



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**  
**DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA,**  
**PROVINCIA BOLÍVAR**

Trabajo de titulación para optar por el título de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: GISELA FRANCISCA TORRES TORRES**

**TUTORA: MÓNICA LILIÁN ANDRADE AVALOS**

Riobamba-Ecuador

2017

**©2017, Gissela Francisca Torres Torres**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo Técnico: **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR”**, de responsabilidad de la señorita Gissela Francisca Torres Torres con número de C.I: 150086081-0, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**NOMBRE**

**FECHA**

**FIRMA**

Ing. Mónica Andrade

.....

.....

**DIRECTORA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Ing. Hugo Calderón

.....

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Yo, Gissela Francisca Torres Torres, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación.

Riobamba, Jueves 27 de Abril del 2017

---

Gissela Francisca Torres Torres

C.I: 150086081-0

“Yo, Gissela Francisca Torres Torres soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”.

---

Gissela Francisca Torres Torres

## DEDICATORIA

*Mi Trabajo de Titulación lo dedico primeramente a Dios por haberme dado la vida y permitirme culminar con este sueño, y por haberme privilegiado de tener una grandiosa familia a los que amo con todo mi ser.*

*A mis padres Milciades Torres y Piedad Torres quienes se esforzaron y sacrificaron por darme lo mejor, los que han sabido guiarme por el camino del bien, por darme amor y cariño sin medida.*

*A mis hermanos Juan Carlos Torres y Mónica Torres que han sido mi apoyo incondicional, que a pesar de la distancia nunca me han dejado sola.*

*A mi abuelita María que me ha brindado su cariño y apoyo moral en todo momento.*

*A mi novio Danny Ortiz que siempre estuvo apoyándome e insistiendo para que culmine con mi sueño.*

*Gissela Torres*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por brindarme la sabiduría y ser la luz que ilumina mi vida, la fuerza que me ayuda a salir adelante en todos los momentos difíciles y haberme permitido llegar al lugar en el que en estos momentos me encuentro.*

*A mis padres, Piedad Torres y Milciades Torres que son todo en mi vida, les doy gracias por su esfuerzo, sacrificio, amor, comprensión, dedicación y sobre todo la paciencia que han tenido conmigo sin dejarme sola en ningún momento..*

*A mis hermanos Juan Carlos Torres y Mónica Torres, por ser mis cómplices y mi apoyo incondicional durante el transcurso de toda mi carrera.*

*A mi novio Danny Ortiz mi amor, por alentarme a cumplir con todos mis sueños, por su paciencia, sus buenos consejos, por su apoyo, por su amor incondicional, por ser la persona que me tranquiliza cuando estoy mal, te amo mi feíto.*

*A mi Tutora de Trabajo de Titulación Ing. Mónica Andrade y a mi colaborador Ing. Hugo Calderón, por todo el esfuerzo y dedicación que tuvieron durante el desarrollo del mismo y por toda la asesoría brindada para poder culminar este trabajo.*

*Al Ingeniero Raúl Allán por su dedicación y paciencia durante la elaboración del Trabajo de Titulación, que aparte de haber sido el responsable de la dirección técnica de este trabajo es un amigo incondicional y un valioso ser humano.*

*A la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPA-G que proporcionó el aval para el desarrollo del presente trabajo.*

*A la Escuela de Ingeniería Química de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por los conocimientos recibidos en el transcurso de la carrera.*

*A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haberme dado la oportunidad de ingresar a esta excelente Institución y así poder crecer como persona y formarme como profesional.*

*Gissela Torres*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
TABLA DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVII
RESUMEN .....	XVIII
SUMMARY .....	XIX

### CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.3.	LÍNEA BASE DEL PROYECTO.....	3
1.3.1.	Condición actual del Sistema de Tratamiento de Lixiviados .....	3
1.3.2.	Método de recopilación de la información.....	5
1.3.3.	Procedimientos para la recolección de información.....	5
1.3.4.	Métodos de análisis .....	6
1.3.5.	Determinación del Caudal .....	8
1.3.6.	Metodología .....	9
1.3.7.	Análisis.....	10
1.3.8.	Prueba de Test de Jarras para la Turbiedad.....	14
1.4.	BENEFICIARIOS DIRECTOS E INDIRECTOS.....	17
1.4.1.	Directos .....	17
1.4.2.	Indirectos .....	17

### CAPÍTULO II

2.	OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	18
2.1.	OBJETIVO GENERAL .....	18
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18



### CAPÍTULO III

3.	ESTUDIO TÉCNICO.....	19
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	19
3.2.	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	20
3.2.1.	Generalidades de Lixiviados.....	20
3.2.2.	Características de los lixiviados.....	21
3.2.3.	Métodos de caracterización de los lixiviados.....	22
3.2.4.	Minimización de lixiviados .....	24
3.2.5.	Biodegradabilidad.....	25
3.2.6.	Tratamientos más comunes para los Lixiviados .....	26
3.2.7.	Rediseño del Sistema de Tratamientos de Lixiviados.....	29
3.2.8.	Cálculos del Rediseño del Sistema de Tratamientos de Lixiviados .....	58
3.2.9.	Resultados del Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento de Lixiviados ...	73
3.2.10.	Resultados de la caracterización final del lixiviado .....	76
3.2.11.	Análisis y discusión de resultados .....	84
3.3.	PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	85
3.3.1.	Propuesta del Rediseño.....	86
3.4.	REQUERIMIENTOS DE TECNOLOGÍA, EQUIPOS Y MAQUINARIA .....	87
3.4.1.	Equipos del laboratorio.....	87
3.4.2.	Materiales e instrumentos del laboratorio .....	87
3.5.	ANÁLISIS DE COSTO/BENEFICIO DEL PROYECTO .....	88
3.5.1.	Costos de implementación de equipos .....	88
3.5.2.	Costos operativos de químicos .....	90
3.5.3.	Costos de mano de obra.....	90
3.5.4.	Costo total de la inversión para el Sistema de Tratamiento de Lixiviados .....	90
3.6.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	91
	CONCLUSIONES	
	RECOMENDACIONES	
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A</b>	Área del tanque (m <sup>2</sup> )
<b>a</b>	Periodo de retención (s)
<b>A<sub>b</sub></b>	Área libre al paso del agua (m <sup>2</sup> )
<b>A<sub>c</sub></b>	Área del canal (m <sup>2</sup> )
<b>A<sub>f</sub></b>	Área transversal del flujo (m <sup>2</sup> )
<b>A<sub>ls</sub></b>	Área de la era de secado (m <sup>2</sup> )
<b>A<sub>ls<sub>i</sub></sub></b>	Área individual de la era de secado (m <sup>2</sup> )
<b>A<sub>s</sub></b>	Superficie del desarenador (m <sup>2</sup> )
<b>A<sub>T</sub></b>	Área total del desarenador (m <sup>2</sup> )
<b>B</b>	Base del desarenador (m)
<b>bg</b>	Separación entre barras para rejillas finas (m)
<b>C</b>	Altura del rodete sobre el fondo del tanque (m)
<b>C</b>	Capacidad del desarenador (m <sup>3</sup> )
<b>C</b>	Carga de sólidos (Kg/día)
<b>Cd</b>	Coefficiente de arrastre (adimensional)
<b>C<sub>N-100</sub></b>	Cantidad de Auxiliar de coagulación (g/día)
<b>C<sub>PAC</sub></b>	Cantidad de Policloruro de Aluminio (g/día)
<b>Da</b>	Diámetro del agitador (m)
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L)
<b>Dd</b>	Diámetro del sujetador de las paletas (m)
<b>D<sub>N-100</sub></b>	Dosificación de Auxiliar de coagulación (L/día)
<b>d<sub>p</sub></b>	Diámetro de la partícula (cm)
<b>D<sub>PAC</sub></b>	Dosificación de Policloruro de Aluminio (L/día)
<b>DQO</b>	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)
<b>e</b>	Separación entre barras (m)
<b>EP-EMAPA-G</b>	Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda

<b>FAFA</b>	Filtro anaeróbico de flujo ascendente
<b>g</b>	Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )
<b>G</b>	Gradiente óptimo para la coagulación ( $s^{-1}$ )
<b>GAD</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado
<b>h</b>	Tirante del agua en el canal (m)
<b>hc</b>	Pérdida de carga a través de las rejillas (m)
<b>Hs</b>	Altura de seguridad (m)
<b>H<sub>T</sub></b>	Altura total del canal (m)
<b>H<sub>Tf</sub></b>	Altura total de la cámara (m)
<b>J</b>	Ancho de las placas deflectoras (m)
<b>K</b>	Coefficiente de corrección (adimensional)
<b>k</b>	Constante de agitación para 6 paletas (adimensional)
<b>L</b>	Longitud (m)
<b>L<sub>b</sub></b>	Longitud de las barras (m)
<b>L<sub>s</sub></b>	Longitud sumergida de las barras (m)
<b>Msd</b>	Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg/día)
<b>N</b>	Velocidad de rotación para el agitador (rev/min)
<b>n</b>	Coefficiente de Manning (adimensional)
<b>N<sub>b</sub></b>	Número de barras para rejillas finas (unidades)
<b>N<sub>Re</sub></b>	Número de Reynolds (adimensional)
<b>P</b>	Potencia del motor para el agitador (W)
<b>q</b>	Carga hidráulica ( $m^3/m^2 \cdot día$ )
<b>Q</b>	Caudal del lixiviado (L/s)
<b>r</b>	Radio del tanque cilíndrico vertical (m)
<b>RH</b>	Radio hidráulico del canal (m)
<b>s</b>	Espesor máximo de las barras (m)
<b>S</b>	Gradiente hidráulico (m/m)
<b>SS</b>	Sólidos suspendidos (mg/L)
<b>T</b>	Tiempo de llenado (h)

<b>t</b>	Tiempo de retención (s)
<b>T<sub>DL</sub></b>	Intervalo de tiempo para desalojar el lodo (h)
<b>TULSMA</b>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente
<b>V</b>	Volumen (m <sup>3</sup> )
<b>V<sub>ap</sub></b>	Velocidad de aproximación del agua al canal (m/s)
<b>Vel</b>	Volumen de lodos a extraerse (m <sup>3</sup> )
<b>V<sub>f</sub></b>	Volumen del filtro (m <sup>3</sup> )
<b>V<sub>ld</sub></b>	Volumen diario de lodos digeridos (L/día)
<b>V<sub>s</sub></b>	Velocidad de sedimentación (cm/s)
<b>W</b>	Ancho de paletas (m)
<b>β</b>	Factor dependiente de la forma de las barras (adimensional)
<b>δ<sub>a</sub></b>	Densidad de la partícula (g/cm <sup>3</sup> )
<b>δ<sub>l</sub></b>	Densidad del líquido (g/cm <sup>3</sup> )
<b>μ</b>	Viscosidad del líquido (cm <sup>2</sup> /s)
<b>π</b>	Pi (adimensional)
<b>φ</b>	Ángulo de inclinación (°)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Diagrama del Sistema de Tratamiento de Lixiviados actual .....	5
Figura 1-3. Ubicación geográfica del Cantón Guaranda.....	20
Figura 2-3. Ábaco de la fórmula de Manning.....	30
Figura 3-3. Formas comunes de las barras de rejillas .....	34
Figura 4-3. Desarenador (corte longitudinal) .....	37
Figura 5-3. Dimensiones características de un agitador .....	43
Figura 6-3. Diagrama del sistema de tratamiento de lixiviados .....	85

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1. Variación de la turbidez en función de la dosis de PAC.....	16
Gráfico 1-3. Disminución de Color .....	77
Gráfico 2-3. Disminución de la Turbiedad .....	78
Gráfico 3-3. Disminución del pH .....	78
Gráfico 4-3. Disminución de la Conductividad Eléctrica .....	79
Gráfico 5-3. Disminución de Sólidos Suspendidos Totales .....	79
Gráfico 6-3. Disminución de Nitrógeno Total.....	80
Gráfico 7-3. Disminución de Fluoruros.....	80
Gráfico 8-3. Disminución de Cromo .....	81
Gráfico 9-3. Disminución de Cianuro .....	81
Gráfico 10-3. Disminución de Bario .....	82
Gráfico 11-3. Disminución del DBO <sub>5</sub> .....	82
Gráfico 12-3. Disminución del DQO .....	83
Gráfico 13-3. Disminución de Coliformes Totales.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Recolección de muestras en el mes de Abril .....	6
Tabla 2-1. Recolección de muestras en el mes de Mayo .....	6
Tabla 3-1. Parámetros físicos .....	6
Tabla 4-1. Parámetros químicos .....	7
Tabla 5-1. Parámetros microbiológicos.....	8
Tabla 6-1. Aforaciones de caudal del lixiviado en el mes de Abril .....	8
Tabla 7-1. Aforaciones de caudal del lixiviado en el mes de Mayo .....	9
Tabla 8-1. Promedio de aforación de caudales del lixiviado .....	9
Tabla 9-1. Análisis físico, químico y microbiológico del lixiviado en el mes de Abril .....	11
Tabla 10-1. Análisis físico, químico y microbiológico del lixiviado en el mes de Mayo .....	12
Tabla 11-1. Parámetros fuera de los límites permisibles .....	13
Tabla 12-1. Resultados del test de jarras con turbiedad de 586,99 NTU (MES ABRIL).....	14
Tabla 13-1. Resultados del test de jarras con turbiedad de 706,55 NTU (MES MAYO).....	15
Tabla 14-1. Turbidez en función de la dosis de Policloruro de Aluminio (PAC) .....	15
Tabla 1-3. Características geográficas del Cantón Guaranda .....	19
Tabla 2-3. Características del lixiviado de rellenos sanitarios .....	21
Tabla 3-3. Parámetros organolépticos .....	22
Tabla 4-3. Parámetros físicos .....	22
Tabla 5-3. Parámetros químicos .....	23
Tabla 6-3. Parámetros microbiológicos.....	24
Tabla 7-3. Relación entre parámetros DBO <sub>5</sub> /DQO.....	26
Tabla 8-3. Tratamientos físico-químicos.....	27
Tabla 9-3. Tratamientos biológicos .....	28
Tabla 10-3. Coeficiente de Manning para cunetas y canales revestidos .....	30
Tabla 11-3. Información sobre rejillas de limpieza manual.....	33
Tabla 12-3. Coeficiente de pérdidas para rejillas.....	34
Tabla 13-3. Parámetros para el dimensionamiento del desarenador .....	38
Tabla 14-3. Remoción de depósitos .....	38
Tabla 15-3. Densidad y viscosidad del agua a distintas temperaturas .....	38
Tabla 16-3. Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación .....	39
Tabla 17-3. Dimensiones características de un agitador de turbina (6 paletas).....	44
Tabla 18-3. Parámetros de diseño para mezcladores de turbina .....	44
Tabla 19-3. Número de potencia para diferentes tipos de impulsores .....	44
Tabla 20-3. Propiedades físicas del agua.....	45
Tabla 21-3. Ventajas y desventajas de las eras de secado.....	52
Tabla 22-3. Criterios de diseño para la era de secado.....	52
Tabla 23-3. Tiempo requerido para digestión de lodos .....	52
Tabla 24-3. Criterios de diseño para el filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente .....	56
Tabla 25-3. Resultados del dimensionamiento del Canal .....	73
Tabla 26-3. Resultados del dimensionamiento de las Rejillas .....	74
Tabla 27-3. Resultados del dimensionamiento del Desarenador .....	74
Tabla 28-3. Resultados del dimensionamiento del Tanque Agitador.....	74
Tabla 29-3. Resultados de la Dosificación de productos químicos.....	75
Tabla 30-3. Resultados del dimensionamiento de la Era de Secado .....	75
Tabla 31-3. Resultados del dimensionamiento del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente .....	76

Tabla 32-3. Resultados del tratamiento del lixiviado .....	76
Tabla 33-3. Resultados de los análisis del Color .....	77
Tabla 34-3. Resultados de los análisis de la turbiedad .....	78
Tabla 35-3. Resultados de los análisis del pH .....	78
Tabla 36-3. Resultados de los análisis de la Conductividad Eléctrica .....	79
Tabla 37-3. Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendidos Totales .....	79
Tabla 38-3. Resultados de los análisis del Nitrógeno Total .....	80
Tabla 39-3. Resultados de los análisis de Fluoruros .....	80
Tabla 40-3. Resultados de los análisis del Cromo .....	81
Tabla 41-3. Resultados de los análisis del Cianuro .....	81
Tabla 42-3. Resultados de los análisis del Bario .....	82
Tabla 43-3. Resultados de los análisis del DBO <sub>5</sub> .....	82
Tabla 44-3. Resultados de los análisis del DQO .....	83
Tabla 45-3. Resultados de los análisis de Coliformes Totales .....	83
Tabla 46-3. Propuesta de Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados .....	86
Tabla 47-3. Equipos para la Caracterización del Lixiviado .....	87
Tabla 48-3. Equipos para la Tratabilidad del Lixiviado .....	87
Tabla 49-3. Materiales e instrumentos para la Caracterización del Lixiviado .....	87
Tabla 50-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de Tratabilidad del Lixiviado .....	88
Tabla 51-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de tratabilidad del lixiviado .....	88
Tabla 52-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de tratabilidad del lixiviado .....	90
Tabla 53-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de Tratabilidad del Lixiviado .....	90
Tabla 54-3. Costo total de inversión .....	90
Tabla 55-3. Cronograma de actividades .....	91



## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE**
- ANEXO B. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS LIXIVIADOS (MES ABRIL)**
- ANEXO C. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS LIXIVIADOS (MES MAYO)**
- ANEXO D. CARACTERIZACIÓN FINAL DE LOS LIXIVIADOS (MES ABRIL)**
- ANEXO E. CARACTERIZACIÓN FINAL DE LOS LIXIVIADOS (MES MAYO)**
- ANEXO F. PRUEBA DEL TEST DE JARRAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS**
- ANEXO G. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PAC-P25A**
- ANEXO H. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA FLOCULANTE N-100**
- ANEXO I. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ARENA Y GRAVA SILÍCICA**
- ANEXO J. DETERMINACIÓN DEL COLOR**
- ANEXO K. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO**
- ANEXO L. DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ**
- ANEXO M. DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**
- ANEXO N. DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS**
- ANEXO O. DETERMINACIÓN DE FLUORUROS**
- ANEXO P. DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO AMONICAL**
- ANEXO Q. DETERMINACIÓN DEL BARIO**
- ANEXO R. DETERMINACIÓN DEL CROMO HEXAVALENTE**
- ANEXO S. DETERMINACIÓN DEL CIANURO**
- ANEXO T. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES**
- ANEXO U. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES**
- ANEXO V. TOMA DE MUESTRAS**
- ANEXO W. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA**
- ANEXO X. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA**
- ANEXO Y. PLANO DEL REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**

## RESUMEN

Se rediseñó el Sistema de Tratamiento de Lixiviados generados en el Botadero Curgua del Cantón Guaranda Provincia de Bolívar, con el propósito de disminuir los contaminantes de este lixiviado y poder ser descargado al Río Guaranda con parámetros que cumplan la Norma establecida por el TULSMA 2015, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10. Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica utilizando los Métodos HACH y el Manual de Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales. Una vez realizado los análisis respectivos y obtenidos los resultados se detectó que ciertos parámetros se hallan fuera de la Norma, entre los cuales tenemos: Color 1035 UTC, Turbiedad 646,77 NTU, Conductividad 1277,86 uS/cm, pH 8,91, Sólidos Suspendidos Totales 275,4 mg/L, Nitrógeno Total 58,79 mg/L, Fluoruros 15,11 mg/L, Cromo 0,575 mg/L, Cianuro 0,29 mg/L, Bario 2,64 mg/L, DBO<sub>5</sub> 745,815 mg/L, DQO 1229,465 mg/L, Coliformes Totales 1364,00 NMP/100 mL. Se estableció la eficiencia de dichos tratamientos, ahora los parámetros fuera de la Norma se hallan dentro de los límites dándonos los siguientes valores: Color 1,00 UTC, Turbiedad 0,49 NTU, Conductividad 215,66 uS/cm, pH 7,065, Sólidos Suspendidos Totales 48,885 mg/L, Nitrógeno Total 19,00 mg/L, Fluoruros 4,025 mg/L, Cromo 0,017 mg/L, Cianuro 0,0085 mg/L, Bario 1,145 mg/L, DBO<sub>5</sub> 32,00 mg/L, DQO 49,00 mg/L, Coliformes Totales 1,00 NMP/100 mL; con un porcentaje de remoción promedio de 82,26 %, cumpliendo con lo establecido en la Norma y permitiendo su vertido a un cuerpo de agua dulce. El Rediseño del Sistema constará con procesos como: Canal, Rejilla, Desarenador, Tanque Agitador, Filtro anaeróbico de flujo ascendente y Era de secado. Se recomienda realizar periódicamente la caracterización física, química y microbiológica de la descarga del lixiviado para obtener datos reales que nos permita controlar el buen funcionamiento del Sistema de Tratamiento verificándose que cumpla con la Norma vigente establecida.

**PALABRAS CLAVE:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS>, <BOTADERO DE BASURA>, <CARACTERIZACIÓN FÍSICOS-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICAS>, <GUARANDA (CANTÓN)>, <BOLÍVAR (PROVINCIA)>, <NORMA TULMSMA 2015>.

## SUMMARY

It was redesigned the Treatment System of Leachates generated in the Curgua Boundary of Guaranda Canton, Bolivar Province with the purpose of reducing the pollutants of this leachate and be able to be discharged to Guaranda River with parameters that comply with the Standard established by the TULSMA 2015, Book VI, Annex 1, Table 10. It was done the physical-chemical characterization and microbiology using HACH and Stablished Methods Manual for the Analysis of Drinking Water and Residuals. Once the respective analyzes were carried out and the results obtained, it was detected that certain parameters are outside the Standard, among them there are: Color 1035 UTC, Turbidity 646,77 NTU, Conductivity 1277,86 uS/cm, pH 8,91, Total Suspended Solids 275,4 mg/L, Total Nitrogen 58,79 mg/L, Fluorides 15,11 mg/L, Chromium 0,575 mg/L, Cyanide 0,29 mg/L, Barium 2,64 mg/L, DBO<sub>5</sub> 745,815 mg/L, DQO 1229,465 mg/L, Total Coliformes 1364,00 NMP/100 mL. The efficiency of these treatments were established, now the parameters outside the Standard were within the limits given the following values: Color 1,00 UTC, Turbidity 0,49 NTU, Conductivity 215,66 uS/cm, pH 7,065, Total Suspended Solids 48,885 mg/L, Total Nitrogen 19,00 mg/L, Fluorides 4,025 mg/L, Chromium 0,017 mg/L, Cyanide 0,0085 mg/L, Barium 1,145 mg/L, DBO<sub>5</sub> 32,00 mg/L, DQO 49,00 mg/L, Total Coliformes 1,00 NMP/100 mL; with an average removal rate of 82,86 %, complying with the Norm and allowing its discharge to a body of fresh water. The Redesign of the System will verify with processes such as: channel, grille, degreaser, agitator tank, anaerobic filter of upflow and drying season. It is recommended to periodically carry out the physical, chemical and microbiological characterization of the leachate discharge to obtain real data that allows us to control the good functioning of the Treatment System, verifying that it complies with the current established Norm.

**KEYWORDS:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <CHEMICAL ENGINEERING>, <REDESING OF THE LEACHATE TREATMENT SYSTEM>, <GARBAGE DUMP>, <PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION>, <GUARANDA (CANTON)>, <BOLIVAR (PROVINCE)>, <TULMSMA STANDARD 2015>.

# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del problema

Se entiende por “Lixiviados”: cualquier líquido que percole a través de los residuos depositados y que sea emitido este contenido en un vertedero. La variabilidad en cuanto a la cantidad y calidad del lixiviado de un lugar a otro, y en cada relleno a medida que las estaciones cambian y el relleno envejece, hace del Tratamiento del Lixiviado un problema mucho más difícil que el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales.

El lixiviado generado en un relleno sanitario es producto de múltiples factores, tales como: composición de la basura, edad del relleno, balance de agua, diseño y operación del relleno sanitario, solubilidad de los desechos, procesos de conversión microbiológica y química y la interacción del lixiviado con el ambiente. El caudal generado varía de acuerdo con el estado de avance y el tipo de operación del relleno, y la composición también varía en el tiempo. Conllevan, por tanto, una gran complejidad, ya que presentan fuerte carga orgánica, altos contenidos de nitrógeno y presencia de metales pesados.

La población asentada en los alrededores del Botadero de Curgua es afectada por la disposición final de los residuos sólidos. Al ser consultados han precisado que esta situación ha generado: perturbación en la salud y bienestar de las comunidades del área de influencia, debido a la proliferación de vectores, tales como: insectos, roedores, aves carroñeras, afectación a la salud por inhalación de emisiones de gases y por la inhalación de olores ofensivos.

Con el apoyo de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPA-G y el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda se pretende Rediseñar el Sistema de Tratamiento de Lixiviados con el propósito de garantizar la disminución de la contaminación, cumpliendo con los parámetros establecidos en la Norma que exige el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del (TULSMA); así mejorar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua de manera que esté apta para utilizar como fuente de riego y contribuir a la conservación de los recursos naturales del sector.

## **1.2. Justificación del Proyecto**

La Ciudad de Guaranda, capital de la provincia de Bolívar y cabecera del Cantón Guaranda, es una de las más antiguas Ciudades de la Región Interandina y del país. Es denominada la Ciudad de las 7 colinas enclavada en el centro del Ecuador. La Ciudad de Guaranda cuenta con un servicio de agua potable a gravedad, abastecido por aguas subterráneas que afloran en distintos sitios del sector denominado el Arenal en las estribaciones del Chimborazo.

El lixiviado producido y extraído de la basura, causa serios problemas y un importante peligro para la salud o la seguridad pública, por lo cual se ha visto en la necesidad de realizar un tratamiento acorde al problema generado por la descomposición de los mismos, que garantice la mitigación de los impactos ambientales negativos al medio. Es una responsabilidad para el Sistema de Tratamiento de Lixiviados tratar los mismos de acuerdo a la Norma que exige el Ministerio del Ambiente, Municipios, TULSMA, etc., ya que estaríamos atentando contra la preservación de los ecosistemas y regatos del Río Guaranda.

Actualmente el Municipio del Cantón Guaranda cuenta con un espacio en la que se dispone los residuos sólidos; donde se generan desechos los cuales deben ser tratados y dispuestos de una forma técnica, ya que el lixiviado es producido y extraído de la basura, que causa serios problemas. El constante aumento de la población y el incremento de residuos sólidos en la Ciudad de Guaranda generan contaminación de los ríos provocada por el mal manejo y falta de tratamientos de los mismos, evidenciando un gran problema, por ejemplo la generación de malos olores y enfermedades que aquejan a las comunidades cercanas por su alto contenido de agentes patógenos y la presencia de metales pesados que causan daño a los sembradíos propios de la zona. Debido al crecimiento poblacional se requiere evaluar y proponer un Rediseño de la construcción de un Sistema de Tratamiento de Lixiviados en el Cantón Guaranda, para mejorar el nivel de vida de sus pobladores y el de sus alrededores. Esto contribuirá a reducir y minimizar el impacto ambiental causado por las descargas de las aguas de los residuos sólidos del Botadero Curgua de este Cantón que desembocan al Río Guaranda.

