de resultados. También se realizaron pruebas de jarras en el laboratorio interno de la empresa, para así determinar la mejor opción para la inducción eléctrica.

#### **4.3.2.2.1. Volumen requerido para el tanque de electrocoagulación**

Para comprobar que el tanque cedido tiene la capacidad necesaria para albergar el fluido se realiza el cálculo del volumen requerido el tanque de electrocoagulación se utilizando la ecuación (4.4)

$$Ve = Q_D \cdot TRH_1 \quad (4.4)$$

Dónde:

Ve = Volumen requerido para el tanque de electrocoagulación (m<sup>3</sup>)

Q = Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/min)

TRH = Tiempo de retención hidráulica de electrocoagulación (h)

#### **4.3.2.2.2. Longitud del tanque de electrocoagulación**

Para el cálculo de la longitud del tanque de electrocoagulación se utiliza la ecuación (4.5)

$$Le = \frac{Ve}{h_a \cdot a_e} \quad (4.5)$$

Dónde:

Le = Longitud del tanque de electrocoagulación (m)

h<sub>a</sub> = Altura del tanque asumida (m)

a<sub>e</sub> = Ancho del tanque de electrocoagulación (m)

#### **4.3.2.2.3. Conductancia requerida en el módulo de electrocoagulación**

Para el cálculo se debe tener en cuenta la conductividad de agua, ya que, un incremento en la conductividad eléctrica (K), genera a su vez un incremento en la densidad de corriente [19]. Los valores de conductividad eléctrica (K), se toma del anexo 13, que es

una tabla tomada del artículo científico de Restrepo [12], estos valores podemos utilizar en la ecuación 4.6 que es la ecuación de la conductancia (G).

$$G = \frac{1}{R}$$
$$G = K \cdot \frac{A}{l} \quad (4.6)$$

Dónde:

G = Conductancia del agua (Siemens)

K = Conductividad del agua a tratar ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

#### 4.3.2.2.4. Equivalente químico.

Es la relación entre el peso o masa atómica y la valencia.

$$Eq = \frac{Pa}{val} \quad (4.7)$$

Dónde:

Eq = Equivalente químico

Val = Valencia

Pa = Peso atómico (g/mol)

#### 4.3.2.2.5. Equivalente electroquímico.

Equivalente electroquímico es la cantidad de sustancia que se deposita o se desprende en una célula electrolítica al paso de 1 culombio de electricidad. El equivalente electroquímico es igual al equivalente químico dividido para 1 faradio [19].

$$Eeq = \frac{Eq}{F} \quad (4.8)$$

Dónde:

Eeq= Equivalente electroquímico

F = 1 faradio = 96500 culombios

#### 4.3.2.2.6. Resistencia del material

La resistencia del material es igual a la resistividad por la distancia entre las placas, dividido para el área de las placas que vayan a estar trabajando directamente [19].

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad (4.9)$$

Dónde:

$\rho$  = Resistividad del material ( $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )

$l$  = Distancia entre placas (m)

$A$  = Área de placas ( $\text{m}^2$ )

#### 4.3.2.2.7. La corriente en el electrocoagulador

Es la cantidad de corriente que necesita la celda al tener varias placas trabajando, de ser el caso [19].

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V \cdot l}{R} = V \cdot G = V \cdot K \frac{A}{l} \quad (4.10)$$

#### 4.3.2.2.8. Potencia óhmica

Esta es la potencia que va a necesitar el electrocoagulador teniendo en cuenta la resistencia del agua tratar [19].

$$P_o = \frac{V^2}{R} = \frac{V^2 \cdot l}{R} = V^2 \cdot G = V^2 \cdot K \frac{A}{l} \quad (4.11)$$

#### 4.3.2.2.9. Potencia total consumida

Si por el electrocoagulador circula una intensidad media de corriente  $I_m$ , sometida a una diferencia de potencial media  $V_m$ , la potencia total consumida es [19].

$$P_T = P_o + P_c = I_m \cdot V_m \quad (4.12)$$

Dónde:

$P_T$ : Potencia total requerida (W)

$P_o$ : Potencia óhmica (W)

$P_c$ : Potencia consumida por el electrocoagulador (W)

$I_m$ : Intensidad media (A)

$V_m$ : Diferencia de potencial media (V)

Despejando  $P_c$ , deja la siguiente ecuación:

$$P_c = P_t - P_o = I_m \cdot V_m - \frac{V_m^2}{R} = V_m \left( I_m - \frac{V_m}{\frac{1}{k} \cdot \frac{l}{A}} \right)$$

$$V_m \left( I_m - k \frac{A}{l} V_m \right) \quad (4.13)$$

#### 4.3.2.2.10. Cantidad de metal disuelto o depositado

La cantidad de metal disuelto o depositado depende de la cantidad de electricidad que pasa través de los electrodos y la cantidad de sustancia disuelta del metal aplicando la ley de Faraday [19].

$$m = \frac{1}{F} I \cdot t \cdot Eq$$

$$m = \frac{I \cdot t \cdot Pa}{val \cdot F} \quad (4.14)$$

Dónde:

M = Cantidad de material depositado o cedido

I = Densidad de corriente (A/cm<sup>2</sup>)

T = Tiempo (s)

Pa = masa (o peso) molar del material del electrodo

Val = es la valencia (número de electrones en la reacción oxidación/reducción)

F = es la constante de Faraday igual a 96500 coulomb/mol

#### 4.3.2.2.11. Potencial de la celda de electrocoagulación

El potencial aplicado es la suma de tres componentes [19].

$$\eta_{AP} = \eta_k + \eta_{Mt} + \eta_{IR} \quad (4.15)$$

Dónde:

$\eta_{AP}$  = Sobre potencial aplicado

$\eta_k$  = Sobre potencial cinético

$\eta_{Mt}$  = Sobre potencial de concentración

$\eta_{IR}$  = Sobre potencial causado por la resistencia de la solución.

La caída de la resistencia está relacionada con la distancia entre electrodos, área superficial, del cátodo y la conductividad específica de la solución y la corriente, resultando así la ecuación 4.16.

$$\eta_{IR} = \frac{I.d}{A.k} \quad (4.16)$$

Este sobre potencial puede ser fácilmente minimizado decreciendo la distancia entre electrodos e incrementando el área de sección transversal de los electrodos y la conductividad específica de la solución [19].

### 4.3.3. Métodos para determinar el sistema de bombeo

El método más común para transportar fluidos de un punto a otro es impulsarlo a través de un sistema de tuberías, conectados a bombas de succión. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que esta forma ofrece no sólo mayor resistencia estructural sino también mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior que cualquier otra forma. Para todo esto se necesita de la aplicación de las siguientes ecuaciones:

- **Caudal**

$$Q = \frac{\text{volumen}}{\text{tiempo}} \quad (4.17)$$

Dónde:

Q = Caudal requerido del sistema (m<sup>3</sup>/s)

- **Velocidad del Fluido**

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (4.18)$$

Dónde:

Q = Caudal del sistema (m<sup>3</sup>/s)

D = Diámetro de la tubería (m)

- **Número de Reynolds**

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{u} \quad (4.19)$$

Dónde:

v = Velocidad del fluido

D = Diámetro de la tubería (m)

p = Densidad de fluido (kg/m<sup>3</sup>)

u = Coeficiente dinámico de viscosidad

- **Coeficiente de rozamiento de Darcy (Régimen Turbulento)**

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (4.20)$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds

- **Resistencia de la tubería**

$$R = \left( \sum \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot D^4} \quad (4.21)$$

Dónde:

$\sum \xi$  = Sumatoria de coeficientes de pérdidas

D = Diámetro de la tubería (m)

$\lambda$  = Coeficiente de rozamiento de Darcy

L = Longitud de la tubería (m)

- **Altura requerida del sistema**

$$\Delta H = \Delta Z + R \cdot Q^2 \quad (4.22)$$

Dónde:

$\Delta Z$  = Diferencia de altura final contra altura inicial

- **Velocidad específica en máquinas centrifugas**

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{\sqrt[n]{Q}}{H^{3/4}} \quad (4.23)$$

Dónde:

n= Número de revoluciones

Q = Caudal requerido

H = Altura de la bomba (m)

- **Altura neta positiva de succión requerida**

$$NPSH_R = 10 \cdot \frac{\sqrt[n]{Q}}{C} \quad (4.24)$$

Dónde:

- Para bombas con rodete voladizo

$$C = 880 \cdot \log n_s^{\frac{3}{4}}$$

- Para bombas con rodete entre apoyos

$$C = 800 \cdot \log n_s^{\frac{3}{4}}$$

- **Altura neta positiva de succión disponible**

$$NPSH_D = \frac{P_{atm}}{\rho \cdot g} \pm H_s - R_s \cdot Q^2 - H_v \quad (4.25)$$

Dónde:

H<sub>s</sub> = Altura de succión

Q<sub>s</sub> = Caudal requerido

#### **4.3.4. Determinación del tanque de sedimentador (tanque de floculación y coagulación química)**

El tanque para el proceso de floculación son los dos compartimentos restantes del tanque cedido por la empresa, el cual también se lo somete a la evaluación de su volumen, comprobando si cumple con las condiciones necesarias, es decir, se hace las pruebas en base al tiempo de retención hidráulica y al caudal de diseño. Por lo tanto, para el cálculo de su volumen y longitud se recurren a las ecuaciones 4.4 y 4.5, presentadas anteriormente.

#### 4.3.4.1. Espacio entre placas floculadoras

El tanque de floculación se encuentra dividido por pantallas verticales, que sirven para el proceso de floculación, la distancia entre pantallas se calcula utilizando la ecuación (4.26), [20].

$$a = \frac{L_f - e(m_p - 1)}{m_p} \quad (4.26)$$

Dónde:

a = Espaciamiento entre placas floculadoras (cm)

$L_f$  = Longitud del tanque (cm)

e = Espesor de las pantallas (cm)

$m_p$  = Número de compartimientos entre placas

#### 4.3.4.2. Determinación del tiempo de inyección de bombas dosificadoras

En esta sección se establecen las ecuaciones necesarias para dimensionar las bombas dosificadoras, se divide en dos partes, la primera será la añadidura policloruro de aluminio (PAC) y en la otra será la adición cloro, las cuales se realizaron pruebas de jarras en el laboratorio interno de la empresa, para así determinar la mejor opción para el ahorro de reactivos químicos.

##### 4.3.4.2.1. Determinación del tiempo de dosificación de policloruro de aluminio (PAC)

La adición del coagulante debe ser de manera automática, para lo cual se inyecta el sulfato de aluminio mediante un sistema de dosificación, adecuado con una bomba dosificadora calibrada a la dosis referencial, la cual, la dosificación del compuesto debe ser calibrada al 50 % de la dosis referencial de la bomba dosificadora.

$$V_i \cdot C_i = V_f \cdot C_f \quad (4.27)$$

Dónde:

$V_i$  = Volumen del policloruro de aluminio a dosificar (l)

Ci = Concentración de la solución de sulfato de aluminio (50% de la dosis referencial)

Vf = Volumen del agua a tratar (l)

Cf = Concentración deseada de sulfato de aluminio (ppm)

$$Vi = \frac{Qi}{td} \quad (4.28)$$

Dónde:

Qi = Capacidad de la bomba (l/s)

td = Tiempo de dosificación del sulfato de aluminio (s)

$$td = \frac{Vf \cdot Cf}{Ci \cdot Qi} \quad (4.29)$$

**Nota:** Para la dosificación del cloro se utiliza la ecuación 4.27, con la única diferencia que, según referencia bibliográfica [21], para aguas residuales se debe inyectar entre 3 mg/l hasta 15 mg/l.

#### 4.3.4.3. Determinación del agitador para tanque sedimentador

El agitador, funciona con un motorreductor el cual se elige según su potencia, tal potencia también sirve para la elección de un motor eléctrico. Para esto se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$Re = \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (4.30)$$

Dónde:

Re = Número de Reynolds

$\rho$  = Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = Viscosidad del fluido (kg/ms)

N = Velocidad angular (rps)

d = Diámetro del agitador (mm)

Para determinar la potencia consumida se utiliza la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{P}{N^3 d^5 \rho} \quad (4.31)$$

Dónde:

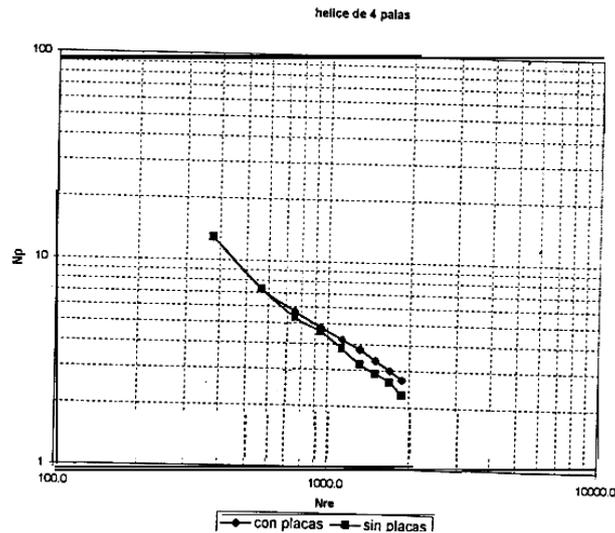
P = Potencia consumida (W)

$N_p$  = Es el número de potencia y se lo determina en la siguiente figura y la siguiente tabla, dependiendo del número del Reynolds del fluido.

**Tabla 4. 3.** Número de potencia según velocidad angular

N (rpm)	N (rps)	$N_p$
200	3,33	13
300	5,00	7,3
400	6,67	5,4
500	8,33	4,6

**Fuente:** [22]



**Figura 4. 1.**  $N_p$  vs  $NRe$ , Hélice de 4 palas

**Fuente:** [22]

Entonces despejando la ecuación y con el número de potencia escogido la ecuación queda así:

$$P = N_p \cdot (N^3 d^5 \rho) \quad (4.32)$$

Para la elección del motor eléctrico se considera la eficiencia del motor y la pérdida por fricción.

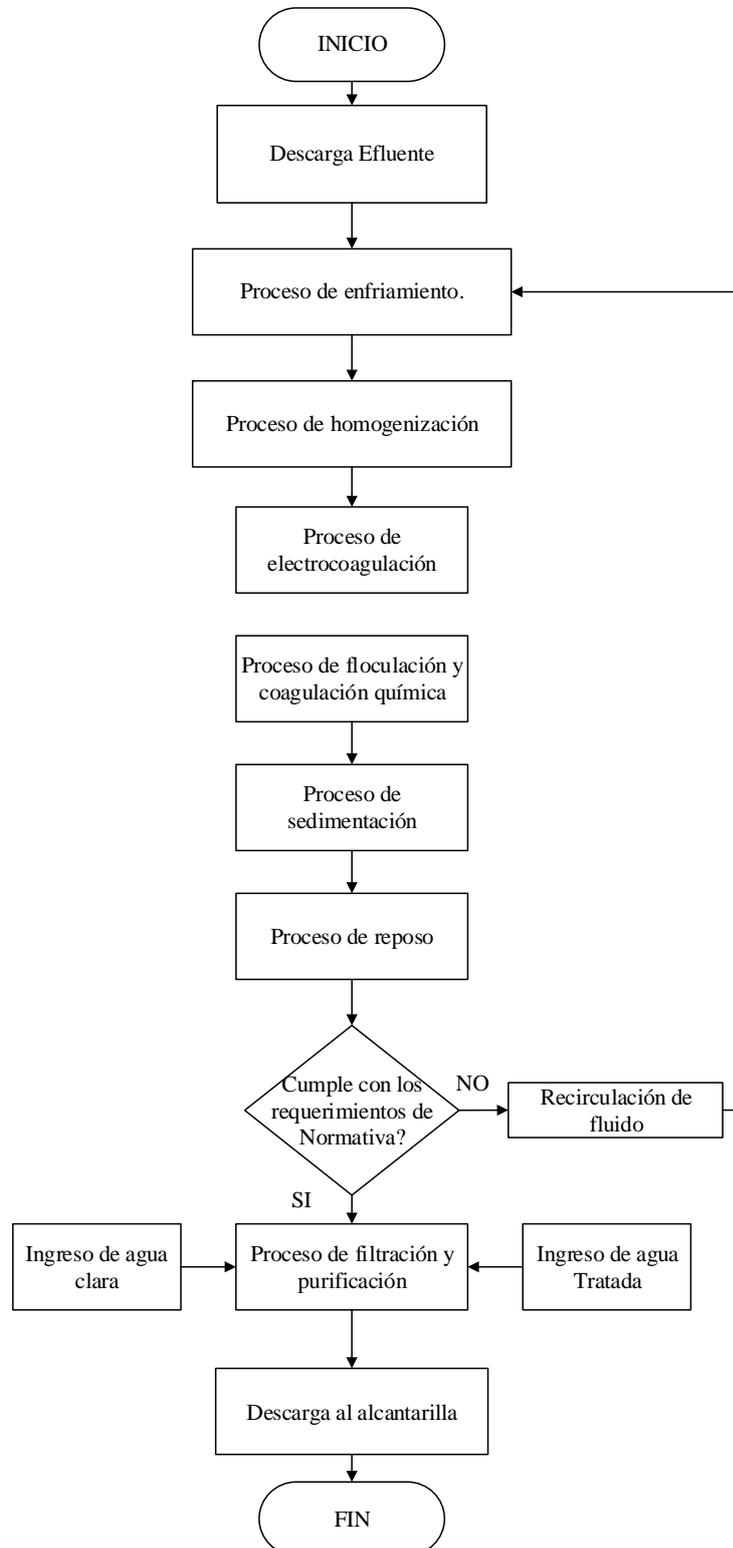
#### 4.4. Desarrollo de la parte de control del proyecto (Fase 2)

En esta sección se presenta los pasos a seguir para la puesta en marcha del proyecto cumpliendo con las normativas y parámetros de construcción.

##### 4.4.1. Descripción del sistema a controlar

Para el control de la planta de tratamiento se necesita de un sistema que permita controlar su avance, por lo tanto, es necesario implementar un tablero de control que posea breakers

de protección, contactores para arranque directo de la bomba de alimentación, de filtración, motores y temporizadores para controlar el proceso. Para el proceso de control se centra en el diagrama de flujo 4.2 el cual muestra el orden de pasos a seguir para el tratamiento del agua residual.



**Diagrama 4.2.** Descripción del funcionamiento del sistema

#### 4.4.2. Variables a controlar

Las variables a tomar en cuenta para empezar con el proceso de semiautomatización se muestran en el diagrama 4.3.

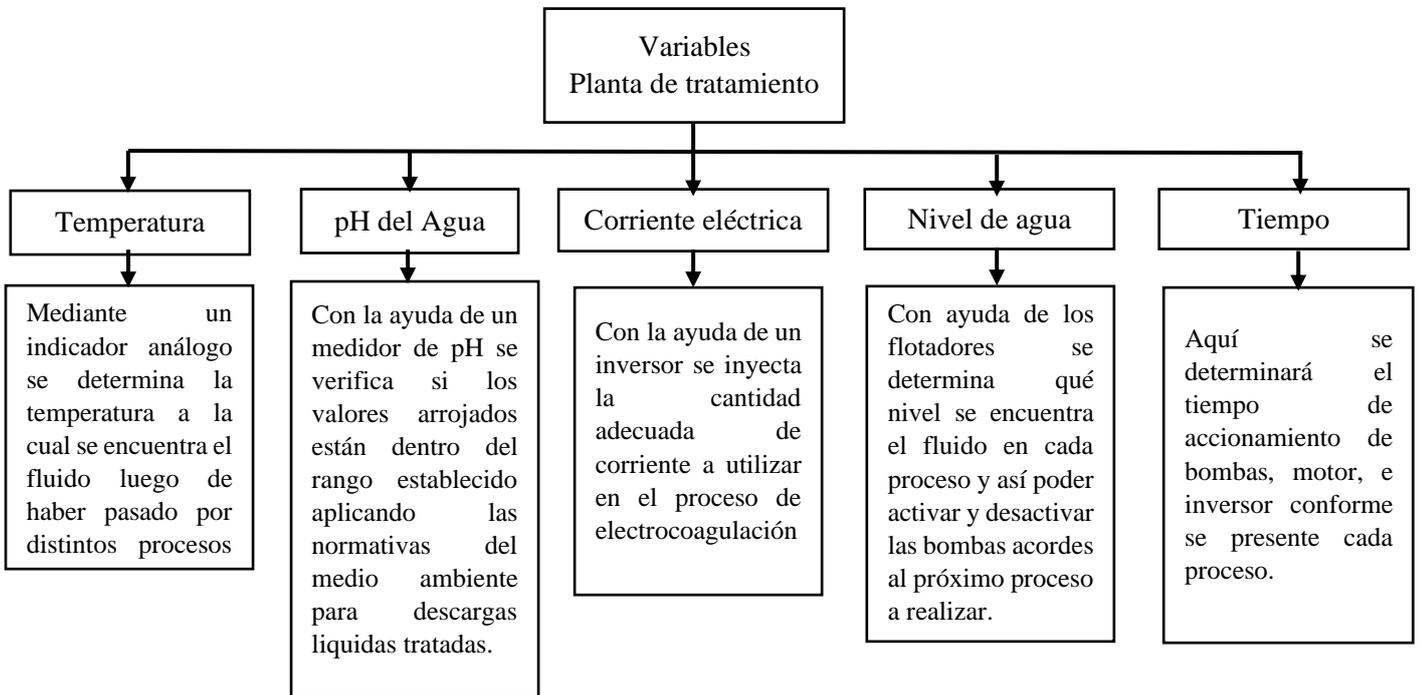


Diagrama 4.3. Variables a tomar en cuenta en el proyecto.

