



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS
PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO
DE BASURA DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE
TUNGURAHUA”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar por el grado académico:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: VERÓNICA DEL ROCÍO QUILE GUAMÁN

TUTOR: ING. DANIELITA FERNANDA BORJA MAYORGA

Riobamba- Ecuador

2018

©2018, Verónica del Rocío Quile Guamán

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 de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”, de responsabilidad de la señorita Verónica del Rocío Quile Guamán, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Danielita Borja Mayorga

.....

.....

**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ing. Marco Chuiza Rojas

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Verónica del Rocío Quile Guamán, 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 autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 21 de diciembre de 2018

Verónica del Rocío Quile Guamán

Cédula de identidad: 180477854-4

Yo, Verónica del Rocío Quile Guamán, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Verónica del Rocío Quile Guamán

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se la dedico a Dios por darme fuerza y sabiduría en cada instante llenándome de oportunidades y del privilegio de presentar este proyecto tan importante en mi formación profesional, a mis padres que con su amor y apoyo incondicional me han guiado a lo largo de mi vida, a mis hermanos que siempre han demostrado interés por mi superación con sus palabras de aliento, a mis sobrinas que llenan de alegría mi vida.

Verónica

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar mi vida con sabiduría y quien sin duda fue el que me dio fuerzas para vencer adversidades y alcanzar mis sueños.

A mis padres Luis Quile y Blanca Guamán que con su infinito amor, ejemplo y sabios consejos han encaminado mi vida ayudándome en mis propósitos, quisiera con este logro alcanzado compensar una pequeña parte de todo su esfuerzo, gracias por su apoyo incondicional.

A mi hermana Lorena que siempre ha sido mi amiga fiel quien comprende hasta mis instantes de silencio y me alienta alcanzar mis sueños, a mi hermano Luisito que con sus ocurrencias me llena alegría, su infinito amor me ayuda a ser cada día mejor.

A mis sobrinas Leslie y Cristel por regalarme momentos de felicidad ya que no hay nada más reconfortante en la vida que mirar su sonrisa llena de esperanza y alegría.

A mis amigas Marcia, Lisbeth y Janina por regalarme su sincera amistad y apoyo en mi vida estudiantil.

A la Ing. Danielita Borja en calidad de Directora, al Ing. Marco Chuiza como Asesor de mi trabajo de titulación agradezco por su apoyo, tiempo y conocimientos en el desarrollo de este trabajo, quedare eternamente agradecida por su tan valiosa ayuda.

A la Ing. Marlene García, Dra. Gina Álvarez por su contribución en el desarrollo de este trabajo, de igual manera un agradecimiento a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Química por impartir sus conocimientos y encaminarme a la vida profesional.

Al GAD MUNICIPAL DE MOCHA, por la apertura y facilidades brindadas en la realización del presente trabajo.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas para obtener un título tan anhelado.

Verónica

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
CAPÍTULO I	
1	DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 1
1.1	Identificación del problema..... 1
1.2	Justificación del proyecto..... 2
1.3	Línea de base del proyecto..... 3
1.3.1	Antecedentes del GAD Municipal del Cantón Mocha..... 3
1.3.1.1	Misión 3
1.3.1.2	Visión..... 4
1.3.2	Marco conceptual 4
1.3.2.1	Lixiviados..... 4
1.3.2.2	Botadero de basura a cielo abierto o basurero..... 4
1.3.2.3	Relleno sanitario 4
1.3.2.4	Celda emergente..... 5
1.3.2.5	Tipos de relleno sanitario 5
1.3.2.6	Métodos de construcción de un relleno sanitario 6
1.3.2.7	Proceso de conversión de la materia orgánica 88
1.3.2.8	Composición de los lixiviados 10
1.3.2.9	Los parámetros básicos para caracterizar un lixiviado suelen ser:..... 13
1.3.2.10	Tratamientos de lixiviados 15
1.4	Beneficiarios directos e indirectos 16
1.4.1	Directos. 16
1.4.2	Indirectos..... 16
CAPÍTULO II	
2	OBJETIVOS DEL PROYECTO..... 17
2.1	Objetivo general 17
2.2	Objetivos específicos 17
CAPÍTULO III	
3	ESTUDIO TÉCNICO 18
3.1	Localización del proyecto 18
3.2	Ingeniería del proyecto..... 19
3.2.1	Tipo de estudio..... 19
3.2.2	Métodos y Técnicas 19

3.2.2.1	Métodos.....	19
3.2.2.2	Técnicas	20
3.2.3	Determinación de caudal.....	24
3.2.4	Muestreo.....	25
3.2.5	Caracterización inicial del lixiviado.....	26
3.2.6	Parámetros de tratabilidad.....	29
3.2.6.1	Índice de Biodegradabilidad	29
3.2.7	Pruebas de Tratabilidad.....	30
3.2.7.1	Tratamiento físico-químico. Dosificación del coagulante	32
3.2.7.2	Pruebas de Tratabilidad. Muestra 1 (M1)	36
3.2.7.3	Pruebas de Tratabilidad. Muestra 2 (M2)	40
3.2.7.4	Pruebas de Tratabilidad. Muestra 3 (M3)	44
3.2.8	Determinación de variables de diseño de la planta de tratamiento de lixiviados.....	51
3.2.8.1	Cálculo del caudal por el método suizo para lixiviados.....	51
3.2.8.2	Cálculo del canal de entrada a la PTL.....	52
3.2.8.3	Dimensionamiento de las Rejillas.....	55
3.2.8.4	Dimensionamiento del Desarenador	59
3.2.8.5	Tanque agitador.....	64
3.2.8.6	Sedimentador circular cónico.....	72
3.2.8.7	Era de secado	74
3.2.8.8	Filtración con medios granulares	80
3.2.8.9	Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados	91
3.2.9	Proceso de producción	94
3.2.10	Presupuesto	95
3.2.11	Cronograma de ejecución del proyecto.....	98
3.2.12	Análisis y Discusión.....	99
	CONCLUSIONES	102
	RECOMENDACIONES	103
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Características de los lixiviados, de acuerdo a su edad	11
Tabla 2-1: Parámetros organolépticos.....	13
Tabla 3-1: Parámetros físicos.....	13
Tabla 4-1: Parámetros químicos	14
Tabla 5-1: Parámetros microbiológicos	15
Tabla 6-1: Principales tratamientos en aguas residuales.....	15
Tabla 1-3: Métodos físico - químicos	20
Tabla 2-3: Métodos microbiológicos	20
Tabla 3-3: STANDARD METHODS *4500 HB.....	21
Tabla 4-3: STANDARD METHODS *2510 B	21
Tabla 5-3: STANDARD METHODS*2130B	22
Tabla 6-3: EPA *418,1	22
Tabla 7- 3: STANDARD METHODS *5220 D	22
Tabla 8-3: STANDARD METHODS *5210 B	23
Tabla 9-3: STANDARD METHODS *2540 D	23
Tabla 10-3: Determinación de color	24
Tabla 11-3: Cronograma de muestreo de lixiviados	26
Tabla 12-3: Caracterización inicial por triplicado de la muestra de Lixiviados	26
Tabla 13-3: Parámetros que no cumplen con la normativa.....	29
Tabla 14-3: Relación de parámetros DBO5/DQO	29
Tabla 15-3: Índice de biodegradabilidad de la muestra de lixiviado	30
Tabla 16-3: Tratabilidad con Test de jarras. Primera prueba.....	32
Tabla 17-3: Tratabilidad con Test de jarras. Segunda prueba.....	33
Tabla 18-3: Tratabilidad con Test de jarras. Tercera prueba	34
Tabla 19-3: Tratabilidad con Test de jarras. Dosificación con Policloruro de aluminio	35
Tabla 20-3: Dosificación de PAC.M1.....	36
Tabla 21-3: Dosificación de cloro en el lixiviado.M1	37
Tabla 22-3: Caracterización y % de remoción del lixiviado tratado.M1	38
Tabla 23-3: Caracterización de lixiviado tratado.M2	41
Tabla 24-3: Caracterización del lixiviado tratado.M2 con aireación.....	43
Tabla 25-3: Caracterización del lixiviado tratado. M3	45
Tabla 26-3: Caracterización del lixiviado tratado.M3	45
Tabla 27-3: Resultados de los procesos de depuración a nivel laboratorio	46
Tabla 28-3: Datos para dimensionar el canal.....	52

Tabla 29-3: Coeficiente de Manning y canales revestidos.....	53
Tabla 30-3: Información sobre rejillas de limpieza manual.....	55
Tabla 31-3: Parámetros de diseño para las rejillas.....	58
Tabla 32-3: Coeficiente de pérdidas para rejillas.....	58
Tabla 33-3: Dimensiones características de un agitador de turbina (6 paletas).....	66
Tabla 34-3: Parámetros de diseño para mezcladores de turbina.....	70
Tabla 35-3: Propiedades físicas del agua.....	70
Tabla 36-3: Número de potencia para diferentes tipos de impulsores.....	71
Tabla 37-3: Tiempo requerido para digestión de lodos.....	77
Tabla 38-3: Criterios de diseño para la era de secado.....	78
Tabla 39-3: Parámetros de diseño para el filtro.....	84
Tabla 40-3: Resultados del dimensionamiento del Canal.....	91
Tabla 41-3: Resultados del dimensionamiento de las Rejillas.....	91
Tabla 42-3: Resultados del dimensionamiento del desarenador.....	91
Tabla 43-3: Resultados del dimensionamiento del tanque agitador.....	92
Tabla 44-3: Resultados de dosificación de Policloruro de aluminio (PAC).....	92
Tabla 45-3: Resultados del dimensionamiento del sedimentador circular.....	92
Tabla 46-3: Resultados del dimensionamiento de la era de secado.....	93
Tabla 47-3: Resultados del dimensionamiento los filtros granulares.....	93
Tabla 48-3: Presupuesto de implementación de equipos.....	95
Tabla 49-3: Presupuesto de implementación de productos químicos.....	97
Tabla 50-3: Presupuesto total de mano de obra.....	97
Tabla 51-3: Presupuesto total de la inversión para el sistema de tratamiento.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Método de área.....	7
Figura 2-1: Método combinado	8
Figura 3-1: Proceso de conversión anaerobia de la materia orgánica.....	8
Figura 4-1: Origen de algunos compuestos presentes en los lixiviados	11
Figura 1-3: Ubicación Geográfica del botadero de basura.	18
Figura 2-3: Rejillas de limpieza manual.....	55
Figura 3-3: Formas de rejilla	58
Figura 4-3: Desarenador (Planta y corte longitudinal)	60
Figura 5-3: Tanque agitador	64
Figura 6-3: Sedimentadores cilíndricos de base cónica.....	72
Figura 7-3: Era de secado	75
Figura 8-3: Retro lavado).....	80
Figura 9-3: Carbón activado	82
Figura 10-3: Zeolita	84
Figura 11-3: Grava y arena	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Resultados de la caracterización inicial del lixiviado - análisis químico	27
Gráfico 2-3:	Resultados de la caracterización inicial del lixiviado - análisis físico.....	28
Gráfico 3-3:	Resultados de la caracterización inicial del lixiviado- análisis microbiológico ..	28
Gráfico 4-3:	Resultados del Test de jarras. Primera prueba.....	33
Gráfico 5-3:	Resultados del Test de jarras. Segunda prueba	34
Gráfico 6-3:	Resultados del Test de jarras. Tercera prueba	35
Gráfico 7-3:	Resultados Test de jarras dosificación de PAC	36
Gráfico 8-3:	Resultados de dosificación de cloro en el lixiviado.M1	37
Gráfico 9-3:	Resultados de la caracterización del lixiviado tratado.M1	39
Gráfico 10-3:	Resultados del % de remoción del lixiviado tratado.M1	40
Gráfico 12-3:	% de remoción del lixiviado tratado.M2	42
Gráfico 13-3:	% de remoción del lixiviado tratado.M2 con aireación.....	44

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3: Cálculo de caudal de lixiviado por método suizo.	25
Ecuación 2-3: Cálculo del área del canal.	52
Ecuación 3-3: Cálculo del radio hidráulico.	53
Ecuación 4-3: Cálculo de la velocidad de aproximación del agua al canal.	54
Ecuación 5-3: Cálculo la altura máxima del agua.	54
Ecuación 6-3: Longitud de barras.	55
Ecuación 7-3: Cálculo del nivel máximo del agua.	56
Ecuación 8-3: Cálculo la longitud sumergida de las barras.	56
Ecuación 9-3: Cálculo de separación entre barras.	57
Ecuación 10-3: Cálculo del número de barras para rejillas finas.	57
Ecuación 11-3: Cálculo de la pérdida de carga en las rejillas.	58
Ecuación 12-3: Cálculo del ancho del desarenador.	60
Ecuación 13-3: Cálculo de la longitud base del desarenador.	61
Ecuación 14-3: Cálculo de la capacidad del tanque colector.	61
Ecuación 15-3: Cálculo del volumen del sedimento.	62
Ecuación 16-3: Cálculo de la profundidad del colector.	62
Ecuación 17-3: Cálculo del ancho colector de entrada.	63
Ecuación 18-3: Cálculo del ancho del desarenador.	63
Ecuación 19-3: Cálculo del ancho del desarenador.	63
Ecuación 20-3: Cálculo del volumen del lixiviado.	64
Ecuación 21-3: Cálculo del radio del tanque cilíndrico.	65
Ecuación 22-3: Cálculo de la altura del cilindro vertical.	65
Ecuación 23-3: Cálculo del diámetro del agitador.	66
Ecuación 24-3: Cálculo la altura del rodete sobre el fondo del tanque.	67
Ecuación 25-3: Cálculo del ancho de las paletas.	67
Ecuación 26-3: Cálculo del diámetro del sujetador de las paletas.	68
Ecuación 27-3: Cálculo del ancho de placas deflectoras.	68
Ecuación 28-3: Cálculo de la longitud de palas del rodete.	69
Ecuación 29-3: Cálculo de la altura total del tanque.	69
Ecuación 30-3: Cálculo del potencial para el agitador.	70
Ecuación 31-3: Cálculo de la velocidad de rotación del agitador.	71
Ecuación 32-3: Cálculo de dilución en una concentración.	71
Ecuación 33-3: Cálculo del volumen del cono.	73

Ecuación 34-3: Cálculo de la pendiente de lodos	73
Ecuación 35-3: Cálculo del volumen del cilindro.....	74
Ecuación 36-3: Cálculo del volumen total del sedimentador.....	74
Ecuación 37-3: Cálculo de dilución en una carga de sólido	75
Ecuación 38-3: Cálculo sólidos que conforman los lodos.	76
Ecuación 39-3: Cálculo de dilución en una carga de sólido	76
Ecuación 40-3: Cálculo volumen de lodos a extraerse	77
Ecuación 41-3: Cálculo del área de la era de secado	78
Ecuación 42-3: Cálculo del área individual de la era de secado	78
Ecuación 43-3: Cálculo de la longitud de la era de secado.....	79
Ecuación 44-3: Cálculo volumen de la era de secado.....	79
Ecuación 45-3: Cálculo área del filtro ascendente.....	85
Ecuación 46-3: Cálculo del caudal de diseño del filtro.....	85
Ecuación 47-3: Cálculo radio del filtro ascendente	86
Ecuación 48-3: Cálculo de la altura del filtro ascendente.....	86
Ecuación 49-3: Cálculo de la altura del filtro	87
Ecuación 50-3: Cálculo del número de laterales del filtro.....	87
Ecuación 51-3: Cálculo área de los orificios laterales	87
Ecuación 52-3: Cálculo del caudal de cada orificio.....	88
Ecuación 53-3: Cálculo del sistema de lavado del filtro.....	88
Ecuación 54-3: Cálculo área del canal de lavado.....	89
Ecuación 55-3: Cálculo ancho del canal de lavado.....	89
Ecuación 56-3: Cálculo alto del canal de lavado	89
Ecuación 57-3: Cálculo de velocidad óptima de lavado del filtro	90
Ecuación 58-3: Cálculo área del filtro ascendente.....	90

LISTADO DE ANEXOS

- Anexo A:** TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9
- Anexo B:** Datos de precipitación reportados por la estación meteorológica Querochaca
- Anexo C:** Caracterización inicial del lixiviado
- Anexo D:** Caracterización del lixiviado tratado.M1
- Anexo E:** Caracterización del lixiviado tratado.M2
- Anexo F:** Caracterización del lixiviado tratado.M3
- Anexo G:** Presupuesto de la Planta de tratamiento
- Anexo H:** Costos del PAC, zeolita y carbón activado
- Anexo I:** Celda emergente y recolección de muestras
- Anexo J:** Caracterización físico-química y microbiológica del lixiviado
- Anexo K:** Pruebas de tratabilidad
- Anexo L:** Lixiviado tratado y sin tratar
- Anexo M:** Canal de captación y rejillas
- Anexo N:** Desarenador
- Anexo O:** Tanque agitador
- Anexo P:** Sedimentador
- Anexo Q:** Filtro ascendente
- Anexo R:** Era de secado
- Anexo S:** Etapas del sistema de tratamiento de lixiviado

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C1	Caracterización 1
C2	Caracterización 2
C3	Caracterización 3
cm	Centímetros
cm²	Centímetros cuadrados
cm³	Centímetros cúbicos
DBO₅	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
h	Horas
H₂O	Agua
H₂	Hidrógeno molecular
H⁺	Protones de hidrógeno
l	Litros
l/s	Litros por segundo
L.M. P	Límite máximo permisible
M1	Muestra 1
M2	Muestra 2
M3	Muestra 3
m	Metros
min	Minutos
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m³	Metros Cúbicos
N	Nitrógeno Total kjedahl
pH	Potencial de Hidrógeno
s	Segundos
SD	Sólidos sedimentables
SST	Sólidos suspendidos totales
ST	Sólidos Totales
S	Sulfuros
TULSMA	Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente
° C	Temperatura en grados centígrados

RESUMEN

El objetivo fue diseñar una planta de tratamiento de lixiviados para la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua. Para el desarrollo del mismo se realizaron caracterizaciones iniciales del lixiviado por triplicado para identificar los parámetros que se encuentran fuera del límite según la Norma que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, encontrándose fuera del límite: DQO, DBO₅, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, Plomo, Hierro total, Manganeseo, Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Color real. Para determinar el tratamiento más idóneo se calculó el índice de biodegradabilidad DBO₅/DQO, arrojando un valor de 0,57 que permite la selección de un tratamiento físico-químico o biológico, optando por el primero, para ello se realizaron pruebas de tratabilidad usando 300 ppm de Policloruro de Aluminio seguido de doble filtración con capas de grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena, alcanzando los siguientes resultados al finalizar el tratamiento: DQO 156 mg/l, DBO₅ 71 mg/l, Nitrógeno amoniacal 12,5mg/l, Nitrógeno total 29,62 mg/l, Plomo 0,13 mg/l, Hierro total 1mg/l, Manganeseo 0,02 mg/l, Aceites y Grasas 4,5 mg/l, Sólidos Suspendidos Totales 6 mg/l, Sólidos Totales 1000 mg/l, Color real inapreciable en dilución 1/20, remoción de color 95,70%, remoción de turbiedad 95,22%, los mismos que cumplen con lo establecido en la normativa vigente. Una vez identificadas las variables de diseño, la planta de tratamiento de lixiviados cuenta con un canal rectangular, rejillas, desarenador, tanque agitador, sedimentador circular y dos filtros granulares.