La EP-EMAPA-G tiene la finalidad de que la presente investigación del Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero de Curgua del Cantón Guaranda; con la adecuación e implementación de nuevos procesos de tratamiento se contribuya a mejorar la calidad del agua. De manera que se realizará el diagnóstico actual con la caracterización física, química y bacteriológica de los lixiviados originados en el Botadero Curgua; tomando una muestra en las vertientes correspondientes, hasta llegar a la detección de los fallos del sistema y corrección de los mismos; para luego realizar las pruebas de tratabilidad para obtener los parámetros del Rediseño del Sistema.

Este proyecto pretende identificar las posibles causas de mal funcionamiento y proponer soluciones al Sistema de Tratamiento de Lixiviados para que funcione correctamente y cumpla la calidad de vertidos con la Norma que exige el TULSMA. Busca disminuir los parámetros de contaminantes que exceden esta Norma con la implementación necesaria y el personal capacitado para el manejo de los equipos correspondientes debido a que en la actualidad Guaranda no cuenta con un sistema de este tipo.

### **1.3. Línea Base del Proyecto**

#### ***1.3.1. Condición actual del Sistema de Tratamiento de Lixiviados***

El Botadero de Curgua se encuentra ubicado junto a la ribera del Río Guaranda, tiene aproximadamente 20 años desde cuando se inició el depósito de residuos sólidos sin embargo en el mismo no existe un colindante al río con una plataforma impermeabilizada.

El Botadero se encuentra ubicado a 15 minutos de la Ciudad de Guaranda. El terreno se ve saturado y cuenta con un espacio físico de aproximadamente 2 Ha. Aquí se genera residuos aproximadamente 40 ton/día, 1200 ton/mes, 14400 ton/año, considerándose los cambios climáticos que a su vez provocan incrementos considerables del volumen de lixiviado generados por los residuos sólidos.

El sistema de recolección de líquidos es de tipo convencional, está compuesto por procesos físicos sencillos empleándose tecnologías básicas de depuración.

*El Sistema de Tratamiento está compuesto de elementos tales como:*

- **Tanque recolector (captación)**

El lixiviado se canaliza y recoge en el tanque recolector que pasa a través de una tubería de 90 mm de diámetro que se encuentra conectada directamente del botadero donde se origina el lixiviado por percolación. Este tanque cuenta con una capacidad de 0,5 m<sup>3</sup> que mide (1,00×1,00×0,50) m<sup>3</sup>, de ancho, largo y profundidad respectivamente.

- **Celdas**

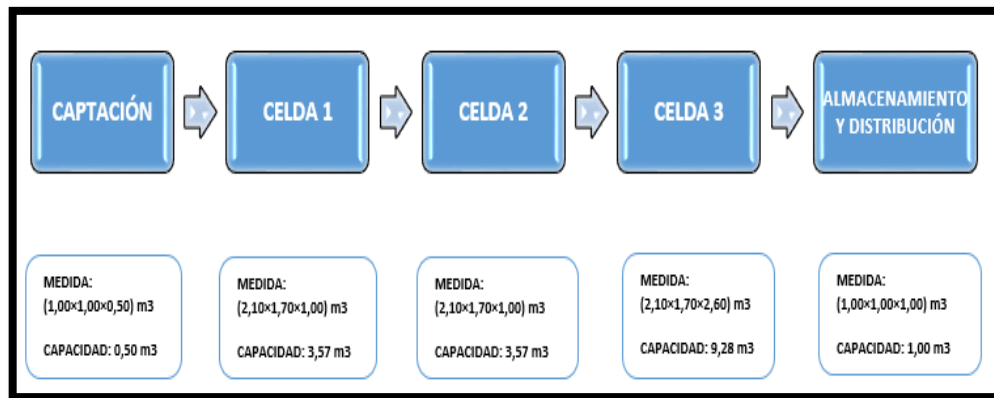
El tanque recolector se conecta directamente por una tubería de 50 mm de diámetro a la celda 1 en la que se realiza el proceso de decantación en el cual se decanta los sólidos gruesos y sedimentables, cuya celda tiene una capacidad de 3,57 m<sup>3</sup> y mide (2,10×1,00×1,70) m<sup>3</sup>, de ancho, largo y profundidad respectivamente al igual que la celda 2 con la misma capacidad de la primera celda; cuyo lixiviado es transportado por unos orificios que se encuentra en la parte inferior hacia la segunda celda. En cuanto a la celda 3 esta consta con una capacidad de 9,282 m<sup>3</sup> que mide (2,10×2,60×1,70) m<sup>3</sup>, de ancho, largo y profundidad respectivamente, se encuentra conectada a través de un sistema de drenaje con la celda 2 donde se realiza un proceso de recirculación por actividad biológica, en los cuales apenas se logra una mínima remoción de DBO, DQO y carga contaminante en un 5%; este proceso que ocurre en la celda, si bien no es una unidad de tratamiento, pero si contribuye a mejorar en algo la calidad del efluente.

- **Tanque de descarga**

Finalmente el lixiviado es conducido a través de una tubería de 50 mm de diámetro hacia un tanque de almacenamiento controlado por una válvula de compuerta para su posterior descarga; cuyo tanque cuenta con una capacidad de 1 m<sup>3</sup>, que mide (1,00×1,00×1,00) m<sup>3</sup>, de ancho, largo y profundidad respectivamente. Realizado la caracterización inicial del lixiviado se comprobó que este líquido es descargado al Río Guaranda con una alta presencia de carga contaminante que causa deterioro y daño para el ambiente, y por ende perjuicio para la salud de los habitantes aledaños a este sector.

El flujo del lixiviado que ingresa al Sistema de Tratamiento de Lixiviados es discontinuo, ya que la actividad de la generación de lixiviados depende de la precipitación del sitio donde se encuentra el Botadero.

Del diagnóstico actual del Sistema de Tratamiento de Lixiviados se puede indicar que no es el más adecuado debido por la generación de olores desagradables y el impacto visual que se presencia en toda las instalaciones de esta; no cuenta con un adecuado mantenimiento y limpieza, estas observaciones se obtuvo a través de una visita a las instalaciones del Botadero de Curgua donde se encuentra funcionando el Sistema de Tratamiento de Lixiviados. Cabe recalcar que el Sistema de Tratamiento tiene un gran problema y esto se debe en las épocas de invierno debido a que por el exceso de lluvias los tanques tienden a rebosar y por lo tanto no hay un tratamiento previo provocando la contaminación de los suelos y a su vez la del Río Guaranda que se encuentra cerca del Sistema.



**Figura 1-1. Diagrama del Sistema de Tratamiento de Lixiviados actual**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### ***1.3.2. Método de recopilación de la información***

El método que se utilizó para la investigación fue de tipo comparativo; se relacionó todos los datos obtenidos tanto en las condiciones actuales como en las finales luego de ser aplicado el estudio, el mismo que nos permitirá el dimensionamiento y el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados el cual cumplirá con los parámetros indicados en la Norma que rige en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10, límites de descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. Conjuntamente a esto se realizó la recopilación y análisis de documentos empleados al estudio.

### ***1.3.3. Procedimientos para la recolección de información***

Se desarrolló un cronograma con el Director Técnico del Laboratorio de Control de Calidad de la Planta de “Chaquishca” para recolectar las muestras en el Botadero Curgua, dichas muestras fueron trasladadas al Laboratorio para realizarse los análisis respectivos tanto físicos, químicos y microbiológicos.

Las muestras fueron tomadas a orillas del Río Guaranda para comprobar la cantidad de contaminantes que ingresa a este cuerpo de agua dulce, la misma que está siendo perjudicial de su uso para los habitantes aledaños de esta zona. Los análisis se realizaron de manera inmediata para poder evitar cualquier tipo de alteración en los resultados. Dichas muestras fueron tomadas de manera directa del Botadero de Curgua durante 10 días por dos meses.



**Tabla 1-1. Recolección de muestras en el mes de Abril**

DÍAS DE CAPTACIÓN	DÍAS DE MUESTREO SEMANAL	NÚMERO DE MUESTRAS DIARIAS	TOTAL DE MUESTRAS EN LA SEMANA
04-Abril	1	1	1
13-Abril	1	1	1
19-Abril	1	1	1
25-Abril	1	1	1
28-Abril	1	1	1
Total de muestras en el mes de Abril			5

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 2-1. Recolección de muestras en el mes de Mayo**

DÍAS DE CAPTACIÓN	DÍAS DE MUESTREO SEMANAL	NÚMERO DE MUESTRAS DIARIAS	TOTAL DE MUESTRAS EN LA SEMANA
02-Mayo	1	1	1
10-Mayo	1	1	1
16-Mayo	1	1	1
23-Mayo	1	1	1
26-Mayo	1	1	1
Total de muestras en el mes de Mayo			5

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 1.3.4. Métodos de análisis

La caracterización de los lixiviados se fundamenta en métodos analíticos tanto para la determinación de componentes químicos, físicos y microbiológicos. Estos se encuentran establecidos según los métodos HACH y los STANDAR METHODS. A continuación se especifica los parámetros y métodos de caracterización de los lixiviados.

#### 1.3.4.1. Métodos físicos para caracterizar los lixiviados

**Tabla 3-1. Parámetros físicos**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Color	UTC	Colorimétrico. REF1001/S502
Turbiedad	NTU	Nefelométrico. REF1001/S505
pH	-----	Potenciométrico. REF1001/S503
Conductividad	μS/cm	Conductimétrico. REF1001/S501
Sólidos totales disueltos	mg/L	Conductimétrico. REF1001/S504
Temperatura	°C	Conductimétrico/Potenciométrico. REF1001/S501

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 1.3.4.2. Métodos químicos para caracterizar los lixiviados

**Tabla 4-1. Parámetros químicos**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Reducción cadmio). REF1001/S514.
Nitritos (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Diazotación). REF1001/S515.
Fosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido ascórbico). REF1001/S511.
Nitrógeno amoniacal (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	Espectrofotométrico (Nesslerización). REF1001/S516.
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Sulfaver 4). REF1001/S517.
Fluoruros (F)	mg/L	Espectrofotométrico (Spands). REF1001/S510.
Hierro Total (Fe)	mg/L	Espectrofotométrico (Ferrover). REF1001/S512.
Manganeso (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (PAN). REF1001/S513.
Cromo Hexavalente (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (1,5 Dinitilcarbhidacida). REF1001/S508.
Cobre (Cu)	mg/L	Espectrofotométrico (Bicinchoninato). REF1001/S507.
Aluminio (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Aluminón). REF1001/S518.
Cloruros (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Tiocianato mercúrico). REF1001/S522.
Níquel (Ni)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo-2 naftol (PAN)). REF1001/S526.
Cobalto (Co)	mg/L	Espectrofotométrico (1-2 piridilazo-2 naftol (PAN)). REF1001/S523.
Plomo (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	Fotométrico (4-piridil-2-azo-resorcina). REF1001/S529.
Zinc (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	Fotométrico (Zinc). REF1001/S531.
Plata (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	Fotométrico. REF1001/S528.
Cianuro (CN <sup>-</sup> )	mg/L	Fotométrico. REF1001/S521.
Bario (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico. REF1001/S519.
Bromo (Br)	mg/L	Espectrofotométrico (DPD). REF1001/S520.
Molibdeno (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	Espectrofotométrico (Ácido mercaptoacético). REF1001/S525.
Cromo Total (Cr)	mg/L	Espectrofotométrico (Oxidación alcalina). REF1001/S524.
Oxígeno disuelto (O <sub>2</sub> )	mg/L	Fotométrico (O <sub>2</sub> REF931288)
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	Fotométrico (DQO REF985830)
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (5días)	mg/L	Fotométrico (DBO <sub>5</sub> REF985822)

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G  
**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

### 1.3.4.3. Métodos microbiológicos para caracterizar los lixiviados

**Tabla 5-1. Parámetros microbiológicos**

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Coliformes fecales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S602. Standard Methods N <sub>0</sub> .36013
Coliformes totales	NMP/100mL	Filtración de membrana al vacío. REF1001/S601. Standard Methods N <sub>0</sub> .36002

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

### 1.3.5. Determinación del Caudal

El caudal del Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero de Curgua no es constante, este tiende a ser un flujo pequeño, por lo que se ha visto en la necesidad de emplear el método volumétrico para esta determinación continuando el siguiente orden:

- Se realizó aforaciones al lixiviado que es recogido directamente en la caja de revisión que luego es descargado al cuerpo de agua dulce, este es tomado en un recipiente graduado y su tiempo de llenado fue cronometrado.
- El monitoreo fue de tiempos extensos, estimados entre las horas de 6:00 am hasta las 18:00 pm.
- Se monitoreo durante los meses de abril y mayo para establecer el caudal.
- Con los datos ya obtenidos se efectúa una tabulación y se procede al cálculo de cada día; la sumatoria y el promedio de caudal correspondiente.
- Se consideró el caudal que se promedia de los resultados de los dos meses considerados en el monitoreo.

**Tabla 6-1. Aforaciones de caudal del lixiviado en el mes de Abril**

DÍAS	SEMANA 1 Q (L/s)	SEMANA 2 Q (L/s)	SEMANA 3 Q (L/s)	SEMANA 4 Q (L/s)
Lunes	0,11	0,14	0,13	0,07
Miércoles	0,16	0,13	0,11	0,09
Viernes	0,12	0,11	0,18	0,07
Promedio Semanal	0,13	0,13	0,14	0,08

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

**Tabla 7-1. Aforaciones de caudal del lixiviado en el mes de Mayo**

DÍAS	SEMANA 1 Q (L/s)	SEMANA 2 Q (L/s)	SEMANA 3 Q (L/s)	SEMANA 4 Q (L/s)
Lunes	0,11	0,13	0,18	0,09
Miércoles	0,14	0,17	0,07	0,08
Viernes	0,09	0,09	0,16	0,08
Promedio Semanal	0,11	0,13	0,14	0,08

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 8-1. Promedio de aforación de caudales del lixiviado**

MESES	PROMEDIOS MENSUALES Q (L/s)
Abril	0,12
Mayo	0,115
Promedio Total	0,12

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### **1.3.6. Metodología**

#### **1.3.6.1. Métodos**

Para la realización de la presente investigación se considera tres tipos de métodos a utilizarse: inductivo, deductivo y experimental; que permitirá identificar los problemas del tipo y la cantidad de contaminantes que necesitan ser remediados y ser solucionados en su totalidad para poder llegar a un adecuado y óptimo Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados.

- **INDUCTIVO**

Este método permite que se obtenga conclusiones generales a partir de premisas particulares, que posibilitará conocer la cantidad de agentes contaminantes que contiene el efluente que será descargado al Río, basados en la observación del lugar en el que se desarrollará el Rediseño de Tratamiento del Lixiviado, aquí se realizará un análisis minucioso con las muestras del agua que se tome en el lugar de estudio para posteriormente conocer su respectiva caracterización.

- **DEDUCTIVO**

Se partirá desde los conocimientos generales y actualizados obtenidos ya observados en el estudio actual del Sistema de Tratamiento del Lixiviado, así como también de los resultados obtenidos de la caracterización para poder implementar el mejor tratamiento u opción para remediar el agua que será vertida en el cuerpo de agua dulce. Se determinara los orígenes o las causas de los posibles errores y fallas.

- **EXPERIMENTAL**

Es un procedimiento que permite llegar a la verdad objetiva, que mediante análisis realizados en el laboratorio por medio de determinados equipos y materiales especializados se establecerá estrategias de mejora del lixiviado disminuyendo los parámetros más elevados para luego ser vertido al cuerpo de agua dulce. De esta manera se establecen las cantidades exactas de químicos que se utilizarán en las pruebas de tratabilidad siendo el método experimental la clave para implantar el nuevo modelo del Rediseño del Sistema de Tratamiento del Lixiviado.

#### ***1.3.6.2. Técnicas***

Estas técnicas son un conjunto de procedimientos específicos y reglas a seguir, con el objetivo de obtener resultados puntuales y correctos; mismos que necesitan de habilidades manuales e intelectuales, como el uso de equipos de laboratorio así como la interpretación de resultados.

Las técnicas utilizadas para esta investigación se basan en los Métodos HACH y en el manual “Standar Methods for Examination of Water and Wastewater” (Métodos Normalizados para el Análisis de Agua Potable y Residuales), ya que gobiernan en el funcionamiento de los equipos y reactivos empleados en el laboratorio de control de calidad. La descripción de los métodos y técnicas utilizadas para este estudio se las puede encontrar en el (Ver ANEXO J-U).

#### ***1.3.7. Análisis***

Realizados los respectivos análisis físicos, químicos y microbiológicos a las muestras tomadas y obtenidos los resultados se procedió a la tabulación de los mismos para verificar los parámetros que están fuera de los límites permisibles de la Norma del TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10 (Ver ANEXO A) y así proceder a la búsqueda de soluciones para obtener un lixiviado que permitirá establecer las distintas variables para el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados.

Los resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del lixiviado se presentan en las siguientes tablas:

**Tabla 9-1. Análisis físico, químico y microbiológico del lixiviado en el mes de Abril**

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	SEMANA MONITOREADA				
		Lim.M ax. Per	04-abr	13-abr	19-abr	25-abr	28-abr
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>							
COLOR	UTC	Ina. en dis	900,00	1150,00	1200,00	1250,00	950,00
TURBIEDAD	NTU	.....	450,06	563,84	679,34	720,05	521,67
pH	.....	6 - 9	8,70	9,06	9,45	9,53	8,93
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	1578,06	1693,07	1396,42	1200,67	1245,68
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	965,78	998,36	965,54	961,25	968,76
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	260,00	302,00	284,00	267,00	294
TEMPERATURA	° C	± 3	19,38	19,75	19,72	19,64	19,32
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>							
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	52,00	68,34	72,45	62,4	62,38
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10,0	6,42	5,90	6,23	5,68	5,26
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	30	22,03	26,96	24,78	27,06	25,71
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	18,00	26,00	22,00	20,00	22,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	12,06	13,75	14,62	14,96	13,45
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	6,73	6,48	6,53	6,47	6,49
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	0,314	0,431	0,342	0,425	0,562
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,5	0,54	0,57	0,59	0,61	0,55
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,59	0,52	0,58	0,60	0,54
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	600,00	560,00	680,00	640,00	660,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5,0	0,045	0,068	0,078	0,072	0,070
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	920,09	803,40	740,48	972,63	864,20
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,72	0,81	0,79	0,75	0,76
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,39	0,43	0,44	0,40	0,45
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,2	0,009	0,008	0,008	0,009	0,008
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5,0	0,76	0,80	0,78	0,81	0,79
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0,1	0,008	0,006	0,006	0,007	0,007
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,1	0,30	0,32	0,28	0,31	0,36
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	1,98	2,47	3,64	2,68	1,95
BORO (Bo)	mg/L	2,0	0,56	0,49	0,50	0,52	0,48
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,006	0,008	0,008	0,006	0,008
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0,008	0,007	0,007	0,008	0,007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,94	0,80	0,86	0,85	0,81
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	896,65	670,93	954,31	742,65	860,46
DQO	mg/L	250	1257,08	1347,30	1124,08	957,20	1089,03
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>							
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	1000	1430	1500	1720	1450
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	620	710	810	900	742

Límites permisibles basados en la Norma TULSMA, Tabla 10, Descarga a un cuerpo dulce, Registro Oficial 2015

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 10-1. Análisis físico, químico y microbiológico del lixiviado en el mes de Mayo**

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	SEMANA MONITOREADA				
		Lim.M ax. Per	02-may	10-may	16-may	23-may	26-may
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>							
COLOR	UTC	Ina. en dis	800,00	1050,00	900,00	1200,00	950,00
TURBIEDAD	NTU	.....	560,50	720,80	640,79	856,07	754,61
pH	.....	6. – 9	8,90	8,50	8,46	8,94	8,64
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	1279,32	978,64	1140,67	1098,68	1167,39
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	752,61	806,92	761,96	790,62	796,34
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	256,00	280,00	275,00	262,00	274
TEMPERATURA	° C	± 3	19,60	19,28	19,72	19,34	19,38
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>							
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	52,60	53,95	54,65	54,35	54,81
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	10,0	5,43	5,28	5,32	5,40	5,30
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	30	23,12	24,64	23,97	24,98	25,09
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	1000	16,00	19,00	24,00	18,00	20,00
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	16,58	16,39	16,47	16,25	16,54
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10,0	7,82	7,12	6,98	7,09	6,84
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	0,398	0,385	0,424	0,412	0,376
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,5	0,58	0,54	0,57	0,60	0,59
COBRE (Cu)	mg/L	1,0	0,45	0,47	0,42	0,49	0,43
DUREZA TOTAL(CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	420,00	434,00	462,00	426,00	440,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5,0	0,078	0,070	0,076	0,074	0,068
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	980,64	942,36	920,64	964,08	951,06
NIQUEL (Ni)	mg/L	2,0	0,78	0,76	0,72	0,74	0,78
COBALTO (Co)	mg/L	0,5	0,36	0,34	0,37	0,32	0,35
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,2	0,008	0,009	0,009	0,009	0,009
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5,0	0,65	0,70	0,68	0,72	0,67
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0,1	0,008	0,008	0,008	0,006	0,008
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,1	0,26	0,28	0,24	0,26	0,30
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	2,85	2,76	2,83	2,67	2,59
BORO (Bo)	mg/L	2,0	0,50	0,54	0,51	0,49	0,52
BROMO (Br)	mg/L	.....	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0,007	0,008	0,008	0,008	0,007
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0,92	0,87	0,95	0,89	0,83
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	2,54	2,00	2,00	2,00	2,86
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	654,96	694,67	680,46	642,53	660,52
DQO	mg/L	250	1325,09	1295,18	1318,94	1382,65	1198,07
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>							
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	1200	1600	1100	1400	1240
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	10000	540	620	600	680	710

Límites permisibles basados en la Norma TULSMA, Tabla 10, Descarga a un cuerpo dulce, Registro Oficial 2015

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 11-1. Parámetros fuera de los límites permisibles**

PARÁMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA	PROMEDIO MES ABRIL	PROMEDIO MES MAYO	PROMEDIO TOTAL
		Lim.Max. Per			
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>					
COLOR	UTC	Ina. en dis	1090,00	980,00	1035
TURBIEDAD	NTU	.....	586,99	706,55	646,77
pH	.....	6 - 9	9,13	8,69	8,91
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	.....	1422,78	1132,94	1277,86
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	281,40	269,40	275,40
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>					
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50,0	63,51	54,07	58,79
FLUORUROS (F)	mg/L	5,0	13,77	16,45	15,11
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,5	0,57	0,58	0,575
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,1	0,31	0,27	0,29
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,0	2,54	2,74	2,64
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	825,00	666,63	745,815
DQO	mg/L	250	1154,94	1303,99	1229,465
<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>					
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	.....	1420,00	1308,00	1364,00

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

Realizado por: Torres Gissela, 2017

Realizada la caracterización y obtenido los resultados se obtiene el índice de biodegradabilidad para conocer el tipo de tratamiento más óptimo a utilizarse para el Rediseño.

$$\frac{DBO_5}{DQO} = \frac{745,815}{1229,465} = 0,6 \rightarrow \text{Muy biodegradable}$$

El índice de biodegradabilidad da como resultado 0,6 lo que indica que es muy biodegradable (Ver Tabla 7-3), pero debido a factores termohigrométricos (humedad y temperatura) no son favorables para un óptimo tratamiento de tipo biológico por lo que se implementará procesos físicos-químicos para la depuración del lixiviado.



### 1.3.8. Prueba de Test de Jarras para la Turbiedad

Ejecutados los análisis y obtenidos los resultados del lixiviado, se procede a realizar el test de jarras debido a que se obtuvo concentraciones fuera de los límites permisibles de Color, Turbiedad, pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total, Fluoruros, Cromo, Cianuro, Bario, Coliformes Totales, DBO<sub>5</sub> y DQO; se tratara el lixiviado con la adición de diferentes químicos tales como: coagulantes, floculantes y auxiliares con el objetivo de que estos parámetros estén dentro de los valores establecidos en la Norma del TULSMA.

**Tabla 12-1. Resultados del test de jarras con turbiedad de 586,99 NTU (MES ABRIL)**

<b>TURBIEDAD 586.99 NTU, (pHo=9.13, pHf=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 15 min</b>							
<b>Conc Auxiliar (g/L)</b>	<b>Conc PAC (g/L)</b>	<b>Dosis PAC (mL)</b>	<b>Dosis Aux (mL)</b>	<b>Tiempo for. Floc (min)</b>	<b>Tiempo dec. Floc (min)</b>	<b>Turbiedad Final (NTU)</b>	<b>% Remoción</b>
0,80	0,02	60,00	35,00	7,98	11,18	19,96	96,60
0,80	0,02	120,00	60,00	10,57	15,85	21,13	96,40
0,80	0,02	180,00	90,00	13,38	21,41	22,31	96,20
0,80	0,02	240,00	120,00	16,44	27,94	23,48	96,00
0,80	0,03	60,00	35,00	19,72	35,50	24,65	95,80
0,80	0,03	120,00	60,00	23,24	16,27	25,83	95,60
0,80	0,03	180,00	90,00	27,00	24,30	27,00	95,40
0,80	0,03	240,00	120,00	30,99	34,09	28,18	95,20
0,80	0,04	60,00	35,00	35,22	45,79	29,35	95,00
<b>0,80</b>	<b>0,04</b>	<b>120,00</b>	<b>60,00</b>	<b>2,47</b>	<b>6,16</b>	<b>0,41</b>	<b>99,93</b>
0,80	0,04	180,00	90,00	3,94	10,26	3,29	99,44
0,80	0,04	240,00	120,00	6,41	17,31	4,93	99,16
0,80	0,05	60,00	35,00	9,20	13,81	6,57	98,88
0,80	0,05	120,00	60,00	12,33	19,72	8,22	98,60
0,80	0,05	180,00	90,00	15,78	26,82	9,86	98,32
0,80	0,05	240,00	120,00	19,56	35,21	11,51	98,04

Realizado por: Torres Gissela, 2017

En este test de jarras nuestra turbiedad es de 586,99 NTU, con concentraciones de Policloruro de Aluminio (PAC) de 0,04 g/L, un auxiliar Chemfloc en concentración de 0,80 g/L y un tiempo de formación de flóculos de 2,47 min, por tanto la turbiedad al ser tratada con estos coagulantes disminuye a 0,41 NTU dando un porcentaje de remoción de 99,93 %.