#### 4.4.3. Diseño de control de la planta de tratamiento (Diseño semiautomático)

Partiendo del diseño de la planta de tratamiento se procederá a realizar los respectivos diagramas eléctricos tanto de control, como el de potencia respectivamente.

##### 4.4.3.1. Metodología para elección de relé térmico y contactor.

El relé térmico se selecciona con 50% de grado de protección, dependiendo de la intensidad de carga de la máquina evaluada, dejando así la siguiente ecuación.

$$I = 1,5. I_{carga} \quad (4.33)$$

Dónde:

I = Intensidad para elegir el relé térmico (A)

**Nota:** Esta misma intensidad sirve para la elección de contactor

#### 4.4.3.2. Procedimientos para elegir un temporizador

La forma de operación de los temporizadores on delay, off delay rango de tiempo exactitud repetitivo voltaje de alimentación, rango de temperatura salida en cuanto a contactos capacidad de carga a la salida tipo de carga.

#### 4.5. Selección del conductor

Existe dos formas para dimensionar el conductor, una es por ampacidad y la otra es por caída de tensión, a continuación, se da un resumen de las mismas.

##### 4.5.1. Determinación por ampacidad

Esta es la capacidad continua de corriente de un conductor bajo condiciones específicas, y se utiliza la siguiente ecuación, según la norma NFPA 70 [23]:

$$I = I_T \cdot f_T \cdot f_A \quad (4.34)$$

Dónde:

I = Capacidad total que soporta el conductor (A)

$I_T$  = Intensidad nominal, dato extraído de tabla, dependiendo del tipo de conductor elegido para evaluar (A). Esta tabla se la puede apreciar en el anexo 6

$f_T$  = Factor de corrección de temperatura, dato extraído de tabla según el tipo de conductor elegido para evaluar. Esta tabla se la puede apreciar en el anexo 7

$f_A$  = Factor de corrección por agrupamiento, dato extraído de tabla según los números de conductores elegidos para evaluar. Esta tabla se la puede apreciar en el anexo 8

##### 4.5.2. Determinación por caída de tensión.

Es el análisis que se realiza al conductor dependiendo de la longitud de conducción, está perdida viene siendo de 5 % en toda la instalación, donde el 3 % se da en la acometida y 2 % sobrante en la instalación general [24].

Para la determinación de la corriente nominal se utiliza la ley de ohm para circuitos trifásicos:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos\theta \quad (4.35)$$

Dónde:

I = Intensidad nominal (A)

V = Voltaje (V)

Cos  $\Theta$  = Factor de potencia

P = Potencia que circula en el conductor

El calibre de conductor se lo puede escoger de la tabla presentada anteriormente, posteriormente se lo evalúa con la fórmula de caída de tensión, para sistemas trifásicos.

$$\%V = \frac{4.I.L}{V.S} \quad (4.36)$$

Dónde:

I = Intensidad nominal, dato extraído de tabla, dependiendo del tipo de conductor elegido para evaluar (A)

V = Voltaje (V)

%V = Caída de voltaje (%), en estos casos se considera un 2 %

L = Longitud de conductor (m)

S = Sección transversal del conductor (mm<sup>2</sup>)

#### **4.5.3. Determinación del de la tubería conduit**

Para la selección de la tubería se lo realiza con la sumatoria de la sección trasversal de los conductores que van a estar dentro del tubo, según norma NEC -11, cap. 15 [24], para 3 o más conductores el factor de relleno no debe sobrepasar el 40%, para esto se utiliza la ecuación 4.37.

$$F = \frac{a_c}{A_T} \quad (4.37)$$

Dónde:

F = Factor de relleno (%), no debe sobrepasar el 40 % en tres o más conductores

$a_c$  = Sección transversal de conductor (mm<sup>2</sup>), resultado de la sumatoria de todos los conductores que circularán por la tubería. Esta tabla se la puede apreciar en el anexo 9.

$A_T$  = Sección transversal de la tubería (mm<sup>2</sup>), dato presentado en la tabla según norma NEC-11, Cap. 15 [24]. Esta tabla se la puede apreciar en el anexo 10.

## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Elección de la mejor alternativa para la planta de tratamiento (Fase 1)

Se evaluó los sistemas anteriormente mencionados en el marco teórico, donde se expone las características de cada uno, y en base a los criterios de evaluación que se presentan en la tabla 4.1. Se califican con la tabla 4.2 en la sección de metodología de este archivo se reemplaza los datos en la tabla 5.1, para luego evaluarlos en la tabla 5.2, donde se multiplica el valor del criterio con el valor asignado a cada sistema de aquí se elige la mejor opción, para iniciar la operación en la planta.

**Tabla 5. 1.** Matriz de decisión

Importancia del criterio (de 1 a 10)	Criterio	Sistema Automático	Sistema Semiautomático
10	Seguridad	4	4
8	Costo	2	3
7	Mantenimiento	2	4
7	Apariencia	4	4
10	Desempeño	3	3
8	Ergonomía	4	4
7	Versatilidad	4	3

**Tabla 5. 2.** Criterios evaluados

Importancia del criterio (de 1 a 10)	Criterio	Sistema Automático	Sistema Semiautomático
10	Seguridad	40	40
8	Costo	16	24
7	Mantenimiento	14	28
7	Apariencia	28	28
10	Desempeño	30	30
8	Ergonomía	32	32
7	Versatilidad	28	21
Máximo 228	<b>SUMATORIA</b>	188	203
	Fracción respecto al valor máximo	0,82	0,89
	% al respecto del valor máximo	82	89

Como se puede observar en la tabla 5.2, en la elección del mejor sistema a emplearse, se llega a la conclusión que la alternativa de sistema semiautomático es la mejor opción en

base a los criterios seleccionados arroja un 89% de preferencia ya que la sumatoria correspondiente es 203 de los 228 que es el máximo valor. Por lo tanto, se procede a desarrollar el sistema semiautomático que cumple con las condiciones requeridas para la construcción de la planta, a diferencia del sistema automático que no tiene menor aceptación, principalmente debido a los costos de fabricación, ya que el costo de electroválvulas y sensores representa un costo elevado.

El resultado del proyecto es una planta de tratamiento de aguas residuales semiautomática, la cual puede ser comparable en prestaciones con distintas empresas que son dedicadas a este tema a nivel nacional y que cumple las especificaciones que se habían planteado desde un principio además de estar dentro de la normativa vigente. En esta sección se empleará las ecuaciones establecidas en la sección de metodología, donde, se obtendrá los resultados por medio del software de Microsoft Excel, esto se representará en tablas y gráficos para su posterior discusión.

## 5.2. Especificaciones técnicas de la planta de tratamiento

Las especificaciones técnicas son determinadas en base a la norma NEC-11 [1] y datos recopilados de la planta de tratamiento anteriormente instalada. Todo esto se presenta en la tabla 5.3, presentada a continuación.

**Tabla 5. 3.** Especificaciones técnicas de la planta de tratamiento

Caudal nominal de tratamiento	2,2 litros/segundo
Tipo de planta	Paquete compacta
Material de construcción	Acero inoxidable
Tipo de floculación	Electroquímica
Tipo de sedimentación	Alta tasa con sistema de tamizadores verticales
Tipo de filtración	Filtro de arena descendente
Tipo de químico	Policloruro de aluminio (PAC)
Tipo de saneamiento	Cloro

## 5.3. Evaluación de tanques de homogeneización

Para los tanques de homogeneización se utilizan tanques de la marca “Plastigama” de capacidad de 5000 litros dando sus características (anexo 1) y estos se evalúan en base a las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3 presentados en la sección de metodología, donde, los datos iniciales son:

$$h = 1.58\text{m}$$

$d = 2.5\text{m}$ , como se utiliza el diámetro interior y el espesor es de 3mm, entonces el diámetro interior es;  $d_{in} = 2.497\text{ m}$ .

$Q = 2.2\text{ l/s}$ , el dato que se utiliza debe estar en unidades de  $\text{m}^3/\text{min}$ , así que queda;

$Q = 0.132\text{ m}^3/\text{min}$ , que es el dato que se utiliza, resultando así la tabla 5.4.

**Tabla 5. 4.** Evaluación de tanque de homogeneización

Área de ascensión del flujo	4,90 m <sup>2</sup>
Tiempo de residencia en el tanque	59 min
Volumen de retención	7,74 m <sup>3</sup>

El tiempo de residencia es de 59 min en cada tanque para que se produzca la correcta homogeneización.

#### 5.4. Evaluación de tanques de electrocoagulación y dimensionamiento de electrocoaguladores

Los tanques propuestos para construir la planta de tratamiento se lo evalúan con las ecuaciones 4.4 y 4.5, presentando en la sección de metodología, teniendo como datos iniciales:

$TRH_1 = 30\text{ min}$  que es tomada de la tabla presentada en el anexo 13, añadiendo 5 min, para reposar el agua y permitir que los sedimentos se asienten hacia el fondo del tanque.

$$h_a = 1.80\text{ m}$$

$a_e = 2\text{ m}$ , quedando así la tabla 5.5.

**Tabla 5. 5.** Evaluación de tanque de electrocoagulación

Volumen requerido para el tanque de electrocoagulación	3,96 m <sup>3</sup>
Longitud del tanque de electrocoagulación	1,10 m

Los tanques dispuestos para la electrocoagulación, son los cedidos por la planta y tienen la capacidad de  $2\text{ m}^3$  y una longitud de 1,17 m, cada compartimiento, como este proceso se realiza en 2 compartimientos se verifica que cumple con los requerimientos del diseño.

Para el cálculo de las celdas de electrocoagulación se toma en cuenta el análisis de laboratorio de la empresa, donde el agua se sometió a una serie de pruebas variando el voltaje durante un tiempo de 30 minutos para así determinar la corriente eléctrica a inyectarse, estas pruebas se muestran en la tabla 5.6.

**Tabla 5. 6.** Pruebas de jarras para proceso de Electrocoagulación

Magnitud	Unidad	Prueba No 1	Prueba No 2	Prueba No 3
Conductividad (K)	μS /cm	3200	3200	3200
Conductancia (G)	Siemens (S)	4,11	4,11	4,11
Tensión (V)	Voltios (V)	12	24	36
I. de corriente (I)	Amperios (A)	49,29	98,58	123,22
pH	upH	4,91	5,83	5,98
DBO5	mg/l	153,4	115,26	100,32
DQO	mg/l	312,23	300,37	298,17
Temperatura	°C	36,2	27	20

De entre las pruebas realizadas, en las pruebas 2 y 3 ya se visualiza cambios significativos en los componentes del agua, escogiendo a la prueba 2 como referente para el proceso de electrocoagulación, dónde, se opta por una intensidad de corriente de 98,58 a 100 Ampers y se procede al uso de las ecuaciones desde 4.6 hasta 4.16, presentadas anteriormente en metodología, utilizando los siguientes datos:

- Para calcular variables de las celdas electrocoaguladoras

- Datos para cálculos en el hierro

$$Pa_{(Fe)} = 55.847 \text{ g/mol}$$

$$Val_{(Fe)} = 3$$

$$\rho_{(Fe)} = 9.71 \times 10^{-2}$$

- Datos para cálculos en el aluminio

$$Pa_{(Al)} = 26,9815 \text{ g/mol}$$

$$Val_{(Al)} = 3$$

$$\rho_{(Al)} = 2.86 \times 10^{-2}$$

Los electrodos utilizados tienen una longitud de 62 cm y un ancho de 24 cm, dando así un área de 1488 cm<sup>2</sup>, lo que transformándolo a mm<sup>2</sup> resulta un área de 148800 mm<sup>2</sup> que es el dato que se necesita para emplear en la ecuación 4.9.

Para ambos casos se toma una corriente  $I = 100 \text{ A}$ , este dato es tomada de la tabla 5.6, dónde, se presenta las pruebas realizadas al agua. Para obtener la densidad de corriente se divide la intensidad para el área de los electrodos quedado así;  $DI = 0.202 \text{ A/cm}^2$ , que servirá como dato para emplear en la ecuación 4.14. Así como también se toma el tiempo en segundos durante el año siendo igual a  $t_{año} = 2592000 \text{ seg}$ , obteniendo así la tabla 5.7 y se pueden apreciar los electrodos en la figura 5.1 (diseño de celda, anexo 15).

**Tabla 5. 7.** Variables presentadas en electrodos

Unidad	Hierro (Fe)	Aluminio (Al)
Equivalente químico	18,62	8,99
Equivalente electroquímico	0,000193	0,0000932
Resistencia ( $\Omega$ )	$4,05 \times 10^{-7}$	$1,19 \times 10^{-7}$
Cantidad de materia depositado (g)	33,60	16,23



**Figura 5. 1.** Imagen real electrodos

Como se puede observar el desgaste de del hierro es de 33,60 g, al año, mientras que, del aluminio de 16,23 g, al año.

### 5.5. Evaluación del sistema de bombeo

Las bombas utilizadas en el sistema se evalúan con las ecuaciones desde la 4.17 hasta la 4.25, dónde los datos para la primera bomba se presentan en la tabla 5.8.

**Tabla 5. 8.** Datos utilizados para el cálculo de bombeo

DATOS		
SÍMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Q	0,0022	m <sup>3</sup> /s
Densidad	998	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	0,0009	Pa.s
Presión	100	kPa
Diámetro	0,0508	m
Pérdidas succión	0.5	
Longitud	0,1	m
Pérdidas descarga	5	
Longitud	3,73	m
Diferencial Z	2,5	m

Resultando la tabla 5.9, donde se muestra los resultados obtenidos mediante el cálculo.

**Tabla 5. 9.** Selección de caudal de bombeo

CAUDAL		VELOCIDAD	REYNOLDS	LANDA	RESISTENCIA SUCC.	RESISTENCIA DESC.	RESISTENCIA total
Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V (m/s)	Re (adimens.)	$\lambda$ (adimens.)	Res (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	Red (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )	Re (s <sup>2</sup> /m <sup>5</sup> )
0	0,0000	0,00	0,00	0,000	6209,79	62097,89	68307,68
2	0,0006	0,27	9177,46	0,032	29919,17	164838,55	194757,72
4	0,0011	0,55	18354,91	0,027	26146,92	148492,14	174639,07
6	0,0017	0,82	27532,37	0,025	24225,02	140163,91	164388,94
8	0,0022	1,10	36709,83	0,023	22974,85	134746,51	157721,36
10	0,0028	1,37	45887,28	0,022	22065,21	130804,71	152869,92
12	0,0033	1,65	55064,74	0,021	21358,74	127743,33	149102,06

$\Delta H$	NPSHd	NPSHr
$\Delta H$ (m)	(m)	(m)
2,50	9,99	0,00
2,56	9,98	1,92
2,72	9,96	2,49
2,96	9,92	2,90
3,28	9,88	3,23
3,68	9,82	3,51
4,16	9,75	3,75

El caudal requerido es de  $8 \text{ m}^3/\text{h}$ , resultando así una altura requerida de 3.2 m, se muestra el comportamiento en la figura 5.2, por lo tanto, el tipo de bomba escogido, es de la marca Barnes, modelo SC53-1, que su utilidad es para agua residuales y negras (anexo 3).

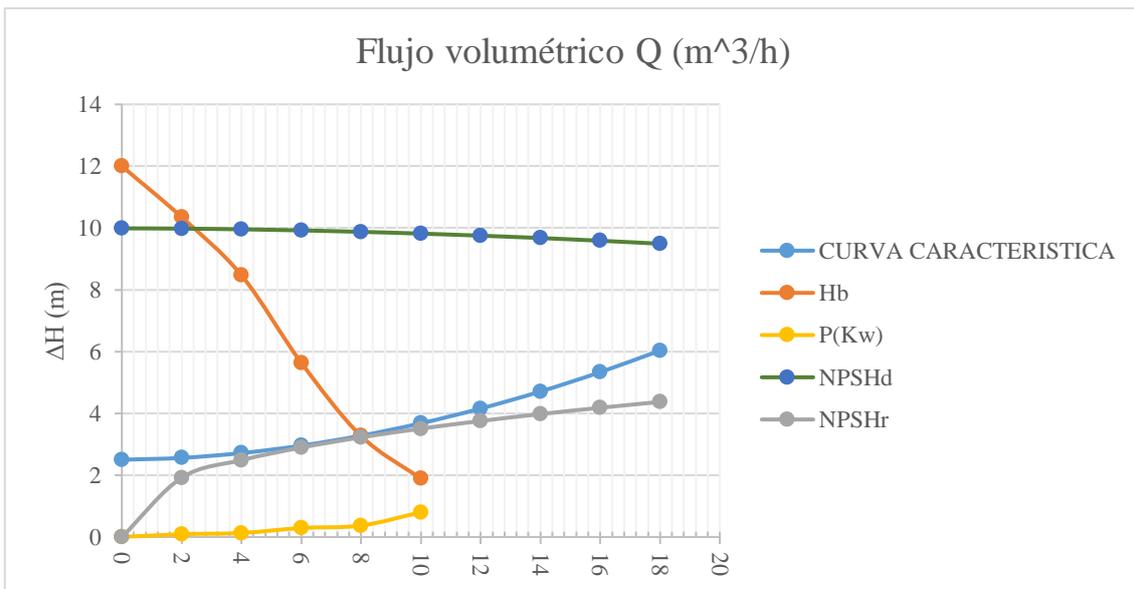


Figura 5. 2. Curva característica para selección de bomba

### 5.6. Cálculo de sedimentador (cámara de floculación y coagulación química)

En esta sección se realiza el dimensionamiento de las cámaras de floculación y coagulación química, utilizando las ecuaciones 4.4, 4.5 y 4.26, resultando así las tablas 5.9 y 5.10.

Para el cálculo de espaciamento de placas floculadoras se utilizan los siguientes datos:

$$L_f = 102 \text{ cm}$$

$$e = 0.3 \text{ cm}$$

$$m_p = 5$$

Utilizando la ecuación 4.26 se obtiene el espaciamento;  $a = 20 \text{ cm}$ , que se puede observar en la figura 5.3.



**Figura 5. 3.** Espaciamiento placas floculadoras

Mediante el cálculo se evaluó el volumen requerido del tanque de floculación con las ecuaciones 4.4 y 4.5, presentando en la sección de metodología, teniendo como datos iniciales:

$TRH_2 = 23$  min que es tomada de los datos proporcionados por la empresa que realizó la planta anterior

$$h_a = 1.80 \text{ m}$$

$a_e = 1.02$  m, quedando así la tabla 5.10.