PALABRAS CLAVE: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS>, <CARACTERIZACIÓN >, <TRATAMIENTO FÍSICO -QUÍMICO>, <PORCENTAJE DE REMOCIÓN>, <FILTRO CON MEDIOS GRANULARES>, <CELDA EMERGENTE>, <MOCHA (CANTÓN)>

SUMMARY

The objective was to design a leachate treatment plant for the emerging cell of the garbage dump of the Mocha Canton, Tungurahua Province. To develop it, initial characterizations of the leachate were made in triplicate to identify the parameters that are outside the limit according to the Standard that governs the TULSMA, Book VI, Annex 1, Table 9. It is out of the limit: COD, BOD₅, Nitrogen Ammonia, Total Nitrogen, Lead, Total Iron, Manganese, Oils and Fats, Total Suspended Solids, Total Solids, Real Color. To determine the most suitable treatment, the biodegradability index DBO₅ / COD was calculated. The obtained result was 0.57, that allows the selection of a physical-chemical or biological treatment. The first one was chosen. For that, treatability tests were carried out using 300 ppm of Aluminum Polychloride followed by double filtration with layers of coarse gravel, fine gravel, zeolite, activated carbon and sand. The following results at the end of the treatment were reached: COD 156 mg / l, BOD₅ 71 mg / l, Ammonia Nitrogen 12, 5mg / L, Total Nitrogen 29.62 mg / L, Lead 0.13 mg / L, Total Iron 1mg / L, Manganese 0.02 mg / L, Oils and Fats 4.5 mg / L, Total Suspended Solids 6 mg / l, Total Solids 1000 mg / l, Real color negligible in 1/20 dilution, 95.70% color removal, 95.22% turbidity removal. The results comply with the provisions of current regulations. Once the design variables have been identified, the leachate treatment plant has a rectangular channel, grids, sand trap, agitator tank, circular settler and two granular filters.

KEY WORDS: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <LIXIVIATE TREATMENT>, <CHARACTERIZATION>, <PHYSICAL-CHEMICAL TREATMENT>, <PERCENTAGE OF REMOVAL>, <FILTER WITH GRANULAR MEDIA>, <EMERGING CELL>, <MOCHA (CANTON) >

CAPÍTULO I

1 DIAGNOSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

El constante aumento de la población y la falta de cultura ambiental ha ocasionado una mayor contaminación en el ambiente, donde uno de los causales es la generación de residuos sólidos, mismos que por mucho tiempo se han dispuesto en sitios inadecuados sin las medidas de seguridad necesarias, generando impactos ambientales en el suelo como en los cuerpos de agua.

En el Ecuador la disposición final de los desechos sólidos se realiza en rellenos sanitarios, celdas emergentes y mayoritariamente en botaderos a cielo abierto. Uno de los problemas que actualmente aquejan a las comunidades es la presencia de botaderos que han cumplido con su tiempo de vida, donde la ausencia de los Sistemas de Tratamiento para los lixiviados, los convierten en un foco de contaminación latente (Henry, Heinke y García 1999).

En la provincia de Tungurahua al sureste de Ambato, se encuentra ubicado el Cantón Mocha con una superficie de 85.76 Km², según el censo del 2010 del INEC, tiene una población de 6 777 personas. Las fuentes de ingresos económicos de los habitantes se derivan principalmente de la agricultura y la ganadería, pero también se desarrollan actividades secundarias como el turismo, comercio, transporte, construcción, salud, educación, etc., en menor cantidad; como consecuencia de estas actividades se generan diferente tipología de residuos (GAD MOCHA, 2015).

Aproximadamente de 3 a 4 toneladas métricas de residuos sólidos diarios se generan en este cantón, los cuales son depositados en celdas emergentes dentro del botadero de basura a cielo abierto donde compactan y cubren con tierra para evitar malos olores. Otra de las celdas utilizadas presenta cubierta, donde son depositados los residuos peligrosos, en la celda de residuos sólidos no peligroso, se generan líquidos que percolan a través de los residuos sólidos. Dichos líquidos denominados lixiviados se encuentran compuestos por descomposición de materia orgánica, agua provenientes de precipitaciones escorrentías, humedad de la basura, que presentan elevados niveles de contaminación (Pellón Arrechea et al. 2015), los cuales son transportados por medio de tuberías, hacia un deposito donde finalmente serán descargados a una quebrada afluente del río Mocha, provocando contaminación, lo cual altera drásticamente las condiciones físicas, químicas y biológicas de las aguas del río Mocha.

La celda emergente del botadero de basura entró en funcionamiento en agosto del 2017, permitiendo un mejor manejo a la disposición final de los desechos, como primera etapa de construcción del relleno sanitario, posee un sistema de recolección de lixiviados generados principalmente por precipitaciones. De acuerdo a la información de precipitación registrados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Estación Querochaca) en el cantón, el mes de abril alcanza una precipitación de 93.3 mm, registrado desde el 2009 hasta el 2017 como se puede observar en el ANEXO B.

A fin de contribuir con el departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mocha, se ha visto la necesidad de realizar el diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados, el cual permita reducir el riesgo de generar contaminación al medio ambiente y/o afectaciones a la salud de la población, aun después de quedar fuera de funcionamiento la celda, y se tiene proyectado canalizar a esta Planta los lixiviados generados en el relleno sanitario que se construirá posteriormente.

1.2 Justificación del proyecto

Debido que la celda emergente de residuos sólidos no cuenta con un sistema de tratamiento de lixiviados, se tiene la necesidad de encontrar una solución para disminuir los contaminantes descargados al río Mocha, mediante la tratabilidad de dichos efluentes.

El presente trabajo tiene por objeto realizar el diseño de una planta de tratamiento de lixiviados generados en el botadero de basura del cantón Mocha, mismos que actualmente por el mal manejo y la falta de tratamiento generan una problemática ambiental en el sector por los malos olores, contaminación del suelo, aire y agua.

El tratamiento de lixiviados constituye un reto importante a fin de establecer las condiciones para la reducción de los riesgos hacia los seres humanos y de los ecosistemas, atenuar la contaminación de las agua, aire y suelo, garantiza una reducción de los impactos ambientales generados por estas descargas, teniendo en cuenta que es responsabilidad del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mocha la tratabilidad de los lixiviados, basándose en las condiciones establecidas por la Normativa Ambiental vigente.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mocha apoya en la realización del Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados provenientes de la celda emergente del botadero de basura, pues esto representa un factor muy importante que brindará varios beneficios, recuperación de vegetación circundante y por otro lado disminuyendo la contaminación de agua.

1.3 Línea de base del proyecto

1.3.1 Antecedentes del GAD Municipal del Cantón Mocha.

El GAD Municipal del Cantón Mocha, tiene sus inicios el 13 de mayo de 1986 cuando La Parroquia Mocha fue elevado a la categoría de Cantón, en donde se eligió por primera vez concejales y un primer presidente del concejo, al Señor Orlando Pérez, con la finalidad de trabajar por el bienestar de los habitantes, dotando de servicios básicos, desarrollo económico y dotar de distintas mejoras a fin de alcanzar un nivel óptimo de vida de la población.

El servicio de recolección de desechos sólidos dentro del Cantón está a cargo del GAD Municipal y tiene una cobertura del 88,4% en la zona urbana, mientras que para la zona rural la cobertura descende al 58,1 %, debido a la quema del 27,2%, arrojan en terreno baldío un 7,7%. Respecto a los desechos sólidos, el cantón genera diariamente de 3 a 4 toneladas métricas, los cuales eran depositados en un botadero de basura a cielo abierto, pero en la actualidad se los deposita en una celda emergente que está construida desde agosto del 2017 como primera fase para la construcción del relleno sanitario (GAD Mocha, 2014).

La celda emergente de este cantón se encuentra ubicada en las riberas del río Mocha sector la estación, allí se depositan diariamente los residuos sólidos, procedentes en su mayoría de actividades domésticas, agrícolas y ganaderas. Conforme pasa el tiempo la descomposición de los residuos, las precipitaciones pluviales, la humedad de la basura y la humedad atmosférica han dado lugar a la generación de lixiviados.

Los líquidos denominados lixiviados de esta celda emergente atraviesan la geomembrana termofundida de 1,5mm y por medio de una tubería son recolectados en un tanque, del cual filtra al río Mocha provocando contaminación en las aguas, suelos y mal olor en el ambiente, es por ello que surge la necesidad de diseñar una Planta de Tratamiento de lixiviados, de modo que se pueda descargar esta agua cumpliendo con la normativa vigente que rige el el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9.

1.3.1.1 Misión

Fomentar el desarrollo integral y sostenible del cantón Mocha, mediante la promoción del uso adecuado del territorio en los aspectos ambientales, sociales, económicos y culturales; en el marco de las constitución y las leyes, que permita mejorar de forma continua las condiciones de todos los/las habitantes urbanos y rurales, en lo relacionado a servicios básicos, vialidad, infraestructura

de salud, educación cultural y deportiva, de tal manera que la calidad de vida, el orden, el respeto, y el embellecimiento de la ciudad, sean el reflejo de una administración participativa que impulse el buen vivir.

1.3.1.2 Visión

Ser un Gobierno Autónomo Descentralizado en el desarrollo permanente y sostenible, a través de un trabajo conjunto y mejora continua para proporcionar bienes y servicios de calidad, comprometidos a impulsar el desarrollo local a niveles competitivos, conscientes del cumplimiento de nuestras actividades, con conciencia ambiental orientada al fortalecimiento del turismo para dinamizar la economía local, conservando una buena imagen de la ciudad, su ornato y cultura que promueven la identidad y la unidad cantonal a través de la toma de decisiones concertadas y equitativas para su mejora permanente.

1.3.2 Marco conceptual

1.3.2.1 Lixiviados

Son agua residual compleja resultante de un proceso de percolación de líquidos a través de residuos sólidos, procedentes especialmente de la precipitación pluvial en el área de influencia, humedad de la basura, humedad atmosférica, actividad microbiana, diversas reacciones y procesos físico químicos y biológicos. (Diversidad de las comunidades de algas asociadas a un sistema algal de alta tasa fotosintética para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios, 2016, págs. 113-120) (Tratamiento de lixiviados con carbón activado, 2002, págs. 19-27)

1.3.2.2 Botadero de basura a cielo abierto o basurero

Lugar de disposición final de residuos sólidos, producto de actividades cotidianas que realiza el hombre. Se llama botadero por que se desecha los residuos sin separación, sin control ni criterio técnico, estas zonas de descarga se sitúan por lo general cerca de un cuerpo de agua sin existir control de impactos ambientales en agua, aire y suelo. Convirtiéndose en focos de contaminación latente, esto se puede evidenciar con la presencia de malos olores, formación de gases, polvos y drenaje de lixiviados (Frers, 2009) (Anonimo, 2005, págs. 106-109)

1.3.2.3 Relleno sanitario

Es una obra de ingeniería previamente planeada y diseñada utilizada para la correcta disposición

de los residuos sólidos, en la actualidad resulta eficiente y con bajo costo de inversión, para su construcción se debe contar con terrenos grandes y lejos de la ciudad, para su operación se esparcen y compactan los residuos lo más que se pueda, después se cubre con tierra, además es necesario contar con documentación necesaria, una serie de normas que regulan las disposiciones generales, esto para no generar peligro en el ambiente y salud de los seres vivos. (Ministerio de salud, 1997); (Sánchez, 2011, pág. 240).

1.3.2.4 Celda emergente

Es una celda técnicamente diseñada, donde se depositan temporalmente los desechos sólidos no peligrosos, los mismos que deberán tener una compactación y cobertura diaria con material adecuado, poseer sistemas de evacuación de biogás, recolección de lixiviados, desviación de aguas de escorrentía; hasta la habilitación del sitio de disposición fina, técnica y ambientalmente regularizada. (Ministerio del ambiente, Acuerdo 052)

1.3.2.5 Tipos de relleno sanitario

En relación a la disposición final de los residuos sólidos se tiene tres tipos de relleno sanitario:

➤ Relleno sanitario mecanizado

Es la tecnología diseñada para municipalidades medianas y grandes que generan más de 40 toneladas diarias de basura, al ser una cantidad de basura no factible para manejar completamente a mano, se necesita trabajar con ayuda de maquinaria y equipo mecánico con la finalidad de reducir el volumen de basura depositada, al ser un proyecto complejo requiere: importante extensión del terreno, personal técnico capacitado, gastos de operación, mantenimiento, etc, por lo que los municipios necesitan contar con presupuesto adecuado para este tipo de relleno sanitario (GEOSAI, 2017); (Gándara, 2011, pág. 240).

➤ Relleno sanitario semimecanizado

El relleno sanitario semimecanizado, es un método diseñado para poblaciones, con producción de residuos sólidos no mayor a 40 Toneladas/día, en donde para los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos es conveniente usar maquinaria pesada como complemento al trabajo manual, a fin de que haya una correcta compactación de los residuos y se pueda alargar la vida útil del relleno sanitario en cuestión (Jaramillo, 2006); (Valarezo, 2016).

➤ Relleno sanitario manual

Este tipo de relleno sanitario se adapta al concepto de relleno sanitario para pequeñas poblaciones, que generan hasta 15 toneladas diarias de desechos sólidos, se presenta como alternativa económica al no contar con equipo pesado por los altos costos de mantenimiento y operación. Al tratarse de un relleno sanitario manual significa que una cuadrilla de hombres con ayuda de herramientas puede realizar la operación de compactación y confinamiento de los residuos, sin ayuda de maquinaria. (Jaramillo, 2006), (Cantanhede, 2014)

1.3.2.6 Métodos de construcción de un relleno sanitario

➤ Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza normalmente en regiones planas, para su construcción se necesita condiciones favorables como: nivel freático con suficiente profundidad para evitar contaminar de acuíferos, suelos con buenas características de cohesión y se debe evitar terrenos rocosos por las dificultades de excavado. El proceso de operación consiste en la excavación periódica de zanjas de dos a tres metros de profundidad utilizando equipos normales de movimiento de tierra (retroexcavadora o tractor oruga), la tierra que se extrae se coloca a un lado de la zanja, para luego ser utilizado como material de cobertura. Los desechos son depositados dentro de la trinchera, distribuidos en capas finas para luego compactarlos y cubrirlos con tierra. (Cantanhede, 2014), (SEMARNAT, s.f, pág. 68), (Campos, 2003, pág. 132).

➤ Método de área

El método denominado área, se utiliza normalmente cuando la ubicación del terreno destinado para relleno es una depreciación natural o artificial, en donde la operación de descarga debe iniciarse desde el fondo hacia arriba y el material de cobertura se excava de las laderas del terreno o de un lugar cercano para evitar costos de transporte (Jaramillo, 2006).

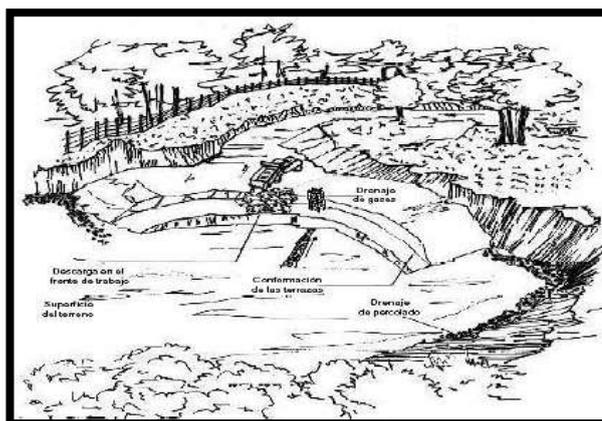


Figura 1-1: Método de área

Fuente: Castelo, 2014

Este método sirve también en terrenos que se encuentren en áreas relativamente planas donde no sea posible excavar fosas o trincheras, por lo que los residuos sólidos pueden depositarse sobre el suelo original, en estos casos los desechos son colocados en capas finas que se van compactando y elevando algunos metros hasta alcanzar la altura del diseño a medida que se va depositando, al terminar la jornada diaria se coloca material de cobertura, el material de cobertura deberá ser importado de otro sitio cercano o de ser posible extraído de la capa superficial (SEMARNAT, s.f, pág. 68); (Campos, 2000, pág. 132).

➤ Método combinado

En ocasiones cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del terreno destinado a la disposición de residuos sólidos son apropiadas, se puede combinar el método de área y el método de trinchera para obtener un mejor aprovechamiento del terreno, se puede iniciar con el método trinchera y continuar con el método de área en la parte superior o viceversa iniciar con un método de área al excavar el material de cubierta se forma una trinchera, sirviendo para ser llenada. Esta técnica permita el uso más eficiente del sitio de disposición de residuos (SEMARNAT, s.f, pág. 68).

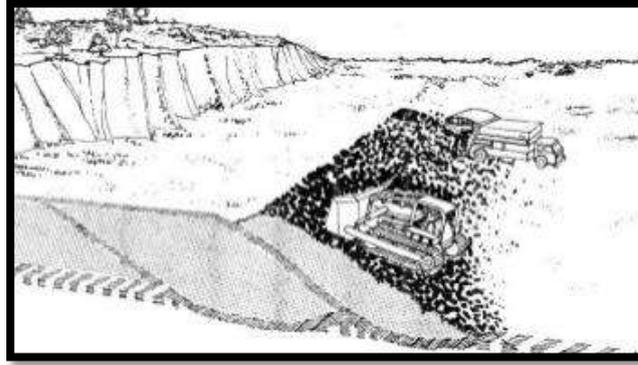


Figura 2-1: Método combinado
Fuente: Castelo, 2014

1.3.2.7 Proceso de conversión de la materia orgánica

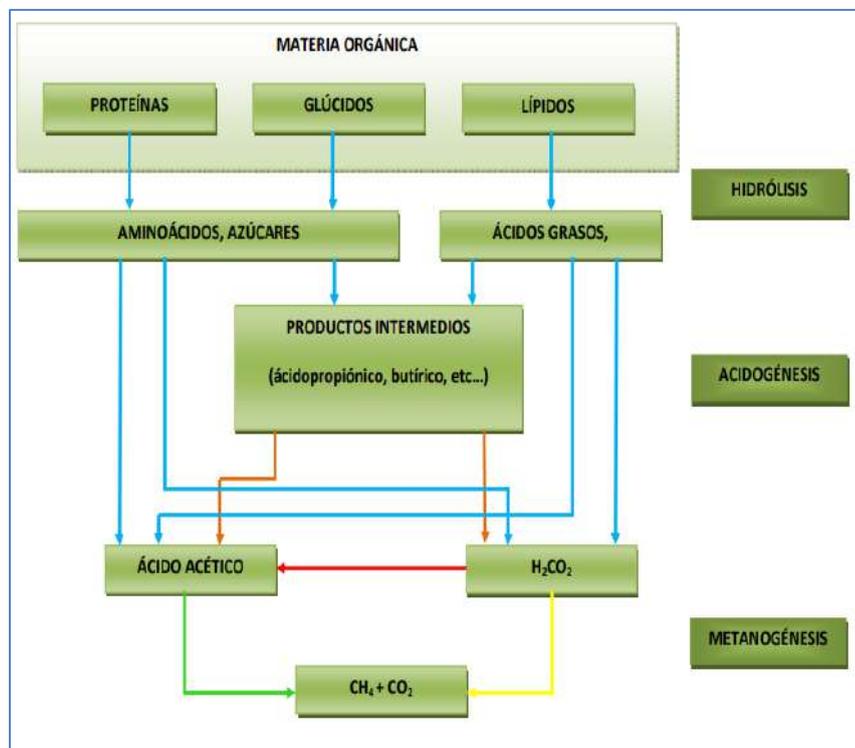


Figura 3-1: Proceso de conversión anaerobia de la materia orgánica
Fuente: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70603/fichero/3.+la+digestion+anaerobia.pdf>

➤ Fase I (aerobia)

Esta fase inicia inmediatamente después que los residuos sólidos han sido depositados en el rellenos sanitario, la materia de fácil biodegradación se comienza a descomponer a partir del contacto con el oxígeno del aire y como consecuencia de la degradación aerobia se produce dióxido de carbono (CO_2), que se acompaña de una elevación de temperatura, alcanzando entre 35 a 40 °C, es una etapa de corta duración, hasta que se agote el oxígeno (Camargo, 2009).