**Tabla 13-1. Resultados del test de jarras con turbiedad de 706,55 NTU (MES MAYO)**

<b>TURBIEDAD 706.55 NTU, (pHo=8.69, pHf=7.05), rpm=200, tiempo de agitación= 15 min</b>							
<b>Conc Auxiliar (g/L)</b>	<b>Conc PAC (g/L)</b>	<b>Dosis PAC (mL)</b>	<b>Dosis Aux (mL)</b>	<b>Tiempo for. Floc (min)</b>	<b>Tiempo dec. Floc (min)</b>	<b>Turbiedad Final (NTU)</b>	<b>% Remoción</b>
0,80	0,02	60,00	35,00	5,94	6,53	10,60	98,50
0,80	0,02	120,00	60,00	6,97	9,06	12,01	98,30
0,80	0,02	180,00	90,00	6,78	10,17	11,30	98,40
0,80	0,02	240,00	120,00	7,89	13,40	12,72	98,20
0,80	0,03	60,00	35,00	9,04	17,18	14,13	98,00
0,80	0,03	120,00	60,00	10,26	21,54	15,54	97,80
0,80	0,03	180,00	90,00	11,53	26,52	16,96	97,60
0,80	0,03	240,00	120,00	12,86	32,15	18,37	97,40
0,80	0,04	60,00	35,00	14,24	38,46	19,78	97,20
0,80	0,04	120,00	60,00	15,69	45,49	21,20	97,00
0,80	0,04	180,00	90,00	17,18	53,27	22,61	96,80
<b>0,80</b>	<b>0,04</b>	<b>240,00</b>	<b>120,00</b>	<b>2,83</b>	<b>7,07</b>	<b>0,57</b>	<b>99,92</b>
0,80	0,05	60,00	35,00	6,43	9,64	9,89	98,60
0,80	0,05	120,00	60,00	9,93	11,92	13,42	98,10
0,80	0,05	180,00	90,00	12,61	13,87	14,84	97,90
0,80	0,05	240,00	120,00	14,63	15,36	16,25	97,70

Realizado por: Torres Gissela, 2017

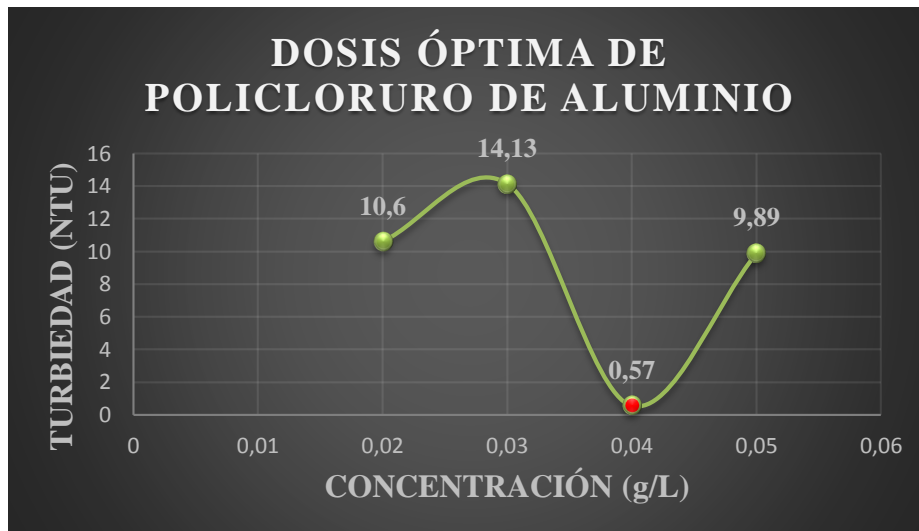
En este test de jarras se aprecia una turbiedad de 706,55 NTU, con concentraciones de Policloruro de Aluminio (PAC) de 0,04 g/L, un auxiliar Chemfloc en concentración de 0,80 g/L y un tiempo de formación de flóculos de 2,83 min, por tanto la turbiedad al ser tratada con estos coagulantes disminuye a 0,57 NTU determinándose como el más óptimo ya que tiene una remoción del 99,92 % ayudando a que se cumpla con la Norma.

#### **1.3.8.1. Dosificación ideal de Policloruro de Aluminios (PAC-P25A)**

**Tabla 14-1. Turbidez en función de la dosis de Policloruro de Aluminio (PAC)**

<b>CONCENTRACIÓN (g/L)</b>	<b>TURBIEDAD (NTU)</b>
0,02	10,60
0,03	14,13
<b>0,04</b>	<b>0,57</b>
0,05	9,89

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 1-1. Variación de la turbidez en función de la dosis de PAC**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

El resultado obtenido de la dosificación idónea para la coagulación es la concentración de 0,04 g/L que equivale a los 40 ppm dando una turbiedad de 0,57 NTU, logrando la menor turbidez del lixiviado a tratar, cuyo valor está dentro de los límites que exige la Norma TULSMA para la descarga a un cuerpo de agua dulce.

#### **1.4. Beneficiarios directos e indirectos**

##### ***1.4.1. Directos***

Nuestros beneficiarios directos de la elaboración de este Trabajo de Titulación será el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Guaranda, institución encargada de velar por la seguridad de la población siendo este proyecto próspero para toda la ciudadanía, así mismo se favoreciera la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda EP-EMAPA-G encargada de la implementación de este tipo de proyectos.

##### ***1.4.2. Indirectos***

Los beneficiarios indirectos será la población del Cantón Guaranda, que está constituida aproximadamente por 103164 habitantes.

## **CAPÍTULO II**

### **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1. Objetivo General**

- Rediseñar el Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero Curgua del Cantón de Guaranda, Provincia Bolívar.

#### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar el diagnóstico actual del Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero Curgua.
- Caracterizar física, química y bacteriológicamente los Lixiviados originados en el Botadero de Basura en base al TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 10 establecidos en la Norma de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- Realizar pruebas de tratabilidad para obtener los parámetros del Rediseño.
- Redimensionar el Sistema de Tratamiento de Lixiviados.
- Establecer la factibilidad técnica y económica del Rediseño para el Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero Curgua.
- Validar el Rediseño mediante la caracterización final física, química y bacteriológica del Lixiviado en base al TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 10 establecidos en la Norma de descarga a un cuerpo de agua dulce.

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO TÉCNICO

#### 3.1. Localización del proyecto

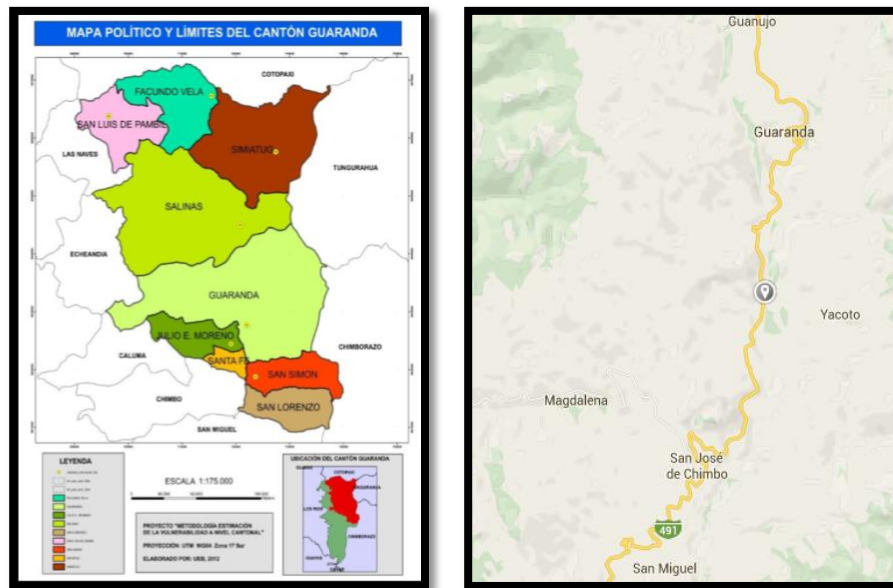
El Botadero Curgua se encuentra vía a Chimbo, en el Cantón Guaranda, en la Hoya de Chimbo en el corazón del Ecuador al noroeste de la provincia de Bolívar.

**Tabla 1-3. Características geográficas del Cantón Guaranda**

<b>LÍMITES</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Al norte con la provincia de Cotopaxi.</li><li>- Al sur con los cantones Chimbo y San Miguel (Provincia de Bolívar).</li><li>- Al este con las provincias de Chimborazo y Tungurahua.</li><li>- Al oeste con los cantones: Las Naves, Echeandía y Caluma (Provincia de Bolívar).</li></ul>
<b>ALTITUD</b>	2.668 (m.s.n.m)
<b>TEMPERATURA PÁRAMOS FRÍOS</b>	4° C a 7° C
<b>TEMPERATURA SUBTROPICAL CÁLIDO</b>	18° C a 24° C
<b>TEMPERATURA PROMEDIO</b>	13° C.
<b>SUPERFICIE</b>	1.897,8 Km <sup>2</sup>

**Fuente:** Dirección de Gestión Ambiental Guaranda (GAD)

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017



**Figura 1-3. Ubicación geográfica del Cantón Guaranda**

Fuente: [www.Guaranda.gob.ec](http://www.Guaranda.gob.ec)

## 3.2. Ingeniería del proyecto

### 3.2.1. Generalidades de Lixiviados

“Los lixiviados que se generan en un relleno sanitario son aguas residuales de características especiales producto de la descomposición bioquímica que sufren las basuras después de ser dispuestas y de la infiltración de aguas lluvias cuando tienen contacto directo con las basuras. Los lixiviados se caracterizan por su alto contenido de materia orgánica e inorgánica, al igual que de patógenos y metales pesados.” (Mendoza, A., 2009)

#### 3.2.1.1. Factores que influyen en la cantidad del lixiviado

- Precipitación.
- Humedad o tipo de desperdicios.
- Operación o cubierta diaria.
- Diseño de cubierta diaria.

### 3.2.1.2. Factores que influyen en la calidad del lixiviado

- Composición de desperdicios.
- Tiempo.
- Temperatura.

### 3.2.2. Características de los lixiviados

“El lixiviado, esto es, el líquido contaminado que drena de un relleno sanitario, varía ampliamente en cuanto a su composición, según la antigüedad del relleno y del tipo de residuos que contiene. A continuación se indican las concentraciones típicas de los componentes y sus límites representativos.” (Glynn, H. & Heinke, G., 1999)

**Tabla 2-3. Características del lixiviado de rellenos sanitarios**

ANTIGÜEDAD DEL RELLENO	NUEVO (<2AÑOS)		ANTIGUO (>10AÑOS)
	INTERVALO	VALOR TÍPICO	VALOR TÍPICO
Demanda Química de Oxígeno	3000-60000	18000	100-500
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2000-30000	10000	100-200
Carbono Orgánico Total	1500-20000	6000	80-160
Sólidos Totales en Suspensión	200-2000	500	100-400
Nitrógeno Orgánico	10-800	200	80-120
Nitrógeno Amoniacal	10-800	200	20-40
Nitrato	5-40	25	5-10
Fósforo Total	5-100	30	5-10
Fósforo en ortofosfatos	4-80	20	4-8
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	1000-10000	3000	200-1000
Potencial de Hidrógeno	5-8	6	6,6-7,5
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	300-10000	3500	200-500
Calcio	200-3000	1000	100-400
Magnesio	50-1500	250	50-200
Potasio	200-1000	300	50-400
Sodio	200-2500	500	100-200
Cloruro	200-3000	500	100-400
Sulfato	50-1000	300	20-50
Hierro Total	50-1200	60	20-200

\*Todas las unidades están en miligramos por litro, excepto el pH

Fuente: Tchobanoglous, et. al., 1994



### 3.2.3. Métodos de caracterización de los lixiviados

Para la caracterización de los lixiviados se han tomado en cuenta los siguientes parámetros que a continuación se describen:

#### 3.2.3.1. Parámetros organolépticos

**Tabla 3-3. Parámetros organolépticos**

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
OLOR	Los lixiviados se caracterizan por tener olores fuertes, los cuales son generados por el material volátil y los procesos de descomposición de la materia orgánica presente.
COLOR	Varios productos de desecho alteran considerablemente las cualidades de color de las aguas. El color está clasificado como color aparente y color verdadero. Color aparente se considera al producido por el material suspendido mientras que color verdadero es el que permanece en el agua después de remover la turbiedad.

**Fuente:** Seoanez; Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias, 2003

#### 3.2.3.2. Parámetros físicos

**Tabla 4-3. Parámetros físicos**

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
pH	Mide la concentración de iones hidrógeno en el agua, las variaciones de pH en las aguas afectan directamente al medio y los individuos donde están presentes estas aguas contaminadas.
MATERIALES EN SUSPENSIÓN	Las aguas residuales contienen gran cantidad de material suspendido, la determinación de este parámetro se lo hace con técnicas de filtración y centrifugación.
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Esta característica está estrechamente ligada a la concentración de sustancias disueltas y a la naturaleza de las mismas.
TEMPERATURA	Este parámetro influye en la solubilidad de sales y en la disociación de sales disueltas, afectando a su vez a la conductividad eléctrica y al pH.
TURBIEDAD	Esta característica del agua viene definida por la cantidad de material en suspensión que se encuentra en el agua. Cuanto más turbia está el agua, mayor es el material suspendido.

**Fuente:** Seoanez; Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias, 2003

### 3.2.3.3. Parámetros químicos

**Tabla 5-3. Parámetros químicos**

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
NITRATOS	Los nitratos contribuyen la especie nitrogenada más abundante y de mayor interés en todo tipo de aguas, la presencia de $\text{NO}_3^-$ en aguas proceden de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materias vegetales y animales, de efluentes industriales y de lixiviados.
NITRITOS	Especie poco estable químicamente, su presencia en un agua suele indicar una contaminación de carácter fecal reciente.
CIANUROS	Su presencia tiene un efecto de significación sobre la actividad biológica del sistema. Los organismos causantes de auto purificación de los cuerpos de agua son inhibidos por un contenido de 0,3 mg/L de $\text{CN}^-$ .
CLORUROS	Son una medida indirecta de contaminación de origen orgánico humano, así como de la presencia de sales ionizables.
DUREZA	Las aguas duras imposibilitan el efecto adecuado de jabones en las aguas de uso domésticos.
SULFATOS	Los sulfatos son las sales o los esteres del ácido sulfúrico. El ion sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad de las aguas, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales en concentraciones de 100 mg/L.
SULFUROS	Su presencia en aguas residuales se debe a la descomposición de materia orgánica y la reducción bacteriana de los sulfatos.
MANGANESO	Su oxidación posibilita la formación de precipitados, generando turbiedad y disminución de la calidad estética de los cuerpos de agua.
FLUORUROS	Los fluoruros son sales de ácido fluorhídrico, la exposición prolongada por ingesta ocasiona diversos trastornos como fluorosis dental y fluorosis del esqueleto, con mayor incidencia de fracturas óseas en adultos.
$\text{DBO}_5$	Determina la cantidad de oxígeno consumido en la degradación bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobio.
DQO	Determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica en una muestra líquida.
AMONIO	El agua de lluvia suele presentar trazar de amonio mientras que las aguas superficiales bien aireadas, generalmente suelen contener poco $\text{NH}_3$ no más de 0,1 mg/L. sin embargo las aguas contaminadas por vertidos residuales domésticos exhiben concentraciones mucho más elevadas hasta 50 mg/L.

**Fuente:** Seoanez; Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias, 2003.

### 3.2.3.4. *Parámetros microbiológicos*

**Tabla 6-3. Parámetros microbiológicos**

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN
COLIFORMES TOTALES	La presencia de coliformes totales indica que el cuerpo de agua ha sido o está contaminado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales.
COLIFORMES FECALES	Es un indicador indirecto del riesgo potencial de contaminación con bacterias o virus de carácter patógeno, ya que los coliformes fecales siempre están presentes en las heces humanas y de los animales.

Fuente: Seoanez; Manual de tratamiento, reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias, 2003.

### 3.2.4. *Minimización de lixiviados*

“Uno de los parámetros a controlar durante la explotación de un vertedero es la formación de lixiviados. Entre los efectos negativos podemos mencionar:

- a. Si se acumula gran volumen de lixiviados en el vertedero, éstos ejercerán una carga hidráulica sobre el revestimiento artificial (fuga a través de pocos).
- b. Si se acumulan lixiviados, los residuos pueden cargarse de humedad disminuyendo la consistencia y estabilidad de la masa de residuos.
- c. A mayor volumen de lixiviados mayor contaminación en caso de fuga accidental y mayor probabilidad de que se produzca esa fuga.
- d. Los lixiviados, por su carga contaminante, deben ser tratados antes de su vertido, y a mayor cantidad mayor coste de eliminación de los mismos.

Para disminuir el volumen de lixiviado y minimizar así los efectos negativos se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. Construir una buena cuneta perimetral que evite que las aguas superficiales circundantes al vertedero entren a formar parte de los lixiviados.
- b. Diseñar el vertedero de modo que la superficie que abarque sea la menor posible, y así disminuir la zona de precipitación directa (mediante su construcción por fases).

- c. Dotar de buenas pendientes el fondo del vertedero, lo que facilitará la salida del mismo hacia el punto de evacuación.
- d. Evacuar o achicar el lixiviado de forma rápida, de manera que el volumen de lixiviados retenido sea siempre el menor posible.” (Ramos, et al., 2003)

### **3.2.5. Biodegradabilidad**

“La biodegradabilidad y las aguas residuales, son dos conceptos estrechamente vinculados, se sabe que gran parte de las sustancias que transporta el agua, ya sea disuelta, suspendida o coloidal, es materia orgánica, la cual en una importante fracción es biodegradable. La biodegradabilidad de estas sustancias es la propiedad que permite que las aguas residuales puedan ser depuradas por medio de microorganismos, los que utilizan estas sustancias como alimento y fuente de energía para su metabolismo y reproducción. Es precisamente la depuración de las aguas residuales, lo que va regenerando la disponibilidad del recurso agua y a la vez evita la contaminación de las fuentes de aguas existentes tanto superficiales como subterráneas. La biodegradabilidad es una característica de los compuestos orgánicos que tiene relación con el nivel de susceptibilidad de que éstos sean degradados por microorganismos y por lo tanto condiciona en gran medida la viabilidad de tratar biológicamente un efluente que contenga un determinado compuesto. Para el caso de un agua residual que contenga materia orgánica natural, la degradación es relativamente fácil, aunque hay elementos excepcionales como las grasas y aceites.” (Schönborn, 1986)

“Los lixiviados son líquidos biodegradables cuya biodegradabilidad varía con el tiempo. La biodegradabilidad del lixiviado se puede conocer a partir de la relación  $DBO_5/DQO$  que tiene.” (Tchobanoglous, 1994)

#### **3.2.5.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

“Es el parámetro de medida de contaminación orgánica más utilizado actualmente, porque es aplicable a la mayoría de las aguas residuales. El consumo de oxígeno realizado en una corriente de agua por organismos aerobios se le llama demanda bioquímica de oxígeno, a partir de ahora DBO. Esta capacidad para consumir oxígeno que tienen los microorganismos, se utiliza para medir el potencial de polución de unas aguas, realizándose mediante un ensayo llamado  $DBO_5$

que se analiza en el siguiente apartado. La DBO en aguas con polución es la cantidad de oxígeno en mg/L necesaria para descomponer la materia orgánica presente por acción bioquímica aerobia.” (Metcalf & Eddy, 1995)

### 3.2.5.2. *Demanda química de oxígeno (DQO)*

“Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar por vía química el material orgánico presente en las aguas residuales. Para su medida se utiliza un agente químico oxidante, como el dicromato potásico, que da muy buenos resultados, y a elevadas temperaturas si hiciese falta con catalizadores para favorecer la reacción.

La diferencia básica con la DBO recae en que hay más compuestos que se oxidan por vía química que por vía biológica. Por ello los valores de la DQO serán razonablemente más altos que los de la DBO, hasta tal punto que se puede establecer una relación directa entre ambos parámetros; esto permite estimar un contenido de DBO en un tiempo de solo tres horas (tiempo que dura el ensayo de la DQO) frente los 5 días que dura el primero.” (Metcalf & Eddy, 1995)

**Tabla 7-3. Relación entre parámetros DBO<sub>5</sub>/DQO**

DBO <sub>5</sub> /BQO	ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD
<0,2	Poco Biodegradable
0,2-0,4	Biodegradable
>0,4	Muy Biodegradable

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

### 3.2.6. *Tratamientos más comunes para los Lixiviados*

“La composición del lixiviado del relleno sanitario varía mucho, pero en general está muy contaminado con amoníaco, contaminantes orgánicos expresados como demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), hidrocarburos halogenados y metales pesados. Además, el lixiviado suele contener grandes cantidades de sales inorgánicas, principalmente cloruro, carbonato y sulfato de sodio. Por tanto, se debe recolectar y tratar antes de descargarlo. El lixiviado de rellenos sanitarios jóvenes con grandes depósitos de residuos municipales, por ejemplo, contendrá con frecuencia concentraciones muy altas de amoníaco y sustancias orgánicas.

En contraste el de rellenos viejos tendrá alta concentración de sales y concentraciones apreciablemente menores de amoníaco, metales pesados y sustancias orgánicas. En consecuencia, las plantas de tratamiento de lixiviados con tecnología moderna deberían diseñarse como unidades de varias etapas que puedan manejar las características del lixiviado variables con el tiempo.” (Mackenzie & Masten, 2005)

Existen varios métodos disponibles para el tratamiento, in situ, de lixiviados que han sido probados en rellenos sanitarios en funcionamiento. Entre las tecnologías, en uso, de tratamiento físico-químico se encuentran:

**Tabla 8-3. Tratamientos físico-químicos**

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
INTEGRACIÓN DE CORRIENTES	El proceso de mezcla de corrientes hídricas y contaminantes, compensan la carga y reduce la concentración de contaminantes, incrementando la eficacia del tratamiento.
NEUTRALIZACIÓN	El proceso de neutralización compensa el valor del pH de una corriente hídrica, antes de su posterior tratamiento o vertido.
COAGULACIÓN/ FLOCULACIÓN	Los procesos de coagulación/floculación facilitan la separación de contaminantes mediante la agregación de sólidos coloidales.
SEPARACIÓN POR GRAVEDAD	La separación por gravedad permite que los materiales en suspensión sedimenten por gravedad, mientras que los aceites libres se unen por coalescencia y flotan.
ROTURA DE EMULSIONES	La adición de un agente de rotura de emulsiones, como la aplicación de calor o la adición de un ácido, deshace las emulsiones generando una mezcla de agua y aceite libre o un flóculo de aceite.
PRECIPITACIÓN QUÍMICA	La adición de algunas sustancias químicas a las aguas residuales convierte las sales metálicas solubles en óxidos metálicos insolubles que pueden separarse por filtración.
OXIDACIÓN/REDUCCIÓN QUÍMICA	Mediante este tratamiento químico se consigue un cambio en la estructura de los contaminantes, convirtiéndolos en productos más biodegradables o más fáciles de tratar por adsorción, o generando productos inertes.
LAVADO POR AIRE/VAPOR	El proceso de lavado de efluentes hídricos con una corriente de aire o vapor permite la eliminación de contaminantes mediante la transferencia de los compuestos volátiles de la fase acuosa a la corriente del gas.
FLOTACIÓN	La inyección de finas burbujas de aire, favorece la ascensión a la superficie de los sólidos, donde se produce una separación mecánica.
FILTRACIÓN CON ARENA	El proceso de filtración, mono o multicapa, con filtros granulares consiste en el empleo de un lecho poroso, fijo o móvil (por gravedad o a presión), a través del cual fluye la corriente líquida, que irá perdiendo los sólidos en suspensión en las capas porosas del lecho.
ULTRAFILTRACIÓN	Consiste en el empleo de filtros extremadamente finos que permiten separar los contaminantes orgánicos en función de su tamaño molecular.

ÓSMOSIS INVERSA	Consiste en una separación basada en la diferencia de concentración de sólidos en disolución, empleando una membrana selectiva semipermeable, que permite el paso de ciertos contaminantes en disolución y concentrarlos a un lado de la membrana.
FILTROS DE TELA	El empleo de filtros de tela o de papel permite una retención de sólidos en suspensión.
ADSORCIÓN CON CARBÓN	Este proceso consiste en hacer pasar la corriente de agua residual, a través de un lecho de carbón activado, en el cual quedan adsorbidas ciertas sustancias contaminantes, principalmente orgánicas.
INTERCAMBIO IÓNICO	Consiste en poner en contacto la corriente de agua residual con una serie de resinas específicas, capaces de eliminar los contaminantes por afinidad de cargas.

Fuente: Corbitt, 2003

Las tecnologías basadas en el tratamiento biológico de efluente hídrico, que se emplean en rellenos sanitarios son las que se indican a continuación:

**Tabla 9-3. Tratamientos biológicos**

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
SISTEMAS AEROBIOS	Emplean una colonia de microorganismos aerobios para degradar, coagular y eliminar contaminantes orgánicos.
LODOS ACTIVOS	Es un proceso de tratamiento biológico aerobio que opera en continuo y que se sirve de un crecimiento de microorganismos en suspensión para degradar contaminantes orgánicos.
SISTEMAS ANAEROBIOS	Producen la transformación de la materia orgánica, presente en la corriente de agua residual, en metano y dióxido de carbono, empleando microorganismos anaerobios.
SISTEMAS FACULTATIVOS	Sirven para estabilizar los efluentes hídricos mediante la introducción en el sistema de una combinación de microorganismos aerobios, anaerobios y facultativos (capaces de operar tanto en condiciones aerobias como anaerobias).
CONTACTORES BIOLÓGICOS ROTATORIOS	Los contactores biológicos rotatorios (RBC) emplean una película fija de un sistema biológico aerobio que se adhiere a un tambor rígido montado sobre un eje giratorio horizontal.
TRATAMIENTO BIOLÓGICO CON CARBÓN EN POLVO	La adición de carbón activo, tamaño polvo, a los sistemas de tratamiento biológico refuerza la eliminación de ciertos contaminantes orgánicos.
FILTROS BACTERIANOS (BIOFILTROS)	En este proceso, se hace pasar la corriente de agua residual a través de una estructura compacta de material inerte (por ejemplo: piedra, madera, plástico) impregnada con una película de microorganismos biológicos fijada a la estructura, capaz de absorber y degradar los contaminantes orgánicos.
SISTEMAS DESNITRIFICANTES	Estos sistemas son capaces de convertir los compuestos de nitrato o nitritos en nitrógeno gas, en condiciones anaerobias.