**Tabla 5. 10.** Volumen del tanque de floculación

Volumen requerido para el tanque de floculación	3.036 m <sup>3</sup>
Longitud del tanque de floculación	1.65 m

Mediante el cálculo se evaluó el volumen requerido del tanque de sedimentación obteniendo los siguientes mostrados en la tabla 5.11. Con los siguientes datos iniciales:

$TRH_3 = 31$  min que es tomada de los datos proporcionados por la empresa que realizó la planta anterior.

$$h_a = 1.6 \text{ m}$$

$$a_e = 1.8 \text{ m}$$

**Tabla 5. 11.** Volumen de tanque de Sedimentación

Volumen requerido para el tanque de sedimentación	4.092 m <sup>3</sup>
Longitud del tanque de sedimentación	1.42 m

### 5.7. Cálculo del tiempo de dosificación de cloro y policloruro de aluminio (PAC)

Con el fin de obtener los mejores resultados, que incidan en los parámetros fundamentales del agua, se realizó una serie de pruebas en el laboratorio interno de la empresa, donde,

se inyectan dosis de 100, 130 y 160 mg/l, lo cual, se puede observar los resultados obtenidos en la siguiente tabla.

**Tabla 5. 12.** Pruebas de dosificación realizadas

Dosis de 100 mg/l			Dosis de 130 mg/l			Dosis de 160 mg/l		
pH	upH	5,83	pH	upH	6	pH	upH	6,35
DBO5	mg/l	115,26	DBO5	mg/l	98	DBO5	mg/l	72,83
DQO	mg/l	300,37	DQO	mg/l	291	DQO	mg/l	286,8
Temperatura	°C	36,2	Temperatura	°C	36,2	Temperatura	°C	36,2

Entonces para obtener el tiempo de dosificación del reactivo que cumplirá con la función de flocular y coagular el agua, se necesita conocer la dosis requerida a inyectarse, al tener ya este dato se recurre a las ecuaciones 4.25, 4.26 y 4.27. Teniendo como datos iniciales los siguientes:

- Cálculo de dosificación para policloruro de aluminio (PAC)

$C_f = 130 \text{ mg/l}$ , este dato es tomado de la tesis de Buenaño [21], donde en base a su análisis, sugiere que esta es la dosis requerida de policloruro de aluminio, lo cual se pudo comprobar con la prueba de laboratorio, ya que, en la ecuación 4.27 se necesita el dato en ppm, así que finalmente el dato a utilizar es;  $C_f = 130 \text{ ppm}$

$$V_f = 3.036 \text{ m}^3 = 3036 \text{ l}$$

$C_i = 500000 \text{ ppm}$ , esto es 50% de dosis referencial de  $1 \text{ kg/m}^3$  de policloruro de aluminio.  $Q_i = 0.001314 \text{ l/s}$ , este dato es tomado de la bomba dosificadora a utilizarse la cual tiene una capacidad de 30 GPD, transformándolo resulta el dato requerido. Resultando la tabla 5.13.

**Tabla 5. 13.** Tiempo y volumen de dosificación de PAC

Tiempo de dosificación	600,731 s	10 min
Volumen del policloruro de aluminio a dosificar	$2.187 \times 10^{-6} \text{ L}$	$2.187 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

- Cálculo de dosificación para cloro

$C_f = 9 \text{ mg/l} = 9 \text{ ppm}$  este dato es tomado de la tesis de Buenaño [21], donde en señala que para aguas residuales se utiliza valores entre 5 mg/l a 15 mg/l, en este caso se toma un valor promedio

$$V_f = 3.036 \text{ m}^3 = 3036 \text{ l}$$

$C_i = 100000 \text{ ppm}$ , esto es 10% de dosis referencial de  $1 \text{ kg/m}^3$  de cloro.

$$Q_i = 0.001314 \text{ l/s}$$

**Tabla 5. 14.** Tiempo y volumen de dosificación de cloro

Tiempo de dosificación	207,945 s	4 min
Volumen de hipoclorito de sodio	$6.319 \times 10^{-6} \text{ l}$	$6.319 \times 10^{-3} \text{ m}^3$

### 5.8. Resultados de la elección de agitador

Para elegir el motor del agitador, se necesita conocer el tipo de la turbina, la cual, se puede apreciar en la figura 5.4 y las características del fluido, que son:

$$\rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$u = 0.00653 \text{ kg/ms}$$

$N = 200 \text{ rpm}$ , esta es la velocidad recomendada para agitadores

$$D = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{Pérdida por fricción} = 0.35$$

$$\text{Eficiencia de motor} = 0.7$$

Así queda determinada la siguiente tabla 5.13.

**Tabla 5. 15.** Potencia para elección del motor

Potencia de agitador				
Re	Potencia		Potencia para elegir motor	
114509,954	36,453	W	0,094	hp
Turbulento	0,049	hp	70,302	W
			0,070	kW



**Figura 5. 4.** Turbina empleada en el sistema

Se elige el motor TA561-2, del catálogo de MEB S.A adjuntado en el anexo 3.

### 5.9. Sistema de control (Fase 2)

Este es un sistema semiautomatizado, el cual, tiene la posibilidad de ser operado manualmente por el operador, pero adicionalmente de poder ser controlado por lo que se establece:

- Control manual de cada bomba
- Semiautomático desde el panel central (mediante sensores)

Adicionalmente se necesita que cada bomba se obtenga los siguientes estados:

- Estado de falla (a través de luces indicadoras)

- Estado de marcha (mediante accionadores, sensores)
- Estado de paro de emergencia

En los tableros de fuerza se han colocado interruptores de paro de emergencia para bombas, es decir, en un caso de emergencia absoluta es posible realizar el arranque y desconexión directa para todo el sistema utilizando dicho equipo, todos estos procesos tienen sus diagramas eléctricos correspondientes (anexo 4, 12 y 14).

### **5.9.1. Referenciado de contactos de control y fuerza**

Para un mejor entendimiento y utilización de los contactos de control y fuerza se utilizó el siguiente referenciado para que no existan confusiones al momento de las diferentes conexiones:

Contactos principales

A1	A2	1L1	3L2	5L3	2T1	4T2	6T3	13NO	14NO
----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------

Contactos auxiliares

53NO	54NO	61NC	62NC	71NC	72NC	83NO	84NO
------	------	------	------	------	------	------	------

### **5.9.2. Referenciado de elementos auxiliares de control**

Para un mejor entendimiento y utilización de los elementos auxiliares de control se utilizó el siguiente referenciado:

Seccionadores

S1	S2	S3	S4	S5	S6
----	----	----	----	----	----

Lámparas indicadoras

H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
----	----	----	----	----	----	----	----

En el anexo 20 se muestra las características técnicas y el diagrama de funcionamiento del temporizador elegido.

### **5.10. Resultado elección de relé térmico y contactor**

Para la elección de estos se tiene que evaluar la corriente nominal de cada equipo, donde la primera bomba arroja los siguientes resultados. (Ver en el anexo 5 las especificaciones de contactor seleccionado).

Dato:  $I_{\text{carga}} = 10.5 \text{ A}$

Resultado:  $I = 15.75 \text{ A}$

### **5.11. Selección de cable para bomba sumergida**

El método que se utiliza para selección de cable es por ampacidad, ya que este es el método más práctico y está sujeto a la normas NEC – 11 [24] y NFPA [23].

Los datos necesarios para el cálculo de bomba, es la corriente nominal según su dato de placa, la cual es una corriente de  $I = 10.5 \text{ A}$

Según la tabla presentada en anexo 6, el cable que cumple con las condiciones necesarias es:

- Conductor de cobre tipo TW de calibre de 14 AWG con temperatura máxima de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$

Según las tablas presentadas en el anexo 7 y 8, se elige el factor de corrección por temperatura y por agrupamiento. Resultado las siguientes:

$f_t = 0.82$ ; Esto es considerada para una temperatura de  $36$  a  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  de ambiente, ya que, la bomba estará sumergida dentro del tanque de homogeneización y el agua que circula en este, llega hasta temperaturas de  $40 \text{ }^\circ\text{C}$

$f_a = 1$ ; Según NEC -11, Cap. 15 [24], el agrupamiento hasta 3 conductores es de 1, y la bomba cuenta con dos conductores.

Utilizando la ecuación de ampacidad tenemos como resultado de:  $I = 12.3 \text{ A}$

Por lo tanto, el conductor escogido cumple con las condiciones requeridas y este se utilizará para la alimentación de la bomba sumergida.

### **5.12. Selección de cable para bombas centrifugas**

Las bombas centrifugas tienen las mismas características del a bomba sumergida, así que el dato necesario es una  $I = 10.5 \text{ A}$  y se escoge el mismo conductor para alimentación de las mismas, este conductor es:

- Conductor de cobre tipo TW de calibre de 14 AWG con temperatura máxima de  $60 \text{ }^\circ\text{C}$

Los datos tomados para la evaluación del conductor son tomados de los anexos 6 y 7.

$f_t = 1$ ; Esto es considerada para una temperatura de 26 a 30 °C de ambiente, ya que, el proyecto se desarrolla en Quito, y estas son las máximas temperaturas registradas en el sector.

$f_a = 1$

Utilizando la ecuación de ampacidad tenemos como resultado de:  $I = 15 \text{ A}$

Por lo tanto, el conductor escogido cumple con las condiciones requeridas y este se utilizará para la alimentación de las bombas centrífugas

### **5.13. Selección de cable para motor**

El método por ampacidad también se utiliza para la elección del cable del motor, el cual tiene una corriente nominal de  $I = 0.27 \text{ A}$ . Con estas características se puede elegir el cable el cual es:

- Conductor de cobre tipo RHH de calibre de 16 AWG con temperatura máxima de 90 °C

Se lo evalúa con los siguientes datos:

$f_t = 1$

$f_a = 1$

Utilizando la ecuación de ampacidad tenemos como resultado de:  $I = 18 \text{ A}$

Por lo tanto, el conductor escogido cumple con las condiciones requeridas y este se utilizará para la alimentación del motor. Las bombas dosificadoras se manejan con una intensidad similar, así que, se utilizará el mismo conductor para las bombas dosificadoras

### **5.14. Cálculo de tubería para cableado**

Se utiliza tubería conduit para el paso del cableado así que se necesita la sumatoria de la sección transversal de los conductores, que estarán dentro de la tubería.

Se suma la sección de los conductores de las bombas centrífugas, del motor y bombas dosificadoras, no se toma en cuenta la bomba sumergida, ya que está en otro sector de la planta. Queda así la siguiente ecuación:

$$S_t = (4 \cdot S_{14AWG}) + (6 \cdot S_{16AWG})$$

La sección del conductor se lo puede apreciar en el anexo 4, los cuales para este caso son:

$$S_{14AWG} = 2.0810 \text{ mm}^2$$

$$S_{16AWG} = 1.3090 \text{ mm}^2$$

- La sección total resulta de 16.178 mm<sup>2</sup>

Utilizando la ecuación para factor de relleno, se elige la sección de la tubería, como se trata de 10 cables, no debe exceder el 40 % de relleno según la norma NEC – 11, cap. 15 [24].

- La tubería elegida es tipo conduit de ¼ de pulgada, ya que, tiene una sección transversal de 343 mm<sup>2</sup>, evaluada con la sección total del conductor cumple con los requisitos, teniendo un F = 4.7 %

### 5.15. Análisis de resultados obtenidos comprobando el cumplimiento de la normativa

Para comprobar la efectividad del proceso de la planta de tratamiento se realiza la comparación de las variables más importantes de las pruebas realizadas (anexo 18 para colores fuertes y anexo 19 para colores débiles), evaluando que reduzca los agentes nocivos del agua y también que estas variables se encuentren bajo los límites permitidos según la norma vigente [24], obteniendo la figura 5.5, donde, se demuestra la comparación de los rangos permitidos (anexo 16) y los rangos que alcanza el agua luego de su tratamiento.

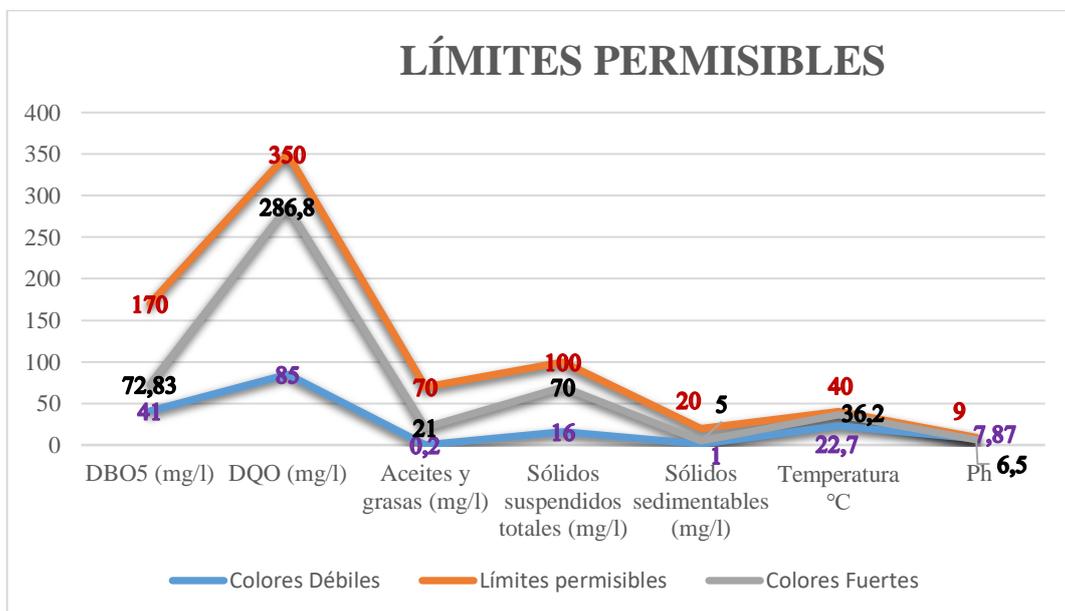
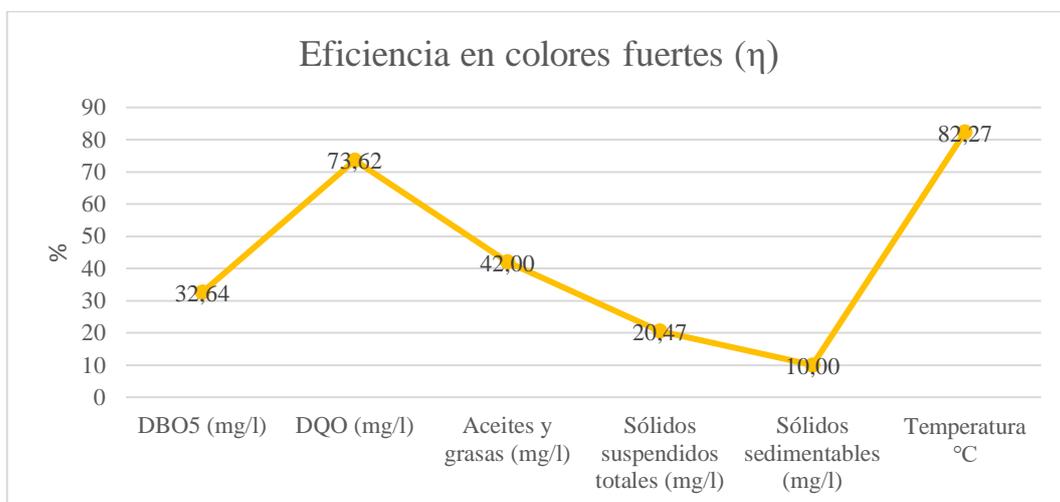


Figura 5. 5. Comparación de valores obtenidos en el tratamiento

En la figura 5.5, se puede observar que la línea azul son las pruebas realizadas al agua tratada para colores débiles, la línea gris son las pruebas realizadas al agua tratada para colores fuertes, mientras que, la línea anaranjada son los límites permisibles bajo la norma vigente [1], y aquí puede apreciar claramente que la planta de tratamiento cumple con todos los estándares requeridos por el marco legal, haciendo esto un proyecto factible.

### 5.16. Eficiencia de procesos mediante análisis de laboratorio

Para demostrar la eficiencia de los procesos realizados por la planta de tratamiento se procede con la comparación de los datos de entrada y los datos de salida, donde en la figura 5.6 se puede observar la eficiencia del tratamiento para colores fuertes, ya que para colores débiles hay una eficiencia que supera el 100% y se considera innecesario demostrar su análisis.



**Figura 5. 6.** Comparación de valores obtenidos en el tratamiento

## 6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

En esta sección, se estimará los gastos producidos por el proyecto, en estos influirá los costos directos e indirectos, donde, no se descartará los costos de la mano de obra ni maquinaria utilizada, para posteriormente realizar el análisis de impactos, dónde se evaluará la factibilidad del proyecto y su acción para solucionar el problema.

### 6.1. Presupuesto

En este apartado se evalúan por secciones los gastos que intervienen la construcción del proyecto y se los exponen en las tablas presentadas a continuación.

#### 6.1.1. Equipos utilizados en la planta de tratamiento

En este apartado se detalla el costo de los equipos utilizados para el funcionamiento de la planta de tratamiento, dejando así la tabla 6.1, mostrada a continuación.

**Tabla 6. 1.** Costo de equipos utilizados

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
Bomba de agua sumergible	3	194,78	584,34
Bomba de agua centrífuga	2	140,27	280,54
Motor reductor	1	285,6	285,6
Motor eléctrico	1	136,96	136,96
Transformador de corriente	1	224,95	224,95
Bomba dosificadora	2	108,99	217,98
Filtro de arena	1	1300,00	1300,00
		<b>Total</b>	<b>3030,37</b>

#### 6.1.2. Materiales

En este apartado se detalla los costos de los materiales utilizados para la construcción de la planta de tratamiento. Dejando a la tabla 6.2 de la siguiente manera.

**Tabla 6. 2.** Costos de materiales

Elemento	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Plancha de acero inoxidable de 3mm	5	180,35	901,75
Tubo PVC de 1 ½ in	3	3,05	9,15
Tubo PVC de 2 in	5	8,9	44,5
Plancha de acero negro corrugado de 3 mm	1	174,56	174,56
Plancha de acero negro de 6 mm	2	165,27	330,54
Plancha de aluminio de 6 mm	2	182,51	365,02
Bornera 4mm 10AWG 30A	20	1,2	20,4
Terminal pin 18-22 ROJO	100	0,059	5,02
Terminal tipo U 10-12 AWG	50	0,03	1,5
Gabinete 40*30*20CM	1	27,86	27,86
Cable flexible TW 18 awg 60ø 600V (rojo, azul y negro)	300 metros	0,122	31,11
Cable flexible THHN 10 AWG (rojo y negro)	200 metros	0,5	99,64
Tubo corrugado flexible ¾ pulgada	50 metros	0,286	14,3
Relay 8 pines mk2p 220 vac. 7 A	10	4	34
Base p/relay octal grande 8pfa	10	2,71	23,04
Canaletas 25x25x2000 mm	2	4,021	6,84
Riel Din	3 metros	1,9	4,85
Amarras 15cm t6hd neg (100*FDA)	2	1,681	2,86
Amarras 30cm t12hd neg (100*FDA)	1	4,808	4,086
Luz piloto led verde 220v 22mm	6	1,52	7,752
Type color Negro	6	0,81	4,128
Contactador lc1 d 18 5, 5HP 110 V	2	10,089	20,178
Breaker riel 2*20 230V 6000A	2	6,61	11,24
Detector de nivel	3	8,393	25,179
<b>Total</b>			2169,50

### 6.1.3. Mano de obra

Para la cotización del precio por mano de obra se detallan la cantidad y el precio por semana de obreros e ingenieros que se requieren para la construcción y montaje de la planta de tratamiento para un plazo de 12 semanas.

**Tabla 6. 3.** Costo de mano de obra

Empleado	Cantidad	USD/semana	Semanas	Total USD
Ingeniero	2	116.37	12	1396.44
Soldador	2	109.98	12	1317.60
Ayudante	2	103.93	12	1247.16
<b>Total</b>				3961.20

#### 6.1.4. Consumibles

En el presupuesto de consumibles está englobado todo lo que tiene que ver con materiales de herramientas, ya sea, electrodos, pintura, codos y uniones de tuberías, etc.

Para el valor del precio de consumibles se asume un 5% de los costos de materiales.