➤ Fase II (Hidrólisis)

En esta fase el material orgánico complejo insoluble es convertido mediante enzimas extracelulares, a otro de estructura menor y soluble (azúcar, aminoácidos, ácidos grasos). Las enzimas son excretadas por bacterias fermentativas. La hidrólisis del material orgánico es más bien un proceso lento. La tasa de hidrólisis es afectada por el pH, el tamaño de las partículas del substrato y la disponibilidad del substrato. Las grasas son degradadas en forma muy lenta. En la producción de metano de los desperdicios sólidos, abonos y lechadas de fangos; la hidrólisis generalmente es la medida tasa limite en este proceso (Arratia, s.f).

➤ Fase III. (acidificación)

En la cual, los compuestos solubles son convertidos a compuestos de estructura química más simple por bacterias fermentativas productoras de ácidos. Los principales productos resultantes y excretados, por ejemplo, ácidos grasos volátiles, alcoholes, ácido láctico, metanol, CO₂, H₂, NH₃, H₂S, así como biomasa nueva. El grupo de bacterias es bastante variado, siendo la mayoría estrictamente anaeróbicas, pero algunas son facultativas. Los productos finales de esta fase sufren variaciones, dependiendo del substrato, de la naturaleza de población bacteriana, y de factores ambientales como ser la concentración de pH y H₂. La fermentación acidogénica es producida por un grupo diverso de bacterias, en su mayoría anaeróbicas obligadas llamadas bacterias acidogénicas. (Arratia, s.f).

Fase IV (acetogénesis)

En esta fase los productos de los procesos de fermentación son convertidos a acetato, H₂ y CO₂, así como nueva biomasa. Los compuestos de la fase de acidificación son utilizados por las bacterias acetogénicas y derivan en las reacciones ya mencionadas. En esta etapa, los productos formados en la acidogénesis son convertidos en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono. Los compuestos de la fase de acidificación son utilizados por las bacterias acetogénicas que convierten la mayoría de los productos de la acidogénesis en ácido acético (CH₃COOH), hidrógeno (H₂) y CO₂, compuestos que son los sustratos para la producción del metano. Aproximadamente el 70% de la DQO inicial es convertida en ácido acético, y la producción de hidrógeno y de dióxido de carbono dependerá de cuan oxidada sea la materia orgánica. (Arratia, s.f).

➤ Fase V (metanogénesis)

En esta fase que es el final de la descomposición anaeróbica, el ácido acético, H₂, CO₂, ácido

fórmico y metanol están convertidos a metano y CO₂, así como nueva biomasa, se lleva a cabo por bacterias metanogénicas bajo condiciones anaeróbicas estrictas. La metanogénesis es un paso crítico en la totalidad del proceso de digestión anaeróbica, ya que es la reacción bioquímica más lenta del proceso. (Arratia, s.f)

La duración de las fases varía según la distribución de componentes orgánicos, disponibilidad de nutrientes, humedad de los residuos y grado de compactación de los residuos en el relleno sanitario, por ejemplo la fase 1 y 2 pueden tener una duración de entre semanas a dos o más años, las fases 3 y 4, pueden llegar a durar aproximadamente 5 años en su nivel más elevado para luego decaer progresivamente, La fase 5 del ciclo de vida de un relleno sanitario, puede tomar décadas e incluso siglos para que la basura depositada en un relleno finalmente se estabilice, todo esto dependiendo de las condiciones de operación del relleno (Colmenares, 2007).

1.3.2.8 Composición de los lixiviados

La composición y características de los lixiviados están muy relacionadas con su origen y formación. Por lo general, los lixiviados se componen de una amplia gama de contaminantes orgánicos e inorgánicos, debido a su composición bastante compleja y variable, que dependen de una serie de factores tales como: la antigüedad, forma de explotación del vertedero, la naturaleza, cantidad de residuos, clima del lugar, etc. Los componentes del lixiviado se pueden clasificar en cuatro grupos:

- Materia orgánica disuelta, expresada en forma de parámetros como: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono orgánico total COT.
- Componentes inorgánicos: (Cl⁻, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, k⁺)
- Metales: (Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn; en pequeña cantidad Ba, Li, Hg, Co)
- Compuestos xenobióticos: Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), pesticidas, plastificantes, fenoles.

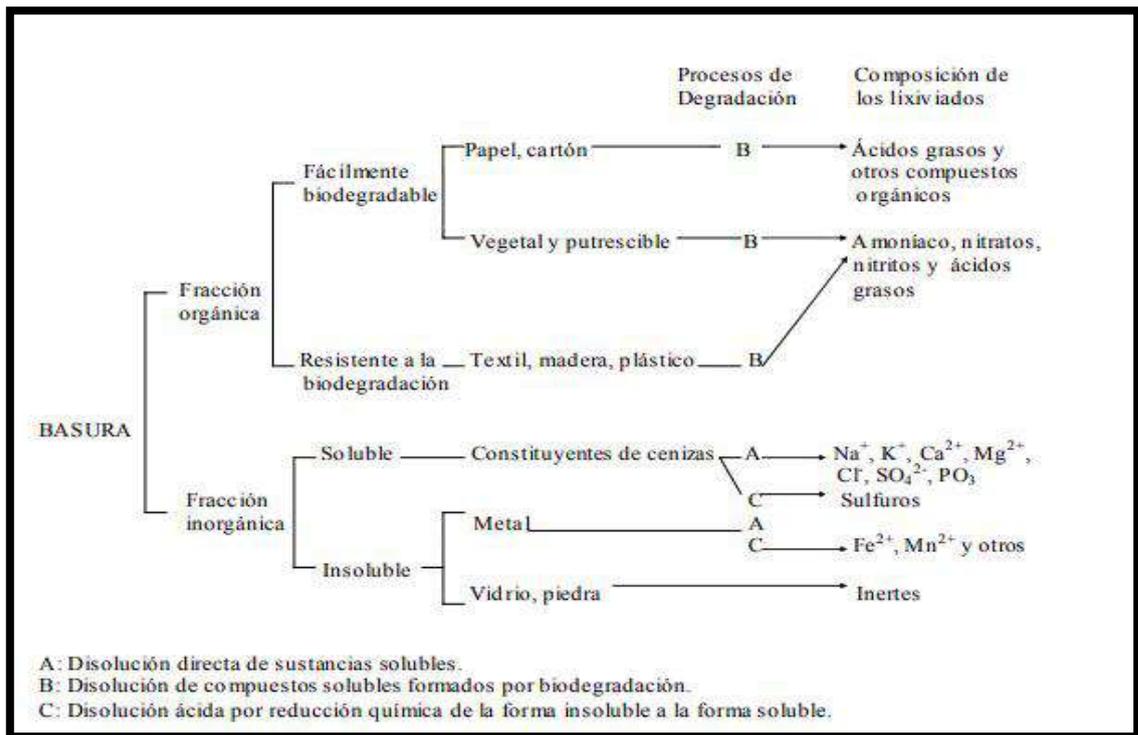


Figura 4-1: Origen de algunos compuestos presentes en los lixiviados
Fuente: Bueno et al.,1997

En la composición de los lixiviados influyen muchos factores, entre estos factores se encuentra la edad del vertedero.

Las diferencias entre lixiviados de vertederos jóvenes con respecto al de los vertederos más antiguos son apreciables como se puede observar en la tabla 1-1.

Tabla 1-1: Características de los lixiviados, de acuerdo a su edad

Parámetro	Joven	Medio	Viejo
Edad (años)	< 5	5-10	>10
pH	< 6,5	6,5 – 7,5	>7,5
DQO (mg/L)	>10,000	4000-10000	<4000
DBO ₅ /DQO	>0,3	0,1-0,3	<0,1
Compuestos orgánicos	80% de ácidos grasos volátiles	5-3% de ácidos grasos volátiles más ácidos húmicos y fúlvicos	<5% Ácidos Húmicos y fúlvicos
Metales pesados (mg/L)	Bajo a medio	-	bajo
Biodegradabilidad	Importante	Medio	bajo

Fuente: (Kumiawan,2006) (S. Renou2008)
Realizado por: Quile Veronica,2018

Los lixiviados jóvenes se caracterizan generalmente por las altas concentraciones de DQO, DBO₅,

ácidos grasos volátiles (AGV), amonio y alcalinidad, alta relación DBO/DQO y un bajo potencial de oxidación- reducción. Los lixiviados de vertederos jóvenes son generalmente más fáciles de tratar que los de vertederos más antiguos (Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición Físico - Química y su potencial de toxicidad, 2014).

En los lixiviados jóvenes los procesos biológicos han demostrado ser muy eficaces en la eliminación de materia orgánica y nitrógeno, pero con el tiempo, la mayor presencia de compuestos refractarios (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) tiende a limitar la eficiencia del proceso (Gálvez Pérez, 2008).

Los vertederos con una edad entre 3 a 5 años, contiene compuestos orgánicos resultantes de la fase metanogénica, en este caso la DQO y DBO₅ alcanzan valores muy altos y un pH bajo por la gran cantidad de compuestos orgánicos producto de la descomposición anaerobia del residuo.

Los lixiviados viejos presentan alto porcentaje de DQO, bajo DBO, alta concentración de amonio y alcalinidad, baja relación DBO/DQO, alto potencial de oxidación- reducción (Sacha Antuña, 2013).

La relación DBO₅/DQO <0,1 corresponde a la de un vertedero antiguo, debido a la abundancia de ácidos húmicos fúlvicos, difícilmente biodegradables, por su contenido de materia orgánica altamente persistente difícil de tratar, ya que los anillos aromáticos de las moléculas de ácido húmico están muy condensados y tienen un tamaño grande al sufrir estos cambios con la edad del vertedero se dificulta el metabolismo de las bacterias (Sacha Antuña, 2013).

En un lixiviado joven los anillos aromáticos de las moléculas de ácido húmico están menos condensados, y tienen un tamaño más pequeño, significando que la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos son importante para la resistencia a la biodegradabilidad y afinidad por los contaminantes.

A medida que pasa el tiempo el vertedero se va haciendo más viejo, por lo que la concentración de los componentes fácilmente biodegradables y la relación DBO₅/DQO va bajando, debido al descenso de la cantidad de productos biodegradables, y el aumento de la cantidad de productos resistentes a la descomposición biológica (Sacha Antuña, 2013).

1.3.2.9 Los parámetros básicos para caracterizar un lixiviado suelen ser:

Tabla 2-1: Parámetros organolépticos

Componente	Descripción
Color	El el color de los lixiviados puede variar con el tiempo de un color negro viscoso, hasta un tono café-pardo-grisáceo. El color está clasificado como color verdadero debido a las sustancias disueltas (remoción muy compleja) y el color aparente del agua se debe a la presencia de sólidos en suspensión más el color verdadero. El color por lo general es evaluado en la escala Pt-Co (platino-cobalto).
Olor	El olor aparece a medida que la descomposición del agua residual avanza entonces los sulfatos se reducen a sulfuros y desprenden malos olores.

Fuente: Manual de caracterización de aguas residuales industriales,1997

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 3-1: Parámetros físicos

Componente	Descripción
pH	El pH estima si la sustancia es neutra, ácida o básica de acuerdo al número de iones hidrógeno, la escala de medida es de 0 a 14, si la sustancia tiene valores por debajo de 7 indica que es acida, sustancia con valores por arriba de 7 indica que la sustancia es básica y si tiene valor de 7 la sustancia es neutra.
Turbidez	Es un indicativo de la calidad del agua, ya que la materia suspendida hace que el agua tenga adquiera un aspecto nublado que sería la turbidez, producto de materia en suspensión que puede ser de origen orgánico o inorgánico.
Temperatura	La temperatura también es un parámetro que indica calidad del agua influye en el comportamiento de conductividad, pH, déficit de oxígeno, etc. Tiene gran influencia sobre la vida acuática y reacciones químicas.
Sólidos Totales (conjunto de todos los sólidos)	<p><u>Los sólidos en suspensión:</u> son aquellos que flotan en el agua. Incluyen partículas de gran tamaño tales como los sólidos fecales, papeles, maderas, restos de comida, basura y materiales similares. La mayoría de los sólidos en suspensión son orgánicos y son los que dan lugar al aumento de turbidez en las aguas receptoras. Pueden ser eliminados por métodos físicos o mecánicos, tales como dejando que se depositen o filtrándolos.</p> <p><u>Los sólidos disueltos:</u> están compuestos por moléculas orgánicas e inorgánicas junto con iones en disolución en el agua. Por ejemplo, cuando se mezcla azúcar con agua caliente, el azúcar se disuelve en el agua. El azúcar es ahora un sólido disuelto.</p>
Conductividad	Mide la capacidad de una solución para transferir corriente eléctrica, esto depende de los tipos de iones disueltos y de la temperatura, si el agua está en estado puro tiene baja conductividad, al medir la conductividad se puede conseguir la cantidad de sólidos disueltos al multiplicar entre (0,55 y 0,75) dependiendo del cuerpo de agua. La conductividad indica presencia de sales en el agua a mayor presencia de sales mayor es la capacidad de transmitir corriente eléctrica.

Fuente: (DIGESA)

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 4-1: Parámetros químicos

Componente	Descripción
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	Mide la cantidad de oxígeno requerida por microorganismos para degradar la materia orgánica, por acción bioquímica aerobia, bajo condiciones de tiempo y temperatura (generalmente 5 días y 20 °C).
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Determina la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica presente en el agua residual sin que intervengan organismos vivos, en condiciones específicas de temperatura, agente oxidante y tiempo.
Aceites y grasas	Pueden ser de origen vegetal, animal o mineral. Son insolubles en agua y solubles en solventes no polares (benceno, cloroformo y éter), en su mayoría flotan sobre el agua e incluso tienden a cubrir toda la superficie. En los lixiviados la concentración de aceites y grasas corresponde a valores bajos por su insolubilidad en el agua.
Sulfuros	La presencia de los sulfuros en agua residual se da debido a la descomposición de materia orgánica y reducción bacteriana de los sulfatos. La presencia de compuestos azufrados es común en aguas contaminadas predominando en forma de sulfatos, los cuales son tóxicos, corrosivos y generan mal olor.
Sulfatos	El ion sulfato (SO ₄ ²⁻) representa la forma oxidada del azufre, se encuentra presente en el agua de forma natural, por lo que resulta muy soluble en agua. Sirven como fuente de oxígeno de algunas bacterias.
Fosforo	Por lo general el fosforo elemental no se lo puede encontrar en el medio natural, este al ser un macronutriente se acumula por una gran diversidad de organismos vivos.
Cloruros	Los cloruros están presentes en el agua natural, generalmente proveniente de actividades industriales. La presencia de cloruros en el agua se da en concentraciones que varían ampliamente, una característica negativa es la interferencia en la determinación de DQO y nitratos
Nitrógeno y derivados	Amoníaco: Es un gas incoloro, color picante, muy soluble en agua al disolverse en agua se forma (NH ₄ ⁺), siendo el amoníaco un elemento altamente tóxico para los peces. Nitratos: generalmente provienen de la disolución de rocas y minerales, de la descomposición de materia de origen vegetal, animal o de efluentes industriales, su presencia en aguas residuales es mínima. Nitrógeno total: Indica la cantidad de contenido proteínico en las aguas. Mide la cantidad de nitrógeno amoniacal y también de nitrógeno orgánico.
Metales Los metales con peso específico >4g/cm ³ – oligoelementos B, Co, Cr, Mn, Ni y Zn afectan el ciclo vital de plantas y animales, mientras que As, Cd, Hg, Sb y Bi no afectan las funciones biológicas.	La presencia de metales en el agua puede afectar negativamente al medio ambiente, así como también en la salud humana, debido al aumento de las concentraciones, por lo que deben reducirse sus concentraciones a niveles muy bajos antes de ser descargados. Zinc: Su fuente de obtención es la Escalerita (ZnS), esta se descompone con rapidez dando lugar al sulfito de zinc, muy soluble en agua, por lo que las zonas de oxidación en el zinc resultan muy pobres. Cobre: Este elemento se puede encontrar en las aguas de forma disuelta o también como ion cúprico. Es un elemento sustancial para plantas y animales sin embargo no se los debe exponer a concentraciones elevadas ya que puede provocar alteraciones en su desarrollo y reproducción, estos efectos no se han reportado en humanos.

	<p>Cromo: Se lo puede encontrar en rocas, suelos, animales, plantas y gases volcánicos, en el ambiente se los puede encontrar como cromo trivalente cromo hexavalente, este último s un agente cancerígeno en las vías respiratorias.</p> <p>Hierro: Se lo puede encontrar en suelos y rocas, normalmente en forma insoluble. Es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, este es esencial en la nutrición humana, el hierro puede estar presente en el agua debido al uso de coagulantes de hierro o corrosión de tuberías durante el paso del agua.</p> <p>Manganeso: Se lo puede encontrar en muchos tipos de rocas, en el agua rara vez se tiene una concentración de Mn mayor a 1ppm.</p>
--	--

Fuente: (DIGESA); (Análisis de aguas)

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 5-1: Parámetros microbiológicos

Componente	Descripción
Coliformes totales	La presencia de estas bacterias en el agua puede compararse con la de algunos patógenos acuáticos, pero mucho menos persistentes que virus y protozoos, además su presencia indica que el agua está contaminada heces fecales que pueden ser de origen animal o humano.
Coliformes fecales	La presencia de Coliformes fecales en el agua, puede ser un indicativo de que el agua puede estar contaminada con aguas negras o algún desechos en descomposición, en su mayoría el coliforme fecal es Escherichia coli.

Fuente: (ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, 2012)

Realizado por: Quile Verónica, 2018

1.3.2.10 Tratamientos de lixiviados

Tabla 6-1: Principales tratamientos en aguas residuales

Tratamiento	Descripción	Métodos
Tratamiento Preliminar Procesos Físicos	Principalmente separa sólidos en suspensión de diferente diámetro, se aplica por lo general a una primera etapa en la que se eliminan sólidos de mayor tamaño y peso.	Cribado o canal de rejillas Desarenador Remoción de grasas y aceites Desbaste
Tratamiento Primario Procesos Físicos y químicos	Proceso que busca principalmente, reducir sólidos en suspensión, como: sedimentables y flotantes.	Coagulación Floculación Sedimentación Flotación Neutralización Homogenización Trampa de grasa
Tratamiento Secundario Procesos Biológicos	Son aquellos que establecen en la utilización de proceso biológicos en el tratamiento de aguas residuales, utilizando microorganismos.	Procesos aerobios Procesos anaerobio Lodos activados
Tratamiento Terciario Procesos Físicos, Químicos y Biológicos	La finalidad del tratamiento es mejorar la calidad del agua removiendo los contaminantes usualmente tóxicos o la remoción de contaminantes no removidos.	Desinfección y esterilización por Ultravioleta. Ionización Filtración Desinfección

Fuente: (Ordóñez, 2013); (Díaz, 2013)

Elaborado por: Quile Verónica

1.4 Beneficiarios directos e indirectos

1.4.1 Directos.

Los beneficiarios de manera directa del proyecto serán los pobladores cercanos a la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, permitiendo disminuir la contaminación generada por los lixiviados principalmente los malos olores y descontaminación del río Mocha.