REACTORES DISCONTINUOS SECUENCIALES	Consiste en un sistema secuencial de reactores, acondicionado con microorganismos capaces de degradar la materia orgánica. Los procesos por cargas permiten realizar etapas de compensación, aireación y clarificación en un único tanque.
SISTEMAS DE NITRIFICACIÓN	Estos sistemas emplean bacterias nitrificantes, para convertir los compuestos nitrogenados o amónicos en otros compuestos, menos tóxicos, como nitratos o nitritos.
APLICACIÓN SOBRE EL TERRENO	Consiste en el empleo de técnicas de atomización o irrigación de la corriente hídrica sobre el terreno, para llevar a cabo un tratamiento combinado de técnicas biológicas, químicas y físicas.
TRATAMIENTO EN HUMEDALES	Este sistema emplea tierras húmedas naturales o artificiales, que producen un tratamiento natural de las aguas residuales, mediante procesos de sedimentación, adsorción y degradación de la materia orgánica.

Fuente: Corbitt, 2003

### 3.2.7. Rediseño del Sistema de Tratamientos de Lixiviados

Ejecutado el reconocimiento y diagnóstico actual del Sistema de Tratamiento de Lixiviados; y en base a los análisis realizados a los lixiviados tomados del Botadero de Curgua del Cantón Guaranda se determinó que es necesario el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados con el objetivo de reducir la contaminación del Río Guaranda, que mejore la calidad del líquido vital y que cumpla con los parámetros establecidos por la Norma TULSMA, para poder obtener un lixiviado con límites permisibles. Por lo tanto las especificaciones de elaboración deben garantizar una construcción económica pero duradera del sistema que pueda operar continuamente con uno o más servicios de mantenimiento.

#### 3.2.7.1. Canal

“El canal es una estructura abierta a la atmósfera destinada al transporte de fluidos. Está formado por diferentes dispositivos como: vertederos, compuertas, sifones, canaletas Parshall, y entre otros que permiten el control del caudal y el nivel del agua que está transportando. Los canales pueden ser de dos tipos:

- a. **Canales Naturales:** existen de una manera natural en la tierra como por ejemplo: arroyos, arroyuelos, ríos, estuarios de mareas, entre otros.
- b. **Canales Artificiales:** son construidos sobre el suelo mediante esfuerzo humano. Pueden ser revestidos con roca, concreto, madera y materiales bituminosos.” (Valencia, 2013)



### 3.2.7.1.1. Dimensionamiento del Canal

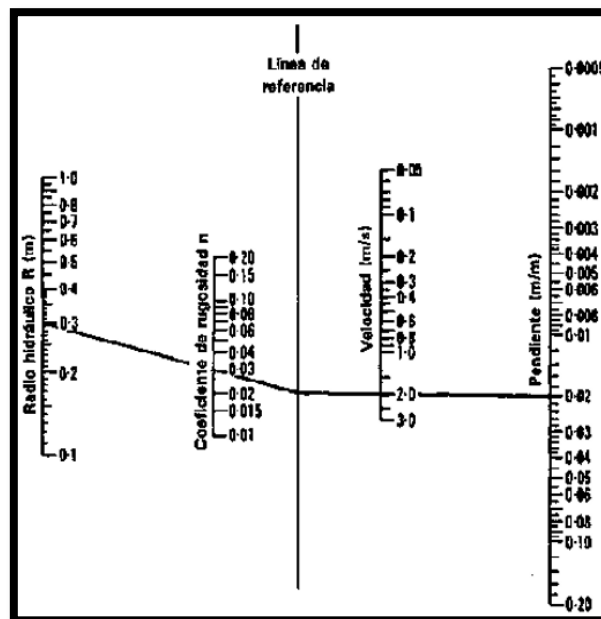
Es necesario realizar el dimensionamiento de un canal, ya que este ayudará más adelante para el diseño de las rejillas que serán dispuestas en el mismo, para esto se debe tomar algunas consideraciones, como las siguientes:

- ✓ Tipo de canal: rectangular
- ✓ S: Pendiente del canal = 0,0005 m/m (Ilustración 2-3)

**Tabla 10-3. Coeficiente de Manning para cunetas y canales revestidos**

CUNETAS Y CANALES REVESTIDOS	
Material de revestimiento	Coeficiente de Manning
Hormigón	0,013 – 0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016 – 0,022
Encachado	0,020 – 0,030
Paredes de hormigón, fondos de grava	0,017 - 0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023 – 0,033
Revestimiento bituminoso	0,013 - 0,016

Fuente: SOTELO, G., Hidráulica de Canales, México, 2002



**Figura 2-3. Ábaco de la fórmula de Manning**

Fuente: Juan, M., Ingeniería de Ríos

- Área del canal

$$A_c = b * h$$

Ecuación 1-3

Donde:

$A_c$ : Área del canal ( $m^2$ )

b: Base del canal = 0,4 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

h: Altura del canal hasta el nivel de agua = 0,5 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

- **Radio hidráulico del canal**

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

**Ecuación 2-3**

Donde:

RH: Radio hidráulico (m)

b: Base del canal (m)

h: Altura del canal hasta el nivel de agua (m)

- **Velocidad de aproximación del agua al canal**

$$V_{ap} = \frac{1}{n} * RH^{2/3} * S^{1/2}$$

**Ecuación 3-3**

Donde:

$V_{ap}$ : Velocidad de aproximación (m/s)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning = 0,013 para canales de hormigón (Tabla 10-3)

RH: Radio hidráulico (m)

S: Gradiente hidráulico (m/m)

- **Área libre al paso del agua**

$$A_b = \frac{Q}{V_{ap}}$$

**Ecuación 4-3**

Donde:

$A_b$ : Área libre al paso del agua ( $m^2$ )

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )

$V_{ap}$ : Velocidad de aproximación del agua al canal ( $m/s$ )

- **Área transversal del flujo**

$$A_f = \frac{A_b(e + s)}{e}$$

**Ecuación 5-3**

Donde:

$A_f$ : Área transversal del flujo ( $m^2$ )

$A_b$ : Área libre al paso del agua ( $m^2$ )

$e$ : Separación entre barras = 0,012 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

$s$ : Espesor máximo de barras = 0,01 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

- **Tirante del agua en el canal**

$$h = \frac{A_b}{b}$$

**Ecuación 6-3**

Donde:

$h$ : Tirante del agua en el canal (m)

$A_b$ : Área libre al paso del agua ( $m^2$ )

$b$ : Ancho del canal (m)

- **Altura total del canal**

$$H_T = h + H_s$$

**Ecuación 7-3**

Donde:

$H_T$ : Altura total del canal (m)

$h$ : Tirante del agua en el canal (m)

$H_s$ : Altura de seguridad = 0,45 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

### 3.2.7.2. *Rejillas*

“Son elementos importantes dentro del diseño de los Sistemas de Tratamientos de aguas residuales, están conformadas por barras, en su preferencia metálicas, con un espesor y separadas de acuerdo sea la exigencia del caso. Su estructura sirve para que en esta retengan sólidos y material que pueden afectar el funcionamiento de los demás elementos del sistema, como bombas, tuberías, entre otros.

De acuerdo al tipo de limpieza pueden ser de limpieza manual y de limpieza mecanizada.

- a. **Rejillas de limpieza manual:** son utilizadas en instalaciones pequeñas, son de rejillas gruesas y de grandes espacios, pues no se esperan grandes volúmenes de sólidos. La rejilla debe tener un ángulo de inclinación de 30 a 45° con respecto a la horizontal.
- b. **Rejillas de limpieza mecánica:** se usan en grandes instalaciones con caudales del orden 250 L/s.” (Metcalf & Eddy, 1995)

#### 3.2.7.2.1. *Dimensionamiento de las Rejillas*

A continuación se detalla las especificaciones que necesita la rejilla para retener las materias suspendidas.

- ✓  $\beta$ : Factor dependiente de la forma de las barras = 1,79 (adimensional) (Tabla 12-3)
- ✓  $b$ : Base del canal = 0,4 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

**Tabla 11-3. Información sobre rejillas de limpieza manual**

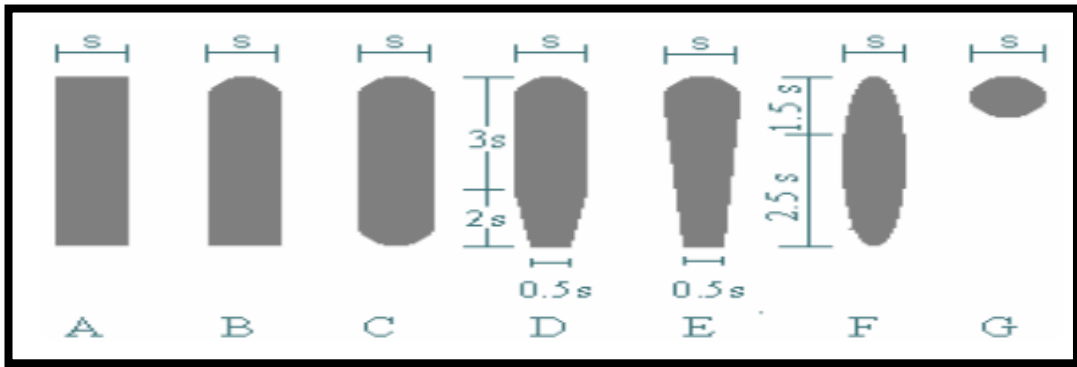
PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD
Espaciamiento entre las barras	15-50	mm
Separación entre las barras	25-50	mm
Velocidad de aproximación	0,3-0,6	m/s
Velocidad a través de las barras	0,3-0,6	m/s
Ángulo de inclinación	60-45	° (grados)

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

**Tabla 12-3. Coeficiente de pérdidas para rejillas**

Forma	A	B	C	D	E	F	G
$\beta$	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Fuente: Norma Colombiana RAS, 2000



**Figura 3-3. Formas comunes de las barras de rejillas**

Fuente: Norma Colombiana RAS, 2000

- **Longitud de las barras**

$$L_b = \frac{H_T}{\text{sen } \phi}$$

**Ecuación 8-3**

Donde:

$L_b$ : Longitud de las barras (m)

$H_T$ : Altura total del canal (m)

$\phi$ : Ángulo de inclinación = 45° (Tabla 11-3)

- **Nivel máximo de agua**

$$n_{\text{máx}} = \frac{Q}{V_{\text{ap}} * b}$$

**Ecuación 9-3**

Donde:

$n_{\text{máx}}$ : Nivel máximo de agua (m)

$Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$V_{ap}$ : Velocidad de aproximación (m/s)

b: Ancho del canal (m)

- **Longitud sumergida de las barras**

$$L_s = \frac{n_{m\acute{a}x}}{\text{sen } \emptyset}$$

**Ecuación 10-3**

Donde:

$L_s$ : Longitud sumergida de las barras (m)

$n_{m\acute{a}x}$ : Nivel máximo de agua (m)

$\emptyset$ : Ángulo de inclinación (Tabla 11-3)

- **Separación entre barras para rejillas finas**

$$bg = \left( \frac{b - e}{s + e} + 1 \right) * e$$

**Ecuación 11-3**

Donde:

bg: Separación entre barras para rejillas finas (m)

b: Ancho del canal (m)

e: Separación entre barras = 0,012 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

s: Espesor máximo de las barras = 0,01 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

- **Número de barras para rejillas finas**

$$N_b = \frac{b}{e + s}$$

**Ecuación 12-3**

Donde:

$N_b$ : Número de barras

$b$ : Ancho del canal (m)

$e$ : Separación entre barras (m)

$s$ : Espesor máximo de las barras (m)

- **Pérdida de carga a través de las rejillas**

$$h_c = \beta \left(\frac{s}{e}\right)^{4/3} * \frac{v^2}{2g} * \text{sen } \emptyset$$

**Ecuación 13-3**

Donde:

$h_c$ : Pérdida de carga a través de las rejillas (m)

$V$ : Velocidad de flujo a través del espacio entre barras de la rejilla (m/s)

$g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$e$ : Separación entre barras = 0,012 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

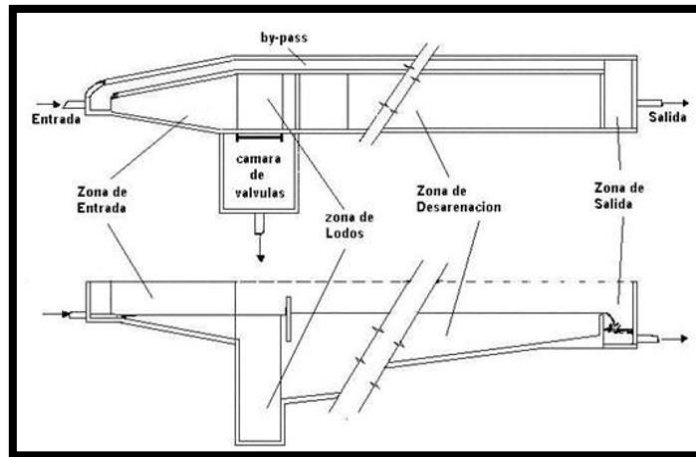
$s$ : Espesor máximo de las barras = 0,01 m (Requerimiento técnico EP-EMAPA-G)

$\beta$ : Factor dependiente de la forma de las barras (adimensional) (Tabla 12-3)

$\emptyset$ : Ángulo de inclinación de las barras (°) (Tabla 11-3)

### **3.2.7.3. Desarenador**

“El desarenador es un equipo cuya función es la separación física, por diferencia de gravedad, de las grasas y los aceites de origen vegetal o animal, al mismo tiempo se decantan los sólidos de mayor tamaño.



**Figura 4-3. Desarenador (corte longitudinal)**

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, 2005

Esta unidad se puede dividir en cuatro partes o zonas.

**a. Zona de entrada**

Tiene como función el conseguir una distribución uniforme de las líneas de flujo dentro de la unidad, uniformizando a su vez la velocidad.

**b. Zona de desarenación**

Parte de la estructura en la cual se realiza el proceso de depósito de partículas por acción de gravedad.

**c. Zona de salida**

Conformada por un vertedero de rebose diseñado para mantener una velocidad que no altere el reposo de la arena sedimentada.

**d. Zona de depósito y eliminación de la arena sedimentada**

Constituida por una tolva con pendientes mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.” (Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, 2005)



### 3.2.7.3.1. Dimensionamiento del Desarenador

Las normas RAS 2000 Título E sugiere que se diseñe dos desarenador; sin embargo tomando cuenta que el caudal es pequeño y por cuestiones de disponibilidad de espacio y recursos económicos se dimensionará un desarenador. Los datos necesarios se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 13-3. Parámetros para el dimensionamiento del desarenador**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR
Diámetro de la partícula	$d_p$	cm	0,02
Densidad de la arena	$\rho_a$	$g/cm^3$	2,65
Densidad del agua residual $T=20^\circ C$	$\rho_l$	$g/cm^3$	0,99823
Viscosidad cinemática del agua	$\mu$	$cm^2/s$	0,010105
Aceleración de la gravedad	g	$cm/s^2$	980
Altura	H	cm	150

Fuente: Norma RAS, 2000

**Tabla 14-3. Remoción de depósitos**

CONDICIONES	REMOCIÓN (K)		
	50 %	75 %	87 1/2 %
1. Máximo teórico	0,500	0,750	0,875
2. Depósitos con muy buenos deflectores	0,730	1,520	2,370
3. Depósitos con buenos deflectores	0,760	1,660	2,750
4. Depósitos con deflectores deficientes o sin ellos	1,00	3,00	7,00

Fuente: Weston & Bogert

**Tabla 15-3. Densidad y viscosidad del agua a distintas temperaturas**

TEMPERATURA ( $^\circ C$ )	DENSIDAD ( $g/cm^3$ )	VISCOSIDAD CINEMÁTICA $\times 10^{-6}$ ( $m^2/s$ )
15	0,99913	1,1457
16	0,99897	1,1168
17	0,99880	1,0888
18	0,99862	1,0618
19	0,99843	1,0356
20	0,99823	1,0105

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales, G. Rivas Mijares, 1978

**Tabla 16-3. Relación entre diámetro de las partículas y velocidad de sedimentación**

Material	$\phi$ Límite de las partículas (cm)	# de Reynolds	Vs	Régimen	Ley Aplicable
Grava	>1.0	>10 000	100	Turbulento	$V_s = 1.82 \sqrt{dg \left( \frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)}$ Newton
Arena Gruesa	0.100 0.080 0.050 0.050 0.040 0.030 0.020 0.015	1 000 600 180 27 17 10 4 2	10.0 8.3 6.4 5.3 4.2 3.2 2.1 1.5	Transición	$V_s = 0.22 \left( \frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[ \frac{d}{(\mu/\rho)^{1/3}} \right]$ Allen
Arena Fina	0.010 0.008 0.006 0.005 0.004 0.003 0.002 0.001	0.8 0.5 0.24 1.0 1.0 1.0 1.0 1.0	0.8 0.6 0.4 0.3 0.2 0.13 0.06 0.015	Laminar	$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho_a - \rho}{\mu} \right) d^2$ Stokes

Fuente: Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores, 2005

• **Velocidad de Sedimentación**

Datos tomados de la tabla 13-3 para el cálculo de la velocidad de sedimentación.

$$V_s = \frac{g(\rho_a - \rho_l)}{18\mu} * d_p^2$$

**Ecuación 14-3**

Donde:

$V_s$ : Velocidad de sedimentación (cm/s)

$g$ : Gravedad (cm/s<sup>2</sup>)

$d_p$ : Diámetro de la partícula (cm)

$\rho_l$ : Densidad del líquido (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_a$ : Densidad de la arena (g/cm<sup>3</sup>)

$\mu$ : Viscosidad del líquido (cm<sup>2</sup>/s)

- **Número de Reynolds**

$$N_{Re} = \frac{V_s * d_p}{\mu}$$

**Ecuación 15-3**

Donde:

$N_{Re}$ : Número de Reynolds (adimensional)

$V_s$ : Velocidad de sedimentación (cm/s)

$d_p$ : Diámetro de la partícula (cm)

$\mu$ : Viscosidad del líquido (cm<sup>2</sup>/s)

- **Coefficiente de arrastre**

$$C_d = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

**Ecuación 16-3**

Donde:

$C_d$ : Coeficiente de arrastre (adimensional)

$N_{Re}$ : Número de Reynolds (adimensional)

- **Tiempo de retención**

$$t = \frac{H}{V_s}$$

**Ecuación 17-3**

Donde:

$t$ : Tiempo de retención (s)

$V_s$ : Velocidad de sedimentación (cm/s)

$H$ : Altura (cm) (Tabla 13-3)

- **Periodo de retención**

$$a = K * t$$

**Ecuación 18-3**

Donde:

a: Remoción con buenos deflectores (s)

t: Tiempo de retención (s)

K: Constante = 2,75 (Tabla 14-3)

- **Capacidad del desarenador**

$$C = Q * a$$

**Ecuación 19-3**

Donde:

C: Capacidad del desarenador (m<sup>3</sup>)

Q: Caudal (m<sup>3</sup>/s)

a: Remoción con buenos deflectores (s)

- **Superficie del desarenador**

$$A_s = \frac{C}{H}$$

**Ecuación 20-3**

Donde:

A<sub>s</sub>: Superficie del desarenador (m<sup>2</sup>)

C: Capacidad del desarenador (m<sup>3</sup>)

H: Altura (m)

- **Dimensiones del desarenador**

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

**Ecuación 21-3**

$$\frac{L}{B} = 2$$

**Ecuación 22-3**

Donde:

L: Longitud del desarenador (m)

B: Ancho del desarenador (m)

A<sub>s</sub>: Superficie del desarenador (m<sup>2</sup>)

- **Área total del desarenador**

$$A_T = B * L$$

**Ecuación 23-3**

Donde:

A<sub>T</sub>: Área total del desarenador (m<sup>2</sup>)

B: Ancho del desarenador (m)

L: Longitud del desarenador (m)

- **Volumen del desarenador**

$$V = B * L * H$$

**Ecuación 24-3**

Donde:

V: Volumen del desarenador (m<sup>3</sup>)

B: Ancho del desarenador (m)

L: Longitud del desarenador (m)

H: Altura (m)

- **Carga hidráulica**

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

**Ecuación 25-3**

Donde:

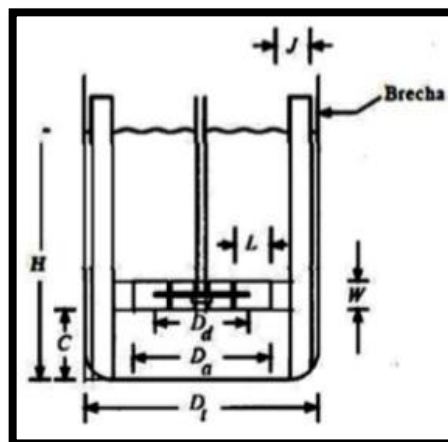
q: Carga hidráulica ( $\frac{m^3}{m^2 \cdot día}$ )

Q: Caudal ( $m^3/s$ )

$A_s$ : Superficie del desarenador ( $m^2$ )

### 3.2.7.4. *Tanque Agitador*

“Es un tanque donde se retiene el agua por un determinado tiempo, hasta que alcanza un volumen determinado e inicia el proceso de coagulación. Esto se utiliza generalmente cuando el efluente no es continuo y los caudales son bajos. Para el proceso de coagulación, los agitadores de turbina son muy utilizados, con las variables óptimas, generan las mejores condiciones para que se formen el coagulo.” (Martínez, 1992)



**Figura 5-3. Dimensiones características de un agitador**

Fuente: Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., (1992)

### 3.2.7.4.1. Dimensionamiento del Tanque Agitador

- ✓ Relación  $Dt/H = 1 - 6,67$  ( Calderón, 2017)
- ✓ Dt: Diámetro del tanque = 1 m
- ✓ H: Altura del tanque = 1 m

**Tabla 17-3. Dimensiones características de un agitador de turbina (6 paletas)**

DIMENSIONES DEL TANQUE AGITADOR	
Da/4	0,3-0,5
C/Dt	1/3
W/Da	1/5
Dd/Da	2/3
J/Dt	1/12
L/Da	1/4

Fuente: Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., (1992)

Donde:

**Da:** Diámetro del agitador.

**Dd:** Diámetro del sujetador de las paletas.

**C:** Altura del rodete sobre el fondo del tanque.

**L:** Longitud de las palas del rodete.

**W:** Ancho de las paletas.

**J:** Ancho de las placas deflectoras.

**Tabla 18-3. Parámetros de diseño para mezcladores de turbina**

PARÁMETRO	MEDIDA
Gradiente de velocidad ( $s^{-1}$ )	500 – 1000
Tiempo de retención	1 – 7

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

**Tabla 19-3. Número de potencia para diferentes tipos de impulsores**

IMPULSOR	Nº DE POTENCIA k
Hélice pinch cuadrada, 3 aletas	0,32
Hélice pinch 2,3 aletas	1,0
Turbina, 6 aletas planas	6,3
Turbina, 6 aletas curvas	4,8
Turbina, 6 aletas punta de flecha	4,0
Turbina ventilador, 6 aletas	1,65

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

**Tabla 20-3. Propiedades físicas del agua**

TEMPERATURA (°C)	VISCOSIDAD DINÁMICA (Ns/m <sup>2</sup> )
0	1,781 x 10 <sup>-3</sup>
5	1,518 x 10 <sup>-3</sup>
10	1,307 x 10 <sup>-3</sup>
15	1,139 x 10 <sup>-3</sup>
20	1,102 x 10 <sup>-3</sup>

Fuente: Daugherty, R., Franzini, J., (1978)

- **Radio del tanque cilíndrico vertical**

$$r = \frac{D}{2}$$

**Ecuación 26-3**

Donde:

r: Radio del tanque (m)

D: Diámetro del tanque (m)

- **Área del tanque**

$$A = (2 * \pi * r * h) + (2 * \pi * r^2)$$

**Ecuación 27-3**

Donde:

A: Área del tanque (m<sup>2</sup>)

r: Radio del tanque (m)

$\pi$ : Pi = 3,1416 (adimensional)

h: Altura del tanque (m)

- **Volumen del tanque**

$$V = A * h$$

**Ecuación 28-3**



Donde:

V: Volumen del tanque (m<sup>3</sup>)

A: Área del tanque (m<sup>2</sup>)

h: Altura del tanque (m)

- **Tiempo de llenado**

$$T = \frac{A * h}{Q}$$

**Ecuación 29-3**

Donde:

T: Tiempo de llenado (s)

A: Área del tanque (m<sup>2</sup>)

Q: Caudal del líquido (m<sup>3</sup>/s)

- **Diámetro del agitador**

$$\frac{Da}{4} = 0,3$$

**Ecuación 30-3**

Donde:

Da: Diámetro del agitador (m)

- **Altura del rodete sobre el fondo del tanque**

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

**Ecuación 31-3**

Donde:

C: Altura del rodete sobre el fondo del tanque (m)

Dt: Diámetro del tanque (m)

- **Ancho de las paletas**

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

**Ecuación 32-3**

Donde:

W: Ancho de las paletas (m)

Da: Diámetro del agitador (m)

- **Diámetro del sujetador de las paletas**

$$\frac{D_d}{D_a} = \frac{2}{3}$$

**Ecuación 33-3**

Donde:

Dd: Diámetro del sujetador de las paletas (m)

Da: Diámetro del agitador (m)

- **Ancho de las placas deflectoras**

$$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$$

**Ecuación 34-3**

Donde:

J: Ancho de las placas deflectoras (m)

Dt: Diámetro del tanque (m)

- **Longitud de las palas del rodete**

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

**Ecuación 35-3**

Donde:

L: Longitud de las palas del rodete (m)

Da: Diámetro del agitador (m)

- **Potencia del motor para el agitador**

$$P = G^2 V \mu$$

**Ecuación 36-3**

Donde:

P: Potencia del motor (W)

G: Gradiente óptima para la coagulación = 60 (s<sup>-1</sup>) (Tabla 18-3)

V: Volumen (m<sup>3</sup>) (Resultado de la Ecuación 28-3)

μ: Viscosidad dinámica (Kg/m\*s) (Tabla 20-3)

- **Velocidad de rotación para el agitador**

$$N = \left( \frac{P}{k \delta Da^5} \right)^{1/3}$$

**Ecuación 37-3**

Donde:

N: Velocidad de rotación para el agitador (rev/min)

P: Potencia del motor (Kg\*m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)

k: Constante de agitación para 6 paletas = 6,3 (adimensional) (Tabla 19-3)

$\delta$ : Densidad del líquido (Kg/m<sup>3</sup>) (Tabla 15-3)

Da: Diámetro del agitador (m)

#### 3.2.7.4.2. *Dosificación de productos químicos*

La dosificación de los productos químicos se obtuvo mediante el test de jarras realizadas en el laboratorio. Para la dosificación de químicos se emplean las siguientes ecuaciones:

- **Dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)**

$$D_{PAC} = \frac{V_{TA} * D_{PAC \text{ Jarras}}}{V_{P. \text{ Jarras}}}$$

**Ecuación 38-3**

Donde:

$D_{PAC}$ : Dosis de PAC para la coagulación (mL)

$V_{TA}$ : Volumen del tanque agitador (L)

$D_{PAC \text{ Jarras}}$ : Dosis de PAC óptimo en la prueba de jarras (mL)

$V_{P. \text{ Jarras}}$ : Volumen de referencia de la prueba de jarras (L)

- **Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)**

$$C_{PAC} = \text{Conc}_{PAC} * D_{PAC}$$

**Ecuación 39-3**

Donde:

$C_{PAC}$ : Cantidad de PAC (g/día)

$\text{Conc}_{PAC}$ : Concentración de PAC óptimo en la prueba de jarras (g/L)

$D_{PAC}$ : Dosis de PAC para la coagulación (L/día)

- **Dosificación de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

$$D_{N-100} = \frac{V_{TA} * D_{N-100 \text{ Jarras}}}{V_{P,Jarras}}$$

**Ecuación 40-3**

Donde:

$D_{N-100}$ : Dosis de Chemfloc N-100 para la coagulación (mL)

$V_{TA}$ : Volumen del tanque agitador (L)

$D_{N-100 \text{ Jarras}}$ : Dosis de Chemfloc N-100 óptimo en la prueba de jarras (mL)

$V_{P. Jarras}$ : Volumen de referencia de la prueba de jarras (L)

- **Cantidad de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

$$C_{N-100} = \text{Conc}_{N-100} * D_{N-100}$$

**Ecuación 41-3**

Donde:

$C_{N-100}$ : Cantidad de Chemfloc N-100 (g/día)

$\text{Conc}_{N-100}$ : Concentración de Chemfloc N-100 óptimo en la prueba de jarras (g/L)

$D_{N-100}$ : Dosis de Chemfloc N-100 para la coagulación (L/día)

### 3.2.7.4.3. *Balance de masa global del desarenador y tanque agitador*

✓ Entrada lixiviado	$Q = 0,12 \frac{L}{s}$	(Obtenido de las aforaciones)
✓ Acumulación de lodos	$Msd = 0,926 \frac{Kg}{día}$	(Obtenido experimentalmente)
✓ Densidad del lixiviado	$\delta_{lixiviado} = 0,99823 \frac{g}{cm^3}$	(Tabla 15-3)

$$E - S = A$$

**Ecuación 42-3**

$$E_{\text{lixiviado}} - S_{\text{lixiviado}} = A_{\text{lodos}}$$

$$S_{\text{lixiviado}} = E_{\text{lixiviado}} - A_{\text{lodos}}$$

Donde:

E: Entrada del lixiviado (g/s)

S: Salida del lixiviado (g/s)

A: Acumulación de los lodos (g/s)

$$Q = \frac{\dot{m}}{\delta}$$

**Ecuación 43-3**

Donde:

Q: Caudal de salida del balance (L/s)

$\dot{m}$ : Masa de lodos (g/s)

$\delta$ : Densidad del lixiviado (g/cm<sup>3</sup>)

### 3.2.7.5. *Era de Secado*

“Son sistemas sencillos y de bajo costo. Su función es la deshidratación de los lodos resultantes del proceso de tratamiento, su acción se da mediante la evaporación de agua por acción del sol. El residuo final, después de ser estabilizado, se puede utilizar para acondicionamiento de suelos o también pueden ser trasladados a un vertedero controlado.” (Romero, 2004)

En la siguiente tabla se muestra las ventajas y desventajas que posee las eras de secado.