**Tabla 6. 4.** Costo consumible

<b>Ítem</b>	<b>Costo de materiales USD</b>	<b>Total USD (5% de materiales)</b>
Consumibles	2169,503	108,48

#### 6.1.5. Costo total del proyecto

Aquí se realiza la sumatoria de los costos de las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 lo que se determina en la tabla 6.5 los costos totales del proyecto.

**Tabla 6. 5.** Costos totales del proyecto

<b>Ítem</b>	<b>USD</b>
Equipos	3030,37
Materiales	2169,50
Mano de obra	3961,2
Consumibles	108,48
<b>Total</b>	<b>9269,55</b>

#### 6.2. Análisis de impactos

El desarrollo de la planta de tratamiento, permite sanear el agua contaminada producida por colorantes textiles, permitiendo descargas más limpias al alcantarillado según la norma NEC-11, cap. 15 [24].

En esta sección se analiza el impacto sobre en el que influye el proyecto, donde primordialmente se centró en el impacto económico, donde a continuación se muestra a través del cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Se estima que la empresa tiene una ganancia en el primer año alrededor de 6000 \$ adicionales ya que se ahorra en la compra de químicos, que se reduce de 3 barriles a 1 barril mensual, tanto de policloruro de aluminio, como, de hipoclorito de sodio, con el funcionamiento de la planta de tratamiento, de los cuales 1500 \$ son costos para mantener la planta en condiciones, es decir, los gastos en mantenimiento y químicos utilizados,

resultando así el flujo de caja en la tabla 6.6. Se considera una tasa del 10%, es decir, la tasa de interés que se aumenta cada año y esto se evalúa a través de 5 años.

**Tabla 6. 6.** Flujo de caja

Periodos	Inversión Inicial	Ingresos	Egresos	Flujo neto
0	9269,55			-9269,55
1		6000,00	1500,00	4800,00
2		6300,00	1575,00	5040,00
3		6615,00	1653,00	5292,00
4		6945,75	1736,44	5556,60
5		7293,04	1823,26	5834,43

Con el flujo de caja se puede estimar valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Determinando así la tabla 6.7.

**Tabla 6. 7.** Cálculo del VAN y TIR

VAN	9408,11	Aceptable
TIR	43%	

Entonces, con los datos determinados se puede calcular el tiempo de retorno de la inversión para comprobar la factibilidad del proyecto.

A través de Excel se puede comprobar que la inversión se puede recuperar en 1,52 % años, esto, lo que quiere, decir que la inversión se puede recuperar alrededor 554 días, que equivale a 1 año y 6 meses.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. Conclusiones**

- En los análisis de laboratorio, se obtuvieron las siguientes características; pH de 4.35 upH, DBO<sub>5</sub> de 223.15 mg/l, DQO de 389.55 mg/l, demostrando que el agua residual contiene agentes nocivos para lo cual se escogió principalmente electrocoagulación y floculación y coagulación química para su tratamiento.
- La implementación del control semiautomático dinamizó el proceso de tratamiento, controlado los tiempos requeridos para cada sistema evitando la presencia constante del operador.
- Con la prueba de jarras se determinó la cantidad de químico a administrarse en el proceso de coagulación y floculación química, que es de 130 mg/l para PAC y 9 mg/l para cloro, además de ello se estableció una inducción de corriente de 100 Ampers para el proceso de electrocoagulación, logrando la remoción de color y sustancias nocivas del agua.
- De acuerdo a los resultados emitidos por el análisis de laboratorio, luego de realizarse un tratamiento pertinente al agua residual se obtuvo un potencial de hidrógeno de 6.35 a 7.87 upH, DBO<sub>5</sub> de 41 a 286 mg/l, un DQO de 72.83 a 85 mg/l, los cuales están dentro de los límites permisibles establecidos por la norma hidrosanitaria [1].

### **7.2. Recomendaciones**

- Para este tipo de proyecto, es de primordial importancia conocer el tipo de sustancias con la que cuenta el agua a tratar, ya que, hay distintos sistemas de tratamiento dependiendo de la caracterización de la misma
- El proceso semiautomático debe contar por lo menos con un operario orientado en el tema, ya que, este es necesario en toda máquina para dar un seguimiento constante al sistema, previniendo así daños o averías.

## 8. REFERENCIAS

- [1] G. N. d. I. R. d. Ecuador, «NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA,» de *NEC-11*, Quito, 2013, pp. 17, 18.
- [2] E. V. Zurita Malliquinga, «Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales del Camal Municipal de Pedro Vicente Maldonado,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2015.
- [3] A. S. Chicaiza Tipán, «Caracterización y propuesta de tratamiento biológico de las aguas residuales que descargan en la quebrada Compadre Huayco, para mitigar la contaminación ambiental, en el barrio Nuestro Pueblo, Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2014.
- [4] F. A. Tercero Caisilitin, «Análisis físico, químico y biológico de las aguas residuales en el punto de descarga del río Cutuchi de la empresa envasadora CONGAS ubicado en el cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi, en el período 2015,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2015.
- [5] M. Aguilar, J. Sáez, A. Soler y J. Ortuño, «Coagulación y floculación,» de *Tratamiento físico-químico de aguas residuales*, Murcia, EDITUM, 2002, p. 19.
- [6] J. M. Diaz Fernandez, «Recogidas de las aguas pluviales,» de *Ecuaciones y cálculos para el tratamiento de aguas residuales*, Madrid, Paraninfo S.A, 2018, p. 64.
- [7] C. Idict, «EcuRed,» 04 Julio 2019. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Agua\\_dulce](https://www.ecured.cu/Agua_dulce). [Último acceso: 15 Noviembre 2019].
- [8] D. K. Clark y D. K. Briar, «INGRAC,» Abril 2001. [En línea]. Available: <https://www.un-igrac.org/es/qu%C3%A9-es-agua-subterr%C3%A1nea>. [Último acceso: 15 Noviembre 2019].
- [9] J. Martin, «EcuRed,» 01 junio 2019. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Aguas\\_superficiales](https://www.ecured.cu/Aguas_superficiales). [Último acceso: 15 noviembre 2019].
- [10] D. Bermeo y F. Salazar, «Optimización de una planta de tratamientos residuales de una empresa textil,» Universidad Politecnica Salesiana, Guayaquil, 2013.
- [11] J. Guerrero , A. Vallejos y V. Viracucha, «Monografías.com,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos99/tratamiento-aguas-residuales/tratamiento-aguas-residuales.shtml>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [12] P. Holt, G. Barton y C. Mitchell, «The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology,» *Chemosphere*, vol. 59, nº 3, pp. 355-367, 2005.

- [13] E. J. Moromenacho Oña, Diseño e implementación del sistema de control automático de la estación de bombeo de agua potable colinas alto de la EMAAP-Q, 2008 .
- [14] S. J. Chapman, de *Máquinas Eléctricas*, México, Quinta Edición, 2012, pp. 20, 301, 324.
- [15] O. B. i. Aragonès, F. Z. i. Alaña y M. A. S. i. Grau, de *Automatismos eléctricos programables*, Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, 1995.
- [16] Unideg, «Control Automático,» *Maquinaria y Automatización*, Noviembre 13, 2013.
- [17] ASCAMM, «Automatización integral de la empresa industrial, estudio de prospectiva,» Madrid, 2015.
- [18] E. Jiménez Macías, «Modelado del sistema,» de *Técnicas de automatización avanzadas en procesos industriales*, La Rioja, Universidad de la Rioja, 2002, pp. 133-140.
- [19] P. Hernandez, «Investigación sobre procesos avanzados de tratamiento y depuración de aguas mediante electrocoagulación,» Madrid, 2003.
- [20] «Floculadores,» 2017. [En línea]. Available: [http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/ma2\\_cap3.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualIII/ma2_cap3.pdf). [Último acceso: 15 11 2019].
- [21] M. G. Buenaño Dávalos, «PROPUESTA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA EMPRESA ENVASADORA DE LECHE DEL CANTÓN RUMIÑAHUI, PARA QUE CUMPLA CON LA NORMA,» Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2015.
- [22] W. G. Pesántes Molina, «Análisis experimental para determinar las curvas para el diseño y selección de mezcladores para refinación de azúcar en ingenios,» Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, 2002.
- [23] K. Shea, «NFPA 70 CMP-6 ROC TC Letter Ballot,» National Fire Protection Association , Quincy, 2013.
- [24] C. e. d. l. n. e. d. l. construcción, «CAPITULO 15 Instalaciones Electromecánicas,» de *NEC-11*, Quito, Republica del Ecuador, 2011, pp. 143 - 146.
- [25] A. P. Restrepo Mejía, Á. Arango Ruiz y L. F. Garcés Giraldo, «La Electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas,» *Artículo de Revision*, p. 73, 2016 Junio 28.
- [26] Plastigama, «Triptico Plastigama,» [En línea]. Available: <http://plastigama.com/wp-content/uploads/2019/05/Tanques-Triptico-2019.pdf>. [Último acceso: 06 Enero 2020].

- [27] Barnes, «Barnes Colombia,» [En línea]. Available: [www.barnes.com.co](http://www.barnes.com.co). [Último acceso: 06 Enero 2020].
- [28] MEB, «Catalogo motores trifasicos,» [En línea]. Available: <http://www.mebsa.com/pdf/Catalogo-General-Motores-Trifasicos-MEB.pdf>. [Último acceso: 06 Enero 2020].
- [29] D. S. A, «Electroválvulas,» *Hidráulica, Neumática*.

# **ANEXOS**

TANQUE CILÍNDRICO VERTICAL DE GRAN VOLUMEN **USO SUPERFICIAL**

- Reemplaza tanques de acero al carbono para almacenar agua potable en comunidades y recintos.

Reemplaza tanques de acero inoxidable para almacenar productos que son altamente corrosivos o con grado alimenticio.



CAPACIDAD LITROS	A mm	B mm	H mm	USO ESTANDAR		USO INDUSTRIAL	
				Peso kg	Peso con agua kg	Peso kg	Peso con agua kg
5000	550	2500	1580	104,30	5104,30		
10000	550	2500	2420	262	10262	272	10272
15000	550	2500	3470	367	15367	382	15382
20000	550	2500	4520	472	20472	497	20497

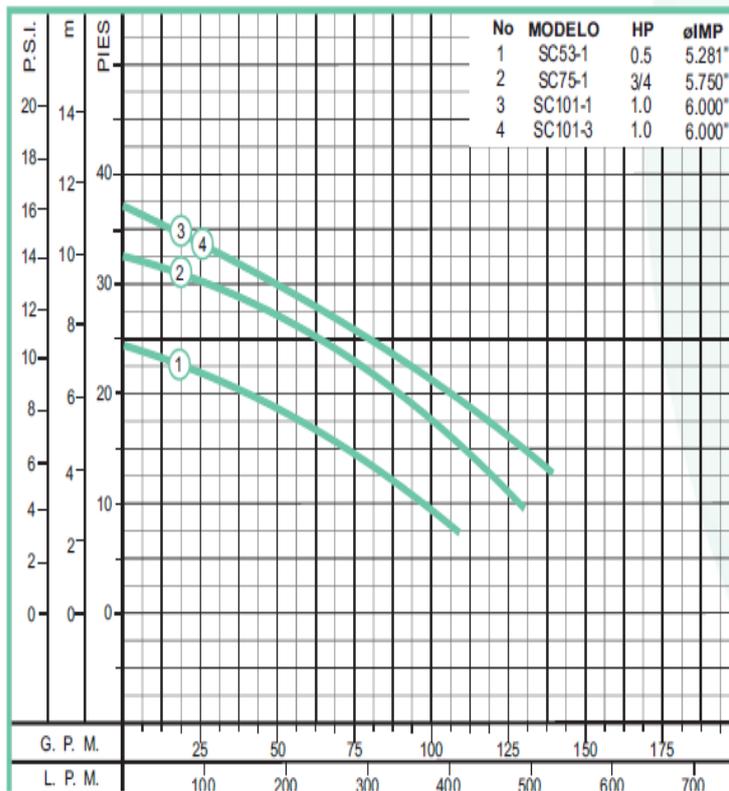


\*Se venden por separado.

Modelo	Ref.	Potencia (HP)	Fases	Velocidad (RPM)	Amperaje		H max. (mca) *	Q max. (GPM) **	Succión	Descarga	Peso
					115 V	230 V					
SC53-1	1C0030	1/2	Monofásico	1.750	10,5	-	7	110	1 3/4"	3"	46 kg
SC75-1	1C0031	3/4	Monofásico	1.750	-	7,0	10	130	1 3/4"	3"	47 kg
SC101-1	1C0025	1,0	Monofásico	1.750	-	8,5	11	140	1 3/4"	3"	52 kg
SC101-3	1C0023	1,0	Trifásico	1.750	-	6,0	11	140	1 3/4"	3"	49 kg

\* La altura (H) máxima se logra con la válvula totalmente cerrada  
 \*\* El caudal (Q) máximo se logra con la válvula totalmente abierta

Curva de rendimiento



Aplicaciones

Sector agrícola

- Bombeo de agua con sólidos en suspensión
- Manejo de agua en beneficiaderos de café
- Manejo de aguas residuales o negras
- Pozos sépticos
- Riego de estiércol

Industria

- Bombeo de agua con sólidos en suspensión
- Desagüe de zonas inundadas
- Manejo de aguas residuales o negras

Construcción

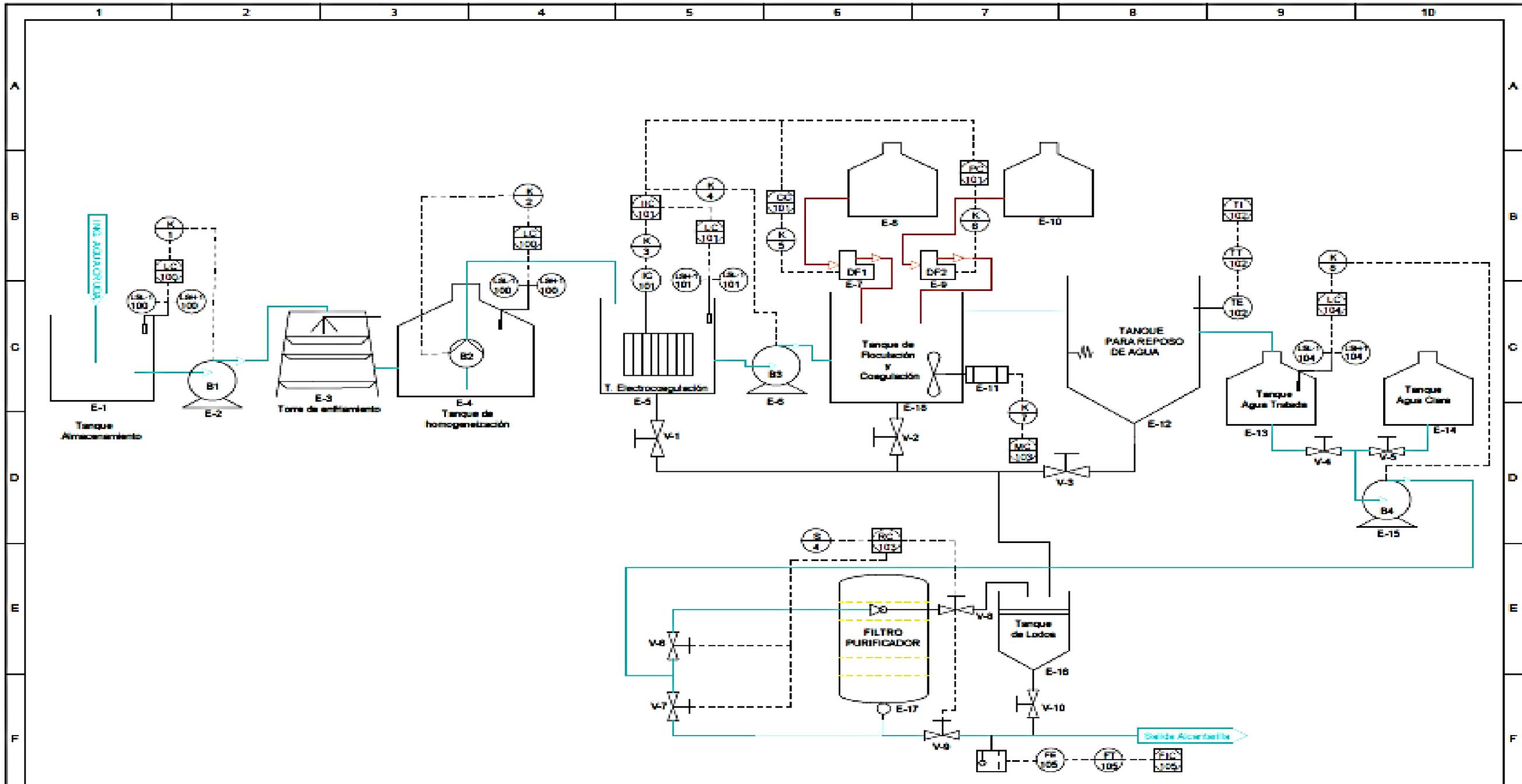
- Bombeo de agua con sólidos en suspensión
- Controles de niveles freáticos
- Manejo de aguas residuales o negras

Institucional

- Desagüe de zonas inundadas
- Manejo de aguas residuales o negras

## MOTORES DE 2 POLOS (3000 RPM/50Hz, 3600 RPM/60Hz) 400 V

	POTENCIA		RPM	A	Eff %	Cosφ	Par Arr/Par Nom	Corr Arr/Corr Nom	Par Máx/Par Nom	Nivel Sonoro LwdB(A)	Peso kg
	KW	CV									
TA561-2	0,09	0,12	2830	0,27	62,0	0,77	2,2	5,2	2,1	58	5,0
TA562-2	0,12	0,16	2830	0,35	64,0	0,78	2,2	5,2	2,1	58	5,2
TA631-2	0,18	0,25	2840	0,5	65,0	0,80	2,3	5,5	2,3	60	5,4
TA632-2	0,25	0,33	2840	0,65	68,0	0,81	2,3	5,5	2,3	60	5,5
TA711-2	0,37	0,50	2840	0,96	69,0	0,81	2,2	6,1	2,3	61	7,8
TA712-2	0,55	0,75	2840	1,3	74,0	0,82	2,3	6,1	2,3	62	8,0
MA801-2	0,75	1,0	2850	1,7	77,4	0,83	2,3	6,8	2,3	62	10,0
MA802-2	1,1	1,5	2870	2,4	79,6	0,83	2,3	7,3	2,3	62	11,0
MA90S-2	1,5	2,0	2880	3,2	81,3	0,84	2,3	7,6	2,3	67	17,5
MA90L-2	2,2	3,0	2880	4,5	83,2	0,85	2,3	7,8	2,3	67	18,5
MA100L1-2	3	4,0	2880	5,9	84,6	0,87	2,3	8,1	2,3	74	28,3
MA112M-2	4	5,5	2900	7,6	85,8	0,88	2,3	8,3	2,3	77	33,0
MA132S1-2	5,5	7,5	2910	10,4	87,0	0,88	2,2	8,0	2,3	79	58,0
MA132S2-2	7,5	10	2910	13,8	88,1	0,89	2,2	7,8	2,3	79	60,2
MG160M1-2	11	15	2940	20,0	89,4	0,89	2,2	7,9	2,3	81	103
MG160M2-2	15	20	2940	26,9	90,3	0,89	2,2	8,0	2,3	81	111
MG160L-2	18,5	25	2940	33,0	90,9	0,89	2,2	8,1	2,3	81	133
MG180M-2	22	30	2950	39,1	91,3	0,89	2,2	8,2	2,3	83	160
MG200L1-2	30	40	2960	52,9	92,0	0,89	2,2	7,5	2,3	84	210
MG200L2-2	37	50	2960	64,9	92,5	0,89	2,2	7,5	2,3	84	225
MG225M-2	45	60	2960	78,6	92,9	0,89	2,2	7,6	2,3	86	269
MG250M-2	55	75	2970	96,0	93,2	0,89	2,2	7,6	2,3	89	353
MG280S-2	75	100	2975	130	93,8	0,89	2	6,9	2,3	91	474
MG280M-2	90	125	2975	155	94,1	0,89	2	7,0	2,3	91	550



G	—	Tubería de Fluido	K	Contactador	LC	Control de Nivel	TE	Sensor Temperatura	<b>UTC</b> ESPECIALIDAD : INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	DIS.	CUNALATA F.	07/07/2020
	- - -	Tubería de Lodos	DF1	Dosificadora de Cloro	IC	Control Indl. Corriente	IT	Indicador Temperatura		DIS.	FREIRE B	24/05/2020
	---	Señal Eléctrica	DF2	Dosificadora de Pac	IC	Control de Corriente	S	Pulsador Retrolavado		REV.	Ing. Luigi Freire	24/05/2020
	---	Tubería de Químicos	B-a	Bombas	CC	Control de Cloro	IC	Control de Retrolavado		LAMINA 1		ESCALA 1 : 100
	LSH-1	Control Nivel Alto	V-a	Válvulas	PC	Control de Pac	FT	Transmisor Fluido pH				
LSL-1	Control Nivel Bajo	□	Sensor Ph.	MC	Control del Mezclador	FIC	Control Indica. Nivel	DIAGRAMA P&ID PLANTA T.				
	1	2	3	4	5							

Referencia para asociación con contactor TeSys	Amperaje	Para montaje Sobre contactor
LRD01	0.1 a 0.16	D09 - D38
LRD02	0.16 a 0.25	D09 - D38
LRD03	0.25 a 0.40	D09 - D38
LRD04	0.40 a 0.63	D09 - D38
LRD05	0.63 a 1	D09 - D38
LRD06	1 a 1.7	D09 - D38
LRD07	1.6 a 2.5	D09 - D38
LRD08	2.5 a 4	D09 - D38
LRD10	4 a 6	D09 - D38
LRD12	5.5 a 8	D09 - D38
LRD14	7 a 10	D09 - D38
LRD16	9 a 13	D12 - D38
LRD21	12 a 18	D18 - D38
LRD22	16 a 24	D25 - D38
LRD32	23 a 32	D25 - D38
LRD35	30 a 38	D32 - D38
LRD3322	17 a 25	D40 - D95
LRD3353	23 a 32	D40 - D95

Con esta intensidad también se elige el contactor el cual es el siguiente

#### Tipo de conexión con Terminales de Tornillo

Formato	Categoría AC3 (IEC60947-4)				Intensidad Térmica (Ith)	Contacto auxiliar (estándar)	Tipo
	220 ~240V	380 ~440V	500 ~550V	690V			
6A	1.5kW 7A	2.2kW 6A	3kW 5A	3kW 4A	10A	1NO o 1NC	GMC-6M
9A	2.2kW 9A	4kW 9A	3.7kW 6A	4kW 5A	12A	1NO o 1NC	GMC-9M
12A	3kW 12A	5.5kW 12A	4kW 7A	4kW 5A	15A	1NO o 1NC	GMC-12M
16A	4kW 15A	7.5kW 16A	5.5kW 9A	4kW 5A	20A	1NO o 1NC	GMC-16M

**Anexo 6**

Ampacidad de conductores según su calibre, aislante y máxima temperatura ambiente.