1.4.2 Indirectos.

El diseño de una planta de tratamiento de lixiviados provenientes de la celda emergente del botadero de basura beneficiará indirectamente al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Mocha – GADMM, por la contribución a mejorar la calidad al medio ambiente.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

- Diseñar una planta de tratamiento de lixiviados para la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de los lixiviados provenientes de la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, de acuerdo a la Norma que rige en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9.
- Realizar las pruebas de tratabilidad de los lixiviados provenientes de la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha.
- Identificar las variables de diseño para la planta de tratamiento.
- Dimensionar la planta de tratamiento en base a cálculos de ingeniería.
- Validar el diseño de ingeniería de la planta de tratamiento de lixiviados con respecto a la Norma que rige en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9.

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

El cantón Mocha se encuentra ubicado a 22 Km en el sector sureste del cantón Ambato, en la parte suroccidental de la provincia de Tungurahua con una altitud promedio de 3272 msnm. Sus límites son:

Norte: la parroquia de Quinchicoto del cantón Tisaleo y el cantón Cevallos.

Sur: la parroquia Yanayácu perteneciente al cantón Quero y el cantón Guano de la provincia de Chimborazo.

Este: cantón Quero

Oeste: la parroquia de Pilahuín del cantón Ambato.

Mocha tiene una superficie de 85.76 Km² que corresponde al 2.56% del área Provincial, dispone de un clima frío y su temperatura promedio anual va de 10 a 15 °C.

La celda emergente se encuentra en terreno municipal, en el sector la estación, el mismo está ubicado a 1.5 Km. del centro Cantonal.



Figura 1-3: Ubicación Geográfica del botadero de basura.
Fuente: Google Maps.

Coordenada referencial de ubicación en grados decimales

Latitud: -1.425138

Longitud: -78.654278

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Tipo de estudio

El presente proyecto Diseño de una Planta de Tratamiento de Lixiviados provenientes de la celda emergente del Botadero de basura del Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua es de tipo Técnico, debido al requerimiento de Operaciones Unitarias, que fueron desarrolladas mediante revisión bibliográfica, revisión de normativas y experimentalmente en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, se ha podido determinar las variables y operaciones necesarias para el diseño adecuado de la planta de tratamiento.

3.2.2 Métodos y Técnicas

3.2.2.1 Métodos

Método inductivo: El propósito es partir del problema, observar la descarga de los lixiviados del tanque al cuerpo hídrico (río), lo cual permitirá establecer la toma de muestras de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 2169:2013, Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras, para posteriormente realizar la caracterización físico-química y microbiológica del lixiviado y de esta forma identificar los parámetros que se encuentran fuera de norma.

Método deductivo: Mediante la caracterización del lixiviado se establece los parámetros que incumplen con la normativa vigente que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9. y se procede a buscar un sistema eficiente de tratabilidad que logre reducir los niveles de contaminación, para poder descargar el agua a un cuerpo de agua dulce.

Método experimental: Es un método práctico con el cual se busca realizar la caracterización físico – química, microbiológica y pruebas de tratabilidad del lixiviado, mediante el uso de equipos, materiales e instrumento en un laboratorio, determinando así los tratamientos más idóneos para el Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados Provenientes de la Celda Emergente del Botadero de Basura del Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua.

3.2.2.2 Técnicas

Para la caracterización del lixiviado se utilizaron los Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed y HACH establecidas en el manual del laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH).

- Método físico-químico utilizado para la caracterización de lixiviado

Tabla 1-3: Métodos físico - químicos

Determinaciones	Unidades	*Método
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B
Cinc	mg/L	HACH-8009
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B
Cobre	mg/L	HACH-8506
Cromo hexavalente	mg/L	HACH-8023
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	5210-B
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D
Fósforo Total	mg/L	4500-P-D
Hierro total	mg/L	3500-Fe-D
Manganeso total	mg/L	HACH-8149
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	HACH-10072
Plomo	mg/L	3500-P-B
Sulfatos	mg/L	4500-SO4-E
Sólidos sedimentables	ml/L	2540-F
Nitratos	mg/L	HACH-DR2800
Color real 1	unidades de color	2120-C
Potencial de hidrógeno	-	4500-H+-B
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2540-D
Sólidos totales	mg/L	2540-B
Temperatura	°C	2550-B
Color	Unidades Pt/Co	2120-C
Turbiedad	NTU	2130-B
Sólidos totales disueltos	mg/L	2540-C
Conductividad	mS/cm	2510-B

Fuente, *Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed y HACH

- Métodos microbiológicos utilizados para la caracterización del lixiviado

Tabla 2-3: Métodos microbiológicos

Determinaciones	Unidades	*Método
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración
Coliformes Totales	UFC/100 mL	Microfiltración

Fuente: *Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed

c) Turbiedad

Tabla 5-3: STANDARD METHODS*2130B

Fundamento	Es la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la dispersada por una suspensión patrón de referencia en las mismas condiciones.	
Equipo	Turbidímetro.	
Materiales	-Celda para turbidímetro.	-Vaso de precipitación.
Reactivos	-Agua destilada.	-Muestra de agua residual doméstica.
Técnica	-Lavar la celda con agua destilada. -Poner la muestra en la celda y colocar en el equipo. -Observar el valor en la pantalla del equipo y anotar la lectura.	

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992.

Realizado por: Quile Verónica, 2018

d) Aceites y Grasas

Tabla 6-3: EPA *418,1

Fundamento	Determina las sustancias extraídas con un disolvente orgánico de una muestra acuosa acidificada.	
Equipo	-Balanza analítica.	-Espectrofotómetro infrarrojo.
Materiales	-Embudo de separación de 250ml. -Jeringa. -Papel filtro. -Probeta de 100 ml.	-Espátula. -Matraz aforado de 100 ml. -Pipeta. -Soporte universal.
Reactivos	-Agua destilada. -Fluorocarbono-113 (disolvente de extracción). -Sulfato de sodio.	-Ácido clorhídrico. -Muestra de agua residual doméstica.
Técnica	-Acidificar 1L de la muestra a pH=2 con 5 ml de ácido clorhídrico. -Transferir la muestra a un embudo de separación y añadir 30 ml del disolvente de extracción. -Agitar durante 2 minutos. Dejar que las capas se separen y eliminar el disolvente de la parte inferior de la muestra. -Filtrar el extracto en un matraz aforado de 100 ml que contiene papel filtro humedecido en disolvente y 1 g de sulfato de sodio. -Tomar 5 mililitros del extracto con una jeringa y poner en una cubeta de cuarzo incorporada al espectrofotómetro de infrarrojo o analizador. -Seleccionar el programa para grasas y aceites. Presionar READ. -Leer los datos que aparecen en la pantalla y registrar.	

Fuente: HACH COMPANY, 2010

Realizado por: Quile Verónica, 2018

e) Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Tabla 7- 3: STANDARD METHODS *5220 D

Fundamento	Este método define la cantidad de un oxidante específico que reacciona con la muestra bajo condiciones controladas.	
Equipo	-Espectrofotómetro.	-Termorreactor.
Materiales	-Gradilla. -Vaso de precipitación. -Paños para limpiar los viales.	-Pipeta. -Viales de 16 mm de diámetro. -Tapas rosca.

Reactivos y Soluciones	-Agua destilada. -Solución patrón de absorbancia.	-Muestra de agua residual doméstica. -Solución patrón ftalato acido de potasio.
Técnica	-Agitar el vial de la solución patrón y ubicar en la gradilla. -Tomar 2 ml de muestra para verter en el vial. -Tapar y homogenizar el contenido. -Encender el termorreactor a la temperatura de $148 \pm 2^\circ\text{C}$ y colocar el vial durante 2 horas. -Terminada la reacción en el tiempo indicado, dejar enfriar. -Limpiar las paredes externas del vial con agua destilada y secar con un paño seco y limpio. -Seleccionar el método en el espectrofotómetro y calibrar con la solución patrón. -Colocar el vial con la muestra y medir. Leer los resultados y anotar.	

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Quile Verónica, 2018

f) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Tabla 8-3: STANDARD METHODS *5210 B

Fundamento	Determina la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica de una muestra de agua usando una población microbiana heterogénea, en un periodo de 5 días.	
Equipo	Incubadora de aire controlada termostáticamente a $20 \pm 1^\circ\text{C}$.	
Materiales	-Agitador magnético.	-Balón aforado de 100 ml.
Reactivos y Soluciones	-Botellas winkler de 300 ml. -Pipeta. -Tapa de sello. -Agua destilada. -Muestra de agua residual doméstica.	-Cabezales de medición. -Probeta. -Ampolla de nutrientes. -Escamas de hidróxido de potasio.
Técnica	-En un balón aforado diluir 10ml de la muestra con 100 ml de agua destilada. -Hacer este procedimiento una vez más hasta obtener 200ml de muestra diluida. -Colocar 150 ml de la dilución en la botella winkler y añadir una ampolla de nutrientes e introducir el agitador magnético. -En el tapón colocar una escama de hidróxido de potasio y sellar la botella con el mismo. -Enrosca el cabezal de medición y encender. -Colocar la botella en la incubadora de aire y esperar un periodo de 5 días. -Transcurrido el tiempo indicado tomar la lectura de los datos obtenidos en el cabezal de medición y anotar.	

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Quile Verónica, 2018

g) Sólidos en suspensión

Tabla 9-3: STANDARD METHODS *2540 D

Fundamento	Es un método gravimétrico que define la porción de sólidos retenidos en un filtro de fibra de vidrio que posteriormente se deja secar a $103-105^\circ\text{C}$. El aumento del peso del filtro representa la cantidad de sólidos suspendidos.	
Equipo	-Balanza analítica. -Estufa.	-Equipo de filtración al vacío.

Materiales	-Desecador. -Vaso de precipitación.	-Filtro de fibra de vidrio. -Pinza.
Reactivos	Muestra de agua residual doméstica.	
Técnica	-Pesar el filtro, anotar su peso uno y colocar en el equipo de filtración al vacío. -Encender el equipo, verter 100 ml de la muestra y después colocar dentro de la estufa 1 hora. -Transcurrido el tiempo indicado, llevar el filtro al desecador y dejar 30 minutos. -Pesar el filtro y anotar el peso dos. Realizar los cálculos correspondientes con ambos pesos y obtener el resultado.	

Fuente: APHA, AWWA & WEF, 1992

Realizado por: Quile Verónica, 2018

h) Color

Tabla 10-3: Determinación de color

Materiales	Cubeta de análisis 10 mL Probeta Pipeta
Equipo	Espectrofotómetro
Reactivos	Agua desionizada Muestra (Lixiviado)
Procedimiento	1. Seleccionar en la pantalla. Programas almacenados 2. Seleccionar test 125 COLOR 465 nm 3. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10ml con la muestra. 4. Preparación del blanco: llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10ml con agua destilada. 5. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: Cero La pantalla indicará: 0 units Pt Co 6. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha Seleccionar en la pantalla: Medición El resultado aparecerá en 0units PtCo

Fuente: Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed

Realizado por: Quile Verónica, 2018

3.2.3 *Determinación de caudal*

En el presente trabajo tomando en cuenta que la generación de lixiviados en un 95% son producto de las precipitaciones se consideró el método suizo para determinar el caudal de los lixiviados generados en la celda emergente del botadero de basura del cantón Mocha.

➤ **Método suizo**

El método suizo considera la precipitación que atraviesa los residuos, el área de la celda y el coeficiente que depende del grado de compactación de los residuos. Este es un método que permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal del lixiviado empleando la siguiente ecuación:

Ecuación 1-3: Cálculo de caudal de lixiviado por método suizo.(Castillo, 2014)

$$Q_{\text{lixiviado}} = \frac{1}{t} * P_{\text{re}} * A_{\text{CE}} * K \quad \text{Ec. 1-3}$$

Donde:

$Q_{\text{lixiviado}}$: Caudal de lixiviado ($\frac{L}{s}$)

P_{re} : Precipitación medio anual ($\frac{mm}{año}$)

A_{CE} : Área superficial de la celda emergente (m^2)

t : Tiempo (segundos en el año = 31536000 s)

K : Coeficiente que representa la cantidad de precipitación que se convierte en lixiviado y depende del grado de compactación de los residuos. En los valores recomendados tenemos:

Para rellenos débilmente compactados: con peso específico de 0,4 a 0,7 ton/m³, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% ($k = 0,25$ a $0,50$) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno

Para rellenos fuertemente compactados: con peso específico $> 0,7$ t/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% ($k = 0,15$ a $0,25$) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno. (Castillo, 2014)

3.2.4 Muestreo

Se realizó un muestreo compuesto, en el tanque de descarga de los lixiviados, utilizando las técnicas establecidas en la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRA.

Las muestras de lixiviado se recogieron de forma manual, considerando los días de lluvia que se genera mayor caudal, se inició con la preparación de los recipientes para la toma de muestras los cuales se rotularon con la fecha, hora y tipo de muestra (lixiviado), se tomaron 3 muestras simple al día , posteriormente estas muestras se homogenizaron mezclando las muestras simples para obtener una muestra compuesta con la finalidad de obtener una muestra que no presente anomalías al momento de realizar los análisis en el laboratorio, a continuación se detalla el cronograma de muestreo:

Tabla 7-3: Cronograma de muestreo de lixiviados

Fecha	Lugar	Muestras simples	Hora	Muestra compuesta
02-07-2018	Tanque de recolección de lixiviados	3	7:00 12:00 17:00	1
07-08-2018	Tanque de recolección de lixiviados	3	7:00 12:00 17:00	1
14-08-2018	Tanque de recolección de lixiviados	3	7:00 12:00 17:00	1
Total de muestras		9		3

Realizado por: Quile Verónica, 2018

3.2.5 Caracterización inicial del lixiviado

Para determinar el grado de contaminación de los lixiviado, se realizó los análisis físicos-químicos y microbiológicos en el Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias –ESPOCH bajo la tutela de la doctora Gina Álvarez.

Los resultados obtenidos de las caracterizaciones iniciales fueron comparados con la normativa vigente que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 con la finalidad de determinar los parámetros que se encuentran fuera del límite, y de esta manera poder establecer los procesos de tratamiento para que este efluente pueda ser descargado al río cumpliendo con la normativa.

A continuación, se detalla los resultados obtenidos en las tres caracterizaciones iniciales:

Tabla 12-3: Caracterización inicial por triplicado de la muestra de Lixiviados

Parámetro	Unidades	L.M.P	Caracterización Inicial			Promedio
			C1	C2	C3	
Análisis Químico						
Aceites y Grasas.	mg/L	30,0	38	41,5	32	37,16
Cinc	mg/L	5,0	0,7	0,5	0,2	0,46
Cloruros	mg/L	1 000	781	923	852	852
Cobre	mg/L	1,0	0,1	0,3	0,2	0,2
Cromo hexavalente	mg/L	0,5	0,04	0,2	0,1	0,113
DBO5 (5 días)	mg/L	100	420	450	440	436,66
DQO	mg/L	200	760	740	780	760
Fósforo Total	mg/L	10,0	8,3	4,7	6,1	6,36
Hierro total	mg/L	10,0	12,2	15,9	19,7	15,93
Manganeso total	mg/L	2,0	6,2	5,58	5,75	5,84
Nitrógeno amoniacal	mg/L	30,0	140	158	180	159,33
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	50,0	56	53	52	53,66
Plomo	mg/L	0,2	10,6	6,4	7,9	8,3
Sulfatos	mg/L	1000	97	100	90	95,66

Elaborado por: Quile Verónica, 2018

Análisis Físicos						
Color	Unidades Pt/Co	-	1850	1610	1920	1793,33
Color real ¹	unidades de color	inapreciable en dilución 1/20	1390	1375	1530	1431,66
Conductividad	mS/cm	-	1,59	1,70	2,19	1.82
pH	-	6-9	7,33	7,39	7,25	7,32
TSS	mg/L	130	146	146	165	152,33
Sólidos totales	mg/L	1 600	3844	3640	3856	3780
TDS	mg/l	-	1820	1360	1170	1450
Temperatura	°C	Condición natural ± 3	19,2	19	19,8	19,66
Turbiedad	NTU	-	176	201	182	186,33
Análisis Microbiológicos						
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	2000	<1	-	<1	<1UFC(ausencia)
Coliformes Totales	UFC/100 mL	-	<1	-	-	<1UFC(ausencia)

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias ESPOCH-Tabla 9. Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce TULSMA

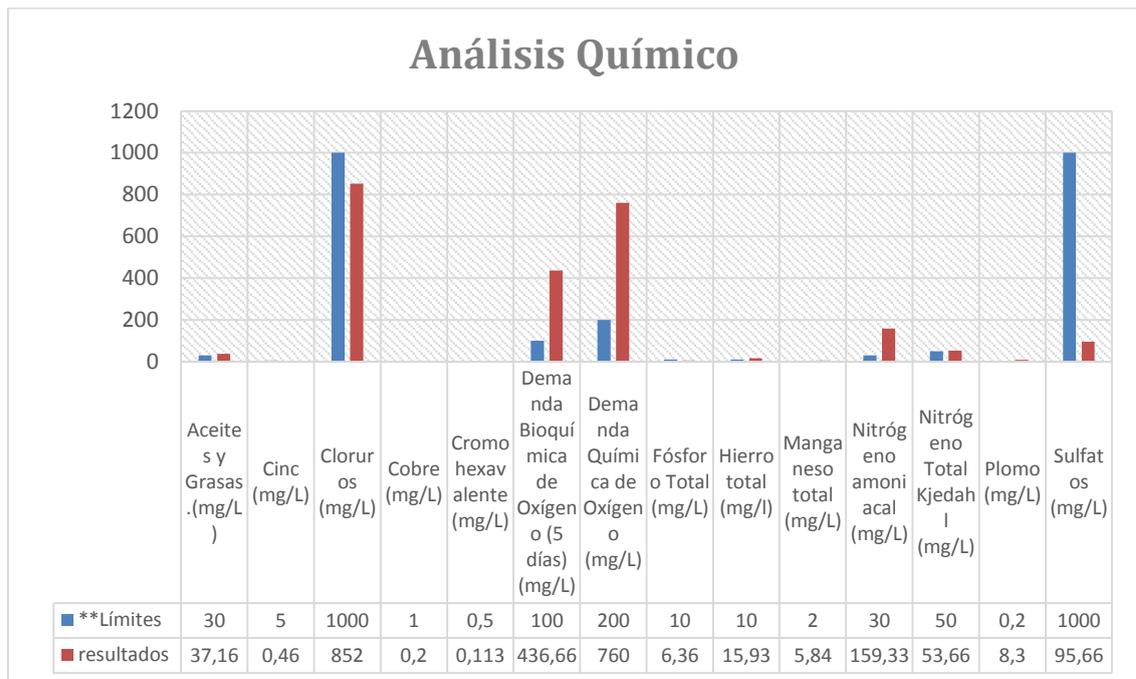


Gráfico 1-3: Resultados de la caracterización inicial del lixiviado - análisis químico