**Tabla 21-3. Ventajas y desventajas de las eras de secado**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No requiere operaciones especializadas	Requiere espacios grandes
Bajo consumo de energía	Visible al público
Poco sensible a cambios en las características del lodo	Sensible a cambios de clima
Contenido alto de sólidos en los lodos	Gran mano de obra para la remoción de residuos

Fuente: Romero, 2004

### 3.2.7.5.1. Dimensionamiento de la Era de Secado

**Tabla 22-3. Criterios de diseño para la era de secado**

PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD
Profundidad total útil	40 – 60	cm
Ancho	3 – 6	m
Medio de drenaje	0,30 de espesor	m
Porcentaje de sólidos presentes en el lodo	8 – 12	%
*Diámetro de tuberías de drenaje	No menor de 100	mm
*Pendiente	No menor a 1	%
*Canales laterales de alimentación	Espaciamiento 2,5 – 3	m
*Medio de soporte	Capa de 15	cm
*Arena	0,3 – 1,3	mm
*Grava	51 – 200	mm

\*Fuente: Norma RAS, 2000

Fuente: CEPIS/OPS, 2005

**Tabla 23-3. Tiempo requerido para digestión de lodos**

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: CEPIS/OPS., 2005

- **Carga de sólidos**

$$C = Q * SS$$

**Ecuación 44-3**

Donde:

C: Carga de sólidos (Kg/día)

Q: Caudal (L/s) (Tabla 8-1)

SS: Sólidos suspendidos (mg/L) (Tabla 11-1)

- **Masa de sólidos que conforman los lodos**

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

**Ecuación 45-3**

Donde:

Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg/día)

C: Carga de sólidos (Kg/día)

- **Volumen diario de lodos digeridos**

Según OPS/CEPIS/05.163, la densidad de lodos es de 1,04 kg/L, el porcentaje de sólidos se asume un 12% que está dentro del rango mencionado por OPS/CEPIS de 8 a 12%. Se calcula con la ecuación 46-3.

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodos}} \left( \frac{\% \text{Sólidos}}{100\%} \right)}$$

**Ecuación 46-3**

Donde:

Vld: Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg/día)



$\rho$ : Densidad del lodo = 1,04 kg/L (Obtenido de OPS/CEPIS/05.163)

% Sólidos: Porcentaje de sólidos = 12 % (Obtenido de OPS/CEPIS/05.163)

- **Volumen de lodos a extraerse**

El tiempo requerido para la digestión de lodos se encuentra en relación a la temperatura, para una temperatura de 20°C los lodos tienen un tiempo de retención de 40 días, como se indica en la (Tabla 23-3)

$$\text{Vel} = \frac{\text{Vld} * \text{Td}}{1000}$$

**Ecuación 47-3**

Donde:

Vel: Volumen de lodos a extraerse (m<sup>3</sup>)

Vld: Volumen diario de lodos digeridos (L/día)

Td: Tiempo requerido para la digestión de lodos = 40 días (Tabla 23-3)

- **Área de la era de secado**

$$\text{Als} = \frac{\text{Vel}}{\text{H}_a}$$

**Ecuación 48-3**

Donde:

Als: Área de la eras de secado (m<sup>2</sup>)

Vel: Volumen de lodos a extraerse (m<sup>3</sup>)

H<sub>a</sub>: Profundidad de aplicación = 0,40 m (Tabla 36-3)

- **Área individual de la era de secado**

$$Als_i = \frac{Als}{N^\circ \text{Lechos}}$$

**Ecuación 49-3**

Donde:

Als<sub>i</sub>: Área individual de la era de secado (m<sup>2</sup>)

Als: Área de la era de secado (m<sup>2</sup>)

N° Lechos: Número de secciones

- **Longitud de la era de secado**

$$L = \frac{Als_i}{b}$$

**Ecuación 50-3**

Donde:

L: Longitud de la era de secado (m)

b: Ancho de lecho = 3 m (Tabla 22-3)

Als<sub>i</sub>: Área individual de las eras de secado (m<sup>2</sup>)

- **Volumen de la era de secado**

$$V = L * b * H$$

**Ecuación 51-3**

Donde:

V: Volumen de la era de secado (m<sup>3</sup>)

b: Ancho de lecho = 3 m (Tabla 22-3)

H: Altura = 0,40 m (Tabla 22-3)

- **Intervalo de tiempo para desalojar el lodo**

$$T_{DL} = \frac{V_{TL}}{Q}$$

**Ecuación 52-3**

Donde:

$T_{DL}$ : Intervalo de tiempo para desalojar el lodo (h)

V: Volumen de la era de secado ( $m^3$ )

Q: Caudal de lixiviado =  $0,432 m^3/h$  (Obtenido del Balance de masa)

### 3.2.7.6. *Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA)*

“Su estructura está conformada por un tanque, relleno con un medio sólido para el soporte del crecimiento biológico anaerobio, las bacterias se quedan retenidas, el agua residual se pone en contacto con el medio sólido bacteriano. Es el proceso más sencillo de mantener ya que la biomasa permanece como una película microbial adherida, el riesgo de taponamiento es mínimo debido a que el flujo es ascendente. Son eficaces para desnitrificar efluentes, incluso son usados como pretratamiento en plantas de purificación de agua.” (Crites, 2000)

#### 3.2.7.6.1. *Dimensionamiento del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente*

**Tabla 24-3. Criterios de diseño para el filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente**

PARÁMETRO	RANGO	UNIDAD
*Profundidad útil	No menor a 1,80	m
*Ancho	0,85 - 5,40	m
*Volumen útil mínimo	No menor a 1,25	$m^3$
*Profundidad media soporte	No menor a 1,2	m
*Salida del efluente	No menor a 30 sobre el lecho	cm
Tiempo de retención	6 - 36	h
Carga orgánica	1 - 30	$Kg DQO/m^3d$
Velocidad del flujo	<10	m/días
Edad de lodos	0,5 - 5	días
Distancia entre orificios de entrada	1 - 2	m

\*Fuente: Norma Brasileira ABNT

Fuente: Normas RAS, 2000

- **Volumen del filtro**

$$V_f = Q * Tr$$

**Ecuación 53-3**

Donde:

$V_f$ : Volumen de filtro ( $m^3$ )

$Q$ : Caudal de lixiviado = 0,432  $m^3/h$  (Obtenido del Balance de masa)

$Tr$ : Tiempo de retención hidráulica = 24 h (Tabla 24-3)

- **Área horizontal del filtro**

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

**Ecuación 54-3**

Donde:

$A_f$ : Área horizontal del filtro ( $m^2$ )

$V_f$ : Volumen de filtro ( $m^3$ )

$H_u$ : Profundidad útil del filtro = 1,8 m (Tabla 24-3)

- **Longitud del filtro**

$$L = \frac{A_f}{b}$$

**Ecuación 55-3**

Donde:

$L$ : Longitud del filtro (m)

$A_f$ : Área horizontal del filtro ( $m^2$ )

$b$ : Ancho del filtro = 0,85 m (Tabla 24-3)

- **Altura total de la cámara**

$$H_{Tf} = H_u + 0,30$$

**Ecuación 56-3**

Donde:

$H_{Tf}$ : Altura total de la cámara (m)

$H_u$ : Profundidad útil del filtro = 1,8 m (Tabla 24-3)

### 3.2.8. Cálculos del Rediseño del Sistema de Tratamientos de Lixiviados

#### 3.2.8.1. Canal

- **Área del canal**

$$A_c = b * h$$

$$A_c = 0,4 \text{ m} * 0,5 \text{ m}$$

$$A_c = 0,2 \text{ m}^2$$

- **Radio hidráulico del canal**

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h}$$

$$RH = \frac{0,4 \text{ m} * 0,5 \text{ m}}{0,4 \text{ m} + 2(0,5 \text{ m})}$$

$$RH = 0,143 \text{ m}$$

- **Velocidad de aproximación del agua al canal**

$$V_{ap} = \frac{1}{n} * RH^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V_{ap} = \frac{1}{0,013} * (0,143 \text{ m})^{2/3} * (0,0005 \text{ m/m})^{1/2}$$

$$V_{ap} = 0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- **Área libre al paso del agua**

$$A_b = \frac{Q}{V_{ap}}$$

$$A_b = \frac{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$A_b = 0,00026 \text{ m}^2$$

- **Área transversal del flujo**

$$A_f = \frac{A_b(e + s)}{e}$$

$$A_f = \frac{0,00026 \text{ m}^2(0,012 \text{ m} + 0,01 \text{ m})}{0,012 \text{ m}}$$

$$A_f = 0,00048 \text{ m}^2$$

- **Tirante del agua en el canal**

$$h = \frac{A_b}{b}$$

$$h = \frac{0,00026 \text{ m}^2}{0,4 \text{ m}}$$

$$h = 0,00065 \text{ m}$$

- **Altura total del canal**

$$H_T = h + H_s$$

$$H_T = 0,00065 \text{ m} + 0,45 \text{ m}$$

$$H_T = 0,45065 \text{ m} \approx 0,45 \text{ m}$$

### 3.2.8.2. *Rejillas*

- **Longitud de las barras**

$$L_b = \frac{H_T}{\text{sen } \varnothing}$$

$$L_b = \frac{0,45 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L_b = 0,64 \text{ m}$$

- **Nivel máximo de agua**

$$n_{\text{máx}} = \frac{Q}{V_{\text{ap}} * b}$$

$$n_{\text{máx}} = \frac{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,4 \text{ m}}$$

$$n_{\text{máx}} = 0,00064 \text{ m}$$

- **Longitud sumergida de las barras**

$$L_s = \frac{n_{\text{máx}}}{\text{sen } \varnothing}$$

$$L_s = \frac{0,00064 \text{ m}}{\text{sen } 45^\circ}$$

$$L_s = 0,0009 \text{ m}$$

- **Separación entre barras para rejillas finas**

$$bg = \left( \frac{b - e}{s + e} + 1 \right) * e$$

$$bg = \left( \frac{0,4 \text{ m} - 0,012 \text{ m}}{0,01 \text{ m} + 0,012 \text{ m}} + 1 \right) * 0,012 \text{ m}$$

$$bg = 0,22 \text{ m}$$

- **Número de barras para rejillas finas**

$$N_b = \frac{b}{e + s}$$

$$N_b = \frac{0,4 \text{ m}}{0,012 \text{ m} + 0,01 \text{ m}}$$

$$N_b = 18,18 \approx 18 \text{ barros}$$

- **Pérdida de carga a través de las rejillas**

$$hc = \beta \left( \frac{s}{e} \right)^{4/3} * \frac{v^2}{2g} * \text{sen } \varnothing$$

$$hc = 1,79 \left( \frac{0,01 \text{ m}}{0,012 \text{ m}} \right)^{4/3} * \frac{\left( 0,47 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{\left( 2 * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)} * \text{sen } 45^\circ$$

$$hc = 0,011 \text{ m}$$

### 3.2.8.3. Desarenador

- **Velocidad de Sedimentación**

$$V_s = \frac{g(\rho_a - \rho_l)}{18\mu} * d_p^2$$

$$V_s = \frac{980 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} \left( 2,65 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} - 0,99823 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)}{18(0,010105 \frac{\text{cm}^2}{\text{s}})} * (0,02 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 3,56 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$



- **Número de Reynolds**

$$N_{Re} = \frac{V_s * d_p}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{3,56 \frac{cm}{s} * 0,02 cm}{0,010105 \frac{cm^2}{s}}$$

$$N_{Re} = 7,05$$

- **Coefficiente de arrastre**

$$C_d = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$$

$$C_d = \frac{24}{7,05} + \frac{3}{\sqrt{7,05}} + 0,34$$

$$C_d = 4,87$$

- **Tiempo de retención**

$$t = \frac{H}{V_s}$$

$$t = \frac{150 cm}{3,56 \frac{cm}{s}}$$

$$t = 42,13 s$$

- **Periodo de retención**

$$a = K * t$$

$$a = 2,75 * 42,13 s$$

$$a = 115,86 s$$

- **Capacidad del desarenador**

$$C = Q * a$$

$$C = 0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 115,86 \text{ s}$$

$$C = 0,014 \text{ m}^3 = 14 \text{ L}$$

- **Superficie del desarenador**

$$A_s = \frac{C}{H}$$

$$A_s = \frac{0,014 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}}$$

$$A_s = 0,0093 \text{ m}^2$$

- **Dimensiones del desarenador**

- ✓ **Base**

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{2}}$$

$$B = 0,068 \text{ m}$$

- ✓ **Longitud**

$$\frac{L}{B} = 2$$

$$L = 2 * B$$

$$L = 2 * 0,068 \text{ m}$$

$$L = 0,136 \text{ m}$$

- **Área total del desarenador**

$$A_T = B * L$$

$$A_T = 0,068 \text{ m} * 0,136 \text{ m}$$

$$A_T = 0,0092 \text{ m}^2$$

- **Volumen del desarenador**

$$V = B * L * H$$

$$V = 0,068 \text{ m} * 0,136 \text{ m} * 1,5 \text{ m}$$

$$V = 0,014 \text{ m}^3$$

- **Carga hidráulica**

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

$$q = \frac{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0,0093 \text{ m}^2}$$

$$q = 0,013 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{s}} = 1123,2 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

#### 3.2.8.4. *Tanque Agitador*

- **Radio del tanque cilíndrico vertical**

$$r = \frac{D}{2}$$

$$r = \frac{1 \text{ m}}{2}$$

$$r = 0,5 \text{ m}$$

- **Área del tanque**

$$A = (2 * \pi * r * h) + (2 * \pi * r^2)$$

$$A = (2 * \pi * 0,5 \text{ m} * 1 \text{ m}) + (2 * \pi * 1 \text{ m}^2)$$

$$A = 9,42 \text{ m}^2$$

- **Volumen del tanque**

$$V = A * h$$

$$V = 9,42 \text{ m}^2 * 1 \text{ m}$$

$$V = 9,42 \text{ m}^3$$

- **Tiempo de llenado**

$$T = \frac{A * h}{Q}$$

$$T = \frac{9,42 \text{ m}^2 * 1 \text{ m}}{0,00012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$T = 78500 \text{ s} = 21,8 \text{ h}$$

- **Diámetro del agitador**

$$\frac{Da}{4} = 0,3$$

$$Da = 0,3 * 4$$

$$Da = 1,2 \text{ m}$$

- **Altura del rodete sobre el fondo del tanque**

$$\frac{C}{Dt} = \frac{1}{3}$$

$$C = \frac{1}{3} * Dt$$

$$C = \frac{1}{3} * 1 \text{ m}$$

$$C = 0,33 \text{ m}$$

- **Ancho de las paletas**

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$W = \frac{1}{5} * Da$$

$$W = \frac{1}{5} * 1,2 \text{ m}$$

$$W = 0,24 \text{ m}$$

- **Diámetro del sujetador de las paletas**

$$\frac{Dd}{Da} = \frac{2}{3}$$

$$Dd = \frac{2}{3} * Da$$

$$Dd = \frac{2}{3} * 1,2 \text{ m}$$

$$Dd = 0,8 \text{ m}$$

- **Ancho de las placas deflectoras**

$$\frac{J}{Dt} = \frac{1}{12}$$

$$J = \frac{1}{12} * Dt$$

$$J = \frac{1}{12} * 1 \text{ m}$$

$$J = 0,083 \text{ m}$$

- **Longitud de las palas del rodete**

$$\frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$L = \frac{1}{5} * Da$$

$$L = \frac{1}{4} * 1,2 \text{ m}$$

$$L = 0,3 \text{ m}$$

- **Potencia del motor para el agitador**

$$P = G^2 V \mu$$

$$P = (60s^{-1})^2 (9,42m^3) (1,102 \times 10^{-3} Kg/m * s)$$

$$P = 37,37 \text{ W}$$

Considerando una eficiencia del 80%, se tiene:

$$P = \frac{37,37 \text{ W}}{0,80}$$

$$P = 46,71 \text{ W}$$

- **Velocidad de rotación para el agitador**

$$N = \left( \frac{P}{k\delta Da^5} \right)^{1/3}$$

$$N = \left( \frac{46,71 \frac{Kg \cdot m^2}{s^2}}{6,3 * 998,23 \frac{Kg}{m^3} * (1,2 \text{ m})^5} \right)^{1/3}$$

$$N = 0,144 \frac{\text{rev}}{s} * \frac{60s}{1\text{min}}$$

$$N = 8,6 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

### 3.2.8.4.1. *Dosificación de productos químicos.*

- **Dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)**

$$D_{PAC} = \frac{V_{TA} * D_{PAC \text{ Jarras}}}{V_{P, \text{Jarras}}}$$

$$D_{PAC} = \frac{9420 \text{ L} * 240 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$D_{PAC} = 2260800 \text{ mL} \approx 2260,8 \text{ L}$$

$$D_{PAC} = 2260,8 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

- **Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)**

La concentración óptima del Policloruro de Aluminio es de 0,04 g/L que equivale a 40 ppm.

$$C_{PAC} = \text{Conc}_{PAC} * D_{PAC}$$

$$C_{PAC} = 0,04 \frac{\text{g}}{\text{L}} * 3600 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

$$C_{PAC} = 144 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

- **Dosificación de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

$$D_{N-100} = \frac{V_{TA} * D_{N-100 \text{ Jarras}}}{V_{P, \text{Jarras}}}$$

$$D_{N-100} = \frac{9420 \text{ L} * 120 \text{ mL}}{1 \text{ L}}$$

$$D_{N-100} = 1130400 \text{ mL} \approx 1130,4 \text{ L}$$

$$D_{N-100} = 1130,4 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

- **Cantidad de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)**

La concentración óptima del Auxiliar de coagulación (Chemfloc) es de 0,80 g/L que equivale a 800 ppm.

$$C_{N-100} = \text{Conc}_{N-100} * D_{N-100}$$

$$C_{N-100} = 0,80 \frac{\text{g}}{\text{L}} * 1800 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

$$C_{N-100} = 1440 \frac{\text{g}}{\text{día}}$$

### 3.2.8.4.2. Balance de masa

Balance de masa global del desarenador y tanque agitador

Entrada lixiviado  $Q = 0,12 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 0,99823 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}}$

$$Q = 119,79 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

Acumulación de lodos  $\text{Msd} = 0,926 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} * \frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}}$

$$\text{Msd} = 0,011 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

Densidad del lixiviado  $\delta_{\text{lixiviado}} = 0,99823 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

$$E - S = A$$

$$E_{\text{lixiviado}} - S_{\text{lixiviado}} = A_{\text{lodos}}$$

$$S_{\text{lixiviado}} = E_{\text{lixiviado}} - A_{\text{lodos}}$$

$$S_{\text{lixiviado}} = (119,79 - 0,011) \frac{\text{g}}{\text{s}}$$

$$S_{\text{lixiviado}} = 119,779 \frac{\text{g}}{\text{s}}$$



$$Q = \frac{\dot{m}}{\delta}$$

$$Q = \frac{119,779 \frac{\text{g}}{\text{s}}}{0,99823 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}$$

$$Q = 119,99 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3}$$

$$Q = 0,11999 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

### 3.2.8.5. Era de Secado

- **Carga de sólidos**

$$C = Q * SS$$

$$C = 0,11999 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 275,4 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$C = 33,045 \frac{\text{mg}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} * \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}}$$

$$C = 2,85 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

- **Masa de sólidos que conforman los lodos**

$$\text{Msd} = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

$$\text{Msd} = \left( 0,5 * 0,7 * 0,5 * 2,85 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) + \left( 0,5 * 0,3 * 2,85 \frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Msd} = 0,926 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

- **Volumen diario de lodos digeridos**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{\text{lodos}} \left( \frac{\% \text{Sólidos}}{100\%} \right)}$$

$$Vld = \frac{0,926 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{1,04 \frac{\text{Kg}}{\text{L}} \left( \frac{12}{100} \right)}$$

$$Vld = 7,42 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

- **Volumen de lodos a extraerse**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

$$Vel = \frac{7,42 \frac{\text{L}}{\text{día}} * 40 \text{ días}}{1000}$$

$$Vel = 0,297 \text{ m}^3$$

- **Área de la era de secado**

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

$$Als = \frac{0,297 \text{ m}^3}{0,40 \text{ m}}$$

$$Als = 0,74 \text{ m}^2$$

- **Área individual de la era de secado**

$$Als_i = \frac{Als}{N^\circ \text{Lechos}}$$

$$Als_i = \frac{0,74 \text{ m}^2}{1}$$

$$Als_i = 0,74 \text{ m}^2$$

- **Longitud de la era de secado**

$$L = \frac{Als_i}{b}$$

$$L = \frac{0,74 \text{ m}^2}{3 \text{ m}}$$

$$L = 0,25 \text{ m}$$

- **Volumen de la era de secado**

$$V = L * b * H$$

$$V = 0,25 \text{ m} * 3 \text{ m} * 0,40 \text{ m}$$

$$V = 0,3 \text{ m}^3$$

- **Intervalo de tiempo para desalojar el lodo**

$$T_{DL} = \frac{V_{TL}}{Q}$$

$$T_{DL} = \frac{0,297 \text{ m}^3}{0,432 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}$$

$$T_{DL} = 0,69 \text{ h}$$

### 3.2.8.6. *Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente (FAFA)*

- **Volumen del filtro**

$$V_f = Q * Tr$$

$$V_f = 0,432 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 24 \text{ h}$$

$$V_f = 10,37 \text{ m}^3$$

- **Área horizontal del filtro**

$$A_f = \frac{V_f}{H_u}$$

$$A_f = \frac{10,37 \text{ m}^3}{1,8 \text{ m}}$$

$$A_f = 5,76 \text{ m}^2$$

- **Longitud del filtro**

$$L = \frac{A_f}{b}$$

$$L = \frac{5,76 \text{ m}^2}{0,85 \text{ m}}$$

$$L = 6,78 \text{ m}$$

- **Altura total de la cámara**

$$H_{Tf} = H_u + 0,30$$

$$H_{Tf} = 1,8 \text{ m} + 0,30$$

$$H_{Tf} = 2,10 \text{ m}$$

### 3.2.9. Resultados del Dimensionamiento del Sistema de Tratamiento de Lixiviados

#### 3.2.9.1. Resultados del Canal

**Tabla 25-3. Resultados del dimensionamiento del Canal**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Área del canal	$A_c$	0,2	$\text{m}^2$
Radio hidráulico del canal	RH	0,143	m
Velocidad de aproximación del agua al canal	$V_{ap}$	0,47	m/s
Área libre al paso del agua	$A_b$	0,00026	$\text{m}^2$
Área transversal del flujo	$A_f$	0,00048	$\text{m}^2$
Tirante del agua en el canal	h	0,00065	m
Altura total del canal	$H_T$	0,45	m

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.9.2. Resultados de las Rejillas

**Tabla 26-3. Resultados del dimensionamiento de las Rejillas**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Longitud de las barras	$L_b$	0,64	m
Nivel máximo de agua	$n_{máx}$	0,00064	m
Longitud sumergida de las barras	$L_s$	0,0009	m
Separación entre barras para rejillas finas	$bg$	0,22	m
Número de barras para rejillas finas	$N_b$	18	unidades
Pérdida de carga a través de las rejillas	$hc$	0,011	m

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.9.3. Resultados del Desarenador

**Tabla 27-3. Resultados del dimensionamiento del Desarenador**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Velocidad de sedimentación	$V_s$	3,56	cm/s
Número de Reynolds	$N_{Re}$	7,05	adimensional
Coefficiente de arrastre	$Cd$	4,87	adimensional
Tiempo de retención	$t$	42,13	s
Periodo de retención	$a$	115,86	s
Capacidad del desarenador	$C$	0,014	$m^3$
Superficie del desarenador	$A_s$	0,0093	$m^2$
Base del desarenador	$B$	0,068	m
Longitud del desarenador	$L$	0,136	m
Área total del desarenador	$A_T$	0,0092	$m^2$
Volumen del desarenador	$V$	0,014	$m^3$
Carga hidráulica	$q$	1123,2	$m^3/m^2 \cdot día$

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.9.4. Resultados del Tanque Agitador

**Tabla 28-3. Resultados del dimensionamiento del Tanque Agitador**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Radio del tanque cilíndrico vertical	$r$	0,5	m
Área del tanque	$A$	9,42	$m^2$
Volumen del tanque	$V$	9,42	$m^3$
Tiempo de llenado	$T$	21,8	h
Diámetro del agitador	$Da$	1,2	m
Altura del rodete sobre el fondo del tanque	$C$	0,33	m
Ancho de paletas	$W$	0,24	m
Diámetro del sujetador de las paletas	$Dd$	0,8	m

Ancho de las placas deflectoras	J	0,083	m
Longitud de las palas del rodete	L	0,3	m
Potencia del motor para el agitador	P	46,71	W
Velocidad de rotación para el agitador	N	8,6	rev/min

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.9.5. Resultados de la Dosificación de Productos químicos

**Tabla 29-3. Resultados de la Dosificación de productos químicos**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Concentración de PAC-P25A óptimo	Conc <sub>PAC</sub>	0,04	g/L
Dosificación de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)	D <sub>PAC</sub>	2260,8	L/día
Cantidad de Policloruro de Aluminio (PAC-P25A)	C <sub>PAC</sub>	144	g/día
Concentración de Chemfloc N-100 óptimo	Conc <sub>N-100</sub>	0,80	g/L
Dosificación de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	D <sub>N-100</sub>	1130,4	L/día
Cantidad de Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	C <sub>N-100</sub>	1440	g/día

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.9.6. Resultados de la Era de Secado

**Tabla 30-3. Resultados del dimensionamiento de la Era de Secado**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Carga de sólidos	C	2,85	Kg/día
Masa de sólidos que conforman los lodos	Msd	0,926	Kg/día
Volumen diario de lodos digeridos	Vld	7,42	L/día
Volumen de lodos a extraerse	Vel	0,297	m <sup>3</sup>
Área de la era de secado	Als	0,74	m <sup>2</sup>
Área individual de la era de secado	Als <sub>i</sub>	0,74	m <sup>2</sup>
Longitud de la era de secado	L	0,25	m
Volumen de la era de secado	V	0,3	m <sup>3</sup>
Intervalo de tiempo para desalojar el lodo	T <sub>DL</sub>	0,69	h

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.9.7. Resultados del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente

**Tabla 31-3. Resultados del dimensionamiento del Filtro Anaeróbico de Flujo Ascendente**

PARÁMETROS	SÍMBOLO	VALOR	UNIDADES
Volumen del filtro	$V_f$	10,37	$m^3$
Área horizontal del filtro	$A_f$	5,76	$m^2$
Longitud del filtro	L	6,78	m
Altura total de la cámara	$H_{Tr}$	2,10	m

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.10. Resultados de la caracterización final del lixiviado

Culminado los análisis del lixiviado se detallan a continuación las concentraciones que se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 10, permitiendo que los lixiviados puedan ser descargados al Río sin riesgos de contaminación. Mediante la caracterización físico-química y microbiológica del lixiviado se determinó el porcentaje de remoción y resultados de los parámetros que se encontraban fuera de los límites detallados en la Tabla 11-1 que luego de su tratabilidad cumplían con la Norma.