**Fuente:** [23]

Calibre AWG o kcmil	Temperatura máxima en conductor						Calibre AWG o kcmil
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
	(140°F)	(167°F)	(194°F)	(140°F)	(167°F)	(194°F)	
	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	Tipo	
	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	TW UF	RHW THHW THW XHHW	RHH THHN XHH XHHW	
Cobre			Aluminio				
18	----	----	14	----	----	----	----
16	----	----	18	----	----	----	----
14	15	20	25	----	----	----	----
12	20	25	30	15	20	25	12
10	30	35	40	25	30	35	10
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400

TEMPERATURA AMBIENTE EN °C	PARA TEMPERATURAS AMBIENTE DISTINTAS DE 30°C (En cables con To hasta 90°C) Y DE 40°C (En cables con To de 150 y 200°C), MULTIPLICAR LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE DADA EN TABLA b.-, POR EL CORRESPONDIENTE FACTOR DE CORRECCIÓN SIGUIENTE:					
	60°C	75°C	85°C	90°C	150°C	200°C
21 - 25	1.08	1.05	1.04	1.04	-	-
26 - 30	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-
31 - 35	0.91	0.94	0.95	0.96	-	-
36 - 40	0.82	0.88	0.89	0.91	1.00	1.00
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.95	0.97
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.95	0.97
51 - 55	0.41	0.67	0.71	0.76	0.90	0.94
56 - 60	-	0.58	0.64	0.71	0.90	0.94
61 - 70	-	0.33	0.45	0.58	0.85	0.90
71 - 80	-	-	0.30	0.41	0.80	0.87
81 - 90	-	-	-	-	0.74	0.83
91 - 100	-	-	-	-	0.67	0.79
101 - 120	-	-	-	-	0.52	0.71
121 - 140	-	-	-	-	0.30	0.61
141 - 160	-	-	-	-	-	0.50
161 - 180	-	-	-	-	-	0.35
181 - 200	-	-	-	-	-	-

NÚMERO DE CONDUCTORES	POR CIENTO DEL VALOR INDICADO EN LA TABLA b.-
4 a 6	80
7 a 9	70
10 a 20	50
21 a 30	45
31 a 40	40
41 y más	35

CALIBRE A.W.G.	SECCIÓN		DIÁMETRO	
	cm	mm <sup>2</sup>	pulgadas	mm
20	1022	0.5176	0.3196	0.812
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05082	0.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16510	8.3670	0.1285	3.264
6	26250	13.3030	0.1620	4.115
4	41740	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	336320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348
0	105500	53.4770	0.3249	8.252
00	133100	67.4190	0.3648	9.266
000	167800	85.0320	0.4096	10.403
0000	211600	107.2250	0.4600	11.684
250		126.644	0.575	14.605
300		151.999	0.630	16.002
400		177.354	0.681	17.297
500		202.709	0.728	18.491
600		253.354	0.814	20.675
700		303.999	0.893	22.682
800		354.708	0.964	24.685
850		405.160	1.031	26.187
900		379.837	0.998	25.349
1000		455.805	1.093	27.762
1250		506.450	1.152	29.260
1500		653.063	1.289	32.741
1750		759.677	1.412	35.865
2000		886.286	1.526	38.760
		1012.901	1.631	41.427

**Anexo 10****Medidas de tubería conduit para conductores****Fuente:** [24]

Designador de Tamaño  mm (pulg.)	Diámetro interno  mm (pulg.)	Área total  mm <sup>2</sup> (pulg. <sup>2</sup> )	Máximo copado recomendado			Mínimo radio curvatura	
			A	B	C	D	E
			1 Cable 53% lleno  mm <sup>2</sup> (pulg. <sup>2</sup> )	2 Cables 31% lleno  mm <sup>2</sup> (pulg. <sup>2</sup> )	3 Cables y mas 40% Fill  mm <sup>2</sup> (pulg. <sup>2</sup> )	Capas de acero en aislamiento  mm (pulg.)	Otros aislamientos  mm (pulg.)
21 (¾)	20.9 (0.82)	343 (.53)	182 (.28)	106 (.17)	137 (.21)	210 (8)	130 (5)
27 (1)	26.6 (1.05)	556 (.86)	295 (.46)	172 (.27)	222 (.35)	270 (10)	160 (6)
35 (1¼)	35.1 (1.38)	968 (1.50)	513 (.79)	300 (.46)	387 (.60)	350 (13)	210 (8)
41 (1½)	40.9 (1.61)	1314 (2.04)	696 (1.08)	407 (.63)	526 (.81)	410 (15)	250 (9)
53 (2)	52.5 (2.07)	2165 (3.36)	1147 (1.78)	671 (1.04)	866 (1.34)	530 (20)	320 (12)
63 (2½)	69.4 (2.73)	3783 (5.86)	2005 (3.11)	1173 (1.82)	1513 (2.34)	630 (25)	630 (25)
78 (3)	85.2 (3.36)	5701 (8.85)	3022 (4.69)	1767 (2.74)	2280 (3.54)	780 (30)	780 (30)
91 (3½)	97.4 (3.83)	7451 (11.55)	3949 (6.12)	2310 (3.58)	2980 (4.62)	900 (35)	900 (35)
103 (4)	110.1 (4.33)	9521 (14.75)	5046 (7.82)	2951 (4.57)	3808 (5.90)	1020 (40)	1020 (40)



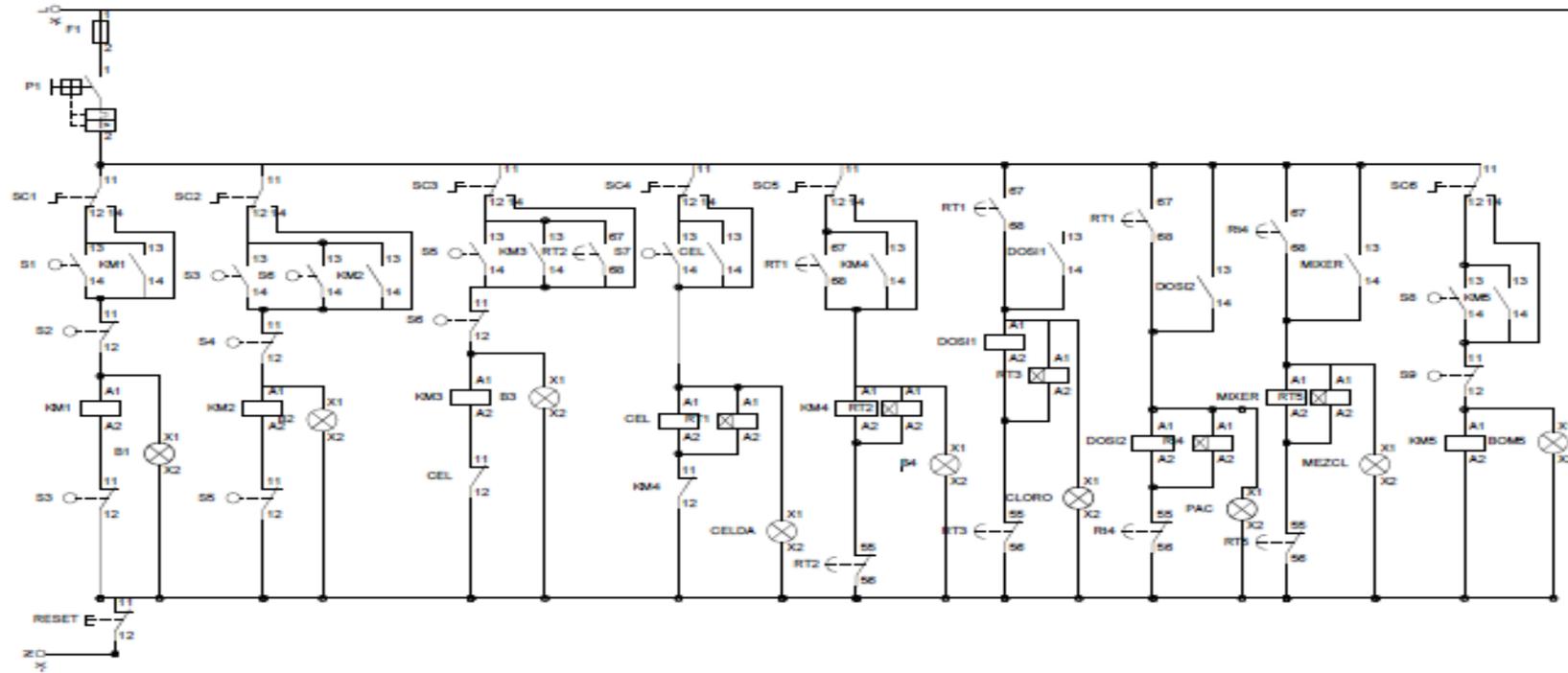
## PULSAFEEDER

CHEM-TECH SERIE 100 - Bombas Dosificadoras

### BOMBAS DOSIFICADORAS PULSAFEEDER LÍNEA CHEMTEC SERIE 100

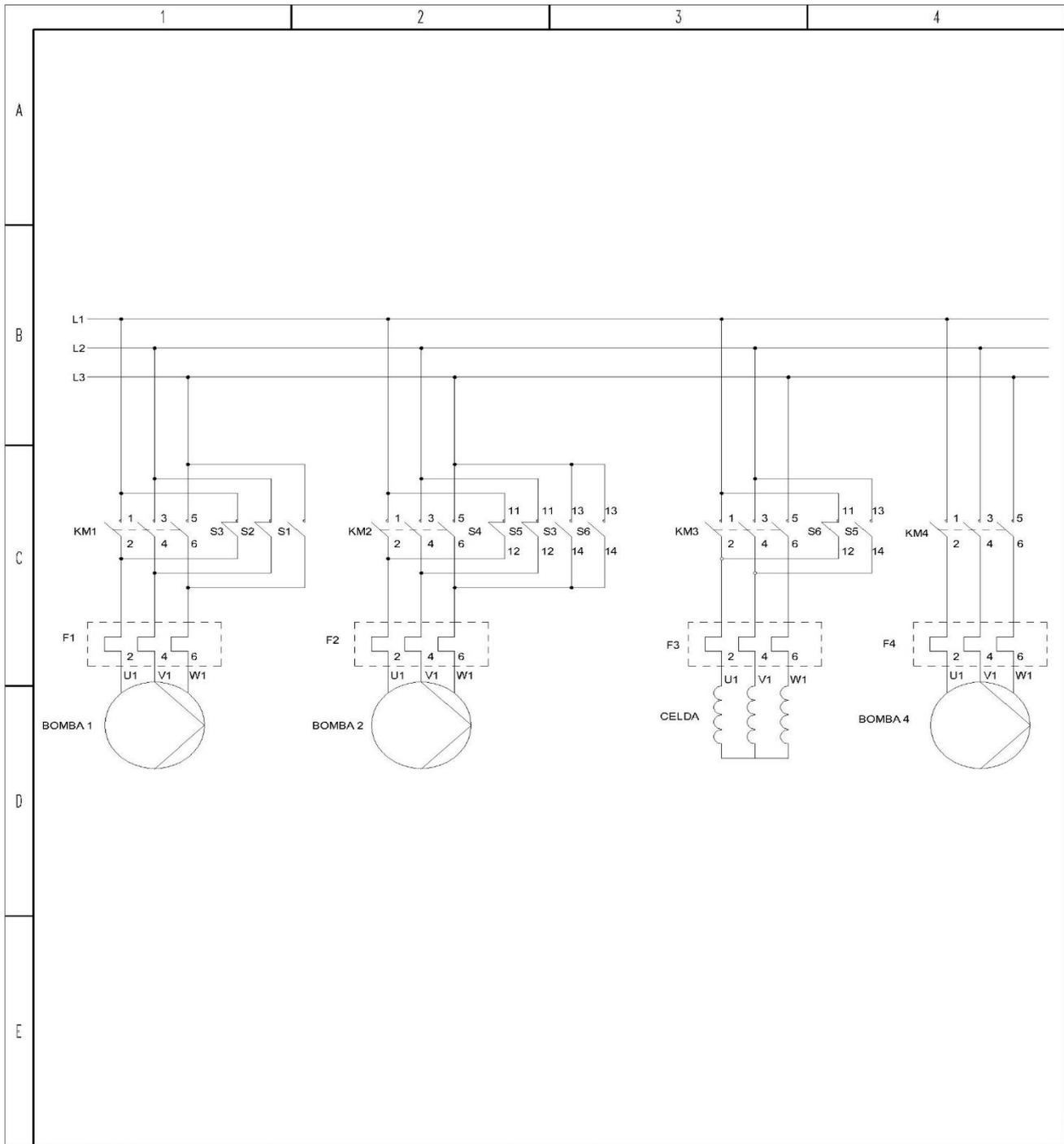
	Número de Parte	Número de Proveedor	Descripción
SERIE C	PDO10608	LC025A-VVC1-XXX	PULSAFEEDER 06 GPD/ .90 LPH, 80 PSI
SERIE C	PDO11208	LC035A-VVC1-XXX	PULSAFEEDER 12 GPD/1.90 LPH, 80 PSI
SERIE C	PDO12008	LC045A-VVC1-XXX	PULSAFEEDER 24 GPD/3.8 LPH, 80 PSI
SERIE C	PDO13008	LC545A-VVC1-XXX	PULSAFEEDER 30 GPD/4.7 LPH, 80 PSI
SERIE C	PDP20906	K2VVC1	Pulsatron KOPKits LC02
SERIE C	PDP20912	K3VVC1	Pulsatron KOPKits LC03
SERIE C	PDP20924	K4VVC1	Pulsatron KOPKits LC04
SERIE C	PDP20930	K54VVC1	Pulsatron KOPKits LC54
SERIE 100 (AAAA)	PDO40310	X003XA-AAAA-XXX	PULSAFEEDER 100-03 GPD/47 LPH, 100 PSI
SERIE 100 (AAAA)	PDO40510	X007-XA-AAAA-XXX	PULSAFEEDER 100-07 GPD/1.00 LPH, 100 PSI



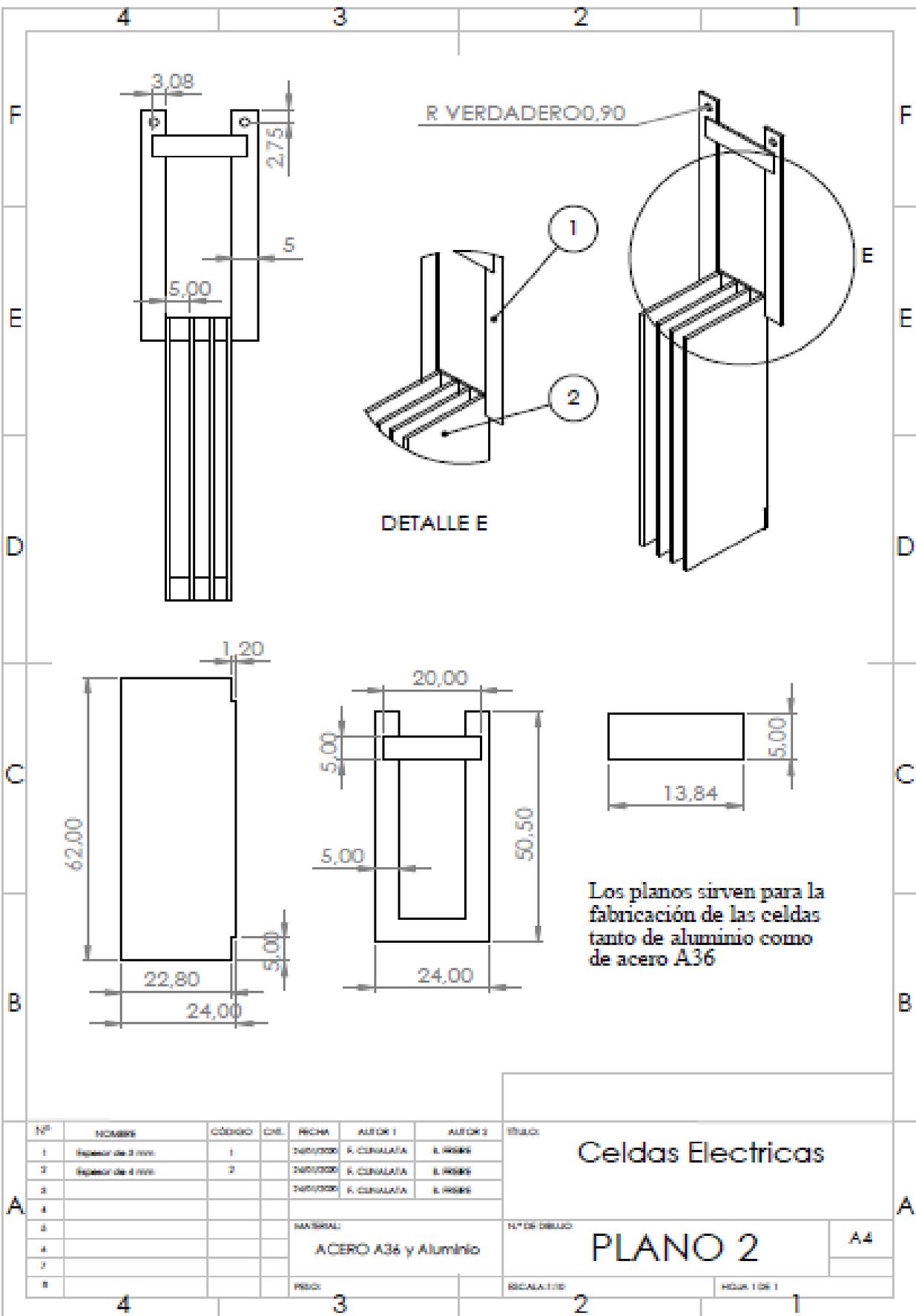


<b>UTC</b>	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		DIS. CUNALATA F. 24/05/2020
			DIB. FREIRE B. 24/05/2020
			REV. Ing. Luigi Freire 24/05/2020
<b>DIAGRAMA DE CONTROL DE PLANTA DE TRATAMIENTO</b>			LAMINA
			2
			ESCALA S/E