Realizado por: Quile Verónica, 2018

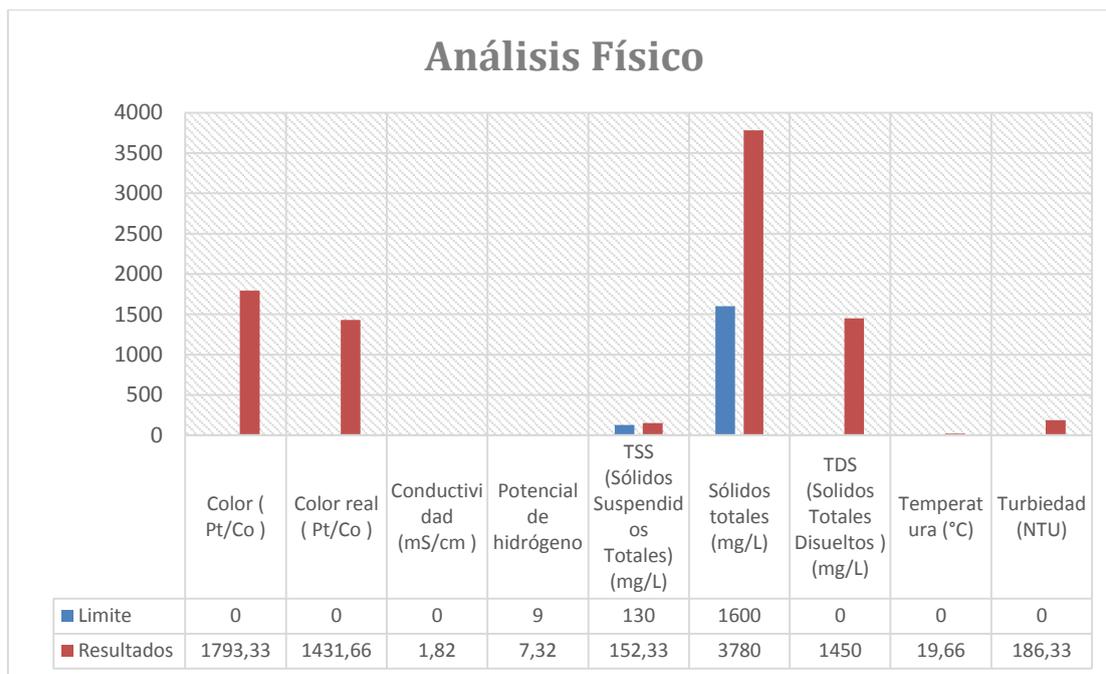


Gráfico 2-3: Resultados de la caracterización inicial del lixiviado - análisis físico
Realizado por: Quile Verónica, 2018

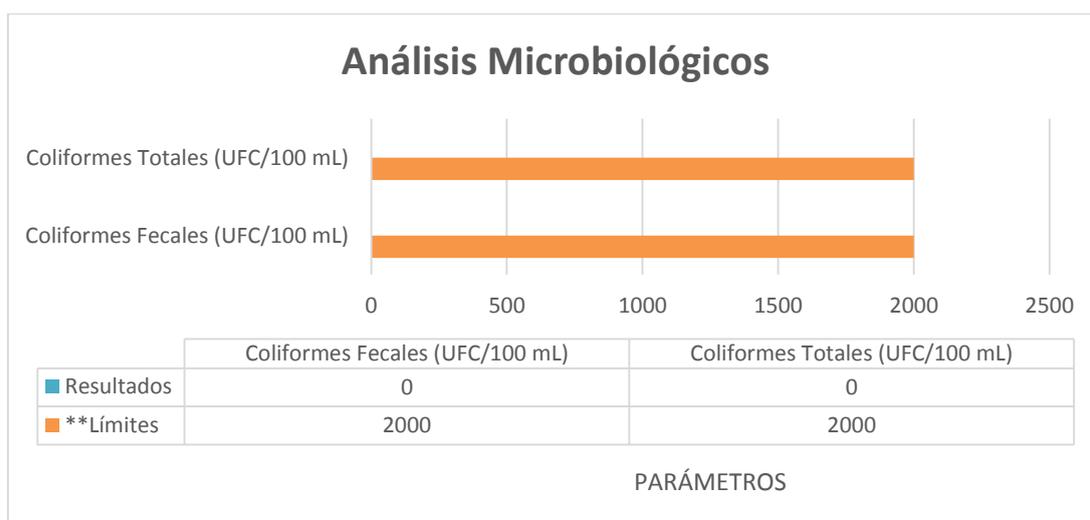


Gráfico 3-3: Resultados de la caracterización inicial del lixiviado- análisis microbiológico
Realizado por: Quile Verónica, 2018

Como podemos observar los resultados de la caracterización inicial arrojan 8 parámetros químicos y 3 parámetros físicos que se encuentran fuera del límite permisible establecidos en la normativa ambiental vigente, en total 11 parámetros, mientras que en el análisis microbiológico no tenemos parámetros fuera de normativa debido a las condiciones del lugar donde se encuentra el lixiviado impide el crecimiento de estos microorganismos.

En la tabla 13-3 tenemos detallados los parámetros que no cumplen con la normativa, en los cuales va estar enfocado nuestro tratamiento.

Tabla 13-3: Parámetros que no cumplen con la normativa

Parámetro	Unidades	L.M.P	Caracterización Inicial			Promedio
			C1	C2	C3	
Aceites y Grasas.	mg/L	30,0	38	41,5	32	37,16
DBO5 (5 días)	mg/L	100	420	450	440	436,66
DQO	mg/L	200	760	740	780	760
Hierro total	mg/L	10,0	12,2	15,9	19,7	15,93
Manganeso total	mg/L	2,0	6,2	5,58	5,75	5,84
Nitrógeno amoniacal	mg/L	30,0	140	158	180	159,33
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	50,0	56	53	52	53,66
Plomo	mg/L	0,2	10,6	6,4	7,9	8,3
Color real ¹	unidades de color	inapreciable en dilución 1/20	1390	1375	1530	1431,66
TSS	mg/L	130	146	146	165	152,33
Sólidos totales	mg/L	1 600	3844	3640	3856	3780

Elaborado por: Quile Verónica, 2018

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias ESPOCH-Tabla 9 Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce TULSMA

3.2.6 Parámetros de tratabilidad

3.2.6.1 Índice de Biodegradabilidad

El grado de biodegradabilidad de los lixiviados es inversamente proporcional a su edad, siendo más biodegradables los lixiviados jóvenes y menos los maduros. La relación DBO₅/DQO se considera una medida de biodegradabilidad de la materia orgánica y por lo tanto la madurez del lixiviado. Esta relación desciende a medida que la edad del vertedero aumenta, también permite establecer la posibilidad de efectuar un tratamiento biológico.

Tabla 14-3: Relación de parámetros DBO₅/DQO

DBO ₅ /DQO	Tipo de biodegradabilidad	Tipo de tratamiento
<0,2	Poco Biodegradable	Al ser poco biodegradable tiene limitaciones a tratamientos biológicos y puede utilizar tratamientos físico- químicos.
0,2-0,6	Medianamente Biodegradable	Permite la selección de un tratamiento físico-químico o biológico.
> 0,65	Muy biodegradables	Son vertidos de naturaleza urbana orgánica, y tanto más biodegradables; resultan adecuados los tratamientos biológicos.

Fuente: (Bureau Veritas, 2008)

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Para determinar el índice de biodegradabilidad de la muestra de lixiviado se utilizó la siguiente ecuación:

$$Indice = \frac{DBO_5}{DQO}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos de la caracterización inicial de los lixiviados de la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, especificados en la tabla 14-3, se determinó el índice de biodegradabilidad para las diferentes muestras analizadas como se puede observar en la tabla 15-3 a continuación:

Tabla 15-3: Índice de biodegradabilidad de la muestra de lixiviado

Parámetro	Unidades	M 1	M 2	M 3	Promedio	L.M.P
DQO	mg/L	760	740	780	760	200
DBO₅	mg/L	420	450	440	436,66	100
Índice de biodegradabilidad		0,55	0,60	0,56	0,57	

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias ESPOCH-Tabla 9 Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce TULSMA

Mediante la determinación del índice de biodegradabilidad de las diferentes muestras del lixiviado se obtuvo un valor promedio de 0,57 el cual se encuentra en el rango donde la materia es medianamente biodegradable y permite la selección de un tratamiento físico-químico o biológico, optando por un tratamiento físico- químico debido a los altos costos requeridos para un sistema biológico y su efectividad disminuye con el tiempo, además se obtuvo buenos resultados con los tratamientos físico- químicos en el laboratorio.

3.2.7 Pruebas de Tratabilidad

Las pruebas de tratabilidad se realizaron en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, una vez identificados los posibles tratamientos y los parámetros fuera de norma se procedió a realizar los ensayos para obtener porcentajes de remoción lo más altos posible.

➤ Aguas residuales

Debido a la gran cantidad de impurezas presentes en el agua residual, estas son consideradas dispersiones coloidales su tamaño oscila entre 10^{-8} cm y 10^{-2} cm para materia en suspensión.

Dispersiones coloidales: las partículas se mantienen estables durante prolongados periodos de tiempo debido a su tan pequeño diámetro (Comprendido entre 10^{-3} y 10^{-6} cm).

Para la separación de impurezas en el agua tienen lugar en la sedimentación en gran parte, pero muchas de estas impurezas son demasiado pequeñas por lo que es conveniente la unión de estas partículas para conseguir mayor tamaño y puedan decantar con más facilidad. La formación de agregados de mayor tamaño se conoce con el nombre de **COAGULACIÓN**. (Aguilar, 2002)

➤ Test de jarras

El test de jarras sirve para conocer rápidamente las concentraciones adecuadas de coagulante y floculante de acuerdo a las características que presenta el agua antes y después de la realización de la prueba de jarras, también nos indica si el efluente puede ser tratado mediante floculación-coagulación. (Jiménez, 2005)

➤ Policloruro de aluminio

Es un coagulante inorgánico a base de sal polimérica de Policloruro de aluminio, aplicado principalmente para remover materia coloreada y coloidal, presenta bajo peso molecular.

➤ Ventajas del Policloruro de aluminio

- Es de fácil aplicación
- Es efectivo en rangos de pH alto
- No pierde efectividad en aguas cloradas
- La producción de lodos es en poca cantidad
- Produce poco residual de aluminio
- Mejora la eficiencia de la filtración
- Tiene bajo costo
- No se produce modificación de pH
- Incremento de remoción de color y turbidez

➤ Cloración

El cloro es el oxidante más ampliamente utilizado en la desinfección de aguas, en el cual influyen ciertos factores como: la naturaleza y concentración de organismos a destruir, concentración de cloro y tiempo de contacto, si se tiene presencia de sustancias orgánicas, tiene menor poder desinfectante, la presencia de amonio consume cloro, la presencia de hierro y manganeso aumenta la demanda del mismo (Rodríguez Antonio, 2006)

➤ Aireación

El objetivo de la aireación es transferir oxígeno disuelto y mantener el sistema en condiciones homogéneas (bien mezclado), debido al alto crecimiento de las bacterias aerobias, la aplicación de este sistema en aguas residuales podría ser condicionado debido a la baja solubilidad del

oxígeno en el agua, sin embargo, se da la reducción de CO₂, remoción de metano, Sulfuro de hidrogeno, Nitrógeno amoniacal y otros compuestos pocas veces se da la remoción de DQO. (Rodriguez Antonio, 2006)

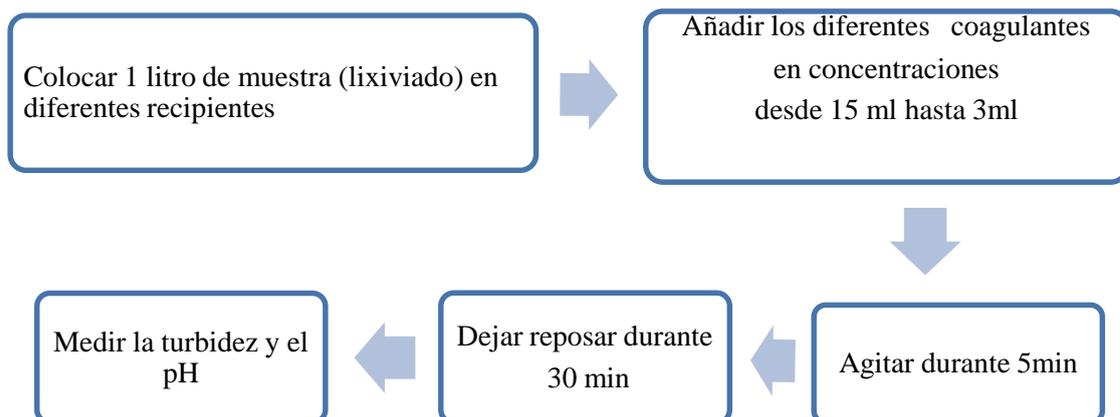
3.2.7.1 Tratamiento físico-químico. Dosificación del coagulante

Las pruebas de tratabilidad se realizaron mediante el test de jarras utilizando tres coagulantes:

Coagulantes: concentración =100000 ppm

- Sulfato de Aluminio: Al₂(SO₄)₃ al 10%
- Cloruro Férrico: FeCl₃ al 10%
- Policloruro de Aluminio: (PAC) al 10%

Para poder encontrar el coagulante idóneo se realiza el siguiente proceso en el test de jarras:



Primera dosificación

Tabla 16-3: Tratabilidad con Test de jarras. Primera prueba

Turbiedad inicial =207 NTU; pH inicial=7,37					
	Dosificación (ml)	pH	Turb final (NTU)	% Remoción	
FeCl₃ al 10%	15	7,38	4	98.07	
Al₂(SO₄)₃	15	6.99	24.4	88.22	
PAC al 10%	15	7,18	5.11	97.54	

Elaborado por: Quile Verónica
Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

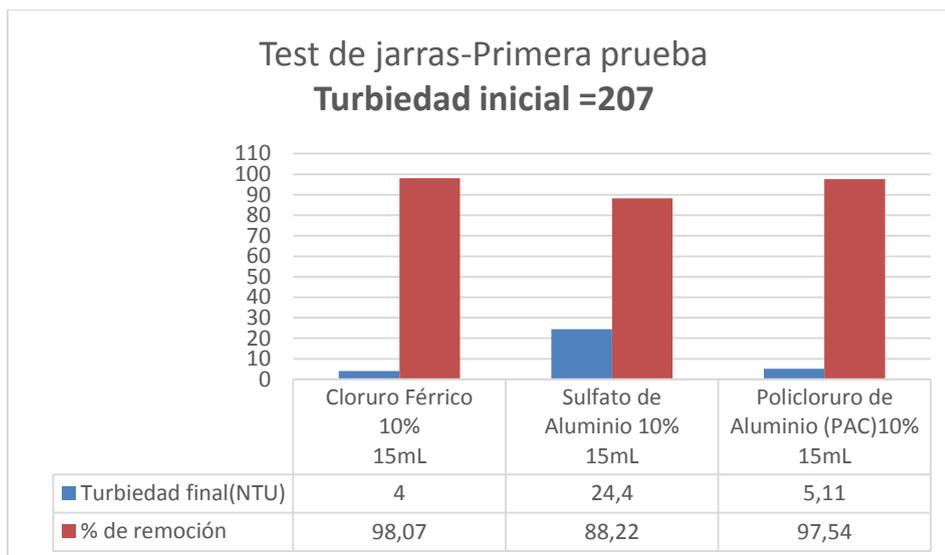


Gráfico 4-3: Resultados del Test de jarras. Primera prueba

Elaborado por: Quile Verónica, 2018

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

Al observar los resultados de la primera prueba detallada en la tabla 16-3 y gráfico 4-3 se descartó el Sulfato de Aluminio por que la reducción de turbiedad fue menor en comparación con los otros coagulantes, solo redujo un 88,22%, mientras que. Cloruro Férrico redujo un 98,07 % y Policloruro de aluminio redujo un 97,54%, el pH no se ve afectado en ningún caso, para evitar el consumo de cantidades elevadas de coagulante se realizó una segunda prueba detallada en la siguiente tabla:

Tabla 17-3: Tratabilidad con Test de jarras. Segunda prueba

Turbiedad inicial =207 NTU; pH inicial=7,37				
	Dosificación (ml)	pH	Turb final (NTU)	% Remoción
FeCl₃ al 10%	10	7,28	7.90	96,18
PAC al 10%	10	7,20	4.15	97,99

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

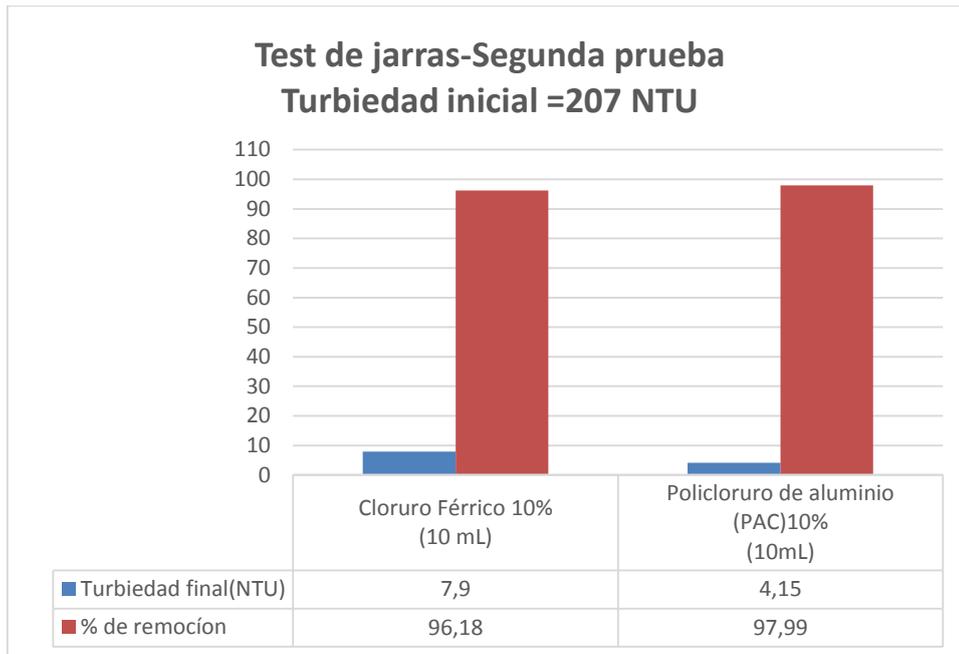


Gráfico 5-3: Resultados del Test de jarras. Segunda prueba
Realizado por: Quile Verónica, 2018
 Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

De acuerdo a los resultados de la tabla 17-3 y gráfico 5-3 obtenidos de la segunda prueba se puede observar que existe poca variación con respecto a los porcentajes de remoción de turbiedad, al agregar 10 ml de Cloruro Férrico a 1 litro de muestra se obtuvo un porcentaje de remoción de 96,18 %, mientras que al agregar 10ml de Policloruro de Aluminio a 1 litro de muestra se obtuvo un porcentaje de remoción de 97,99 % , el pH no se ve afectado en ningún caso, al ser valores poco variables no se puede descartar ningún coagulante en esta dosificación, con la finalidad de descartar un coagulante y de reducir más el consumo de coagulante se realizó una tercera dosificación.