**Tabla 32-3. Resultados del tratamiento del lixiviado**

RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO PROMEDIO LIXIVIADOS VS TRATAMIENTO							
PARÁMETROS	UNIDAD	PROMEDIO MES ABRIL	PROMEDIO MES MAYO	PROMEDIO TOTAL DE ANÁLISIS	LUEGO DE TRATA MES ABRIL	LUEGO DE TRATA MES MAYO	PROMEDIO TOTAL LUEGO DE TRATA
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>							
COLOR	UTC	1090,00	980,00	1035	1,00	1,00	1,00
TURBIEDAD	NTU	586,99	706,55	646,77	0,41	0,57	0,49
pH	.....	9,13	8,69	8,91	7,08	7,05	7,065
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1422,78	1132,94	1277,86	240,65	190,67	215,66
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	971,94	781,69	876,815	110,37	98,60	104,485
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	281,40	269,40	275,4	45,13	52,64	48,885
TEMPERATURA	° C	19,56	19,46	19,51	15,36	16,79	16,075
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>							
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	63,51	54,07	58,79	16,00	22,00	19,00
FOSFATOS (P- $PO_4^{3-}$ )	mg/L	5,90	5,35	5,625	3,68	6,27	4,975
NITROGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> - N)	mg/L	25,31	24,36	24,835	2,63	3,76	3,21
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	21,60	19,40	20,5	19,60	15,62	17,61
FLUORUROS (F)	mg/L	13,77	16,45	15,11	3,37	4,68	4,025
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	6,54	7,17	6,855	2,56	2,98	2,77
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,41	0,40	0,405	0,28	0,30	0,29

CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0,57	0,58	0,575	0,018	0,016	0,017
COBRE (Cu)	mg/L	0,57	0,45	0,51	0,19	0,20	0,195
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	628,00	436,40	532,2	600,00	342,00	471,00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0,07	0,07	0,07	0,008	0,007	0,0075
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	860,16	951,76	905,96	208,94	159,67	184,305
NIQUEL (Ni)	mg/L	0,77	0,76	0,765	0,43	0,39	0,41
COBALTO (Co)	mg/L	0,42	0,35	0,385	0,33	0,28	0,305
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,008	0,009	0,0085
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	0,79	0,68	0,735	0,007	0,009	0,008
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,007	0,008	0,0075
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,31	0,27	0,29	0,009	0,008	0,0085
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2,54	2,74	2,64	1,10	1,19	1,145
BORO (Ba)	mg/L	0,51	0,51	0,51	0,43	0,37	0,4
BROMO (Br)	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,006	0,008	0,007
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,008	0,009	0,0085
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0,85	0,89	0,87	0,007	0,008	0,0075
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	2,20	2,28	2,24	6,20	0,009	3,1045
DBO <sub>5</sub>	mg/L	825,00	666,63	745,815	36,00	28,00	32,00
DQO	mg/L	1154,94	1303,99	1229,465	52,00	46,00	49,00
<b>PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS</b>							
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1420,00	1308,00	1364,00	< 1	< 1	< 1
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	756,40	630,00	693,2	< 1	< 1	< 1

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.10.1. Parámetros físicos

Tabla 33-3. Resultados de los análisis del Color

Agua (UTC)		Remoción (%)	Límite permisible (UTC)
Lixiviado	Tratada		
1035	1,00	99,90	Ina. en dis

Realizado por: Torres Gissela, 2017



Gráfico 1-3. Disminución de Color

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Tabla 34-3. Resultados de los análisis de la turbiedad**

Agua (NTU)		Remoción (%)	Límite permisible (NTU)
Lixiviado	Tratada		
646,77	0,49	99,92	.....

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 2-3. Disminución de la Turbiedad**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 35-3. Resultados de los análisis del pH**

Agua (.....)		Remoción (%)	Límite permisible (.....)
Lixiviado	Tratada		
8,91	7,065	20,71	6-9

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 3-3. Disminución del pH**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 36-3. Resultados de los análisis de la Conductividad Eléctrica**

Agua (uS/cm)		Remoción (%)	Límite permisible (uS/cm)
Lixiviado	Tratada		
1277,86	215,66	83,12	.....

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 4-3. Disminución de la Conductividad Eléctrica**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 37-3. Resultados de los análisis de los Sólidos Suspendedos Totales**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
275,4	48,885	82,25	130

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 5-3. Disminución de Sólidos Suspendedos Totales**

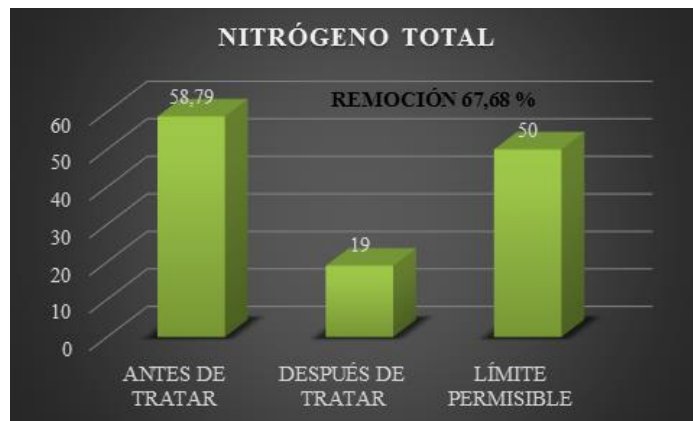
Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.10.2. Parámetros químicos

**Tabla 38-3. Resultados de los análisis del Nitrógeno Total**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
58,79	19,00	67,68	50,0

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 6-3. Disminución de Nitrógeno Total**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 39-3. Resultados de los análisis de Fluoruros**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
15,11	4,025	73,36	5,0

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 7-3. Disminución de Fluoruros**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 40-3. Resultados de los análisis del Cromo**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
0,575	0,017	97,04	0,5

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 8-3. Disminución de Cromo**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 41-3. Resultados de los análisis del Cianuro**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
0,29	0,0085	97,07	0,1

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 9-3. Disminución de Cianuro**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 42-3. Resultados de los análisis del Bario**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
2,64	1,145	56,63	2,0

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 10-3. Disminución de Bario**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 43-3. Resultados de los análisis del DBO<sub>5</sub>**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
745,815	32,00	95,71	100

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 11-3. Disminución del DBO<sub>5</sub>**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

**Tabla 44-3. Resultados de los análisis del DQO**

Agua (mg/L)		Remoción (%)	Límite permisible (mg/L)
Lixiviado	Tratada		
1229,465	49,00	96,01	250

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 12-3. Disminución del DQO**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.10.3. Parámetros microbiológicos

**Tabla 45-3. Resultados de los análisis de Coliformes Totales**

Agua (NMP/100 mL)		Remoción (%)	Límite permisible (NMP/100 mL)
Lixiviado	Tratada		
1364,00	1,00	99,93	.....

Realizado por: Torres Gissela, 2017



**Gráfico 13-3. Disminución de Coliformes Totales**

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.2.11. *Análisis y discusión de resultados*

Se caracterizó las distintas muestras del Lixiviado obtenidas del Botadero de Curgua por medio de la cual quedo establecido su nivel de contaminación, las pruebas de tratabilidad se realizó en base a la Norma del TULSMA 2015 LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 10, límites permisibles para la descarga a un cuerpo hídrico de agua dulce, determinándose que algunos parámetros superaban estos límites por lo tanto se realizó el test de jarras para determinar la dosificación correcta.

Realizados los primeros análisis se encontró que algunos parámetros no se apegaron a la Norma entre estos encontramos los siguientes: **Color** con 1035 UTC; **Turbiedad** con 646,77 NTU; **Conductividad** con 1277,86 uS/cm; **pH** con 8,91 (Límite: 6-9); **Sólidos suspendidos totales** con 275,4 mg/L (Límite: 130 mg/L); **Nitrógeno total** con 58,79 mg/L (Límite: 50,0 mg/L); **Fluoruros** con 15,11 mg/L (Límite: 5,0 mg/L); **Cromo** con 0,575 mg/L (Límite: 0,5 mg/L); **Cianuro** con 0,29 mg/L (Límite: 0,1 mg/L); **Bario** 2,64 mg/L (Límite: 2,0 mg/L); **DBO<sub>5</sub>** con 745,815 mg/L (Límite: 100 mg/L); **DQO** con 1229,465 mg/L (Límite: 250 mg/L); **Coliformes totales** con 1364,00 NMP/100 mL.

Al realizar las pruebas de jarras y obtenida la dosis óptima aplicando el tratamiento seleccionado, los parámetros fuera de Norma ahora se hallan dentro de los límites detallados con su respectiva remoción, dándonos los siguientes valores: **Color** de 1,00 UTC con una remoción de 99,90 %; **Turbiedad** de 0,49 NTU con una remoción de 99,92 %; **Conductividad** de 215,66 uS/cm con una remoción de 83,12 %; **Coliformes totales** con 1364,00 NMP/100 mL con una remoción 99,93 %; **pH** de 7,065 con una remoción de 20,71 % (Límite: 6-9); **Sólidos suspendidos totales** de 48,885 mg/L con una remoción de 82,25 % (Límite: 130 mg/L); **Nitrógeno total** de 19,00 mg/L con una remoción de 67,68 % (Límite: 50,0 mg/L); **Fluoruros** de 4,025 mg/L con una remoción de 73,36 % (Límite: 5,0 mg/L); **Cromo** de 0,017 mg/L con una remoción de 97,04 % (Límite: 0,5 mg/L); **Cianuro** de 0,0085 mg/L con una remoción de 97,07 % (Límite: 0,1 mg/L); **Bario** de 1,145 mg/L con una remoción de 56,63 % (Límite: 2,0 mg/L); **DBO<sub>5</sub>** de 32,00 mg/L con una remoción de 95,71 % (Límite: 100 mg/L); **DQO** de 49,00 mg/L con una remoción de 96,01 % (Límite: 250 mg/L).

Obtenidos todos estos resultados y verificada la eficacia de este tratamiento se garantizará la disminución de contaminantes y remoción de materia orgánica para la disposición final de este lixiviado al Río Guaranda cumpliendo con la Norma establecida.

### 3.3. Proceso de producción

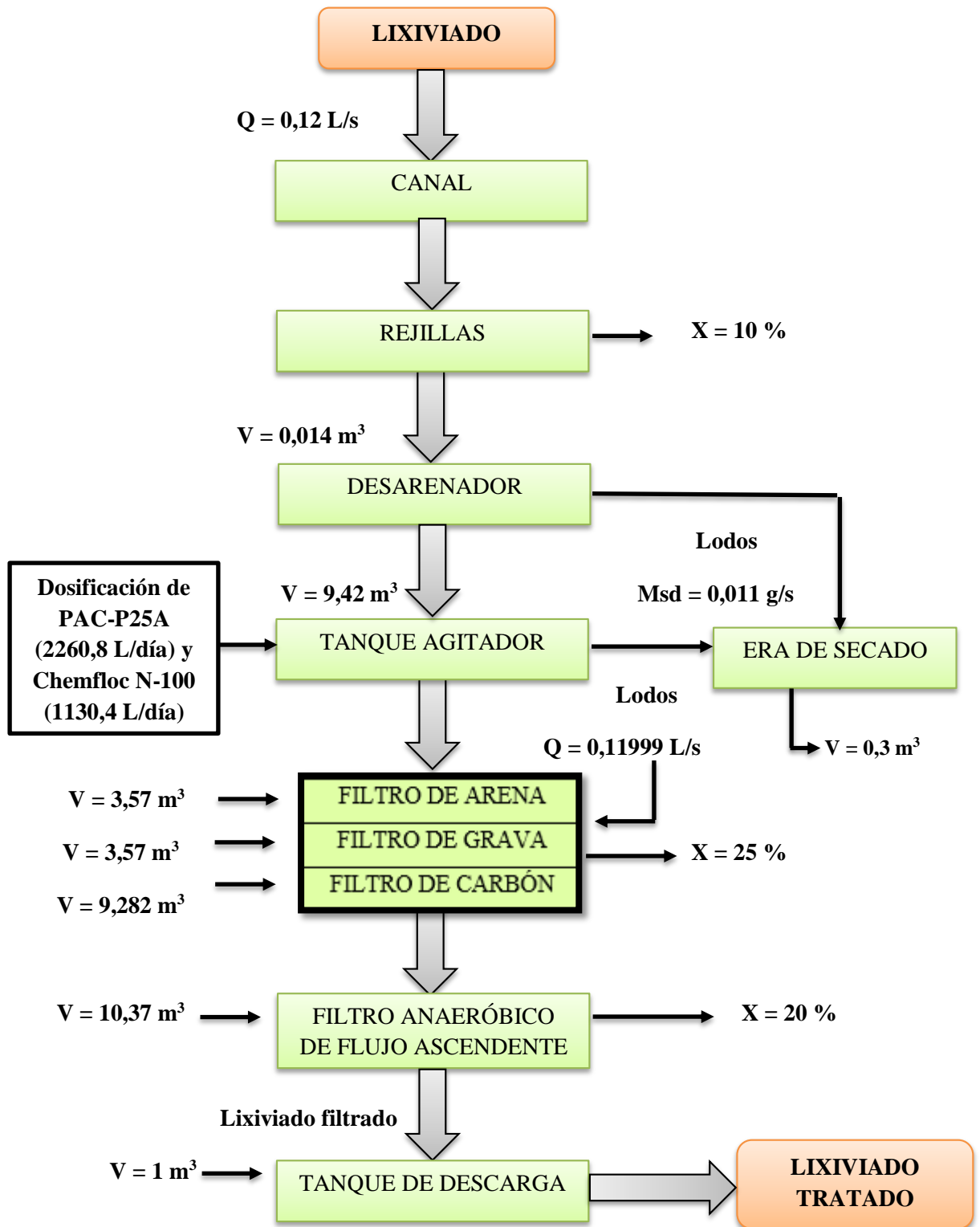


Figura 6-3. Diagrama del sistema de tratamiento de lixiviados

Realizado por: Torres Gissela, 2017



En el proceso de depuración del lixiviado se obtuvo valores de residuos de los siguientes elementos empleados en el Sistema de Tratamiento de Lixiviados teniendo así los respectivos valores: en la rejilla  $X = 10 \%$ , en los filtros de arena, grava y carbón activado  $X = 25 \%$  y en el filtro anaeróbico de flujo ascendente de  $X = 20 \%$ , datos que fueron obtenidos experimentalmente en el laboratorio, realizándose simulaciones de cada proceso.

### 3.3.1. Propuesta del Rediseño

Se propone el Rediseño del Sistema Actual de Lixiviados del Botadero Curgua y la implementación de nuevos procesos para tratar de manera eficaz el lixiviado generado con la finalidad de disminuir la gran carga orgánica que supera los límites permisibles establecidos por el TULSMA.

**Tabla 46-3. Propuesta de Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados**

<b>ESTADO ACTUAL (DISEÑO)</b>	<b>REDISEÑO</b>
<b>TANQUE RECOLECTOR</b> Capacidad de $0,5 \text{ m}^3$	<b>CANAL</b> Especificaciones Técnicas, Tabla 36-3
	<b>REJILLAS</b> Especificaciones Técnicas, Tabla 37-3
<b>FILTRO DE ARENA</b> Capacidad de $3,57 \text{ m}^3$	<b>DESARENADOR</b> Especificaciones Técnicas, Tabla 38-3
	<b>TANQUE AGITADOR</b> Especificaciones Técnicas, Tabla 39-3
<b>FILTRO DE GRAVA</b> Capacidad de $3,57 \text{ m}^3$	<b>ERA DE SECADO</b> Especificaciones Técnicas, Tabla 41-3
	<b>FILTRO DE ARENA</b> Capacidad de $3,57 \text{ m}^3$
	<b>FILTRO DE GRAVA</b> Capacidad de $3,57 \text{ m}^3$
<b>FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO</b> Capacidad de $9,282 \text{ m}^3$	<b>FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO</b> Capacidad de $9,282 \text{ m}^3$
	<b>FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE</b> Especificaciones Técnicas, Tabla 42-3
<b>TANQUE DE DESCARGA</b> Capacidad de $1,00 \text{ m}^3$	<b>TANQUE DE DESCARGA</b> Capacidad de $1,00 \text{ m}^3$

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.4. Requerimientos de Tecnología, Equipos y Maquinaria

Para el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero Curgua se utilizará los siguientes equipos e instrumentos:

#### 3.4.1. Equipos del laboratorio

**Tabla 47-3. Equipos para la Caracterización del Lixiviado**

EQUIPOS	
Espectrofotómetro DR 2800	Balanza analítica
Fotómetro PF-12	Destilador de agua
Conductímetro	Estufa
Potenciómetro	Cámara incubadora
Turbidímetro	Baño María
Reverbero	Filtrador

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

**Tabla 48-3. Equipos para la Tratabilidad del Lixiviado**

EQUIPOS	
Turbidímetro	Balanza analítica
Test de jarras	Destilador de agua

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

#### 3.4.2. Materiales e instrumentos del laboratorio

**Tabla 49-3. Materiales e instrumentos para la Caracterización del Lixiviado**

MATERIALES E INSTRUMENTOS	
Mandil	Botellones plásticos
Guantes	Cajas petri
Gafas protectoras	Embudos de vidrio
Mascarilla	Matraz enlermeyer
Cronómetro	Cámara fotográfica
Gradillas	Probetas
Pinzas	Pipetas volumétricas
Piseta	Pat absorbente
Soporte universal	Papel filtro
Tubos de ensayo	Libreta

Varilla de vidrio	Filtros de membrana
Pipetas graduadas	Lente de aumento
Pera de succión	Esfero gráfico
Vasos de precipitación	Balones de aforo
Espátula	Frascos cuenta gotas con tetina

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

**Tabla 50-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de Tratabilidad del Lixiviado**

MATERIALES E INSTRUMENTOS	
Jeringuillas	Balones de aforación
Vasos de precipitación	Piseta
Guantes	Mascarilla
Papel absorbente	Varilla de vidrio
Mandil	Paños de limpieza

**Fuente:** Laboratorio de Control de Calidad EP-EMAPA-G

**Realizado por:** Torres Gissela, 2017

### 3.5. Análisis de Costo/Beneficio del proyecto

#### 3.5.1. Costos de implementación de equipos

**Tabla 51-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de tratabilidad del lixiviado**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO GLOBAL (\$)
<b>REJILLAS</b>				
Rejillas metálicas	U	23	5,25	120,75
Limpieza y desbroce	m <sup>2</sup>	0,50	0,90	0,45
<b>Subtotal</b>				121,20
<b>CANAL</b>				
Limpieza y desbroce	m <sup>2</sup>	2,50	2,75	6,88
Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	2,50	3,80	9,50
Excavación manual para el canal	m <sup>3</sup>	1,00	2,25	2,25
Replanteo H.S. 140 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1,00	90,50	90,50
Hormigón simple F'c=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	3,00	170,20	510,60
<b>Subtotal</b>				619,73

<b>DESARENADOR</b>				
Excavación de suelo	m <sup>3</sup>	5,00	2,75	13,75
Hormigón simple F' C=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	2,25	170,20	382,95
Malla electrosoldada 6mm 15x15cm	m <sup>2</sup>	5,00	5,25	26,25
Compuerta de volante de acero inoxidable	U	1,00	210,00	210,00
Encofrado recto	m <sup>2</sup>	4,50	12,85	57,83
<b>Subtotal</b>				690,78
<b>TANQUE AGITADOR</b>				
Estructura circular de acero inoxidable	m <sup>3</sup>	9,00	415,00	3735,00
Estructura de soporte de acero	U	1,00	260,00	260,00
Excavación de suelo	m <sup>3</sup>	3,00	2,75	8,25
Hormigón simple F' C=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	1,00	170,20	170,20
Turbina de 6 aspas	U	1,00	130,50	130,50
Motor de agitación	U	1,00	1300	1300,00
<b>Subtotal</b>				5603,95
<b>FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE</b>				
Limpieza y desbroce	m <sup>2</sup>	12,00	2,75	33,00
Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	12,00	4,00	48,00
Excavación manual	m <sup>3</sup>	7,00	8,10	56,70
Replanteo H.S. 140 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1,00	90,10	90,10
Hormigón simple F' C=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	18,00	170,20	3063,6
Enlucido vertical con impermeabilizante	m <sup>2</sup>	20,00	9,25	185,00
Malla electro soldada 10x10x6 mm	m <sup>2</sup>	6,00	5,65	33,90
<b>Subtotal</b>				3510,30
<b>ERA DE SECADO</b>				
Excavación de suelo	m <sup>3</sup>	25,00	2,75	68,75
Hormigón simple F' C=210 Kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	15,00	170,20	2553,00
Arena	m <sup>3</sup>	1,00	10,00	10,00
Grava	m <sup>3</sup>	1,00	10,00	10,00
<b>Subtotal</b>				2641,75
<b>Costo Total</b>				13187,71
<b>Gastos Imprevistos (15%)</b>				1978,1565
<b>TOTAL</b>				15165,8665

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.5.2. Costos operativos de químicos

**Tabla 52-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de tratabilidad del lixiviado**

QUÍMICOS	DOSIFICACIÓN (Kg/día)	COSTO POR UNIDAD (\$)	COSTO POR DÍA (\$)	COSTO POR MES (\$)
Policloruro de Aluminio PAC-025	0,144	0,90	0,1296	3,888
Auxiliar de coagulación (Chemfloc N-100)	1,44	8,00	11,52	345,6
<b>TOTAL</b>			11,6496	349,488

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.5.3. Costos de mano de obra

**Tabla 53-3. Materiales e instrumentos para las pruebas de Tratabilidad del Lixiviado**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO GLOBAL (\$)
Albañil (maestro)	2,00	600,00	1200,00
Albañil (ayudante)	8,00	450,00	3600,00
Soldador	2,00	200,00	400,00
Electricista	2,00	300,00	600,00
Chofer maquinaria	2,00	400,00	800,00
<b>TOTAL</b>			6600,00

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.5.4. Costo total de la inversión para el Sistema de Tratamiento de Lixiviados

**Tabla 54-3. Costo total de inversión**

TIPO DE COSTO	VALOR DE LA INVERSIÓN (\$)
Costos de implementación de equipos	15165,8665
Costos operativos de químicos	11,6496
Costo total de mano de obra	6600,00
<b>COSTO TOTAL</b>	21777,5161

Realizado por: Torres Gissela, 2017

### 3.6. Cronograma de ejecución del proyecto

Tabla 55-3. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	TIEMPO																																	
	MES																																	
	1°				2°				3°				4°				5°				6°				7°				8°					
	SEMANAS																																	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Revisión bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
Diagnóstico actual del sistema de tratamiento	■	■	■	■																														
Caracterización física, química y bacteriológica		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■																		
Realización de las pruebas de tratabilidad		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■																	
Redimensionamiento del sistema de tratamiento de lixiviados													■	■	■	■	■	■																
Factibilidad técnica y económica del rediseño														■	■	■	■	■	■															
Validación del rediseño (caracterización final física, química y bacteriológica)																				■	■	■	■											
Elaboración y corrección de borradores																				■	■	■	■	■										
Redacción del trabajo final					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Empastado y presentación del trabajo final																					■	■	■	■										
Auditoría Académica																						■	■	■	■									
Defensa del trabajo																																		

Realizado por: Torres Gissela, 2017

## CONCLUSIONES

- Mediante el diagnóstico actual realizado al Sistema de Tratamiento de Lixiviados del Botadero de Curgua localizada en el Cantón Guaranda encargado de la depuración del lixiviado para la descarga a un cuerpo de agua dulce, se verificó que se encuentra funcionando en condiciones no favorables presentándose problemas con el tratamiento existente evidenciándose que algunos parámetros no cumplían con los límites permisibles de la Norma TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 10, por lo cual se implementará el Rediseño del Sistema con una proyección de 10 años pretendiendo reducir la contaminación a este efluente para que pueda ser utilizado posteriormente por los pobladores en los sembríos que se hallen cercanos al sector.
- Realizada la visita a las instalaciones del Botadero de Curgua del actual Sistema de Tratamiento de Lixiviados se encontró que las dimensiones del sistema no cumplían con lo estipulado comprobándose que sus procesos operativos no están cumpliendo con la función para lo cual fueron diseñadas para ejecutar un correcto manejo el cual genera un gran problema al ser descargado al Río Guaranda causando daños irremediables de contaminación para el sector. Realizado el monitoreo se obtuvo una medición de caudal de 0,12 L/s.
- Una vez obtenidos los resultados de los análisis físico-químico y bacteriológicos del Lixiviado que se originan en el Botadero Curgua perteneciente al Cantón Guaranda, se logró identificar que existe una alta contaminación de materia orgánica y microbiológica, presentándose los siguientes parámetros: **Color** con 1035 UTC; **Turbiedad** con 646,77 NTU; **Conductividad** con 1277,86 uS/cm; **pH** con 8,91; **Sólidos Suspendidos Totales** con 275,4 mg/L; **Nitrógeno Total** con 58,79 mg/L; **Fluoruros** con 15,11 mg/L; **Cromo** con 0,575 mg/L; **Cianuro** con 0,29 mg/L; **Bario** 2,64 mg/L; **DBO<sub>5</sub>** con 745,815 mg/L; **DQO** con 1229,465 mg/L; **Coliformes Totales** con 1364,00 NMP/100 mL; que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidas según la Norma TULSMA LIBRO VI, ANEXO 1, TABLA 10, cuyo lixiviado no se encuentra en condiciones óptimas para ser descargado en una fuente de agua dulce.
- Se realizó las pruebas de tratabilidad en el Laboratorio de Control de Calidad “Chaquishca” de la EP-EMAPA-G, donde se consiguió reducir todos los valores que estaban fuera de los límites permisibles de la Norma; mediante la realización del test de jarras nos da la siguiente dosis óptima de coagulante de Policloruro de Aluminio de 2260 L/día, la dosis de Chemfloc de 1130,4 L/día con un porcentaje de remoción de 99,92%.