Agua residual	Corriente	Ánodo / cátodo	Parámetro eléctrico	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	pH	Contaminante	Remoción %	Tiempo (min)	Referencia
Colorantes textiles	CD	Al/Fe	$\geq 150 \text{ A}/\text{m}^2$	1000-4000	3- 6	Turbiedad	98	15	33
						DQO	61-65		
		Fe/Al	80-100 A/m <sup>2</sup>	1000-4000	3-7	Turbiedad	75-98	10	
						DQO	47-77		
						cercano a 10	Turbiedad		
DQO	26								
Electroplateado, industria del Cr, fertilizantes e industria de los metales.	--	Fe/Fe	30 A/m <sup>2</sup>	1500	5-6	Cr <sup>++</sup>	97	--	20
Restaurantes	CD	Al/Al	1,8-6,8V	1290	6,94	DQO	67	15	14
						Grasas y aceites	>97		
						SS	90		
Alimentos(gelatinas)	CD	Fe/Al	6,26 A/m <sup>2</sup>	1,2Mhos	10,86	Grasas y aceites	Agua cruda 1195ppm	15	16
							Agua tratada 115ppm		
						DQO	Agua cruda 3104ppm		
							Agua tratada 931,2ppm		
Lavandería	CA	Al/	32V/30A	--	5-9	DQO	70	5	28
						Turbiedad P-fosfato surfactante	90		
Agua consumo humano		Fe/	1,53 A/m <sup>2</sup>	--	6-9	As	>99	20	36
		Al/					37		
		Ti/					>58		
Industria del boro	CD	Al/	1,2-6 mA/cm <sup>2</sup>	bajos	8	B	97	--	41
Suspensión de látex	CD	Fe/Fe	1,1 A/Dm <sup>2</sup>	0,6-1 S/m	6,5-7	estireno	Remanente 7%	26	38
						vinilo	Remanente 8%		
Industria semiconductores (pulido mecánico químico)	CD	Al/Fe	93 A/m <sup>2</sup>	450-470	7,3	color	96	< 30	19
						Cu	99		
						DQO	88,7		
						DQO	76		
Producción aceite de oliva	CD	Al/	75 mA/cm <sup>2</sup>	--	4-6	DQO	76	25	22
						polifenoles	91		
						color	65		



CANTIDAD	DESCRIPCION	SIMBOLO	Tolerancias	(Peso)	Diagrama de potencia de planta	
					Propuesta Tecnológica	Escala S/E
			Fecha	Nombre		
			Dib. 08/01/20	Cunalata; Freire		
			Rev. 08/01/20	Ing. Freire Luigi		
			Apr. 08/01/20	Ing. Freire Luigi		
			UTC		Fig. 3	ISO E
					(Sustituye a:)	



Los planos sirven para la fabricación de las celdas tanto de aluminio como de acero A36

Nº	NOMBRE	CÓDIGO	CHE.	FECHA	AUTOR 1	AUTOR 2
1	Espesor de 3 mm	1		24/07/2000	R. CUNALATA	E. ROSAS
2	Espesor de 4 mm	2		24/07/2000	R. CUNALATA	E. ROSAS
3				24/07/2000	R. CUNALATA	E. ROSAS
4						
5						
6						
7						
8						

TÍTULO:		Celdas Electricas	
Nº DE DIBUJO:		PLANO 2	
ESCALA 1:10		HORA 1 DE 1	
MATERIAL:		A4	
ACERO A36 y Aluminio			

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Aceites y grasas	A y G	mg/l	50	30
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1	0,1
Bario	Ba	mg/l	-	2,0
Boro Total	B	mg/l	-	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02	0,02
Cianuro Total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,007	0,007
Cloro Activo	Cl	mg/l		0,5
Cloroformo	Ext.carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1	0,1
Cloruros	CL <sup>-</sup>	mg/l		1 000
Cobre	Cu	mg/l	2,0	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml		Remoción >al 99,9%
Color real	Color real	Unidades de color	-	*Inapreciable en dilución:1/20
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2	0,2
Cromo Hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	170	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	350	160
Estaño	Sn	mg/l		5,0
Fluoruros	F	mg/l		5,0
Fósforo Total	P	mg/l	15	10
Hierro	Fe	mg/l	25	10
Hidrocarburos Totales	TPH	mg/l	20	20
Materia flotante	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	10,0	2,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,006	0,006
Níquel	Ni	mg/l	2,0	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l		30
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	60,0	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados Totales	mg/l	0,05	0,05
Organofosforados y carbamatos	Organofosforados Totales	mg/l	0,1	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5	0,2
Potencial de hidrógeno	PH		5-9	5-9
Selenio	Se	mg/l	0,5	0,1
Sólidos Sedimentables	-	MI/l	10	1,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0	0,5

**Anexo 17****Hoja de análisis realizado al agua tratada (Datos iniciales de agua)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>
pH		4,35
Color	Pt-Co	20
Turbiedad	N.T.U	0,69
Índice de Langelier	I.L	-0,05
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/l	223,15
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	389,55
Aceites y grasas	mg/l	50
Sólidos totales	mg/l	342
Sólidos disueltos	mg/l	292
Sólidos en suspensión	mg/l	50
Alcalinidad total	mg/l	250
Carbonatos	mg/l	0
Bicarbonatos	mg/l	305
Hidróxidos	mg/l	0
Anhídrido carbónico	mg/l	9,45
Dureza total	mg/l	170
Dureza carbonatada	mg/l	170
Calcio	mg/l	29,6
Magnesio	mg/l	23,4
Hierro	mg/l	0,03
Aluminio	mg/l	0,002
Cloruros	mg/l	20
Sulfatos	mg/l	50
Amoníaco	mg/l	
Nitritos	mg/l	0,001
Nitratos	mg/l	2,5
Cloro residual	mg/l	0
Gérmenes por mililitro	G/ml	Incontables
Colibacilos Totales	NMP/100 ML	<2419,2
Polibásicos fecales	NMP/100 ML	1119,9
Temperatura	Grados Centígrados (°C)	44


**INFORME DE RESULTADOS  
No. 2020-05**


<b>Cliente:</b>	TEXSA S.A.
<b>Contacto:</b>	Ing. Byron Barahona
<b>Teléfono:</b>	2611138
<b>Dirección:</b>	Teodoro Gómez de la Torre S11-840 y Pujilí
<b>Fecha emisión de informe:</b>	27/01/2020
<b>Muestra tomada por:</b>	Environovalab
<b>Procedimiento de Toma de muestras:</b>	Instructivo Toma de muestras IT-5.8-01
<b>Fecha y hora de recepción de muestras:</b>	20/01/2020 18:00
<b>Periodo de análisis:</b>	21/01/2020-27/01/2020

INFORMACION DE LA MUESTRA						
CODIGO LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	UBICACIÓN	COORDENADAS UTM	OBSERVACIONES
A20-05	AGUA DESCARGA	20/01/2020	16:23	Tanque de salida PTAR	775614 9971493	Agua residual color azul, Muestra simple

PARAMETRO	METODO/REFERENCIA	RESULTADOS			
		UNIDADES	RESULTADOS	LIMITE <sup>1</sup>	INCERTIDUMBRE
CADMIO <sup>s1</sup>	PA 117.00 EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 SM 3120 B, Ed. 23, 2017	mg/l	<0.001	0.02	0.000041 mg/l
COBRE <sup>s1</sup>		mg/l	0.025	1.0	0.00016 mg/l
NIQUEL <sup>s1</sup>		mg/l	0.01	2.0	0.00011 mg/l
PLOMO <sup>s1</sup>		mg/l	<0.001	0.5	0.00003 mg/l
CINC <sup>s1</sup>		mg/l	0.33	2.0	0.0011 mg/l
MERCURIO <sup>s1</sup>	PA-57.00 SM 3112 B, Ed. 23, 2017	mg/l	<0.002	0.01	0.0004 mg/l
DBO <sub>5</sub> <sup>s</sup>	PTA. 04-1-1 SM 5210 B, Ed. 22, 2012	mg/l	72.83	170	13.11 mg/l
DQO <sup>s</sup>	PTA. 03-1-1 SM 5220 B, Ed. 22, 2012	mg/l	286.8	350	43 mg/l
TENSOACTIVOS <sup>s</sup>	PTA. 11-1-1 SM 5540 C, Ed. 22, 2012	mg/l	0.364	1	0.06 mg/l
FENOLES <sup>s</sup>	PTA. 10-1-1 SM 5530 (B+C), Ed. 22, 2012	mg/l	<0.05	0.2	0.01 mg/l
ACEITES Y GRASAS	PE-08 SM 5520 B, Ed. 23 2017	mg/l	21	70	5.15 mg/l
CROMO HEXAVALENTE	PE-07 SM 3500 Cr C, Ed. 23 2017	mg/l	<0.10	0.5	0.01 mg/l
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	PE-05 SM 2540 D, Ed. 23 2017	mg/l	<70	120	9.6 mg/l
SOLIDOS SEDIMENTABLES	PE-03 SM 5540 D, Ed. 23, 2017	ml/l	<5	20	2.7 ml/l
pH	PE-01 SM 4500H+ B, Ed. 23, 2017	upH	6.35	6-9	0.17 upH
TEMPERATURA*	PE-11 SM 2550 B, Ed. 23, 2017	°C	36.2	<40	No aplica
CAUDAL DESCARGA*	AFORO VOLUMETRICO	l/s	0.7	No aplica	No aplica

**Notas:**

Environovalab, Laboratorio de Ensayo Acreditado por el SAE Acreditación No. SAE LEN 18-040

s: Ensayo realizado por un laboratorio subcontratado Acreditación No. SAE-LEN-16-005

s1: Ensayo realizado por un laboratorio subcontratado Acreditación No. SAE-LEN-05-005

\* Parámetro no incluido en el alcance de acreditación

1: Ordenanza Metropolitana No. 138 NT002 Tabla No. A1 Límites máximos permisibles Alcantarillado

SM: Standard Methods

EPA: Environmental Protection Agency

Las muestras serán descartadas 15 días después de la entrega del informe de resultados

Los valores reportados en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada

Este informe no puede ser reproducido parcialmente o en su totalidad sin aprobación de Environovalab

  
MIRYAN FLORES  
GERENTE




**INFORME DE RESULTADOS  
CONFIDENCIAL**

**IR-CT2001452**

**NOMBRE DEL CLIENTE:** TEXTIL TEXSA S.A.  
**DIRECCIÓN:** Teodoro Gómez de la Torre 1057 y Pujili  
**LUGAR DE MUESTREO:** Generador-Textsa  
**RESPONSABLE MUESTREO:** Ing. Byron Barahona  
**RESPONSABLE TOMA DE MUESTRA:** Cristhian Basantes  
**RECEPCIONADO POR:** Esteban Carrera  
**ANALIZADO POR:** Andrés Viteri, Mireya Terán, Miguel Estrella  
**FECHA DE ANÁLISIS:** Del 30 de Junio al 9 de Julio del 2020  
**FECHA DE EMISIÓN:** 9 de Julio del 2020

**REPRESENTANTE:** Ing. Jorge Piliáza  
**TELÉFONO:** 2611-138  
**FECHA DEL MUESTREO:** 30 de Junio del 2020  
**PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:** PTM-01  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 30 de Junio del 2020

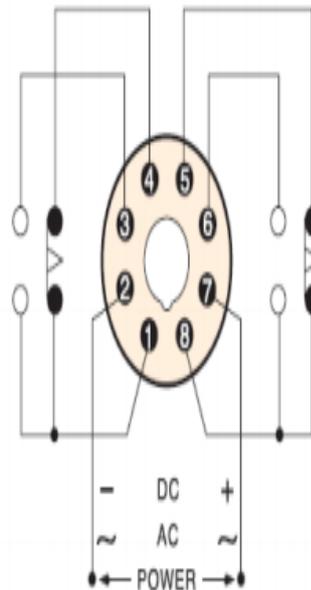
**ANÁLISIS DE AGUA RESIDUAL**

INFORMACIÓN CÓDIGO CLIENTE	CÓDIGO HAVOC	ENSAYOS	MÉTODOS	UNIDADES	RESULTADOS	LÍMITES PERMISIBLES
GENERADOR	A20060834	Aceites y Grasas	MEAG-43 APHA 5520 C	mg/l	<0,2	70
		Cadmio	MEAG-13/29 APHA 3030 A/3111 Cd B	mg/l	<0,02	0,02
		*Caudal	VOLUMÉTRICO	l/s	0,5	---
		Cobre	MEAG-13/29 APHA 3030 A/3111 Cu B	mg/l	<0,06	2,0
		Cromo*6	MEAG-33 APHA 3500 Cr D	mg/l	<0,05	0,5
		DBO <sub>5</sub>	MEAG 08 APHA 5210 D	mg/l	41	170
		DQO	MEAG 04 APHA 5220 D	mg/l	85	350
		Fenoles	MEAG-05 APHA 5530 C	mg/l	<0,02	0,2
		Mercurio	MEAG-22 APHA 3112 Hg B	mg/l	<0,0025	0,01
		Níquel	MEAG-13/29 APHA 3030 A/3111 Ni B	mg/l	<0,05	2,0
		Plomo	MEAG-13/29 APHA 3030 A/3111 Pb B	mg/l	<0,08	0,5
		pH a 20 °C	MEAG-15 APHA 4500H*B	Und pH	7,87	6-9
		Sólidos Sedimentables	MEAG-24 APHA 2540 F	ml/l	<1	---
		Sólidos Suspendedos Totales	MEAG-23 APHA 2540 D	mg/l	<16	100
		Sustancias Tensioactivas	MEAG-09 APHA 5540 C	mg/l	<0,024	1
		Temperatura	MEAG-55 APHA 2550	°C	22,7	<40
Zinc	MEAG-13/29 APHA 3030 A/3111 Zn B	mg/l	<0,2	2,0		

**ON DELAY MULTI-RANGE TIMER**



**DIAGRAMA DE CONEXIÓN**



**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL EQUIPO**

Tipo: AH3

Marca: Camisco

Serie: C

Rango de Voltaje: Ac 220v/ 110v/ 380v/440v

Rango de Frecuencia: 50/60 Hz

Corriente: 10 A

Factor de potencia: 1

Rango de Tiempo:

6 segundos

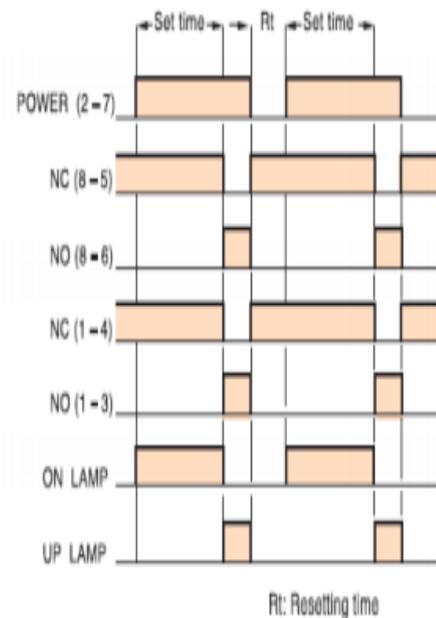
60 segundos

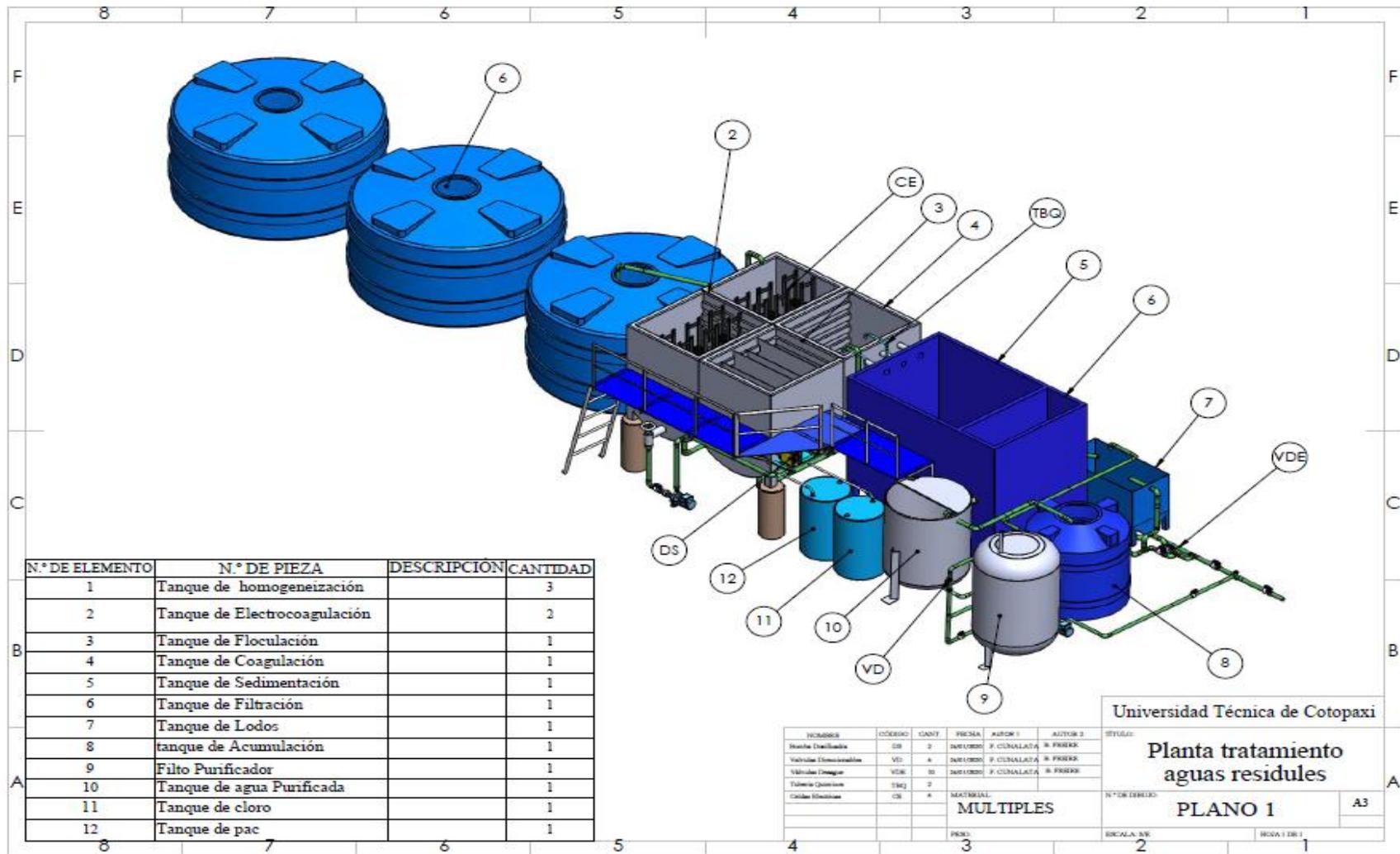
6 minutos

60 minutos

Temperatura ambiente: -10°C - +55°C

**TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO**





N° DE ELEMENTO	N° DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tanque de homogeneización		3
2	Tanque de Electrocoagulación		2
3	Tanque de Floculación		1
4	Tanque de Coagulación		1
5	Tanque de Sedimentación		1
6	Tanque de Filtración		1
7	Tanque de Lodos		1
8	tanque de Acumulación		1
9	Filto Purificador		1
10	Tanque de agua Purificada		1
11	Tanque de cloro		1
12	Tanque de pac		1