Tabla 18-3: Tratabilidad con Test de jarras. Tercera prueba

Turbiedad inicial =207 NTU; pH inicial=7,37				
	Dosificación (ml)	pH	Turb final (NTU)	% Remoción
FeCl₃ al 10%	5	7,39	18,90	90,84
PAC al 10%	5	7,53	5,84	97,17

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

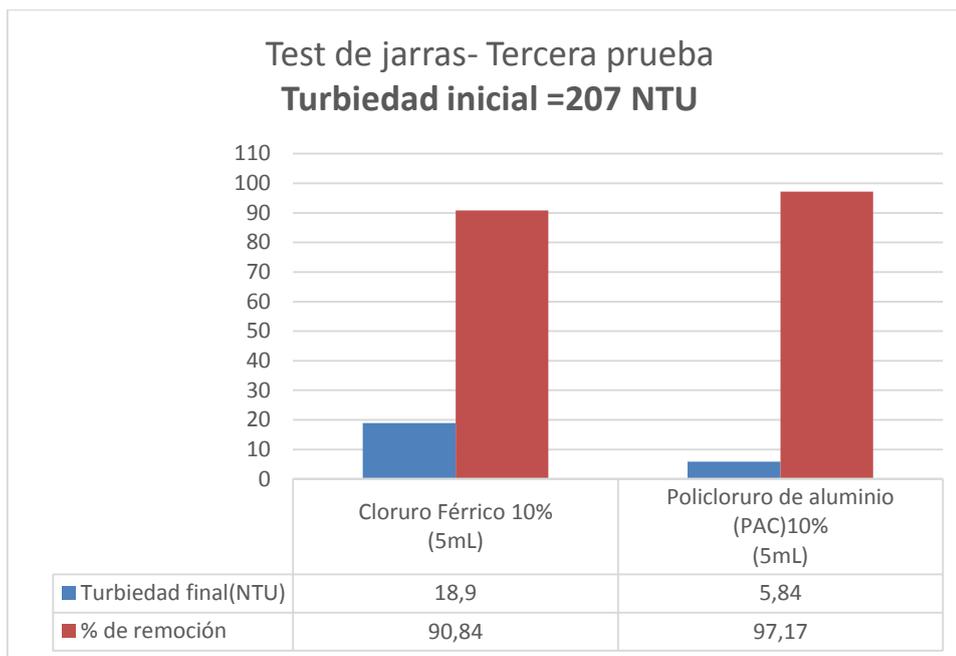


Gráfico 6-3: Resultados del Test de jarras. Tercera prueba
Elaborado por: Quile Verónica

Los resultados arrojan que el coagulante más eficiente para la tratabilidad de la muestra de lixiviado es el Policloruro de aluminio con un porcentaje de remoción de turbiedad de 97,17 % como se puede observar en la tabla 18-3 y gráfico 6-3, una vez descartados dos coagulantes se procedió a dosificar la muestra solo con Policloruro de aluminio en dosis de 3, 4, 5 y 6ml para reducir aún más la cantidad de coagulante.

Tabla 19-3: Tratabilidad con Test de jarras. Dosificación con Policloruro de aluminio

Turbiedad inicial =244 NTU; pH inicial=7,24; Color inicial= 1870 Pt/Co						
	Dosificación (ml)	pH	Turb.final (NTU)	Color Final (Pt/Co)	% Remoción	
					Turbiedad	Color
PAC al 10%	3	7,45	12,54	450	94,86	75,93
	4	7,42	10,80	420	95,57	77,54
	5	7,31	9,1	402	96,27	78,50
	6	7,27	6,71	390	97,25	79,14

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

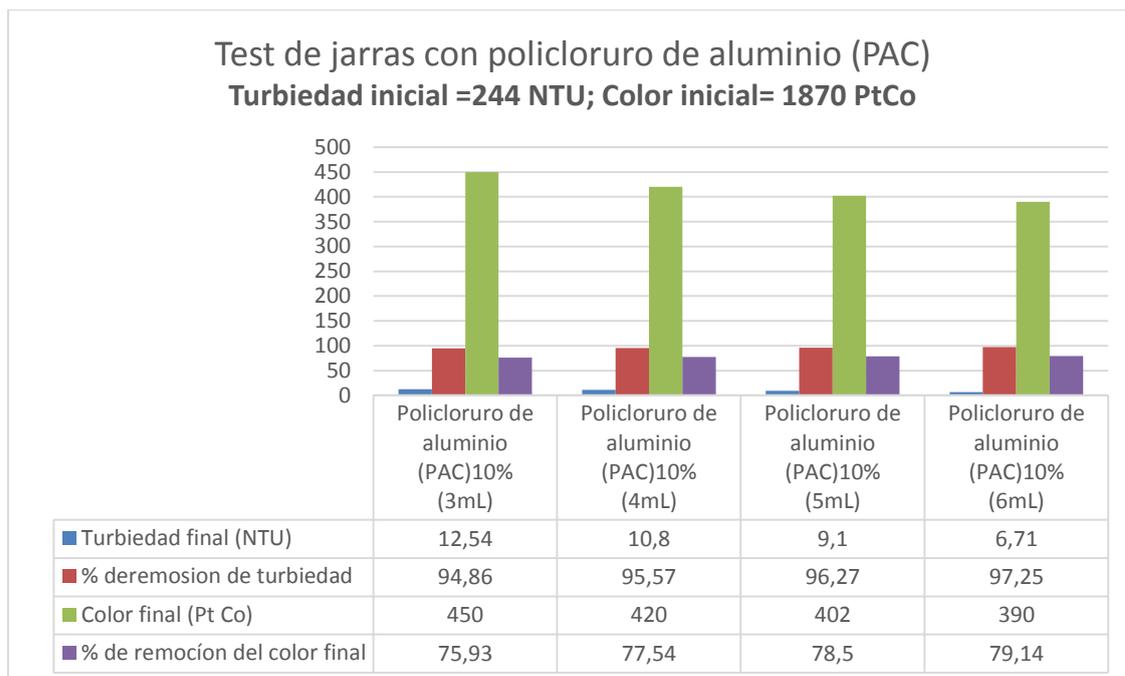


Gráfico 7-3: Resultados Test de jarras dosificación de PAC .

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

Los resultados de la tabla 19-3 arrojan que se tiene un mayor porcentaje de remoción al añadir mayor cantidad de coagulante a la muestra en este caso la mayor cantidad añadida fue de 6ml de Policloruro de aluminio a 1 litro de muestra de lixiviado y se obtuvo un porcentaje de remoción de turbiedad de 97,25% y de color de 79,14%, sin embargo al añadir 3ml de coagulante en 1 litro de muestra de lixiviado se obtuvo un porcentaje de remoción de turbiedad de 94,86% y de color de 75,93% determinando así que la dosis adecuada para evitar el consumo de cantidades elevadas de coagulante es 3ml de Policloruro de Aluminio al 10% por cada litro de muestra, ya que proporciona una buena remoción y evita costos económicos en el tratamiento.

3.2.7.2 Pruebas de Tratabilidad. Muestra 1 (M1)

➤ Dosificación de PAC

Tabla 20-3: Dosificación de PAC.M1

Turbiedad inicial =244 NTU; pH inicial=7,24; Color inicial= 1870 Pt/Co						
	Dosificación (ml)	pH	Turb Final (NTU)	Color Final (Pt/Co)	%Remoción	
					Turbiedad	Color
PAC al 10%	3	7,45	12,54	450	94,86	75,93

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

Una vez determinada la dosis del coagulante (3 mL de Policloruro de aluminio al 10%), se pudo apreciar que con el tratamiento físico-químico aumenta notablemente la remoción de turbiedad y color. Sin embargo, el agua después del tratamiento físico-químico aun presentaba coloración, considerada no solo un factor estético, sino que además podría ser un indicativo de la presencia de contaminantes, es por ello que se decidió aplicar dosis de cloro en diferentes concentraciones:

➤ Cloración

Con la finalidad de reducir el color en la muestra tratada se, procede a realizar la dosificación de cloro:

Tabla 21-3: Dosificación de cloro en el lixiviado.M1

Solución madre(ppm)	Dosificación de cloro (mL)	Color (PtCo) Color inicial =450 Pt/Co	Cloro (ppm) t= 30 minutos	L:M:P (ppm)
1	0,1	448	0,08	0,5
2	0,2	232	0,10	0,5
3	0,3	228	0,25	0,5
4	0,4	219	0,52	0,5
5	0,5	196	0,64	0,5
6	0,6	126	0,96	0,5
7	0,7	108	1,32	0,5

Elaborado por: Quile Verónica
Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

La muestra de lixiviado una vez tratada con Policloruro de aluminio presenta una coloración de 450 Pt /Co, por lo que se procede a colocar desde 0,1 mL a 0,7 mL de solución madre de cloro en 100 ml de la muestra (lixiviado), con el objetivo de encontrar una concentración óptima para reducir el color en la muestra.

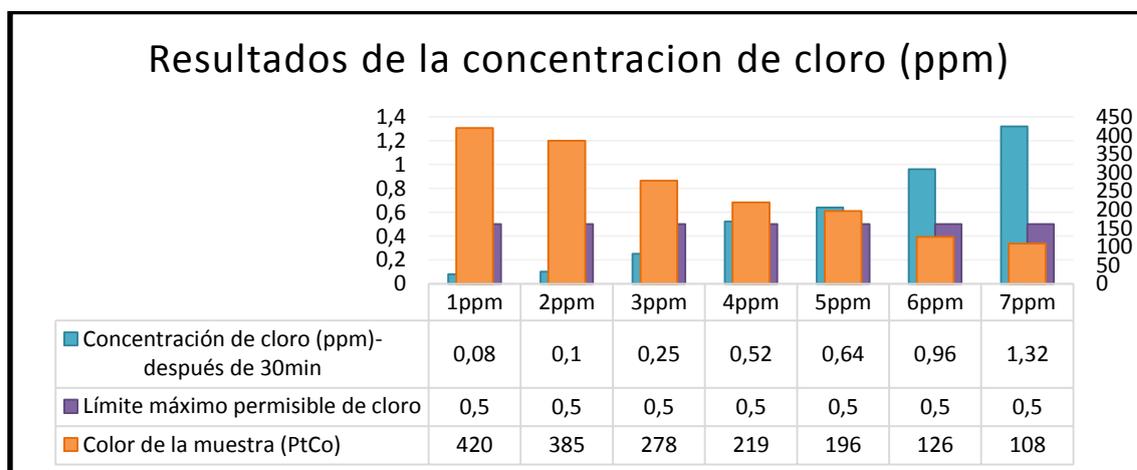


Gráfico 8-3: Resultados de dosificación de cloro en el lixiviado.M1

Elaborado por: Quile Verónica
Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

Como podemos en el gráfico 8-3 los resultados obtenidos de la concentración de cloro al disminuir el color la concentración aumenta por encima del límite máximo permisible para descargar a un cuerpo de agua dulce, es por ello que al observar coloración en la muestra se descarta la dosificación de cloro y se toma como alternativa la filtración de esta muestra de lixiviado.

➤ *Filtración con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena*

Con la finalidad de reducir el color y por ende eliminar una mayor cantidad de contaminantes de la muestra de lixiviado se procedió a elaborar un filtro:

1) Colocar en un frasco PET una base de grava gruesas, grava fina, zeolita, carbón activado y arena, en orden del diámetro.

2) Hacer pasar a través de este 1000 mL de la muestra de lixiviado tratado previamente con 3 mL de coagulante (Policloruro de aluminio al 10%), durante 1 hora y 20 min, después de este proceso se obtuvo un volumen de muestra de 982 mL, correspondiente a un volumen perdido de 1,8 % a nivel de laboratorio.

Resultados M1: Lixiviado tratado con PAC (3ml) y filtrado con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena fina

Tabla 22-3: Caracterización y % de remoción del lixiviado tratado.M1

Determinaciones	Unidades	Método	L.M.P	Resultados de caracterización		
				Lixiviado Sin tratar	lixiviado Tratado	% de remoción
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B	30,0	37,16	2	94,617%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	5210-B	100	436,66	74	83,05%
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200	760	152	80%
Hierro total	mg/L	3500-Fe-D	10,0	15,93	0,5	96,86%
Manganeso total	mg/L	HACH-8149	2,0	5,84	0,350	94,06%
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	159,33	19,8	87,61%
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	1793,33	69	96,15%
Color real ¹	unidades de color	2120-C	inapreciable en dilución 1/20	1431,66	< 1	Inapreciable
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,82	1,98	Aumenta
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6- 9	7,32	8,08	Aumenta

TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	152,33	7	95,40%
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	3780	1016	73,12%
TDS (Solidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	1450	910	37,24%
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,66	19,3	Se mantiene
Turbiedad	NTU	2130-B	-	186,33	7,1	96,18%
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	2000	< 1 UFC (ausencia)	< 1 UFC (ausencia)	Ausencia

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Quile Verónica, 2018

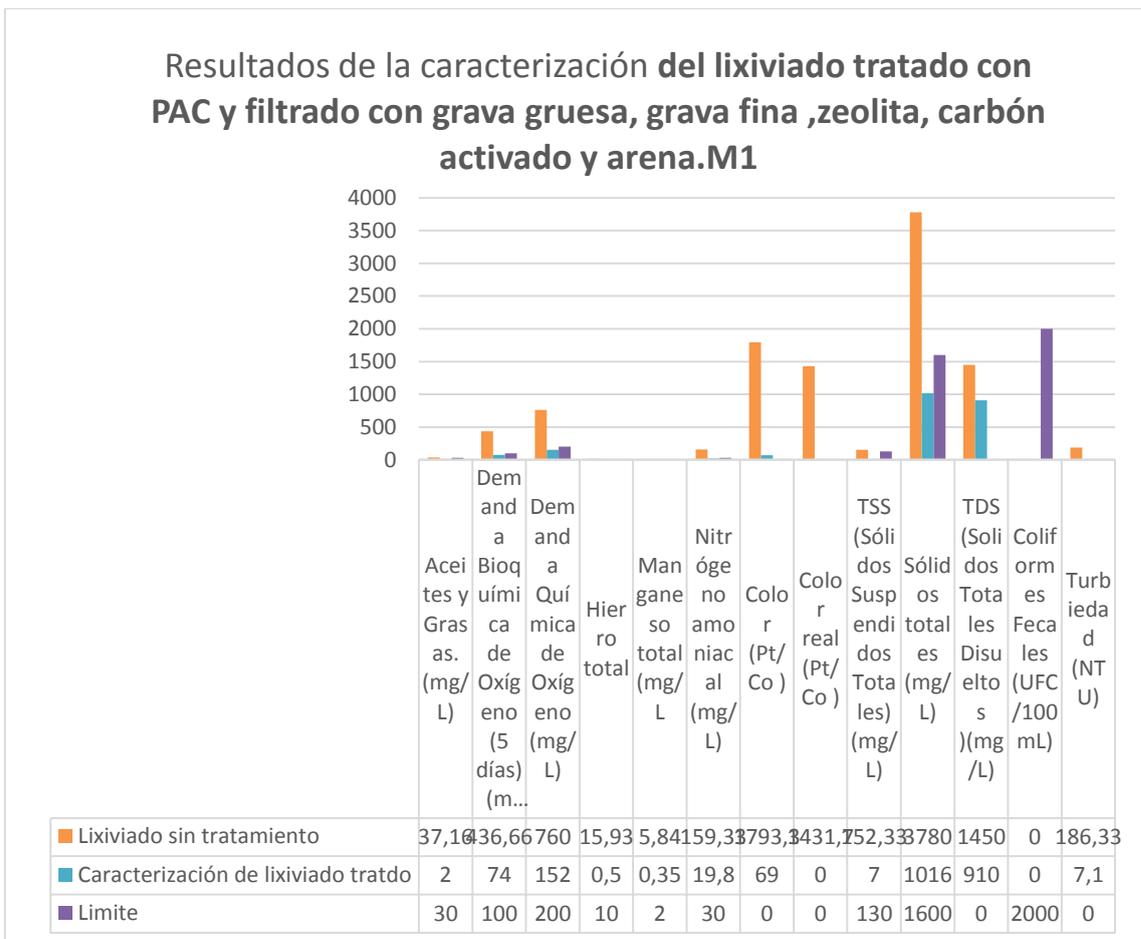


Gráfico 9-3: Resultados de la caracterización del lixiviado tratado.M1

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

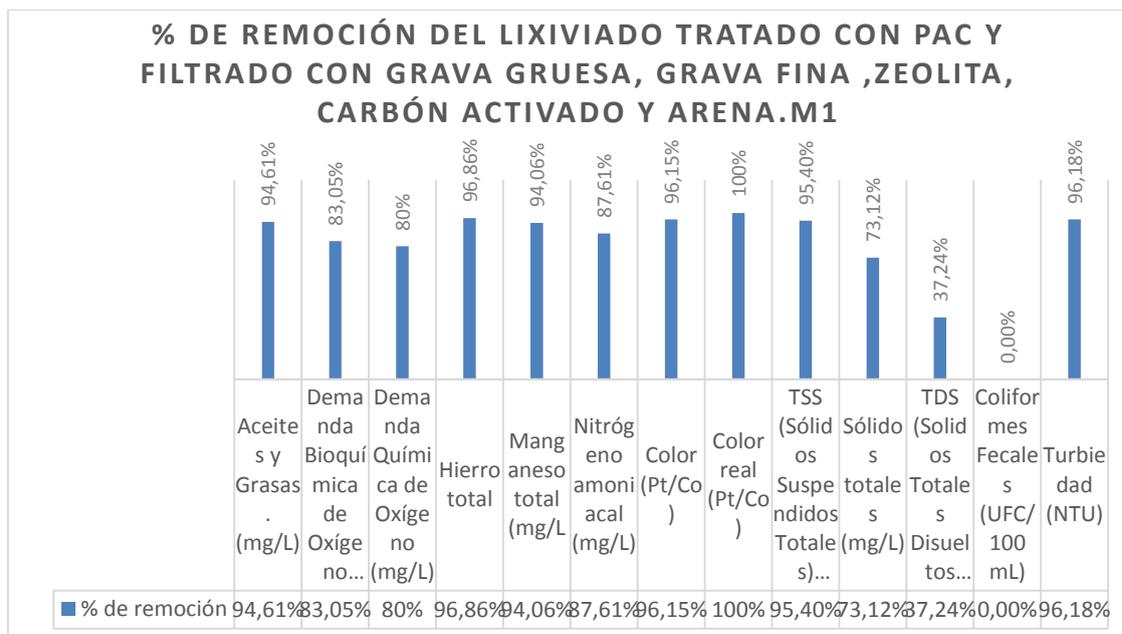


Gráfico 10-3: Resultados del % de remoción del lixiviado tratado.M1

Elaborado por: Quile Verónica
Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad

Una vez realizada las pruebas de tratabilidad en la muestra de lixiviado, se procedió a realizar el análisis de los parámetros que se encontraban fuera de la normativa vigente que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, los resultados arrojados se pueden evidenciar en la tabla 22-3 se obtuvo una reducción apropiada ya que todos los parámetros se encuentran dentro de la normativa. Esto indica que el tratamiento físico-químico y la filtración con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena es eficiente aplicar a los lixiviados provenientes de la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, sin embargo, es necesario realizar otra prueba a una segunda muestra para disminuir el tiempo de filtración y poder determinar de manera más segura si el tratamiento es efectivo o sufre algún inconveniente.

3.2.7.3 Pruebas de Tratabilidad. Muestra 2 (M2)

➤ Tratamiento físico-químico con PAC y filtración

Al conocer que la dosis adecuada de coagulante para el tratamiento físico-químico se decide realizar las pruebas de tratabilidad a una segunda muestra de lixiviado, con la finalidad de corroborar las pruebas de tratabilidad realizadas a la primera muestra y disminuir el tiempo de filtrado.