- El Redimensionamiento del Sistema de Tratamiento de Lixiviados para el proceso de depuración del lixiviado se realizó en base de la información recopilada, mediciones del caudal actual, caracterización física, química y microbiológica, las pruebas de tratabilidad, situación actual, cálculos de ingeniería y criterios de diseño que constará de los siguientes procesos: un Canal, una Rejilla, un Desarenador, un Tanque Agitador, un Filtro anaeróbico de flujo ascendente y una Era de secado para la disposición de lodos.
- Los costos estimados para la implementación y ejecución del proyecto para el Sistema de Tratamiento de Lixiviados es de \$ 21777,5161; este valor engloba costos de implementación de equipos, costos operativos de químicos, costos de mano de obra.
- Se validó el Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados propuesto mediante la caracterización física, química y microbiológica del lixiviado tratado, verificándose que todos los parámetros cumplen con los requisitos especificados en la Norma TULSMA; obteniéndose resultados de porcentajes de remoción: **Color** 99,90 %; **Turbiedad** 99,92 %; **Conductividad** de 83,12 %; **pH** 20,71 %; **Sólidos Suspendidos Totales** 82,25 %; **Nitrógeno Total** 67,68 %; **Fluoruros** 73,36 %; **Cromo** 97,04 %; **Cianuro** 97,07 %; **Bario** 56,63 %; **DBO<sub>5</sub>** 95,71 %; **DQO** 96,01 %; **Coliformes Totales** 99,93 %. Concluyendo que el Rediseño propuesto es ideal y que el lixiviado tratado puede ser descargado al Río Guaranda sin ningún inconveniente.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación inmediata del Rediseño del Sistema de Tratamiento de Lixiviados, debido a que el Cantón Guaranda cuenta con este sistema pero en malas condiciones y funcionamiento, lo que está provocando alta contaminación en el Río Guaranda causando daños irremediable en los sembríos cercanos al sector.
- Realizar periódicamente la caracterización física, química y microbiológica de la descarga del lixiviado para obtener datos reales que nos permita controlar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento verificándose que cumpla con la Norma vigente establecida.
- Para obtener resultados exactos y evitar posibles errores será necesario contar con equipos debidamente calibrados y la supervisión de un profesional al momento de realizar los análisis en el laboratorio.
- El personal encargado de la operación y mantenimiento del Sistema de Tratamiento de Lixiviados deberá recibir capacitación periódica con la finalidad de estar completamente familiarizados y que puedan dar soluciones a problemas que se presenten, para obtener un correcto funcionamiento de cada uno de los procesos de dicho sistema.
- La cantidad de lodos obtenidos en el Tratamiento de Lixiviados deberán ser evacuados periódicamente para evitar la saturación de los equipos de donde salen estos lodos en todo el proceso del tratamiento asegurando el funcionamiento adecuado; y evitar paralizaciones innecesarias en el sistema. Estos lodos extraídos servirán como abono para suelos haciéndolos fértiles ya que son ricos en materia orgánica, mejorando la actividad agrícola y obtener cultivos de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- **BUCAY, Ruth.** *Rediseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la EP. EMAPA-G.* [En línea]. (Tesis). (Ingeniería Química). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ciencias, Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2014, pp.52-87. [Consulta: 15 Diciembre 2016] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1/96T00273%20UDCTFC.pdf>
- **COLLAZOS, Héctor.** *Diseño y operación de rellenos sanitarios.* 3ª ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2008, pp. 240.
- **COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO.** *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.* Bogotá-Colombia: Editorial Ministerio de Desarrollo Económico. 2000, pp. 15-17; 23-51.
- **CORBITT, Robert.** *Manual de referencia de la Ingeniería Ambiental.* España: McGraw-Hill Interamericana. 2003, pp. 1037.
- **CRITES, R.** *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones.* México: McGraw-Hill Interamericana. 2002, pp. 8-10; 178-185.
- **GLYNN, Henry; & HEINKE, Garyw.** *Ingeniería Ambiental.* 2ª ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana. 2000, pp. 394-399.
- **MACKENZIE, Davis; & MASTEN, Susan.** *Ingeniería y Ciencias Ambientales.* México: McGraw-Hill. 2005, pp. 736.
- **MENDOZA, A.** *La gestión sostenible de los residuos: II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos.* Colombia: Uninorte Barranquilla. 2009, pp. 45-56.
- **METCALF; & EDDY, INC.** *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización.* 4ª ed. New York-USA: McGraw-Hill. 2003, pp. 553-590.
- **PERRY, Roberto.** *Manual del Ingeniero Químico.* México: McGraw-Hill. 2002, pp. 85-92.
- **RAMALHO, R.** *Tratamiento de Aguas Residuales.* 2ª ed. Barcelona-España: Editorial Reverté. 1993, pp. 77-90.

- **RIGOLA, Miguel.** *Tratamiento de aguas industriales: Aguas de Proceso y Residuales.* España- Barcelona: Editorial Marcomba. 1990, pp. 19-23.
- **ROJAS, R.** *Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. CEPIS/OPS/05.168 – OMS. Curso internacional “Gestión Integral de Tratamiento de Aguas Residuales”.* 3ª ed. Lima-Perú: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2005, pp. 19.
- **ROMERO, J.** *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño.* Bogotá-Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería. 2004, pp. 76-89.
- **SEOÁNEZ, M.** *Tratado de Gestión del Medio Ambiente Urbano.* Madrid-España: Mundi Prensa. 2000, pp. 57-86.
- **TCHOBANOGLIOUS, George; et al.** *Gestión Integral de residuos sólidos.* España: McGraw-Hill. 1994, pp. 1107.
- **VALENCIA, Adriana.** *Diseño de un Sistema de Tratamiento para las Agua Residuales de la Cabecera Parroquial de San Luis-Provincia de Chimborazo.* (Tesis). (Ingeniería Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2013, pp. 32-67.
- **ZAPATA, Mabel.** *Diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Laboratorio de Control de Calidad de la EP. EMAPA-G, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar* (Tesis). (Ingeniería Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2015, pp. 58-90.

## ANEXOS

### ANEXO A. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio	-----	mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext.carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl <sup>-</sup>	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10000
Color real <sup>1</sup>	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles	-----	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	-----	6-9

Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>-2</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C	-----	Condición natural ±
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

<sup>1</sup> La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

**Fuente:** LÍMITES PERMISIBLES BASADOS EN LA NORMA TULSMA, TABLA 10, DESCARGA DE EFLUENTES A CUERPOS DE AGUA DULCE, Registro Oficial 2015.

ANEXO B. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS LIXIVIADOS (MES ABRIL)

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULISMA Lim. Max Per	SEMANA MONITOREADA						
			04-abr	13-abr	19-abr	25-abr	28-abr		
COLOR	UTC	900.00	900.00	1150.00	1200.00	1250.00	950.00		
TURBIEDAD	NTU	450.06	450.06	563.84	679.34	720.05	521.67		
pH		6 - 9	8.70	9.06	9.45	9.53	8.93		
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	1578.06	1578.06	1693.07	1396.42	1200.67	1245.68		
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	965.78	998.36	965.54	961.25	968.76		
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	260.00	302.00	284.00	267.00	294		
TEMPERATURA	°C	± 3	19.38	19.75	19.72	19.64	19.32		
NITROGENO TOTAL (N)	mg/L	50.0	52.00	68.34	72.45	62.4	62.38		
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	10.0	6.42	5.90	6.23	5.68	5.26		
NITROGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	30	22.03	26.96	24.78	27.06	25.71		
SULFATOS (SO <sub>4</sub> -S)	mg/L	1000	18.00	26.00	22.00	20.00	22.00		
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	12.06	13.75	14.62	14.96	13.45		
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	6.48	6.73	6.53	6.47	6.49		
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.314	0.431	0.342	0.425	0.562		
CROMO (Cr <sup>+6</sup> )	mg/L	0.5	0.54	0.57	0.59	0.61	0.55		
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.59	0.52	0.58	0.60	0.54		
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	600.00	600.00	560.00	680.00	640.00	660.00		
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.045	0.068	0.078	0.072	0.070		
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	920.09	803.40	740.48	972.63	864.20		
NIQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.72	0.81	0.79	0.75	0.76		
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.39	0.43	0.44	0.40	0.45		
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.2	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008		
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.76	0.80	0.78	0.81	0.79		
PLATA (Ag)	mg/L	0.1	0.008	0.006	0.006	0.007	0.007		
CIANURO (CN)	mg/L	0.1	0.30	0.32	0.28	0.31	0.36		
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	1.98	2.47	3.64	2.68	1.95		
BORO (B <sup>3+</sup> )	mg/L	2.0	0.56	0.49	0.50	0.52	0.48		
BROMO (Br)	mg/L	0.006	0.006	0.008	0.008	0.006	0.008		
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.007		
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.94	0.80	0.80	0.86	0.85	0.81		
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00		
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	896.65	670.93	954.31	742.65	860.46		
DBO <sub>20</sub>	mg/L	250	1257.08	1347.30	1124.08	957.20	1089.03		
COLIFORMES TOTALES	NIMP/100 ml	10000	1000	1430	1500	1720	1450		
COLIFORMES FECALES	NIMP/100 ml	620	710	810	900	742			

ep-emapag  
Ing. Qui. Raul Allan  
TEC. SCH-LAB

Ing. Qui. Raul Allan  
Técnico Control de Calidad E.P. Emapag

EMPRESA MUNICIPAL  
DE AGUA POTABLE Y  
ALCANTARILLADO DE  
GUARANDA  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

NOTA: No. 6938 Decretado. Local. Aprobación de este documento sin autorización de la E.P. Emapag



ANEXO C. CARACTERIZACIÓN INICIAL DE LOS LIXIVIADOS (MES MAYO)

**RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLOGICO  
LIXIVIADOS BOTADERO DE CURGUA**

PARAMETROS	UNIDAD	Norma TULSMA Lim. Max Per Ina. en dis	SEMANA MONITOREADA						
			02-may	10-may	16-may	23-may	26-may		
COLOR	UTC	800.00	800.00	1050.00	900.00	1200.00	950.00		
TURBIDEDAD	NTU	6 - 9	560.50	720.80	640.79	856.07	754.61		
pH	.....	.....	8.90	8.50	8.46	8.94	8.64		
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	.....	1279.32	978.64	1140.67	1098.68	1167.39		
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	1600	752.61	806.92	761.96	790.62	796.34		
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	130	256.00	280.00	275.00	262.00	274		
TEMPERATURA	- C	.....	19.60	19.28	19.72	19.34	19.38		
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	50.0	52.60	53.95	54.65	54.35	54.81		
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> -P)	mg/L	10.0	5.43	5.28	5.32	5.40	5.30		
NITRÓGENO AMONIAICAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	30	23.12	24.64	23.97	24.98	25.09		
SULFATOS (SO <sub>4</sub> -S)	mg/L	1000	16.00	19.00	24.00	18.00	20.00		
FLUORUROS (F)	mg/L	5.0	16.58	16.39	16.47	16.25	16.54		
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	10.0	7.82	7.12	6.98	7.09	6.84		
MANGANESES (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	0.398	0.385	0.424	0.412	0.376		
CROMO (Cr <sup>6+</sup> )	mg/L	0.5	0.58	0.54	0.57	0.60	0.59		
COBRE (Cu)	mg/L	1.0	0.45	0.47	0.42	0.49	0.43		
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	.....	420.00	434.00	462.00	426.00	440.00		
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	5.0	0.078	0.070	0.076	0.074	0.068		
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	1000	980.64	942.36	920.64	964.08	951.06		
NIOQUEL (Ni)	mg/L	2.0	0.78	0.76	0.72	0.74	0.78		
COBALTO (Co)	mg/L	0.5	0.36	0.34	0.37	0.32	0.35		
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.2	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009		
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	5.0	0.65	0.70	0.68	0.72	0.67		
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.1	0.008	0.008	0.008	0.006	0.008		
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.1	0.26	0.28	0.24	0.26	0.30		
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.0	2.85	2.76	2.83	2.67	2.59		
BORO (B)	mg/L	2.0	0.50	0.54	0.49	0.52	0.52		
BROMO (Br)	mg/L	.....	0.008	0.006	0.006	0.006	0.006		
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	.....	0.007	0.008	0.008	0.008	0.007		
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	.....	0.92	0.87	0.95	0.89	0.83		
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	.....	2.54	2.00	2.00	2.00	2.86		
DIBO	mg/L	100	654.96	694.67	680.46	642.53	660.52		
DOO	mg/L	250	1325.09	1295.18	1318.94	1382.65	1198.07		
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	10000	540	620	600	680	710		
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	.....	.....	.....	.....	.....	.....		

ep-emapag  
Ing. Qui. Raul Allan  
TEC. SCH-LAB

EMPRESA MUNICIPAL  
DE AGUA POTABLE Y  
ALCANTARILLADO DE  
GUARANDA  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

NOTA: No está permitido sacar fotocopias de este documento sin autorización de la E.P. EMAPAG

Norma TULSMA TABLA N.º 10, DESINFECCIÓN DEL CUERPO DULCE, Registro Oficial 2015

Ing. Qui. Raul Allan  
Técnico Control de Calidad E.P. EMAPAG

ANEXO D. CARACTERIZACIÓN FINAL DE LOS LIXIVIADOS (MES ABRIL)



RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO  
PROMEDIO LIXIVIADOS VS TRATAMIENTO

PARAMETROS	UNIDAD	PROMEDIO	LUEGO DE TRATA
COLOR	LTC	1090.00	1.00
TURBIDIDAD	NTU	586.99	0.41
pH		9.13	7.08
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1422.78	240.65
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	971.94	110.37
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	281.40	45.13
TEMPERATURA	°C	19.56	15.36
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	63.51	16.00
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> *)	mg/L	5.90	3.68
NITRÓGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	25.31	2.63
SULFATOS (SO <sub>4</sub> *)	mg/L	21.60	19.60
FLUORUROS (F)	mg/L	13.77	3.37
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	6.54	2.56
MANGANESO (Mn <sup>++</sup> )	mg/L	0.41	0.28
CROMO (Cr <sup>+++</sup> )	mg/L	0.57	0.018
COBRE (Cu)	mg/L	0.57	0.19
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	628.00	600.00
ALUMINIO (Al <sup>+++</sup> )	mg/L	0.07	0.008
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	860.16	208.94
NIOQUEL (Ni)	mg/L	0.77	0.43
COBALTO (Co)	mg/L	0.42	0.33
PLOMO (Pb <sup>++</sup> )	mg/L	0.01	0.008
ZINC (Zn <sup>++</sup> )	mg/L	0.79	0.007
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.01	0.007
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.31	0.009
BARIO (Ba <sup>++</sup> )	mg/L	2.54	1.10
BORO (Ba)	mg/L	0.51	0.43
BROMO (Br)	mg/L	0.01	0.006
MOLIBDENO (Mo <sup>+++</sup> )	mg/L	0.01	0.008
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.85	0.007
OXÍGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	2.20	6.20
DBO <sub>5</sub>	mg/L	825.00	36.00
DOO	mg/L	1154.94	52.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	1420.00	< 1
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ml	756.40	< 1

Ing. Qui. Raul Allan  
Técnico Control de Calidad E-EMAPAG




Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • Teléfono: 03 2 981 939 • Fax: 03 2 985 660



ANEXO E. CARACTERIZACIÓN FINAL DE LOS LIXIVIADOS (MES MAYO)

E.F. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda



trabajando por su salud y bienestar...

RESULTADOS ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO  
PROMEDIO LIXIVIADOS VS TRATAMIENTO

PARAMETROS	UNIDAD	PROMEDIO	LUEGO DE TRATA
COLOR	UTC	980.00	1.00
TURBIEDAD	NTU	706.55	0.57
pH	---	8.69	7.05
CONDUCTIVIDAD	uS/cm	1132.94	190.67
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	781.69	98.60
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	269.40	52.64
TEMPERATURA	°C	19.46	16.79
NITRÓGENO TOTAL (N)	mg/L	54.07	22.00
FOSFATOS (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	mg/L	5.35	6.27
NITRÓGENO AMONIACAL (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	24.36	3.76
SULFATOS (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	19.40	15.62
FLUORUROS (F)	mg/L	16.45	4.68
HIERRO TOTAL (Fe)	mg/L	7.17	2.91
MANGANESO (Mn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.40	0.30
CROMO (Cr <sup>3+</sup> )	mg/L	0.58	0.016
COBRE (Cu)	mg/L	0.45	0.20
DUREZA TOTAL (CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	436.40	342.00
ALUMINIO (Al <sup>3+</sup> )	mg/L	0.07	0.007
CLORUROS (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	951.76	159.67
NIQUEL (Ni)	mg/L	0.76	0.39
COBALTO (Co)	mg/L	0.35	0.28
PLOMO (Pb <sup>2+</sup> )	mg/L	0.01	0.009
ZINC (Zn <sup>2+</sup> )	mg/L	0.68	0.009
PLATA (Ag <sup>+</sup> )	mg/L	0.01	0.008
CIANURO (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0.27	0.008
BARIO (Ba <sup>2+</sup> )	mg/L	2.74	1.19
BORO (B)	mg/L	0.51	0.37
BROMO (Br)	mg/L	0.01	0.008
MOLIBDENO (Mo <sup>6+</sup> )	mg/L	0.01	0.009
CROMO TOTAL (Cr)	mg/L	0.89	0.008
OXÍGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	mg/L	2.28	0.009
DBO <sub>5</sub>	mg/L	666.63	28.00
DOO	mg/L	1303.99	46.00
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 mL	1308.00	<1
COLIFORMES FECALES	MMP/100 mL	630.00	<1

Técnico Control de Calidad E.M.A.P.A.G.


EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUARANDA / LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

ep-emapa-g  
Ing Qui Raul Allan  
TEC. SCH-LAB

Dirección: García Moreno y 7 de Mayo • Teléfono: 03 2 981 939 • Fax: 03 2 985 660

## ANEXO F. PRUEBA DEL TEST DE JARRAS PARA LA DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS

E.P. Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda



**ep-emapag**  
trabajando por su salud y bienestar...

**TURBIEDAD 706.55 NTU, (pH=8.69, pH=7.05), rpm=200, tiempo de agitación= 15 min**

Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (ml.)	Dosis Aux (ml.)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	60.00	35.00	5.94	6.53	10.60	98.50
0.80	0.02	120.00	60.00	6.97	9.06	12.01	98.30
0.80	0.02	180.00	90.00	6.78	10.17	11.30	98.40
0.80	0.02	240.00	120.00	7.89	13.40	12.72	98.20
0.80	0.03	60.00	35.00	9.04	17.18	14.13	98.00
0.80	0.03	120.00	60.00	10.26	21.54	15.54	97.80
0.80	0.03	180.00	90.00	11.53	26.52	16.96	97.60
0.80	0.03	240.00	120.00	12.86	32.15	18.37	97.40
0.80	0.04	60.00	35.00	14.24	38.46	19.78	97.20
0.80	0.04	120.00	60.00	15.69	45.49	21.20	97.00
0.80	0.04	180.00	90.00	17.18	53.27	22.61	96.80
0.80	0.04	240.00	120.00	28.3	7.07	0.57	99.92
0.80	0.05	60.00	35.00	6.43	9.64	9.89	98.60
0.80	0.05	120.00	60.00	9.93	17.92	13.42	98.10
0.80	0.05	180.00	90.00	12.61	13.87	14.84	97.90
0.80	0.05	240.00	120.00	14.63	15.36	16.25	97.70

**TURBIEDAD 586.99 NTU, (pH=9.13, pH=7.08), rpm=200, tiempo de agitación= 15 min**

Conc Auxiliar	Conc PAC	Dosis PAC (ml.)	Dosis Aux (ml.)	Tiempo for. Floc (min)	Tiempo dec. Floc (min)	Turbiedad Final (NTU)	% Remoción
0.80	0.02	60.00	35.00	7.98	11.18	19.96	96.60
0.80	0.02	120.00	60.00	10.57	15.85	21.13	96.40
0.80	0.02	180.00	90.00	13.38	21.41	22.31	96.20
0.80	0.02	240.00	120.00	16.44	27.94	23.48	96.00
0.80	0.03	60.00	35.00	19.72	35.50	24.65	95.80
0.80	0.03	120.00	60.00	23.24	46.27	25.83	95.60
0.80	0.03	180.00	90.00	27.00	54.30	27.00	95.40
0.80	0.03	240.00	120.00	30.99	64.09	28.18	95.20
0.80	0.04	60.00	35.00	35.22	85.79	29.35	95.00
0.80	0.04	120.00	60.00	42.7	116.16	30.41	94.93
0.80	0.04	180.00	90.00	51.94	150.26	31.29	94.44
0.80	0.04	240.00	120.00	64.41	203.31	32.93	94.16
0.80	0.05	60.00	35.00	9.20	13.81	6.57	98.88
0.80	0.05	120.00	60.00	12.33	19.72	8.22	98.60
0.80	0.05	180.00	90.00	15.78	26.92	9.86	98.32
0.80	0.05	240.00	120.00	19.56	35.21	11.51	98.04

EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE GUARANDA  
LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

ep-emapag  
Ing. Qui. Raul Allan  
TEC. SCH-LAB

**Dirección:** García Moreno y 7 de Mayo • **Teléfono:** 03 2 981 939 • **Fax:** 03 2 985 660

## ANEXO G. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA PAC-P25A

### BENEFICIOS:

- Policloruro de Aluminio utilizado para clarificar agua, para consumo.
- Es totalmente soluble en agua. No ocasiona taponamiento, ni incrustaciones.
- Reemplaza el uso de alumbre y otros coagulantes inorgánicos.
- Efectivo en aguas con alta y baja turbidez.
- Resistente al cloro, puede usarse en sistemas con pre-cloración, sin reducción en su actividad.
- Rango de pH en el que la eficiencia del producto es óptima entre: 8,5 – 12,0.

### USOS PRINCIPALES:

- Es una formulación de polímeros orgánicos e inorgánicos diseñado para clarificar agua de alta y baja turbidez con pH alcalino.
- Funciona extrayendo los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua, por procesos de coagulación.
- Trabaja con el uso adicional de un floculante orgánico para dar peso suficiente al flóculo formado por la aglomeración de varios coloides para asentarse con la rapidez deseada.

### CARACTERÍSTICAS:

Apariencia:	Líquido ligeramente marrón
Grav. Esp. A 25°C:	1,24 ± 0,01
pH puro:	Menor a 1
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :	12,0 – 18,0

### DOSIS:

La dosis del PAC – P25A en general está en función de la turbidez y pH del agua, pudiendo variar entre 20 a 350 ppm en la potabilización de agua; para determinar la dosis óptima se requiere aplicar el producto diluido hasta que el agua se encuentre en un rango entre: 6,8 a 6,5 observando el punto de mejor clarificación por el tamaño y peso del flóculo.

**Se debe evitar la sobredosificación** porque el exceso de químico en el agua genera lodo muy liviano y el pH baja rápidamente, lo que puede producir agua muy ácida si no existe adecuado control.

#### **APLICACIÓN:**

- Debe aplicarse a la línea de agua en su forma original o en dilución dependiendo de la dosis y el caudal a tratar.
- Para su máxima eficiencia se inyecta a una distancia prudencial del clarificador y en agua pre-clorada.

#### **MANEJO:**

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

#### **ALMACENAMIENTO:**

- Almacene el producto en recipientes plásticos cerrados.
- No es explosivo.
- Manténgase alejado del personal no autorizado.

#### **SUMINISTRO:**

- Se suministra en tambores plásticos de 250 Kg peso neto.
- Se suministra en canecas de 30 Kg o 40 Kg peso neto.

## **ANEXO H. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA FLOCULANTE N-100**

### **BENEFICIOS:**

- Este producto es diseñado para facilitar y acelerar la aglomeración de floculo.
- Las reacciones son muy rápidas; el 85 % del floculante se adsorbe dentro de 100 segundos, en combinación con productos catiónicos o aniónicos.
- No causa incrustaciones ni taponamientos de filtros.
- No son corrosivos en concentraciones de dosificación.
- No varía el pH del agua tratada.

### **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

Producto presentación original

COLOR: Blanco

APARIENCIA: Granular

FORMA: Sólido

OLOR: Ninguno

El floculante neutro es una formulación de polímeros orgánicos no iónicos (poliacrilamidas), usados en solución acuosa.

### **DOSIS:**

La dosis del floculante neutro generalmente está en el rango de 0,5 a 5 ppm, para tratamiento de agua para consumo.