ITEM	CÓDIGO	CANT.	PRECIO	AUTOM. 1	AUTOM. 2
Mancha Desechable	DS	2	200.0000	F. CENALATA	B. FRERR
Valvula Electrovalvula	VD	4	200.0000	F. CENALATA	B. FRERR
Valvula Cierre	VDE	30	200.0000	F. CENALATA	B. FRERR
Tuberia Quebrada	TRQ	2			
Cables Electricos	CE	4			
MATERIAL MULTIPLES					
PRECIO					

Universidad Técnica de Cotopaxi

**Planta tratamiento aguas residuales**

**PLANO 1**

N° DE DISEÑO: A3

ESCALA DE: ESCALA 1 DE 1





**Fig.1:** Rediseño terminado.



**Fig.2:** suelda para inducción de corriente a las celdas.



**Fig.3:** Tablero terminado.



**Fig.4:** Pruebas de jarras y medición de pH.



**Fig.5:** Medición de corriente en las celdas.



**Fig.4:** Proceso de Electrocoagulación floculación-Coagulación química.

**MANUAL DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS  
RESIDUALES**

## INDICE

1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	1
2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EXISTENTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO .....	1
2.1. Homogeneización .....	2
2.2. Electrocoagulación.....	2
2.3. Coagulación y floculación química .....	2
2.3.1. Coagulación.....	2
2.3.2. Floculación .....	3
2.3.3. Agitación lenta y homogénea .....	3
2.4. Sedimentación.....	3
2.5. Filtración .....	4
3. CHEQUEO PREENTREGA.....	4
3.1. Unidades. ....	4
3.2. Tuberías.....	5
3.3. Equipo eléctrico. ....	5
4. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN PTAR.....	6
4.1.1. Inspección antes de la puesta en marcha .....	6
4.2. Puesta en marcha.....	7
4.2.1. Pretratamiento.....	8
4.2.2. Electrocoagulación .....	8
4.2.3. Agitador .....	8
4.2.4. Floculación. ....	9
4.2.5. Sedimentación .....	9
4.2.6. Sistema de filtración.....	10
4.2.6.1. Retro lavado .....	10
4.2.6.2. Enjuague.....	11

4.3.	Mantenimiento de la planta de tratamiento.....	12
4.3.1.	Celdas de electrocoagulación .....	12
4.3.2.	Medios filtrantes .....	12
4.3.3.	Válvulas y tuberías .....	13
4.4.	Procedimientos para mantenimiento.....	13
4.4.1.	Limpieza de la rejilla .....	13
4.4.2.	Remoción de espumas y natas .....	13
4.4.3.	Revisión de los lechos filtrantes .....	14
4.4.4.	Revisión del tablero eléctrico .....	15
4.4.5.	Revisión de interruptores de nivel.....	16
4.5.	Descripción de secuencia de control.....	16
5.	ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA .....	17
5.1.	Arranque y funcionamiento de la planta.....	17
5.2.	Actividades de mantenimiento preventivo.....	18
6.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS .....	20

## 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO



Las especificaciones técnicas con que cuenta la planta de tratamiento se ven reflejadas en la siguiente tabla:

<b>Caudal nominal de tratamiento</b>	<b>2,2 litros/segundo</b>
<b>Tipo de planta</b>	Paquete compacta
<b>Material de construcción</b>	Acero inoxidable
<b>Tipo de floculación</b>	Electroquímica
<b>Tipo de sedimentación</b>	Alta tasa con sistema de tamizadores verticales
<b>Tipo de filtración</b>	Filtro de arena descendente
<b>Tipo de químico</b>	Policloruro de aluminio (PAC)
<b>Tipo de saneamiento</b>	Cloro

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS EXISTENTES EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO

La planta de tratamiento cuenta con distintos procesos de desinfección del agua, a continuación, se dará una síntesis de cada uno de los procesos.

Los procesos que realiza la planta de tratamiento son los siguientes:

- Homogeneización
- Electrocoagulación
- Coagulación y floculación química
- Sedimentación
- Filtración

## **2.1. Homogeneización**

El objetivo de la homogeneización (o igualamiento) consiste en amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante.

La homogeneización significa la mezcla de las corrientes de aguas residuales, ácidas o alcalinas, en un tanque de homogeneización. Para este proceso se utilizan 3 tanques de la marca “Plastigama” de capacidad de 5000 litros, como se muestra en la figura 1.

El tiempo de residencia es de 56 min en cada tanque para que se produzca la correcta homogeneización.

## **2.2. Electrocoagulación**

La electrocoagulación es una técnica utilizada para el tratamiento de las aguas residuales. Los contaminantes de muy diversos efluentes son removidos aplicando el principio de coagulación, pero en este caso no se hace uso de un coagulante químico (cuya función es llevada a cabo por corriente eléctrica que es aplicada al medio líquido contaminado). Esto se realiza induciendo corriente eléctrica en el agua a través de placas metálicas paralelas de diversos materiales, siendo el hierro y el aluminio los más utilizados.

Este proceso se realiza en tanques de acero inoxidable, cuyos tanques cuentan con un fondo cilíndrico, el cual, sirve para la recolección de lodos y tienen un tiempo de residencia de 35 minutos (30 minutos induciendo la corriente eléctrica y 5 minutos más de reposo).

## **2.3. Coagulación y floculación química**

### **2.3.1. Coagulación**

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un coágulo. La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro y aluminio.

Como coagulante, se inyectan polímeros catiónicos, que se encargan de dispersar los reactivos en la masa de agua a tratar, lo que requiere crear una turbulencia suave (por lo que se utiliza un agitador de pocas revoluciones), denominado mezcla lenta. La

coagulación se la efectúa dosificando Sulfato de Aluminio o Policloruro de Aluminio y también Hipoclorito de Sodio.

Este proceso se realiza en tanques de acero inoxidable, cuyos tanques cuentan con un fondo cilíndrico, el cual, sirve para la recolección de lodos y tienen un tiempo de residencia de 35 minutos (10 minutos de inyección de PAC, 4 minutos de Hipoclorito de Sodio y el tiempo sobrante será de reposo).

### **2.3.2. Floculación**

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que pueden decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

Este proceso se lo realiza en los mismos tanques de coagulación, así que, cuenta con las mismas características anteriormente mencionadas.

### **2.3.3. Agitación lenta y homogénea**

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados.

Esta agitación se lo realiza mediante un agitador, tipo turbina de disposición horizontal, el cual está ubicado en medio de los dos tanques de floculación y coagulación química.

## **2.4. Sedimentación**

La sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

Esta operación se emplea para la eliminación de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química. En la mayoría de los casos el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado. Esto se realiza en un tanque de acero inoxidable donde su

tiempo de reposo es de 35 minutos, dando así, paso a la cámara sedimentadora que tiene un sistema de tamizado vertical.

## 2.5. Filtración

La filtración es un procedimiento en el que se utiliza el paso de una mezcla sólido y líquido a través de un medio poroso (filtro) que retienen los sólidos y deja pasar los líquidos (filtrados).

Si las materias en suspensión que deben separarse tienen una dimensión superior a la del poro, quedarán retenidas en la superficie del filtro. La filtración se denomina, en ese caso, superficial o en torta, o también sobre soporte. En caso contrario, las materias quedarán retenidas en el interior de la masa porosa y la filtración se denomina en volumen con profundidad, o también sobre lecho filtrante.

El filtro con el que cuenta para realizar el proceso, tiene las siguientes características:

<b>Capacidad de tratamiento</b>	<b>Hasta 33 gpm</b>
<b>Material de construcción</b>	Acero al carbono
<b>Tipo de lecho filtrante</b>	Graba, arena N2 y arena N3
<b>Volumen de graba</b>	5 cm
<b>Volumen de lecho filtrante</b>	15 cm
<b>Volumen de arena N2</b>	35 cm
<b>Tipo de distribuidor</b>	Acero perforada
<b>Diámetro tubería de ingreso</b>	2 pulgadas
<b>Diámetro tubería de salida</b>	2 pulgadas
<b>Tipo de retrolavado</b>	Manual
<b>Presión mínima de trabajo</b>	10 psi
<b>Presión máxima de trabajo</b>	70 psi

## 3. CHEQUEO PREENTREGA

### 3.1. Unidades.

- Deben estar limpias y libres de todo tipo de residuos de construcción.

- Llevar a cabo pruebas de estanqueidad hidráulica y ver que no exista fugas de agua o goteos en cada uno de los tanques.
- Verificar todas las dimensiones pertinentes, de acuerdo a los planos del constructor.
- Verificar que todas las bombas y motores se hallen ubicadas en los sitios adecuados, de acuerdo a los planos de construcción.

### **3.2. Tuberías.**

- Chequear que el tamaño de la tubería sea de acuerdo a los planos del constructor.
- Chequear que la calidad de la tubería sea el adecuado.
- Chequear que no exista fugas ni goteos en las tuberías.
- Chequear el correcto funcionamiento de todas las válvulas en tuberías.
- Chequear la ruta de la tubería según los planos correspondientes.

### **3.3. Equipo eléctrico.**

- Verificar la instalación de las líneas eléctricas con los planos correspondientes, asegurar que la instalación eléctrica y componentes estén de acuerdo a los planos de construcción.
- Asegurarse que el suministro al tablero eléctrico esté apagado
- Verificar que los fusibles se encuentren en buen estado.
- Verificar que los tornillos que aseguran los cables, estén lo suficientemente apretados. No deben tener ningún contacto suelto. Los contactos y el equipo deben limpiarse muy bien con cualquier solvente de calidad eléctrico (como tetracloruro de carbono).
- Verificar fase a fase y fase a resistencia de tierra con un medidor megger. Si los valores de resistencia son bajos, investigue las causas que pueden ser debido a tornillos sueltos, tornillos flojos, etc.
- Comprobar la continuidad de fusibles mediante un multímetro.
- Verificar la resistencia neutral de tierra con un multímetro.
- Asegurarse que la caja principal cuente con un breaker de encendido y apagado del sistema.

- Verificar el voltaje de cada fase. Asegurarse de tomar las precauciones de seguridad adecuadas, como llevar guantes de hule aislantes y el aislamiento apropiado para la lámpara de mano, alambres, etc.
- Continuar con el siguiente chequeo dentro del tablero de control:
  - a) Verificar que las tres fases estén disponibles en el lado entrante del interruptor principal.
  - b) Verificar todos los fusibles, incluso los de mando e inserción.
  - c) Verificar el correcto funcionamiento del interruptor principal.
  - d) Chequear que todos los contactos trabajen, con su respectivo equipo y reaccione correctamente con sensores o temporizadores.
  - e) Verificar la resistencia entre las fases de los motores al cable de suministro.

## **4. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN PTAR**

### **4.1. Base técnica.**

Operar es hacer funcionar en forma correcta el sistema de tratamiento de aguas residuales a través de un trabajo permanente y responsable en las instalaciones y equipos, para tener un servicio constante, evitar la contaminación del ambiente y, sobre todo, asegurar la satisfacción de los usuarios.

#### **4.1.1. Inspección antes de la puesta en marcha**

Para la puesta en marcha inicial o puesta de marcha, cuando la unidad ha estado fuera de servicio durante un período muy prolongado es necesario seguir el siguiente procedimiento.

- **Clarificador**

Estos los constituyen las cámaras de electrocoagulación, floculación y coagulación química, donde; inicialmente se debe inspeccionar y limpiar todas las tuberías de entrada, salida y desagües, verificando que no contengan ningún cuerpo extraño, que pueda afectar el funcionamiento del equipo.

- **Filtros**

Inspeccionar interiormente las unidades de filtración, asegurando que el tanque se encuentre en buen estado, revisar cada uno de los elementos del tanque, verificando que

ningún elemento se encuentre roto o suelto. Cualquier situación anormal encontrada debe ser corregida antes de poner el sistema en funcionamiento.

Verificar la altura del lecho de arena y si ésta aún no se ha cargado se debe inspeccionar cuidadosamente el sistema colector inferior, asegurándose que todos los accesorios se encuentren bien roscados, según sea el caso y que las flautas se encuentren en buen estado; cualquier flauta que presente señales de ruptura o agrietamiento deberá ser reemplazada.

- **Instrumentos**

Comprobar que el caudal de ingreso de agua cruda, corresponda al caudal de diseño.

Comprobar que los medidores de pH y temperatura, tanto, de entrada, como, de salida, se encuentren en funcionamiento óptimo, comparándolos, con instrumentos más sofisticados que cumplen la misma función.

Comprobar que el sistema de dosificación de hipoclorito de sodio y policloruro de aluminio (PAC), estén conectados correctamente.

- **Equipos**

Verificar que las bombas centrifugas y sumergidas funcionen correctamente, revisando que estén correctamente conectadas al tablero de control e inspeccionado que las tuberías de succión y descarga, estén firmes y herméticas, ya que, estas no deben tener fugas.

Verificar el correcto funcionamiento del motorreductor que acciona el agitador, inspeccionando que las poleas se encuentren fijas y que la banda no esté agrietada, caso contrario cambiar de bandas o poleas para evitar accidentes.

Verificar que el transformador, que alimenta las celdas de electrocoagulación tenga un correcto funcionamiento, revisando que las celdas no tengan contacto, tanto, entre ellas como con el tanque, inspeccionando que ningún conductor este sin su recubrimiento y los tornillos no estén flojos.

#### **4.2. Puesta en marcha**

Una vez culminadas todas las revisiones previas y corregidas las anomalías encontradas en el sistema, se dispone a poner en marcha la planta de tratamiento, ejecutando los procesos expuestos anteriormente.

#### **4.2.1. Pretratamiento.**

El proceso de pretratamiento comienza desde el momento que el agua es desechada del área de tintorería, pasado primero por una cámara de reposo, que cuenta con un sistema de rejillas que permite la recolección de sólidos en la primera descarga, se debe verificar si esta rejilla permite el paso del agua, ya que, en ocasiones tiende a congestionarse.

El agua es llevada a una torre de enfriamiento, donde, se reduce la temperatura del agua y posteriormente es llevada a los tanques de homogeneización, permitiendo la neutralización del agua, comenzando así la desinfección de la misma.

#### **4.2.2. Electrocoagulación**

En este proceso se inyecta electricidad DC (corriente continua), mediante, dos tipos de electrodos, los cuales son uno de aluminio (ánodo) y otro de acero al carbono (cátodo), por medio de un transformador de energía (soldadora TIG), estos electrodos están separados de 2 a 3 centímetros, entre sí, permitiendo así la creación del campo magnético, el cual, ayuda a la decoloración del agua y separación de sólidos del agua (lodos).

Los sólidos desprendidos en este proceso, son de dos tipos, donde; tienden a flotar los más livianos en forma de una capa gruesa de espuma y los más pesados caen hacia el fondo del tanque (cuyo fondo es forma cilíndrica), para la posteriormente efectuar la descarga de lodos.

#### **4.2.3. Agitador**

Esta es una turbina localizada al fondo de los tanques de floculación y coagulación química, la cual, es accionada por medio de un motorreductor, este agitador cumple con la función de realizar la mezcla de los productos químicos, coagulante y floculante con el agua cruda. Los productos químicos son enviados a estas cámaras por medios de las bombas dosificadoras. El agua mezclada con los productos químicos pasa al mezclador rápido tipo laberinto vortex para continuar con la operación de floculación.

Se debe verificar que las bombas dosificadoras se encuentren operando y entregando químicos a la línea de agua cruda.

#### **4.2.4. Floculación.**

El agua, después de atravesar el proceso de electrocoagulación, es transportada a los tanques de floculación por medio de una bomba centrífuga, que por medio de un sistema de tuberías se produce el llenado del tanque desde abajo hacia arriba. Este ingreso tiene como función realizar una distribución uniforme del caudal de agua a lo largo de la cámara de floculación, evitando canalizaciones de flujo dentro de la unidad. En la cámara de floculación, los flóculos o partículas formadas por la reacción de los productos químicos con el agua, son inicialmente de tamaño muy pequeño y liviano, pero, por efecto de la agitación controlada producida por el laberinto vortex, se induce y facilita el contacto entre partículas, haciéndolas crecer de tamaño y, por lo tanto, se vuelven más pesadas, generando una mejor sedimentación de los mismos.

#### **4.2.5. Sedimentación**

Esta se produce de abajo hacia arriba, así mismo, se presenta un cambio de velocidad de ascenso, debido al constante incremento del área transversal en el sentido de flujo. A medida que el agua asciende se va presentando una disminución de su velocidad ascensional, favoreciéndose así la sedimentación de las partículas y flóculos formados en el tratamiento y cuya velocidad de sedimentación sea menor que la del ascenso del agua. De esta forma se establece un equilibrio, en el cual se forma una zona o manto de lodos de límites bien definidos, en el que las partículas o flóculos permanecen en suspensión, creando una forma de filtro donde quedan atrapadas las partículas más livianas, que han sido arrastradas por el agua. Cuando las partículas livianas de este manto han adquirido mayor peso comienzan a sedimentar, cayendo algunas en la parte inferior del tanque, ya que este tiene una forma de pirámide invertida para la evacuación de lodos.

La evacuación de lodos se debe hacer abriendo la válvula de descarga, ubicada en la parte posterior de la cámara de sedimentación, esta se debe abrir durante un período muy corto, de 20 a 30 segundos, varias veces a intervalos de 40 a 60 segundos. Este procedimiento se debe llevar a cabo una vez al día o en caso de que la producción de flóculos sea muy alta se hará más de una vez al día.

El agua clarificada luego de pasar por la cámara de sedimentación es llevada al sedimentador que cuenta con un sistema de tamices verticales, donde, se busca retener

los sólidos que continúan en el agua, para posteriormente ser llevada a un tanque de equilibrio, que abastece al filtro descendente para culminar su desinfección.

#### 4.2.6. Sistema de filtración

Los filtros de arena son unidades diseñadas para remover la materia suspendida en el agua, siempre y cuando ésta no se encuentre en estado coloidal, ya que por su tamaño tan pequeño las partículas pasarán a través del lecho de arena y saldrán como efluente.

Para poner en marcha su operación se deberá tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para el filtro, como se muestra en la fig. 2, las válvulas E, B, D deben estar abiertas y las válvulas C, A, F se mantendrían cerradas esto nos permite enviar el agua tratada al alcantarilla.