Se procedió a realizar el tratamiento siguiendo el mismo procedimiento aplicado a la primera muestra, el tratamiento físico-químico con la dosis determinada (3 ml de Policloruro de Aluminio

en 1000 ml de muestra de lixiviado), seguidamente a la muestra previamente tratada se procedió a filtrar con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena durante 35 min para finalmente realizar el análisis de los parámetros que se encontraban fuera de norma, de lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 23-3: Caracterización de lixiviado tratado.M2

Determinaciones	Unidades	Método	L.M.P	Resultados de caracterización		
				Lixiviado Sin tratar	lixiviado Tratado	% de remoción
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	5220-D	200	760	277	63,55%
Hierro total	mg/L	3500-Fe-D	10,0	15,93	1,45	90,89%
Manganeso total	mg/L	HACH-8149	2,0	5,84	0,101	98,27%
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	159,33	34	78,66%
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	1793,33	189	89,46%
Color real ¹	unidades de color	2120-C	inapreciable en dilución 1/20	1431,66	< 1	Inapreciable
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,82	1,77	Disminuye
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6- 9	7,32	8,18	Aumenta
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	152,33	12	92,12%
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	3780	1320	65,07%
TDS (Solidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	1450	1220	15,86%
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,7	19,7	Se mantiene
Turbiedad	NTU	2130-B	-	186,33	19,7	94,79%

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Quile Verónica, 2018

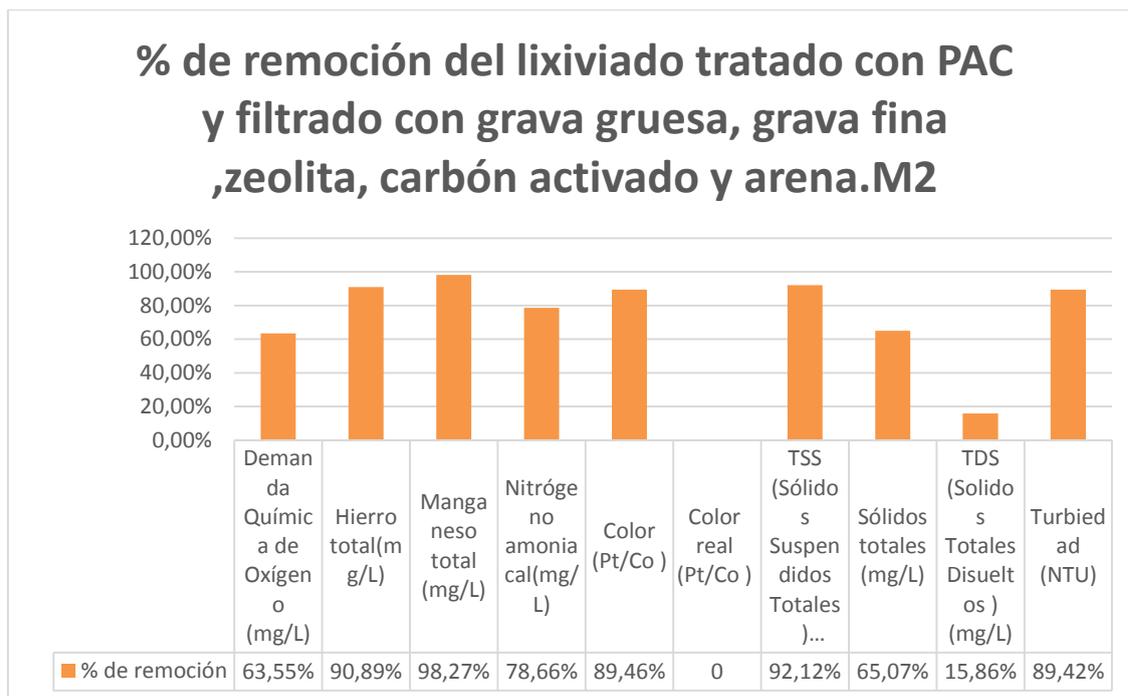


Gráfico 11-3: % de remoción del lixiviado tratado.M2

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

En esta segunda prueba de tratabilidad según los resultados obtenidos de los análisis realizados a la muestra de lixiviado la mayoría de parámetros cumple con la normativa, sin embargo, los valores de DQO y Nitrógeno amoniacal son elevados, por lo que se decidió aplicar un proceso de aireación para disminuir estos valores y experimentar que sucede con los otros parámetros.

➤ Tratamiento con aireación.

La aireación es necesaria para proporcionar oxígeno al efluente que se quiere tratar, por medio de la interacción íntima del aire con el mismo, con esto se logra la reducción de CO₂, remoción de: metano, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno amoniacal y otros compuestos volátiles responsables de dispensar color y olor del agua, disminuyendo DQO en algunos casos.

De manera experimental se realizó aireación a la muestra cruda de lixiviado utilizando un equipo de aireación casera (bomba de agua para acuario), para lo cual se colocó 2 litros de lixiviado en un recipiente durante 8 horas de aireación y 2 horas de sedimentación en las cuales se pudo observar los sedimentos de color blanco en el fondo del recipiente.

El color en la muestra tenía un valor de 220 Pt/Co

Tabla 24-3: Caracterización del lixiviado tratado.M2 con aireación

Determinaciones	Unidades	Método	L.M.P	Resultados de caracterización		
				Lixiviado Sin tratar	lixiviado Tratado	% de remoción
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B	30,0	37,16	4	89,23%
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días) DBO ₅	mg/L	5210-B	100	436,66	47	89,23%
Demanda Química de Oxígeno DQO	mg/L	5220-D	200	760	258	66,05%
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	159,33	25,4	90,33%
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	1793,33	98	94%
Color real ¹	unidades de color	2120-C	inapreciable en dilución 1/20	1431,66	< 1	Inapreciable
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,82	1,87	Aumenta
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6- 9	7,32	8,18	Aumenta
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	152,33	5	96,71%
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	3780	1200	68,5%
TDS (Solidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	1450	980	32,41%
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,7	19,7	Se mantiene
Turbiedad	NTU	2130-B	-	186,33	11,2	94%
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	2000	< 1 UFC (ausencia)	< 1 UFC (ausencia)	Ausencia

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Quile Verónica, 2018

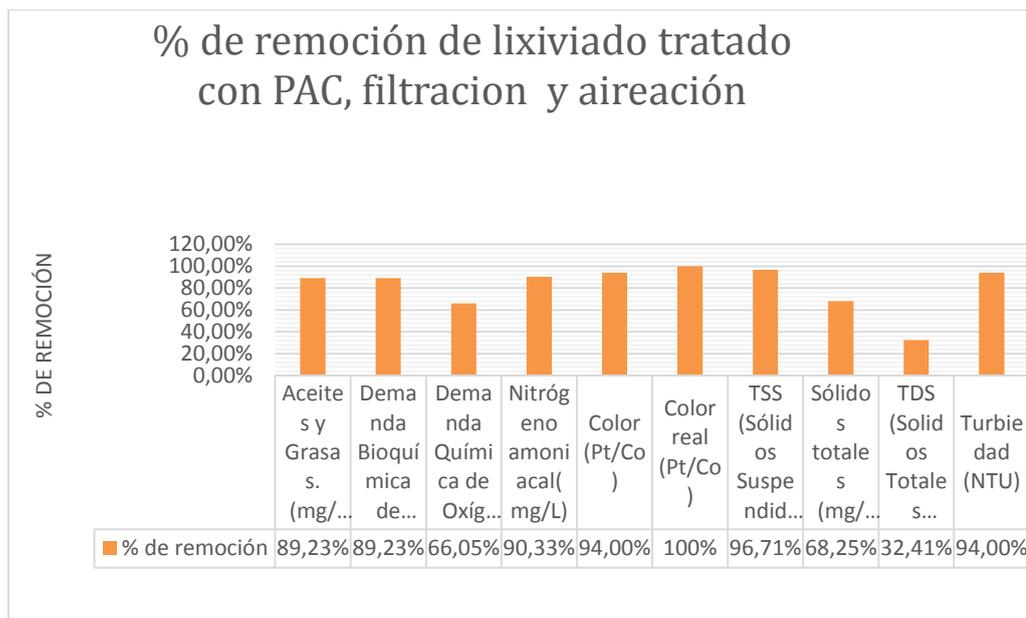


Gráfico 12-3: % de remoción del lixiviado tratado.M2 con aireación

Elaborado por: Quile Verónica

Laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias

Aplicando aireación a la muestra previamente tratada con proceso físico-químico y filtración se puede evidenciar en la tabla 24-3 que los valores elevados de Nitrógeno amoniacal se han reducido notablemente, al igual que los otros parámetros que ya se encontraban dentro de norma, mientras que el valor de DQO se reduce, pero aun no alcanza el valor establecido en la normativa.

3.2.7.4 Pruebas de Tratabilidad. Muestra 3 (M3)

➤ Tratamiento físico-químico y filtración

Debido a los inconvenientes con el análisis del nitrógeno amoniacal y DQO en la tratabilidad de la segunda muestra de lixiviado se procede hacer una tercera prueba de tratabilidad, limpiando el filtro con la finalidad de obtener resultados favorables en el tratamiento aplicado.

A esta tercera muestra se aplicó el tratamiento físico-químico con 3 ml de PAC al 10% en 1000 ml de lixiviado, seguidamente se realiza la doble filtración durante 25 min cada una con la finalidad de evitar taponamientos en el filtro y obtener un lixiviado que cumpla con la normativa, la filtración se realizó con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena para finalmente realizar el análisis de los parámetros fuera de norma, esta vez los parámetros como Nitrógeno amoniacal, DBO₅, DQO, Hierro, Manganeseo se enviaron para el análisis al laboratorio de servicios ambientales UNACH, además se envió analizar plomo y nitrógeno total para verificar que se encuentren dentro de la normativa.

Tabla 25-3: Caracterización del lixiviado tratado. M3

Determinaciones	Unidades	Método	Límites	Resultados de caracterización		
				Lixiviado sin tratamiento	Lixiviado tratado	% de remoción
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B	30,0	37,16	4,5	87,89%
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	1793,33	77	95,70%
Color real ¹	unidades de color	2120-C	inapreciable en dilución 1/20	1431,66	<1	Inapreciable
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,82	1,31	Disminuye
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6- 9	7,32	8,07	Aumenta
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	152,33	6	96,06%
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	3780	1000	73,54%
TDS (Solidos Disueltos)	mg/L	2540-C	-	1450	710	51,03%
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,4	19,4	Se mantiene
Turbiedad	NTU	2130-B	-	186,33	8,9	95,22%
Coliformes Fecales	UFC/100 mL	Microfiltración	2000	< 1 UFC	< 1 UFC	Ausencia

Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 26-3: Caracterización del lixiviado tratado.M3

Determinaciones	Unidades	Método	Límites	Resultados de la caracterización		
				Lixiviado sin tratamiento	Lixiviado tratado	% de remoción
Plomo	mg/L	STANDARD METHODS 3500 Pb 3111B	0,20	8,3	0,13	98,43%
Nitrógeno total	mg/L	STANDARD METHODS 4500-N-B	50	53,66	29,62	44,80%
Nitrógeno amoniacal	mg/L	STANDARD METHODS 4500-NH3 B&C	30	159,33	12,75	91,99%
DBO5	mg O2/L	STANDARD METHODS 5210 - B	100	436,66	71	83,74%
DQO	mg/L	STANDARD METHODS 5220 - D mod	200	760	156	79,47%
Hierro	mg/L	STANDARD METHODS 3500 Fe-3111B	10	15,93	1	93,72%

Manganeso	mg/L	STANDARD METHODS 3500Mn – 3111B	2	5,84	0,02	99,65%
-----------	------	---------------------------------------	---	------	------	--------

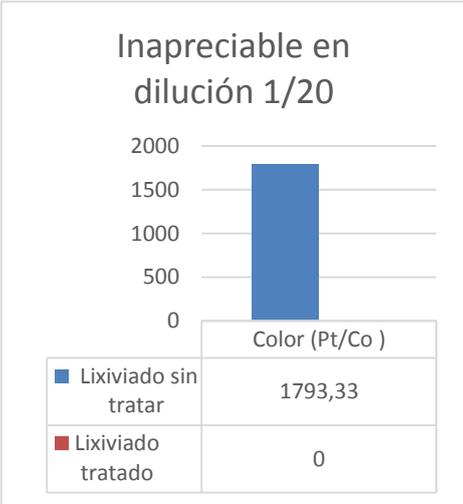
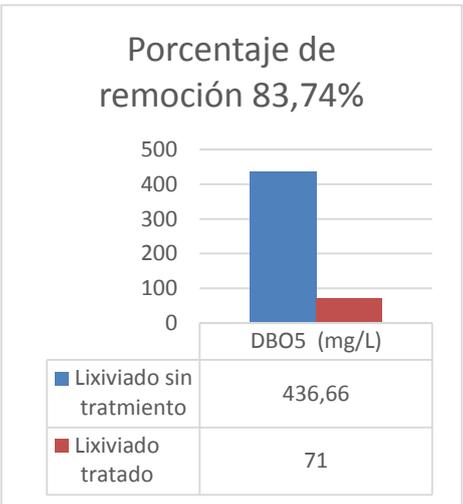
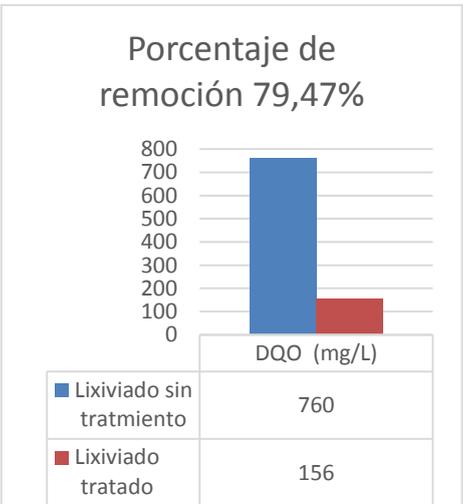
Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2018

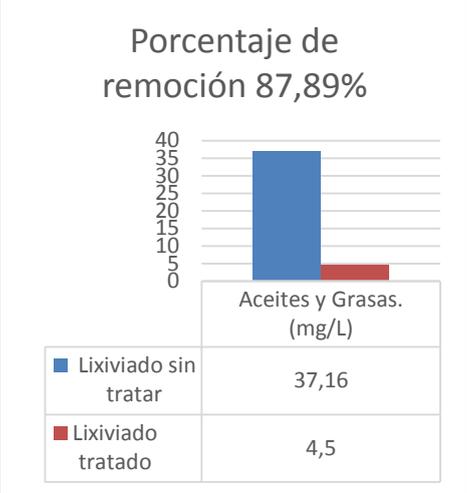
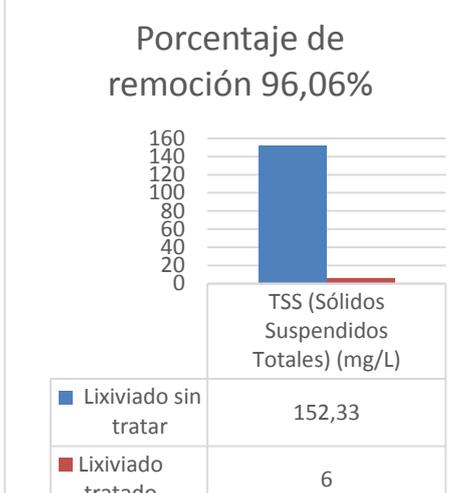
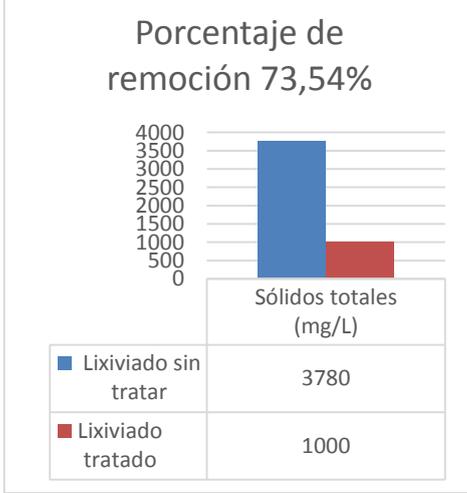
Realizado por: Quile Verónica, 2018

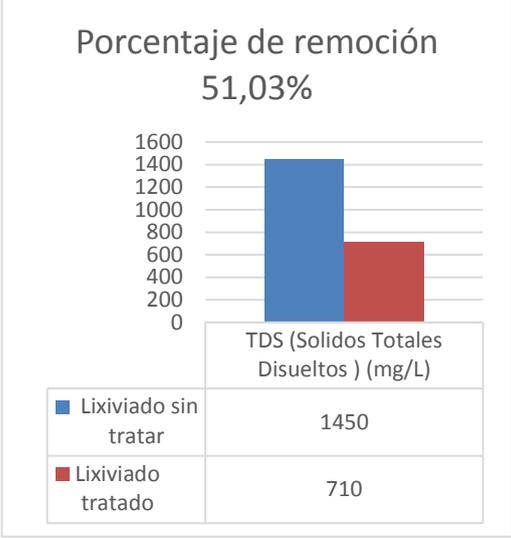
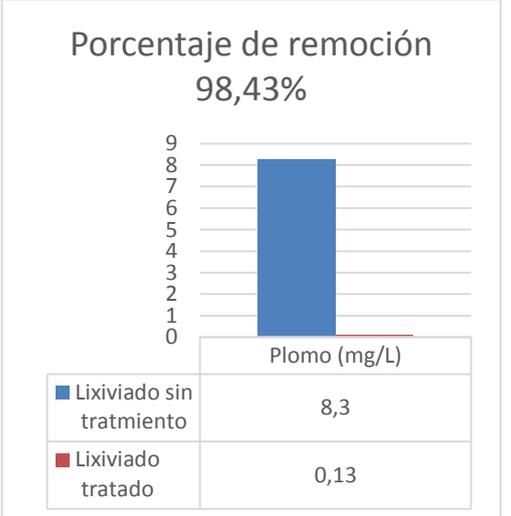
Resultados del lixiviado tratado con PAC, filtración con grava, grava fina, zeolita y carbón activado y arena. Tercera muestra tratada

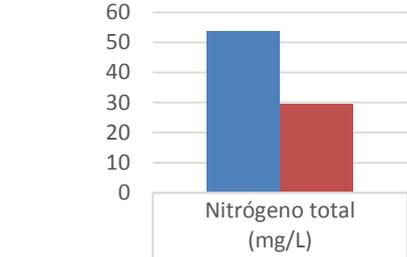
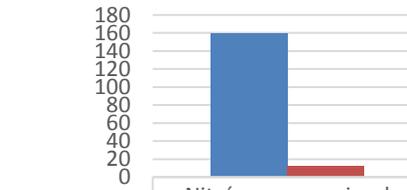
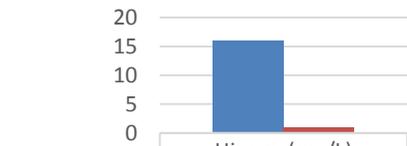
Tabla 27-3: Resultados de los procesos de depuración a nivel laboratorio

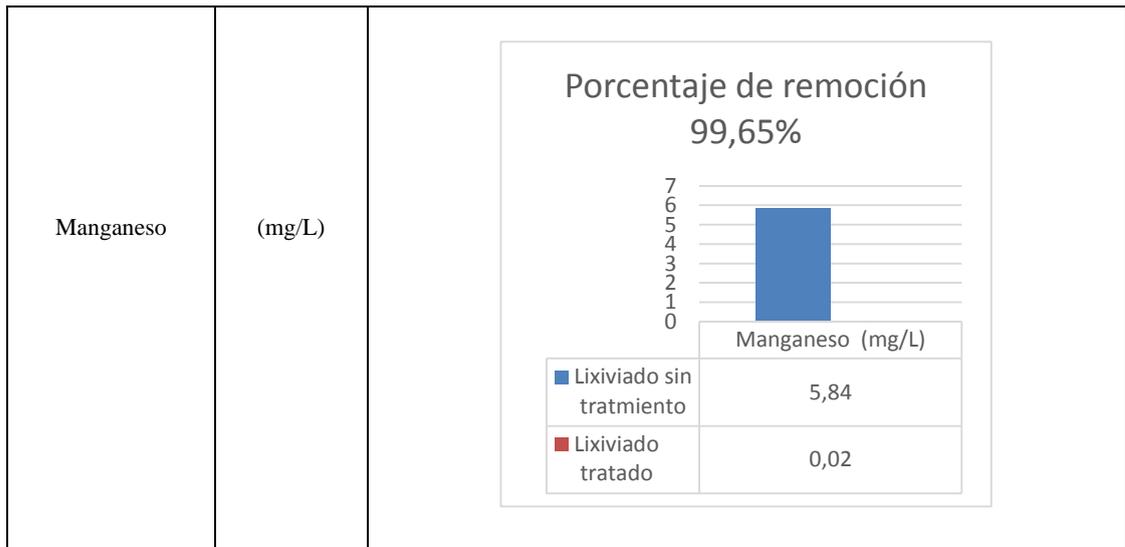
Parámetro	Unidad	% de remoción				
Turbiedad	NTU	<p>Porcentaje de remoción 95,22%</p> <table border="1"> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratar</td> <td>186,33</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>8,9</td> </tr> </table>	■ Lixiviado sin tratar	186,33	■ Lixiviado tratado	8,9
■ Lixiviado sin tratar	186,33					
■ Lixiviado tratado	8,9					
Color	Pt/Co	<p>Porcentaje de remoción 95,70%</p> <table border="1"> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratar</td> <td>1793,33</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>77</td> </tr> </table>	■ Lixiviado sin tratar	1793,33	■ Lixiviado tratado	77
■ Lixiviado sin tratar	1793,33					
■ Lixiviado tratado	77					