### **ALIMENTACIÓN:**

- Debe aplicarse a la línea de agua en solución acuosa al 0,1 %

### **MANEJO:**

- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad.
- Puede causar irritación a la piel y a los ojos por lo que hay evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.



#### **ALMACENAMIENTO:**

- Almacene el producto en su forma original, fundas plásticas en un lugar cubierto y seco.
- Una vez abierta la funda evitar el contacto con agua a no ser que se vaya a realizar la mezcla a inyectarse.
- El producto en solución pasados los 30 días va perdiendo efectividad.
- No es explosivo ni corrosivo.

#### **PRESENTACIÓN:**

- Fundas plásticas de 25 Kg presentación en sólido.
- Tanques de 220 Kg en solución 0,1 %.

*JP* Química  
Soluciones para el agua

## ANEXO I. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ARENA Y GRAVA SILÍCICA

### INFORMACIÓN GENERAL:

- Producto utilizado como material filtrante para sistemas de potabilización y en tratamiento de efluentes.
- La grava silícica debido a su alta resistencia, ha sido ampliamente utilizada en sistemas de filtración para retener sólidos suspendidos y disminuir la turbidez en el agua tratada.
- Existen variadas granulometrías dependiendo del uso final, para sistemas de presión y gravedad se recomienda el uso de Malla N° 16 (aproximadamente 0,6 a 12 cm).

### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

COLOR:	Plomo a marrón
MALLA N°:	16
FORMA:	Sólido
OLOR:	Ninguno
SOLUBILIDAD:	No aplicable
DENSIDAD APARENTE:	1,25g/cc a 20°C

### MANEJO Y APLICACIÓN:

- Debe colocarse en su forma original en el sistema de filtrados, como soporte para otros materiales como arena o carbón.
- Para eliminación de sólidos y turbidez en el agua, se recomienda las siguientes proporciones:
  - En sistemas de gravedad el 15 %
  - En sistemas de presión el 20 – 25 %
- Se recomienda el uso de guantes de caucho y de anteojos de seguridad, para evitar irritación en ojos y piel.

**ALMACENAMIENTO:**

- Almacenar el producto en su forma original, los sacos deben estar cubiertos y en un lugar seco.
- El producto no es perecible.
- No es explosivo ni corrosivo.

**PRESENTACIÓN:**

- Sacos de 50 Kg presentación.

**CONTROL DE CALIDAD:**

PRODUCTO	GRAVA SILÍCICA	ESTÁNDAR
Origen		-----
Cantidad		-----
Aspecto		SÓLIDO
Color		PLOMO/MARRÓN
Granulometría		MALLA # 16
Fecha de elaboración		-----
N° Lote		-----
Fecha de expiración		-----



**ANEXO J  
DETERMINACIÓN DEL COLOR**

<b>DEFINICIÓN</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÁLCULOS</b>
Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales de las especies responsables del color. Se denomina color aparente a aquel que presenta el agua cruda o natural y color verdadero al que queda luego de que el agua ha sido filtrada.	-Colorímetro	-Agua destilada -Muestra de agua -Limpiadores -Cubetas	-Preparación de la muestra; Colocar en la cubeta una muestra de agua hasta el nivel de aforo. -Preparación del blanco; Colocar en otra cubeta agua destilada hasta el nivel de aforo. -Proceder a medir en el instrumento.	Los datos del color real del agua se indican directamente en el colorímetro, en caso de sobrepasar las lecturas, el valor será multiplicado por la constante indicada luego de la respectiva dilución de la muestra filtrada.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISELA FRANCISCA TORRES TORRES	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.									
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lámina</th> <th>Escala</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">1</td> <td align="center">1:100</td> <td align="center">01/03/2017</td> </tr> </tbody> </table>	Lámina	Escala	Fecha	1	1:100	01/03/2017			
	Lámina		Escala	Fecha								
1	1:100	01/03/2017										

**ANEXO K**  
**DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

DEFINICIÓN	REACTIVOS	EQUIPOS Y MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El potencial hidrógeno (pH) se define como el logaritmo negativo de la concentración molar (más exactamente de la actividad molar) de los iones hidrógeno. Como la escala es logarítmica, la caída en una unidad de pH es equivalente a un aumento de 10 veces en la concentración de H <sup>+</sup> .	-Solución Buffer pH 4 (caducidad fijada por el fabricante) -Solución Buffer pH 7 (caducidad fijada por el fabricante) -Agua destilada. -Muestra de agua	-Potenciómetro -2 vasos de vidrio -Limpiadores	-Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ. -Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla. -Registre el valor. -Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar.	El valor de pH que nos da directamente el equipo.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina	Escala	Fecha
			2	1:100	01/03/2017

**ANEXO L**  
**DETERMINACIÓN DE LA TURBIDEZ**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra.	-Turbidímetro 2100 P	-Cubetas de vidrio -Limpiadores -Aceite de silicona -Muestra de agua	-Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo. -Cuidadosamente elimine cualquier residuo en el exterior de las cubetas usando toallas de papel con trazas de aceite de silicona. Las muestras con distribuciones de partículas grandes o desiguales deben leerse promediando las lecturas mínimas y máximas. Es preferible tener una muestra más uniforme, pero este método se usará si no hay otra forma de preparar la muestra. -Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar <b>READ</b> , esperar que se estabilice el instrumento. Registrar el valor.	El valor que nos da directamente el equipo.

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISELA FRANCISCA TORRES TORRES	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS			Lámina	Escala	Fecha
			3	1:100	01/03/2017

**ANEXO M**  
**DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
La conductividad eléctrica es la capacidad de un cuerpo para permitir el paso de la corriente eléctrica. La conductividad es la inversa de la resistividad, por tanto $\sigma=1/\rho$ , y su unidad es el S/m (siemens por metro) o $\Omega^{-1}\cdot m^{-1}$ . La conductividad de una solución de agua, de materia mineral, aumenta conforme a la temperatura.	-Conductímetro	-Vasos de precipitación -Agua destilada -Muestra de agua -Limpiadores	-En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua. -Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. -Determinamos el parámetro de medida ( <b>Cond</b> ) en el equipo y presionamos <b>READ</b> . Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. - Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura. -Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.	La conductividad del agua que nos da directamente.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA  GISELA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina	Escala	Fecha
			4	1:100	01/03/2017

**ANEXO N**  
**DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Este parámetro indica la cantidad de sales disueltas en el agua y está relacionada con la tendencia corrosiva o incrustaciones del agua. Se determina por métodos gravimétricos o por conductividad eléctrica y se expresa en ppm o mg/L.	-Conductímetro -Electrodos	-Vasos de precipitación -Agua destilada -Muestra de agua -Limpiadores	-Lavar varias veces el electrodo (celda conductométrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. -Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla ( <b>STD</b> ) y presionamos <b>READ</b> . Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos totales disueltos directamente de la pantalla. Además se medirá la temperatura. -Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.	Los sólidos Totales del agua que nos da directamente.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS	<input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina      Escala      Fecha		
	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado		5      1:100      01/03/2017		
	<input type="checkbox"/> Por calificar				
	<input type="checkbox"/> Por eliminar				
	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input type="checkbox"/> Información				

**ANEXO O**  
**DETERMINACIÓN DE FLUORUROS**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0,8 a 1,2 mg/L). La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural. Los minerales inorgánicos que contienen fluoruro tienen muy diversas aplicaciones industriales, como la producción de aluminio.	- Espectrofotómetro DR 2800.	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Solución de reactivo SPANDS -Agua destilada -Muestra de agua -Pipeta volumétrica de 2 ml -Soporte universal -Limpiadores -Termómetro 10 a 100 °C	-Preparar la muestra; llenar una cubeta con 10 ml con muestra. -Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de agua destilada. Pipetear 1 ml de reactivo SPANDS en cada cubeta, agitar varias veces para mezclar. -Dentro del 1 minuto después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de las cubetas (la muestra preparada y el blanco) y colocar las cubetas con la marca de llenado hacia la derecha. -Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b> , la pantalla indicará: 0.00mg/L F. -Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b> .	El resultado mg/L F que aparecerá directamente en la pantalla.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA  GISELLA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina	Escala	Fecha
			6	1:100	01/03/2017

**ANEXO P**  
**DETERMINACIÓN DEL NITRÓGENO AMONICAL**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
<p>Es el producto final de la reducción de las sustancias orgánicas e inorgánicas nitrogenadas y debe su origen a los siguientes factores:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-El nitrógeno atmosférico, por fijación química.</li> <li>-Las proteínas animales o vegetales, por putrefacción mediante acción bacteriana.</li> <li>-La reducción de nitritos.</li> </ul>	-Espectrofotómetro DR 2800.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml</li> <li>-Set de reactivos de nitrógeno amoniacal</li> <li>Estabilizante mineral</li> <li>Alcohol polivinílico</li> <li>Reactivo Nessler</li> <li>-Agua destilada</li> <li>-Muestra de agua</li> <li>-Pipeta, serológica de 1ml</li> <li>-Limpiadores</li> <li>-Enlermeyer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Preparación de la muestra.- Colocar 25ml de muestra en un enlermeyer.</li> <li>-Preparación del blanco: Colocar 25 ml de agua destilada.</li> <li>-Adicionar tres gotas de estabilizante mineral en cada enlermeyer, agitar varias veces para mezclar.</li> <li>-Adicionar tres gotas de agente dispersante alcohol polivinílico a cada uno, agitar varias veces para mezclar.</li> <li>-Pipetear 1 ml de reactivo Nessler en cada tubo, agitar varias veces para mezclar.</li> <li>-Colocar 10 ml de muestra y de blanco en las cubetas.</li> <li>-Seleccionar en la pantalla: <b>Medición.</b></li> </ul>	Los mg/ L N-NH <sub>3</sub> , que aparecen directamente en la pantalla.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISELLA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina	Escala	Fecha
			7	1:100	01/03/2017

**ANEXO Q**  
**DETERMINACIÓN DEL BARIO**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El bario es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias. Sus compuestos tienen una gran diversidad de aplicaciones industriales, pero el bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. El bario tiene ocurrencia natural en el agua ambiente, comprendiendo esto a las aguas subterráneas y a las superficiales.	-Espectrofotómetro DR 2800.	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo de BariVer 4 -Pipeta -Muestra de agua -Limpiadores	-Seleccionar en la pantalla: seleccionar el test <b>20 Barium</b> . -Preparar la muestra: Llenar una cubeta 10 ml con muestra, añadir el contenido de un sobre de reactivo BariVer 4 en polvo. Agitar la cubeta varias veces, con rotación, para mezclar. -Tiempo de reacción de 5 minutos. -Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 ml de muestra. -Seleccionar en la pantalla: <b>Cero</b> , la pantalla indicará: 0 mg/L Ba <sup>2+</sup> . -Dentro de los 5 minutos después de que suene el temporizador. -Seleccionar en la pantalla: <b>Medición</b> .	Los mg/ L Ba <sup>2+</sup> que aparecen en la pantalla.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA  GISELA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina	Escala	Fecha
			8	1:100	01/03/2017



**ANEXO R**  
**DETERMINACIÓN DEL CROMO HEXAVALENTE**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El Cr (VI) es considerado tóxico por sus efectos fisiológicos adversos. No se conoce de daños a la salud ocasionados por concentraciones menores de 0,05 mg/L de Cr (VI) en el agua. El cromo metálico y los derivados usualmente son de origen antropogénico. La erosión de depósitos naturales y los efluentes industriales que contienen cromo (principalmente de acero, papel y curtiembres), se incorporan a los cuerpos de aguas superficiales.	-Espectrofotómetro DR 2800.	-Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml -Sobres de reactivo cromo ChromaVer 3 en polvo -Limpiadores -Muestra de agua	-Seleccionar en la pantalla: seleccionar el test <b>90 Cromo hex.</b> -Preparar la muestra: llenar una cubeta de 10 ml con muestra y añadir un sobre de reactivo ChromaVer 3 en polvo. Agitar con rotación para mezclar. -En presencia de cromo hexavalente, aparecerá un color violeta. -Comienza un periodo de reacción de 5 minutos. -Preparación del blanco: llenar una cubeta con 10 ml de muestra. -Después que suene el temporizador, limpiar bien, colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. -Seleccionar en la pantalla: <b>Medición.</b>	El resultado mg/L Cr <sup>6+</sup> . que aparecerá directamente en la pantalla.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina	Escala	Fecha
	9		1:100	01/03/2017	

**ANEXO S**  
**DETERMINACIÓN DEL CIANURO**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	CÁLCULOS
El cianuro se encuentra generalmente combinado con otros productos químicos formando compuestos. Ejemplos de compuestos simples de cianuro son el ácido cianhídrico, el cianuro de sodio y el cianuro de potasio. El cianuro puede ser producido por ciertas bacterias, hongos y algas, y ocurre en un sinnúmero de alimentos y plantas.	-Fotómetro PF - 12	-Tubos de test de Cianuro 08 -1 x NANOFIX, R <sub>2</sub> -500 µl, R <sub>3</sub> -Pipeta de émbolo con puntas -Limpiadores	-Abrir el tubo de test de Cianuro 08. Añadir 4.0 ml de solución de muestra (el valor del pH de la muestra debe estar situado entre pH 4 y 10) y colocar 1x NANOFIX, R <sub>2</sub> , agitar y posteriormente colocar 500 µl, R <sub>3</sub> y agitar. -Limpiar el tubo de test por la parte exterior y medir después de 10 min.	Los mg/ L CN <sup>-</sup> que aparecen en la pantalla.

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS	<input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES	Lámina		
	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado		Escala		
	<input type="checkbox"/> Por calificar		Fecha		
	<input type="checkbox"/> Por eliminar		10	1:100	01/03/2017
	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input type="checkbox"/> Información				

**ANEXO T**  
**DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	REGISTRO DE RESULTADOS
<p>Son bacterias del grupo de los coliformes totales que son capaces de fermentar lactosa a 44-45 °C se conocen como coliformes fecales o termotolerantes. En la mayoría de las aguas, el género predominante es <i>Escherichia</i>, pero algunos tipos de bacterias de los géneros <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i> también son termotolerantes. <i>Escherichia coli</i> se puede distinguir de los demás coliformes termotolerantes por su capacidad para producir indol a partir de triptófano o por la producción de la enzima β-glucuronidasa. <i>E. coli</i> está presente en concentraciones</p>	<p>-Cámara Incubadora de -Equipo Filtración</p>	<p>-Membranas de filtro 0.47 -Medio de cultivo Lauryl Sulfato -Cajas Petri -Limpiadores -Alcohol antiséptico 70°Gl -Pinza -Termómetro -Cronómetro -Metanol -Pads adsorbentes -Reverbero -Muestra de agua -Medidor de medio de cultivo -Tubo de grasa lubricante -Esferográfico -Lente de aumento -Pipetas plásticas Pasteur -Destornillador</p>	<p>-Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo. -Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con MLSB. -Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva. -Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. -Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml. -Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana. -Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración. -Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración -Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB.</p>	<p>-Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 C (alta) y/o 37 C (baja). -Siguiendo a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada. -Colocar las cajas petri en una superficie plana. -Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. -Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos, ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo.</p>

<p>muy grandes en las heces humanas y animales, y raramente se encuentra en ausencia de contaminación fecal, aunque hay indicios de que puede crecer en suelos tropicales.</p>			<p>-Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.          -Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.          -Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.          -Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 °C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37°C.</p>	<p>Ignorar aquellas colonias que no son de color amarillo, Por ejemplo, rosadas o transparentes.          -Una vez que en número de colonias amarillar ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.          -Registrar los resultados.</p>
--	--	--	--	--

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información		Lámina	Escala	Fecha
	11		1:100	01/03/2017	

**ANEXO U**  
**DETERMINACIÓN DE COLIFORMES TOTALES**

DEFINICIÓN	EQUIPOS	MATERIALES Y REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	REGISTRO DE RESULTADOS
<p>El «total de bacterias coliformes» (o «coliformes totales») incluye una amplia variedad de Bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35–37 °C. Los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima β- galactosidasa. Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros <i>Escherichia</i>, <i>Citrobacter</i>, <i>Klebsiella</i> y <i>Enterobacter</i>,</p>	<p>-Cámara Incubadora -Equipo de filtración</p>	<p>-Membranas de filtro 0.47 -Reactivo m-COLI BLUE 24* BROTH -Cajas Petri de aluminio -Limpiadores -Alcohol antiséptico 70<sup>0</sup>Gl -Pinzas -Termómetro -Cronómetro -Metanol -Pat adsorbente -Muestra de agua -Esferográfico -Lente de aumento -Tubo de grasa lubricante -Pipetas plásticas Pasteur -Destornillador</p>	<p>-Todas las muestras deben ser incubadas dentro de 6 horas después del muestreo. -Dispensar un pad en la caja petri esteril y saturar con MLSB. -Esterilizar la pinza usando una llama y dejar enfriar. Usando esta pinza, colocar una membrana estéril en el soporte de bronce, con la cuadrícula hacia arriba. Si la membrana esta rasgada o contaminada, descartarla y usar una nueva. -Poner la membrana aplastando el embudo firmemente hacia abajo. -Poner la muestra de agua en el embudo hasta la marca de 100 ml. -Colocar la bomba de vacío a la unidad de filtración y bombear para filtrar el agua a través de la membrana. -Cuando toda el agua ha sido filtrada, liberar la bomba de vacío y usar la pinza estéril para tomar la membrana de la unidad de filtración. -Usar la pinza estéril para retirar la membrana de la unidad de filtración.</p>	<p>-Confirmar la temperatura de la incubadora, 44 °C (alta) y/o 37 °C (baja). -Siguiendo a la incubación apagar y remover las cajas petri de la incubadora y registrar la temperatura fijada. -Colocar las cajas petri en una superficie plana. -Remover las tapas y contar todas las colonias de color amarillo sin considerar el tamaño. -Utilizar el lente de aumento si es necesario. Contar las colonias a los pocos minutos,</p>

<p>pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como <i>Serratia</i> y <i>Hafnia</i>. El grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales.</p>			<p>-Poner la membrana sobre el pad que se encuentre saturado con el medio de cultivo MLSB.          -Tapar la caja petri y etiquetarla con el número de muestra, lugar, fecha, hora, etc.          -Poner la caja petri en el soporte y repetir el proceso para todas las muestras, entonces colocar el soporte en la incubadora.          -Es importante que cuando la última muestra ha sido procesada, un periodo de resucitación de 1 a 4 horas debe ser esperado antes de la incubación. Esto permite que algunos coliformes fisiológicamente estresados se recuperen antes del cultivo.          -Para encubar coliformes fecales, seleccionar la temperatura de 44 °C y poner el soporte con las cajas petri dentro de la incubadora. Para análisis de coliformes totales, seleccionar la temperatura de 37 °C.</p>	<p>ya que los colores pueden cambiar al enfriarse y al estar en reposo. Ignorar aquellas colonias que no son de color amarillo, Por ejemplo, rosadas o transparentes.          -Una vez que un número de colonias amarillar ha sido determinada para cada muestra y asumiendo que se han filtrado en 100 ml de muestra, este valor es igual al número de colonias por 100 ml.          -Registrar los resultados.</p>
--	--	--	--	---

<b>NOTAS</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b>	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información		Lámina	Escala	Fecha
			12	1:100	01/03/2017

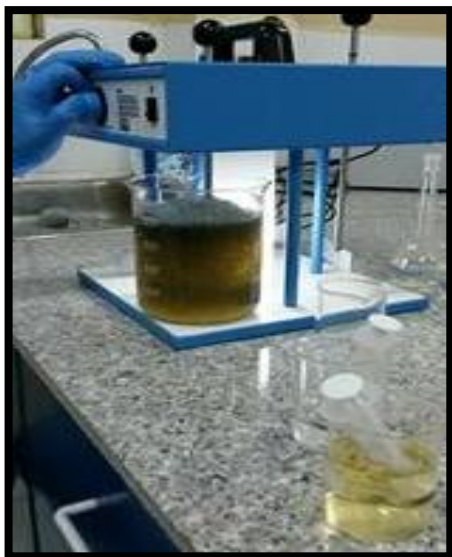
**ANEXO V  
TOMA DE MUESTRAS**



<b>NOTAS</b>	<p align="center"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p> <input type="checkbox"/> Certificado      <input type="checkbox"/> Por eliminar  <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado      <input type="checkbox"/> Por aprobar  <input type="checkbox"/> Por calificar      <input type="checkbox"/> Información         </p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA</p> <p>GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES</p>	<p>REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.</p>		
TOMA DE MUESTRAS			Lámina	Escala	Fecha
			13	1:100	01/03/2017



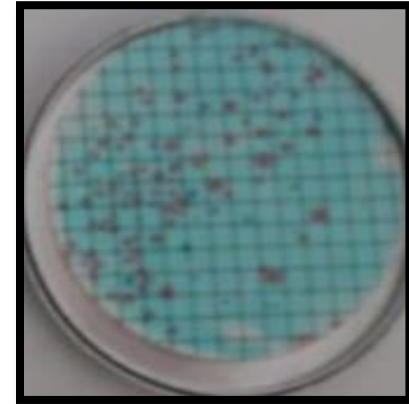
**ANEXO W  
CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA**



<b>NOTAS</b>	<p align="center"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	<p><b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES</p>	<p>REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.</p>				
<p>CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICO</p>			<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lámina</th> <th>Escala</th> <th>Fecha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">14</td> <td align="center">1:100</td> <td align="center">01/03/2017</td> </tr> </tbody> </table>	Lámina	Escala	Fecha	14
Lámina	Escala	Fecha					
14	1:100	01/03/2017					



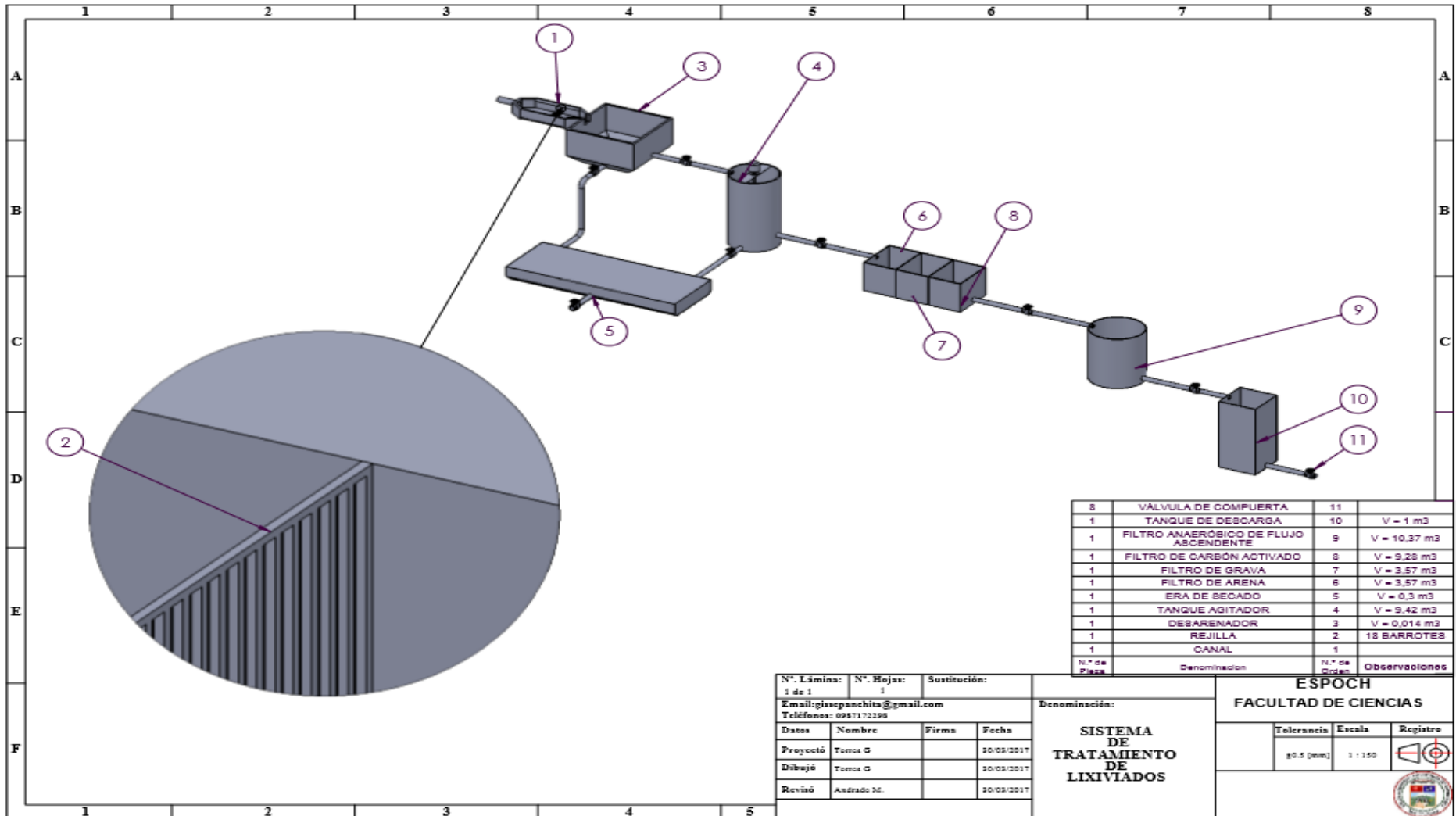
**ANEXO X  
CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA**



<b>NOTAS</b>	<p align="center"><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Información	<p align="center"><b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA GISSELA FRANCISCA TORRES TORRES</p>	REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADO DEL BOTADERO CURGUA DEL CANTÓN DE GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR.		
CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA			Lámina	Escala	Fecha
			15	1:100	01/03/2017

## ANEXO Y

### PLANO DEL REDISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS



8	VÁLVULA DE COMPUERTA	11	
1	TANQUE DE DESCARGA	10	V = 1 m3
1	FILTRO ANAERÓBICO DE FLUJO ASCENDENTE	9	V = 10,37 m3
1	FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO	8	V = 9,28 m3
1	FILTRO DE GRAVA	7	V = 3,57 m3
1	FILTRO DE ARENA	6	V = 3,57 m3
1	ERA DE SECADO	5	V = 0,3 m3
1	TANQUE AGITADOR	4	V = 9,42 m3
1	DESARENADOR	3	V = 0,014 m3
1	REJILLA	2	18 BARROTES
1	CANAL	1	
N.º de Pieza	Denominación	N.º de Cotas	Observaciones

N.º Lámina:	N.º Hojas:	Sustitución:	
1 de 1	1		
Email: gissapanchita@gmail.com			
Teléfono: 0957172190			
Datos	Nombre	Firma	Fecha
Proyectó	Tomas G		20/02/2017
Dibujó	Tomas G		20/02/2017
Revisó	Andrés M.		20/02/2017

Denominación:

**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS**

**ESPOCH**  
FACULTAD DE CIENCIAS

Tolerancia	Escala	Registro
±0.5 (mm)	1 : 100	