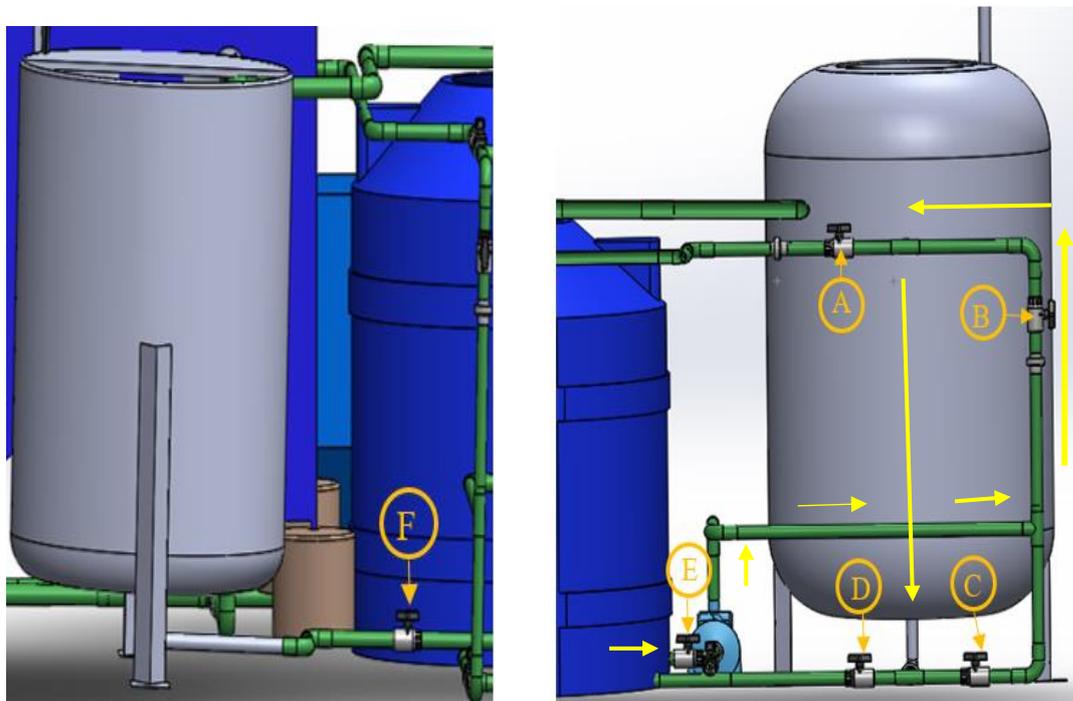


Figura 2: Sistema de limpieza y filtración de desechos

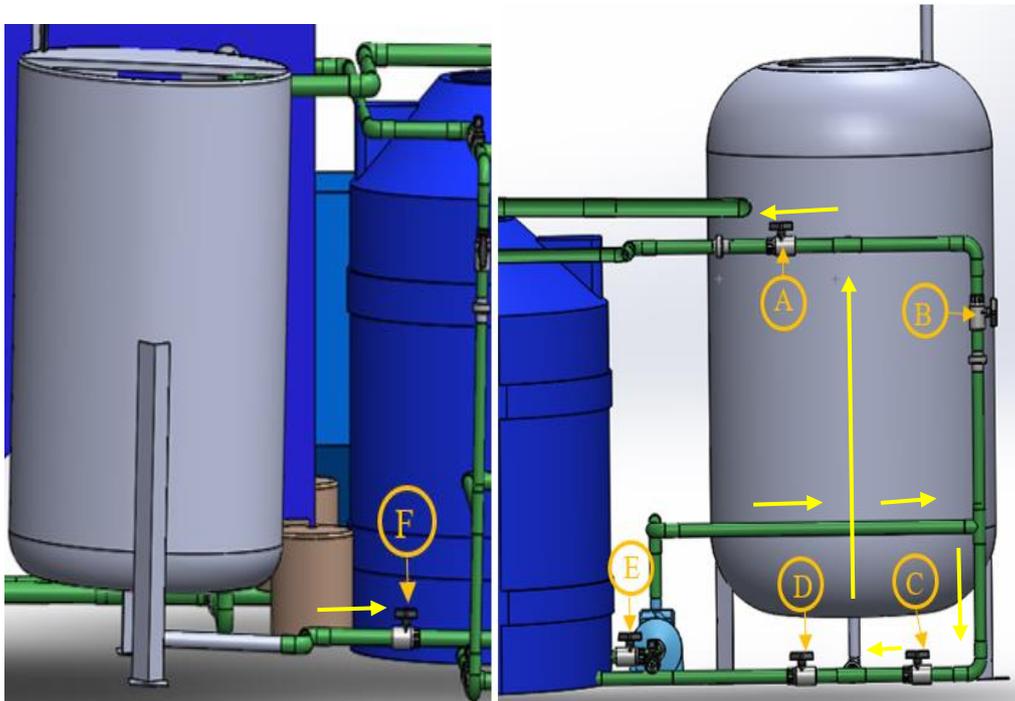
En este filtro es necesario realizar un retro lavado y enjuague, para el correcto funcionamiento del mismo.

##### 4.2.6.1. Retro lavado

El retrolavado del filtro se lo debe hacer cada 24 horas, es decir una vez al día.

En esta etapa se hace pasar el agua en contracorriente, es decir abrir las válvulas C, A, F y posteriormente cerrar las válvulas E, B, D, en sentido de abajo hacia arriba del lecho

de arena como se muestra en la fig 3, lo cual produce la expansión del mismo y el desprendimiento de las partículas causantes de la turbiedad que habían quedado retenidas entre los granos de arena, las cuales son arrastradas por el flujo de agua ascendente y finalmente son descargadas fuera del filtro a un tanque de lodos.



*Figura 3: Dirección de salida del flujo en el retrolavado.*

La operación del retrolavado normalmente toma un tiempo de 5 a 10 minutos y se determina su finalización mediante observación visual del agua que sale del filtro y va al desagüe; al comenzar el retrolavado, el agua que sale inicialmente es de apariencia cristalina, pero, luego de un período de tiempo muy corto comienza a salir muy sucia (amarillenta y lodosa), lo cual persiste por unos 4 a 6 minutos, a medida que transcurre el retrolavado va tomando nuevamente la apariencia más limpia y cristalina, indicando que se ha completado el retrolavado y que se puede proceder con la etapa de enjuague.

El retrolavado se lleva a cabo haciendo pasar el agua desde el tanque de equilibrio o pozo de agua clara.

#### **4.2.6.2. Enjuague**

Este proceso se lo realiza a continuación del retrolavado, el cual consiste en hacer circular agua en el filtro en sentido de arriba hacia abajo, como se muestra en la fig. 2, las válvulas E, B, D deben estar abiertas y las válvulas C, A, F, a través del lecho grava – arena, igual

que en la posición de filtración o servicio, pero enviándola al drenaje. Es necesario realizar esta operación con el propósito de evitar que cualquier partícula que haya quedado retenida en el medio filtrante, durante la etapa de retrolavado, pase al servicio al momento de colocar el filtro nuevamente en operación. Es por esta razón, que el agua obtenida después del retrolavado no debe usarse como agua filtrada, sino que debe desecharse enviándola al drenaje.

La operación de enjuague toma un tiempo de 2 a 5 minutos como máximo y se puede determinar su finalización por observación visual del agua que sale.

### **4.3. Mantenimiento de la planta de tratamiento**

El mantenimiento es el conjunto de acciones internas que se ejecutan en forma permanente y sistemática en las instalaciones y estructuras para mantenerlos, prevenir o reparar daños a fin de lograr un adecuado funcionamiento y mantener la capacidad del sistema.

El mantenimiento comprende básicamente las siguientes actividades:

- ✓ Prolongación de la vida útil de los diversos elementos.
- ✓ Limpieza y ordenamiento general.
- ✓ Sustitución, arreglo o reposición de elementos o procesos fuera de orden.

#### **4.3.1. Celdas de electrocoagulación**

Se debe poner especial atención, en el ataque a las celdas de electrocoagulación por parte de la oxidación, la cual se presenta principalmente en los electrodos de acero al carbono por la constante exposición al agua. Por tal motivo se deben corregir, inmediatamente se detecten, todos los defectos o daños causados a la infraestructura de las celdas, de tal manera se recomienda efectuar la limpieza semestral y en el mayor de los casos su respectivo reemplazo las se encuentren deterioradas, evitando así el contacto de los electrodos que podría causar un cortocircuito.

#### **4.3.2. Medios filtrantes**

Una vez al año se debe destapar el filtro y tomar muestras del mismo, para determinar su estado. Se debe observar cuidadosamente si existe la formación de bolas de barro y en

caso de confirmarse es indicativo de deficiencias en el retrolavado, por lo que se hace necesario extraer todo el medio filtrante y lavarlo con agua limpia para utilizarlo nuevamente. Si la formación de bolas de barro es muy grande lo más aconsejable es cambiar todo el lecho. Normalmente un lecho bien manejado tiene una vida útil de 5 a 8 años, esto depende de las presiones con las que trabaje el filtro, tanto, en filtraje como en retrolavado.

### **4.3.3. Válvulas y tuberías**

En condiciones normales, el mantenimiento de la válvulas y tuberías se limita básicamente a la limpieza y pintura, pero, se debe poner atención a posibles fugas de agua, las cuales deben ser corregidas inmediatamente se detecten.

## **4.4. Procedimientos para mantenimiento**

### **4.4.1. Limpieza de la rejilla**

Para la limpieza de la rejilla se debe seguir los siguientes pasos:

1. Utilizar los equipos de protección personal, y las herramientas necesarias para realizar esta actividad (rastrillo, balde y una pala cuadrada).
2. Utilizar el rastrillo y la pala cuadrada para desprender el material retenido en la rejilla, recoger en un balde y colocar para su disposición en fundas de basura. Las basuras recogidas en su gran parte son plásticos, piedras, maderas, etc. Por lo cual este material puede ser dispuesto por el carro recolector de basura.
3. La basura recolectada será llevada por el personal de operación.
4. Esta actividad se la debe realizar mensualmente.

### **4.4.2. Remoción de espumas y natas**

En la superficie de las cámaras de electrocoagulación y de floculación y coagulación química, se forma una capa flotante producida principalmente por grasas, aceites, material ligero y burbujas de gas generadas en el proceso de descomposición. Es necesario realizar la remoción de espumas y natas, ya que el arrastre de sólidos suspendidos y grasas afectan a las siguientes unidades de proceso, principalmente limitan la capacidad de filtración del agua tratada. La capa de espumas y natas se removerá mensualmente, siguiendo la ejecución de estos pasos:

1. Utilizar los equipos de protección individual personal (EPP) y las herramientas.
2. Retirar la espuma y natas que estén flotando sobre el agua con un cernidero de malla fina de plástico o madera. El mismo debe estar provisto de un mango largo, su material de construcción debe ser liviano y debe tener una forma ergonómica para facilitar el trabajo de desalojo.
3. Arrojar la espuma sobre la carretilla y esperar que se llene completamente.
4. Transportar cuidadosamente la carretilla, hacia el lecho de secado.

#### **4.4.3. Revisión de los lechos filtrantes**

Para realizar la inspección de los lechos de filtración, se procede en la siguiente forma:

1. Se hace una inspección visual de la superficie del lecho determinando lo siguiente:
  - Presencia de materiales extraños.
  - Formación de bolas de barro, es decir, masas compactas de materia filtrante que se han recubierto con lodos o partículas retenidos en el lecho.
  - Canalizaciones o agrietamientos del lecho.
  - Notar si ha existido pérdida de arena grava o antracita cual sea el caso.
2. En caso de encontrar partículas o material extraño, se debe investigar la procedencia de éstos y corregir la causa que los origina, para evitar que se repita. Si lo que se detecta son bolas de barro, canalizaciones o agrietamientos, el problema consiste fundamentalmente en un deficiente retrolavado del filtro.
3. Se debe revisar también la altura del medio filtrante; el filtro tiene dos capas de lecho filtrante:
  - La capa superior del lecho corresponde a la de arena y la inferior a las gravas.
  - El espesor de la capa de arena es de 20 cm. Esta altura debe ser medida a partir del difusor interior.

Si no se tiene la altura mencionada significa que se ha perdido material filtrante. Este se puede perder en la operación del retrolavado cuando el flujo del lavado es muy alto, produciendo una excesiva expansión del lecho y haciendo que el medio salga con el agua de la cañería.

4. Si se ha determinado la presencia de gran cantidad de bolas de barro, agrietamientos o canalizaciones, se debe extraer una muestra de material filtrante del que está bajo la superficie y se examina para determinar su estado.
5. Una vez se han secado los lechos se lavan con agua, en forma manual, para desprender la suciedad o partículas que están formando las bolas de barro.
6. Se coloca la tapa en la parte inferior teniendo cuidado de limpiar completamente todos los residuos de partículas del material filtrante para evitar que se presenten fugas.
7. Se cargan los lechos limpios, colocando la capa de arena. Ésta se va adicionando manualmente por la parte superior.
8. En caso de que se vaya a cambiar el lecho filtrante, se procede en forma idéntica a la secuencia de pasos presentado anteriormente, obviamente descartando la parte de lavado de los lechos.

#### **4.4.4. Revisión del tablero eléctrico**

Antes de entrar a inspeccionar el tablero eléctrico, hay que asegurarse que se encuentre desenergizado (cortado el suministro de corriente que alimenta al tablero).

Para la revisión del tablero eléctrico de control es necesario inspeccionar los siguientes elementos:

##### **1. Contactos**

Se debe verificar la rigidez y estabilidad de los contactos. En caso que se encuentre flojos se debe apretar hasta que estén fijos.

##### **2. Lámparas**

Observar si se encienden o no al accionar el interruptor respectivo de cada uno de los equipos. En caso de no encender alguna, se debe revisar las conexiones hacia y desde la lámpara, si estas se encuentran correctamente entonces se debe cambiar el bombillo.

##### **3. Contactores**

Se debe inspeccionar los contactos de cada uno de los contactores. Observar si hay signos o rastros de desgaste excesivo, fusión o irregularidad en la superficie del material de los platinos.

En caso de ser considerable el deterioro de estos elementos, es necesario proceder a cambiar el contactor, ya que, la operación bajo esas condiciones origina un arco eléctrico entre los platinos, lo cual aumenta la temperatura produciendo quemaduras en los cables o fusión del material de los contactos.

#### **4. Guardamotores**

Se debe verificar que el circuito se abre cuando se alcanza el consumo de corriente permisible. Esto se puede lograr activando el motor respectivo y graduando la protección térmica a un valor por debajo del consumo de corriente del motor. Debe dispararse después de un corto tiempo. Simultáneamente se debe medir el amperaje en las fases del motor.

##### **4.4.5. Revisión de interruptores de nivel**

Se debe inspeccionar cada uno de los interruptores de nivel para determinar si abren o cierran los circuitos correctamente. Para esto se procede así:

1. Se debe desconectar el cable del interruptor en la caja de distribución
2. Es necesario comprobar la continuidad, a través de las puntas de los cables que se desconectaron.
3. Con la mano se simula el cambio de nivel, bajando o subiendo el interruptor. A cada cambio de posición debe cambiar la continuidad, es decir, cuando cierra el contacto debe marcar continuidad y cuando se abre el circuito no debe marcar conductividad.
4. Si se encuentra que alguno no responde así, es necesario reemplazarlo por uno nuevo.
5. Si el interruptor está en buen estado, se conectan los cables para que cumpla con normalidad su servicio.

##### **4.5. Descripción de secuencia de control**

El sistema de control tipo automático de la planta se ejecuta en base a los cambios de nivel en cada uno de los tanques, desde donde succionan las bombas de la planta y en los cuales descarga, es decir, el control se realiza suspendiendo o iniciando la operación de las bombas de agua y de productos químicos, según el nivel en los tanques respectivos, sea bajo o alto.

Para un mayor tiempo de encendido de la bomba de filtración se sugiere mantener la pesa del flotador a una distancia aproximada de 10 a 15 cm desde la pesa hasta el flotador y mantener el cable por sobre la mitad del tanque de succión.

Los elementos con los cuales se ejecuta este control son los interruptores de nivel tipo flotador (para control por alto o bajo nivel según el caso), los cuales transmiten una señal eléctrica (1 fase) a una bornera en el tablero eléctrico de control y de ésta se lleva la señal a uno de los terminales de cada una de las bobinas de los contactores, que son controlados por el interruptor de nivel.

En el caso de manipulación del flotador tener precaución y cuidado de no golpearlo contra las paredes de la planta pues puede sufrir rupturas y se llenaría de agua y no funcionaría normalmente.

## **5. ARRANQUE Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA**

### **5.1. Arranque y funcionamiento de la planta**

1. Energizar el tablero de control mediante el breaker principal, verificar que el botón de paro de emergencia no se encuentre activado porque de lo contrario el tablero no se energizará.
2. Presionar el botón de marcha general, una vez presionado el botón verificar en el visor de voltaje que este marque 110 V, ya que, esta es la condición normal de operación de la planta.
3. Permitir el ingreso de agua cruda verificando que el contactor que activa la primera bomba, ya sea, que se encuentre en la posición manual o automático según sea la elección del trabajo, este enclavado, caso contrario no permitirá el paso del agua.
4. Generar la entrada de agua a la planta de tratamiento. Aforar el caudal de ingreso, para el caudal de diseño que se ha seleccionado para la misma.
5. Al culminar el llenado del primer tanque, iniciar el funcionamiento de las celdas de electrocoagulación, verificando que la máquina abastece de 100 amperios en DC (corriente continua), por un tiempo determinado de 30 min.
6. Al terminar el proceso de electrocoagulación, se activa la segunda bomba centrífuga que comenzará el llenado de los siguientes tanques, esto se realiza conjuntamente con las bombas dosificadoras de PAC (policloruro de aluminio) e

hipoclorito de sodio, por un tiempo determinado de 10 y 4 minutos respectivamente.

7. Cuando estos tanques lleguen a su nivel máximo, se activa el agitador, para producir la mezcla correcta y homogénea de los químicos suministrados al agua.
8. El agua clarificada debe pasar a través del filtro; esto se logra una vez que el agua desborda desde el sedimentador (la cámara que cuenta con el sistema de tamizadores verticales), el agua llega hasta el tanque de equilibrio, donde, el sensor de nivel detecta que llega al nivel medio y acciona la bomba de filtración.
9. Verificar que el sistema de filtración esté funcionando y revisar que las válvulas respectivas estén abiertas para permitir el paso del agua, caso contrario se puede producir una avería.
10. Purga una vez al día los lodos generados en la zona de sedimentación, floculación y electrocoagulación. Estos lodos deben descargarse en el tanque purga, ubicado en la parte posterior de la planta. La purga de estos tanques se hace directamente desde las válvulas ubicadas en la parte exterior de la planta, el tiempo determinado para esta purga debe ser al menos 3 a 5 minutos.
11. Verificar que la turbidez sea menor a 2 NTU a la salida del filtro.
12. Si no se llega a obtener al menos 2 NTU de turbidez, calibrar la dosificación de los químicos para obtener un mejor clarificado; se puede hacer una prueba de jarras para lograr la mayor eficiencia del coagulante y tener una turbiedad de menos de 5 NTU en el agua sedimentada para un mayor filtraje, de no bajar la turbiedad del agua filtrada realizar un retrolavado.
13. Para realizar un buen retrolavado mantener una presión de línea de 15 a 30 psi, la calidad del agua filtrada después del retrolavado depende también del tiempo lavado del filtro y el tiempo de enjuague.
14. Para tener un buen lavado de filtros se recomienda; hacerlo por un tiempo de 10 minutos y un tiempo de enjuague 10 minutos.

## **5.2. Actividades de mantenimiento preventivo**

Para todos los motores y bombas, se debe proseguir de acuerdo al manual de funcionamiento y mantenimiento.

A continuación, se resume las actividades rutinarias para realizar un mantenimiento preventivo, se clasifican en:

### **Actividades diarias**

- ✓ Ajuste de rutina
- ✓ Muestreo de efluente
- ✓ Limpieza de la planta
- ✓ Purgar tanques
- ✓ Retrolavado del filtro
- ✓ Monitorear la turbidez a la salida del filtro
- ✓ Chequear que bombas y motores funcionen correctamente
- ✓ Verificar el nivel de los químicos utilizados para coagulación y floculación química

### **Actividades semanales**

- ✓ Revisar ajuste de programadores
- ✓ Revisar estabilidad relativa del agua efluente
- ✓ Reemplazo de fusibles dañados

### **Actividades anuales**

- ✓ Revisar terminales eléctricas
- ✓ Revisar tanque de pretratamiento
- ✓ Limpieza y repintado de superficies metálicas
- ✓ Revisar las actividades del reloj

## 6. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Problema	Causa	Efecto	Solución
Floculo débil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH bajo</li> <li>• Alta dosificación de polímero</li> <li>• Baja dosificación de polímero</li> </ul>	El floculo se reúne sobre la superficie, provocando una calidad de agua turbia y poco clarificada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajustar la dosis de químicos y establecer el tiempo optimo del proceso de electrocoagulación, el pH a valores entre 5 a 7,</li> <li>• Hacer prueba de jarras y determinar la dosis óptima</li> </ul>
Bomba dosificadora, no dosifica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No existe químicos en el tanque de alimentación</li> <li>• Bombas descebadas</li> <li>• Falla del sistema eléctrico de la bomba.</li> </ul>	<p>No existe formación de floculo ni desinfección de agua.</p> <p>El agua pasa sin flocular, razón por la que los valores de turbidez se elevan y se obtienes un nivel nulo de cloro residual</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar que exista suficiente abastecimiento de químicos en el tanque</li> <li>• Cebas las bombas</li> <li>• Ajustar el sistema eléctrico</li> </ul>
Floculo se pasan en gran cantidad al filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lodos acumulados en los tanques de la planta de tratamiento</li> </ul>	Pobre clarificado con alto índice de turbidez	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purgar los tanques con más frecuencia (2 veces al día).</li> </ul>
No circula agua a través del filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtro colmatado</li> <li>• Falla eléctrica en la bomba</li> </ul>	La planta se desborda, ya que, no existe evacuación de agua a través del filtro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpiar filtro mediante retrolavado y enjuague con el agua limpia.</li> </ul>