<p>Color real</p>	<p>Pt/Co</p>	<p>Inapreciable en dilución 1/20</p>  <table border="1" data-bbox="837 548 1228 716"> <thead> <tr> <th></th> <th>Color (Pt/Co)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lixiviado sin tratar</td> <td>1793,33</td> </tr> <tr> <td>Lixiviado tratado</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		Color (Pt/Co)	Lixiviado sin tratar	1793,33	Lixiviado tratado	0
	Color (Pt/Co)							
Lixiviado sin tratar	1793,33							
Lixiviado tratado	0							
<p>DBO₅</p>	<p>(mg/L)</p>	<p>Porcentaje de remoción 83,74%</p>  <table border="1" data-bbox="837 1131 1228 1299"> <thead> <tr> <th></th> <th>DBO5 (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lixiviado sin tratamiento</td> <td>436,66</td> </tr> <tr> <td>Lixiviado tratado</td> <td>71</td> </tr> </tbody> </table>		DBO5 (mg/L)	Lixiviado sin tratamiento	436,66	Lixiviado tratado	71
	DBO5 (mg/L)							
Lixiviado sin tratamiento	436,66							
Lixiviado tratado	71							
<p>DQO</p>	<p>(mg/L)</p>	<p>Porcentaje de remoción 79,47%</p>  <table border="1" data-bbox="837 1713 1228 1881"> <thead> <tr> <th></th> <th>DQO (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lixiviado sin tratamiento</td> <td>760</td> </tr> <tr> <td>Lixiviado tratado</td> <td>156</td> </tr> </tbody> </table>		DQO (mg/L)	Lixiviado sin tratamiento	760	Lixiviado tratado	156
	DQO (mg/L)							
Lixiviado sin tratamiento	760							
Lixiviado tratado	156							

Aceites y grasas	mg/L	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 87,89%</p>  <table border="1" data-bbox="817 515 1216 716"> <thead> <tr> <th colspan="2">Aceites y Grasas. (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratar</td> <td>37,16</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>4,5</td> </tr> </tbody> </table>	Aceites y Grasas. (mg/L)		■ Lixiviado sin tratar	37,16	■ Lixiviado tratado	4,5
Aceites y Grasas. (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratar	37,16							
■ Lixiviado tratado	4,5							
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	(mg/L)	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 96,06%</p>  <table border="1" data-bbox="817 1097 1216 1299"> <thead> <tr> <th colspan="2">TSS (Sólidos Suspendidos Totales) (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratar</td> <td>152,33</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table>	TSS (Sólidos Suspendidos Totales) (mg/L)		■ Lixiviado sin tratar	152,33	■ Lixiviado tratado	6
TSS (Sólidos Suspendidos Totales) (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratar	152,33							
■ Lixiviado tratado	6							
Sólidos Totales	(mg/L)	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 73,54%</p>  <table border="1" data-bbox="817 1702 1216 1904"> <thead> <tr> <th colspan="2">Sólidos totales (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratar</td> <td>3780</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table>	Sólidos totales (mg/L)		■ Lixiviado sin tratar	3780	■ Lixiviado tratado	1000
Sólidos totales (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratar	3780							
■ Lixiviado tratado	1000							

<p>TDS (Sólidos Totales Disueltos)</p>	<p>(mg/L)</p>	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 51,03%</p>  <table border="1" data-bbox="804 542 1241 743"> <thead> <tr> <th colspan="2">TDS (Solidos Totales Disueltos) (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratar</td> <td>1450</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>710</td> </tr> </tbody> </table>	TDS (Solidos Totales Disueltos) (mg/L)		■ Lixiviado sin tratar	1450	■ Lixiviado tratado	710
TDS (Solidos Totales Disueltos) (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratar	1450							
■ Lixiviado tratado	710							
<p>Coliformes fecales</p>	<p>(UFC/100 mL)</p>	<p>Ausencia de Coliformes fecales en la muestra tratada</p>						
<p>Plomo</p>	<p>(mg/L)</p>	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 98,43%</p>  <table border="1" data-bbox="804 1240 1241 1420"> <thead> <tr> <th colspan="2">Plomo (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratamiento</td> <td>8,3</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>0,13</td> </tr> </tbody> </table>	Plomo (mg/L)		■ Lixiviado sin tratamiento	8,3	■ Lixiviado tratado	0,13
Plomo (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratamiento	8,3							
■ Lixiviado tratado	0,13							

Nitrógeno total	(mg/L)	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 44,80%</p>  <table border="1" data-bbox="821 604 1228 739"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nitrógeno total (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratamiento</td> <td>53,66</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>29,62</td> </tr> </tbody> </table>	Nitrógeno total (mg/L)		■ Lixiviado sin tratamiento	53,66	■ Lixiviado tratado	29,62
Nitrógeno total (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratamiento	53,66							
■ Lixiviado tratado	29,62							
Nitrógeno amoniacal	(mg/L)	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 91,99%</p>  <table border="1" data-bbox="821 1209 1228 1388"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nitrógeno amoniacal (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratamiento</td> <td>159,33</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>12,75</td> </tr> </tbody> </table>	Nitrógeno amoniacal (mg/L)		■ Lixiviado sin tratamiento	159,33	■ Lixiviado tratado	12,75
Nitrógeno amoniacal (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratamiento	159,33							
■ Lixiviado tratado	12,75							
Hierro	(mg/L)	<p style="text-align: center;">Porcentaje de remoción 93,72%</p>  <table border="1" data-bbox="821 1792 1228 1948"> <thead> <tr> <th colspan="2">Hierro (mg/L)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>■ Lixiviado sin tratamiento</td> <td>15,93</td> </tr> <tr> <td>■ Lixiviado tratado</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Hierro (mg/L)		■ Lixiviado sin tratamiento	15,93	■ Lixiviado tratado	1
Hierro (mg/L)								
■ Lixiviado sin tratamiento	15,93							
■ Lixiviado tratado	1							



Fuente: Laboratorio de Calidad del Agua, ESPOCH

Fuente: Laboratorio de Servicios Ambientales UNACH, 2018

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Con los resultados de la tercera prueba de tratabilidad se obtuvieron valores dentro de la normativa que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, concluyendo así que para tratar los lixiviados provenientes de la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, es necesario primero realizar un tratamiento físico-químico con 3 ml de Policloruro de aluminio al 10 % agitando 5 minutos, dejar sedimentar por 30 minutos y realizar doble filtración con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena.

3.2.8 *Determinación de variables de diseño de la planta de tratamiento de lixiviados*

3.2.8.1 *Cálculo del caudal por el método suizo para lixiviados*

Datos;

P_{re} = Precipitación medio anual ($782,6 \frac{mm}{año}$). Valor tomado de los datos de precipitación reportados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI - Estación Querochaca)

A_{CE}^* = Area superficial de la celda emergente ($2979,588 m^2$). Valor tomado de los planos de la celda emergente (GAD Mocha)

t= Tiempo (segundos en el año = 31536000 s)

K = Coeficiente que representa la cantidad de precipitación que se convierte en lixiviado y depende del grado de compactación de los residuos. Al depender del grado de compactación, la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha se considera débilmente compactada y se estima una producción de lixiviados del 25% ($k = 0,25$) por ser una celda que se compacta manualmente.

Cálculo del caudal de lixiviado por método suizo con la ecuación 1-3.

$$Q_{\text{lixiviado}} = \frac{1}{t} * P_{\text{re}} * A_{\text{CE}} * K$$

$$Q_{\text{lixiviado}} = \frac{1}{31536000} * 782,6 \frac{\text{mm}}{\text{año}} * 2979,588 \text{ m}^2 * 0,25$$

$$Q_{\text{lixiviado}} = 0,0184 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Para el caudal de diseño se utilizó un factor de seguridad de 20% recomendado por Sotelo,G (1998), debido que se debe tomar en cuenta un valor critico de caudal de lixiviados.

$$Q_{\text{lixiviado}} = 0,0184 \frac{\text{L}}{\text{s}} * 0,2 = 3,68 \times 10^{-3}$$

$$Q_{\text{lixiviado}} = 0,0184 \frac{\text{L}}{\text{s}} + 3,68 \times 10^{-3} = 0,02208 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{lixiviado}} = 0,02208 \frac{\text{L}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} * \frac{24\text{h}}{1\text{día}} = 1907,712 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

$$Q_{\text{lixiviado}} = 2,208 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3.2.8.2 Cálculo del canal de entrada a la PTL.

El canal de entrada, tiene como función la captación de aguas residuales en este caso lixiviados hacia la Planta de Tratamiento, se dimensiona al inicio como tratamiento preliminar, este canal puede incluir un sistema de rejillas encargadas de la eliminación parcial o total de partículas gruesas.

- Canal rectangular
- Área del canal

Tabla 28-3: Datos para dimensionar el canal

Base del canal	0,4m
Longitud del canal	1m
Altura del canal	0,5m

Fuente: (Sotelo, G.1998)
Realizado por: Quile Verónica,2018

Ecuación 2-3: Cálculo del área del canal. (Sotelo, G.1998)

$$Ac = b * h \quad \text{Ec. 2-3}$$

Donde:

Ac: Área del canal (m²)

b: Base del canal = 0,4 m dato (Sotelo, G.1998)

l: Longitud del canal= 1m dato (Sotelo, G.1998)

$$Ac = 0,4m * 1m$$

$$Ac = 0,4 m^2$$

➤ Radio hidráulico del canal

Ecuación 3-3: Cálculo del radio hidráulico. (Sotelo, G.1998)

$$RH = \frac{b * h}{b + 2h} \quad \text{Ec. 3-3}$$

Donde:

RH: Radio hidráulico (m)

b: Base del canal (m)

h: Altura del canal hasta el nivel de agua

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

$$RH = 0,166m$$

➤ Velocidad de aproximación del agua al canal

Tabla 29-3: Coeficiente de Manning y canales revestidos

Cunetas y Canales Revestidos	
Material de revestimiento	Coficiente 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

Gradiente hidráulico	0,0002m/m
----------------------	-----------

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

Ecuación 4-3: Cálculo de la velocidad de aproximación del agua al canal. (Sotelo, G.1998)

$$V_{ap} = \frac{1}{n} * RH^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{Ec. 4-3}$$

Donde:

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

n: Coeficiente de rugosidad de Manning = 0,013 para canales de hormigón

RH: Radio hidráulico (m)

S: Gradiente hidráulico = 0,0002m/m

$$V_{ap} = \frac{1}{0,013} * (0,166)^{2/3} * (0,0002)^{1/2}$$

$$V_{ap} = 0,052 \text{ m/s}$$

➤ Altura máxima del agua

Para canal abierto

Ecuación 5-3: Cálculo la altura máxima del agua. (Sotelo, G.1998)

$$h = \frac{b}{2} \quad \text{Ec. 5-3}$$

Por lo tanto, $b=2h$, entonces: $A=b*h$

$$h_{max} = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

Donde:

h_{max} : Altura máxima del agua (m)

A_D : Área del canal (m²)

b: Ancho del canal (m)

$$h_{max} = \sqrt{\frac{0,4}{2}}$$

$$h_{max} = 0,44m$$

3.2.8.3 Dimensionamiento de las Rejillas

El sistema de rejillas en la PTL es de suma importancia ya que impide que sólidos de gran tamaño como trozos de madera, piedras, plásticos, etc., ingrese al sistema de tratamiento y dañe los equipos.

➤ Rejillas de limpieza manual

Es necesario que las rejillas de limpieza manual tengan una inclinación de 45 a 60 grados respecto a la horizontal, con la finalidad de facilitar la extracción de desechos y evitar obstrucciones. (Comisión Nacional del Agua)



Figura 2-3: Rejillas de limpieza manual
Fuente: comisión nacional del agua

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

Tabla 30-3: 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

➤ Longitud de las barras

Ecuación 6-3: Longitud de barras. (Sotelo, G.1998)

$$L_b = \frac{h_{\max}}{\sin\theta} \quad \text{Ec. 6-3}$$

Donde:

L_b : Longitud de las barras (m)

h_{max} : Altura máxima del agua (m)

\emptyset : Ángulo de inclinación = 45°

$$L_b = \frac{0,44m}{\text{sen}45}$$

$$L_b = 0,62m$$

➤ Determinación de caudal en el canal:

$$Q = A_C * V$$

Donde:

A_C = Área del canal (m^2)

V_C = Velocidad en el canal (m/s)

$$Q = 0,4 m^2 * 0,052 m/s$$

$$Q = 0,022 m^3/s$$

➤ Nivel máximo de agua

Ecuación 7-3: Cálculo del nivel máximo del agua. (Sotelo, G.1998)

$$n_{m\acute{a}x} = \frac{Q}{V_{ap} * b} \quad \text{Ec. 7-3}$$

Donde:

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

Q: Caudal (m^3/s)

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

b: Ancho del canal (m)

$$n_{m\acute{a}x} = \frac{0,022 \frac{m^3}{s}}{0,052 \frac{m}{s} * 0,4m}$$

$$n_{m\acute{a}x} = 0,171 m$$

➤ Longitud sumergida de las barras

Ecuación 8-3: Cálculo la longitud sumergida de las barras. (Sotelo, G.1998)

$$L_s = \frac{n_{m\acute{a}x}}{\text{sen}\emptyset} \quad \text{Ec. 8-3}$$

Donde:

L_s : Longitud sumergida de las barras (m)

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

\emptyset : ngulo de inclinación

$$L_s = \frac{0,171 \text{ m}}{\text{sen}45}$$

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

➤ Separación entre barras para rejillas finas

Ecuación 9-3: Cálculo de separación entre barras. (Sotelo, G.1998)

$$b_g = \left(\frac{b - e}{s + e} + 1 \right) * e \quad \text{Ec. 9-3}$$

Donde:

b_g : Separación entre barras para rejillas finas (m)

b: Ancho del canal (m)

e: Separación entre barras = 0,011 m

s: Espesor máximo de las barras = 0,01 m

$$b_g = \left(\frac{0,4\text{m} - 0,011\text{m}}{0,01\text{m} + 0,011\text{m}} + 1 \right) * 0,011\text{m}$$

$$b_g = 0,27\text{m}$$

➤ Número de barras para rejillas finas

Ecuación 10-3: Cálculo del número de barras para rejillas finas. (Sotelo, G.1998)

$$N_b = \frac{b}{e + s} \quad \text{Ec. 10-3}$$

Donde:

Nb: Número de barras

b: Ancho del canal (m)

e: Separación entre barras (m)

s: Espesor máximo de las barras (m)

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

$$N_b = 18,30 \approx 18$$

➤ Pérdida de carga a través de las rejillas

Tabla 31-3: Parámetros de diseño para las rejillas

Parámetro	Sigla	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra Espesor	e	cm	0,6-1,5	0,6-1,5
Profundidad o altura	h	cm	2,5-7,5	2,5-7,5
Separación entre barras	S	cm	2,5 – 5,0	1,6-7,5
Angulo de inclinación	∅	°	25–50	50-80
Velocidad de aproximación	Va	m/s	0,3-0,6	0,6-0,9
Pérdida de carga admisible	Pc	cm	15	15

Fuente: Metcalf&Eddy,1995

Tabla 32-3: Coeficiente de pérdidas para rejillas

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

Fuente: Metcalf&Eddy,1995

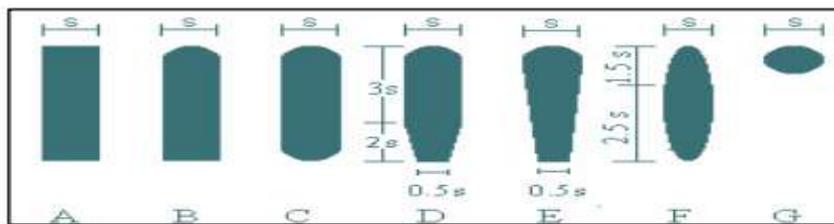


Figura 3-3: Formas de rejilla

Fuente: Metcalf&Eddy,1995

Ecuación 11-3: Cálculo de la pérdida de carga en las rejillas. (Sotelo, G.1998)

$$h_c = \beta \left(\frac{e}{S}\right)^{2/3} * \frac{v^2}{2g} * \text{sen}\varnothing \quad \text{Ec. 11-3}$$

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/s²)

s: Separación entre barras (m)

e: Espesor máximo de las barras (m)

β : Factor dependiente de la forma de las barras (adimensional)

\emptyset : Ángulo de inclinación de las barras ($^{\circ}$)

$$h_c = 1,79 \left(\frac{0,012\text{m}}{0,01} \right)^{4/3} * \frac{\left(\frac{0,052\text{m}}{\text{s}} \right)^2}{2 * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * \text{sen}45$$

$$h_c = 0,0074\text{m}$$

3.2.8.4 Dimensionamiento del Desarenador

➤ Desarenado

Esta operación consiste en separar las arenas, de otra materia presente en el agua. La arena que se extrae contiene por lo general cierta porción de materia orgánica que decanta al mismo tiempo.

➤ Desarenador longitudinal

Los desarenadores longitudinales, son diseñados con una velocidad de flujo de 0,20 m/s aproximadamente, para lograr sedimentar las arenas típicas del agua residual.

Los desarenadores longitudinales comúnmente en plantas pequeñas y medianas, su limpieza se lo realiza de forma manual, mientras que en las plantas más grandes requiere limpieza mecánica.

➤ Operación y mantenimiento

La operación consiste en controlar que el agua circule a baja velocidad (hasta 0,20m/s) y una profundidad de decantación (0,3 m) de manera que las partículas puedan sedimentarse.

El mantenimiento consiste en retirar las arenas que quedan al fondo, de forma manual o mecánica.

➤ Componentes del desarenador

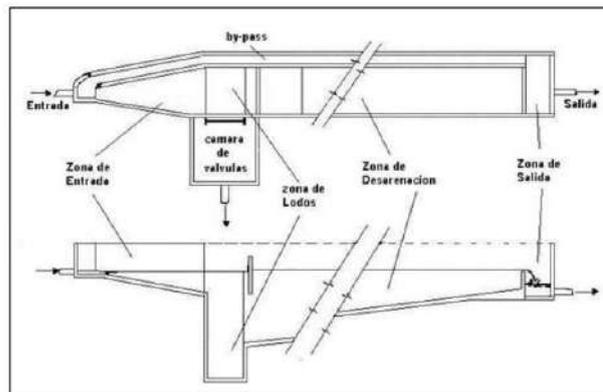


Figura 4-3: Desarenador (Planta y corte longitudinal)

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

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 la 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 pendiente mínima de 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos. (OPS/CEPIS/05.158, 2005)

➤ Ancho del desarenador

Ecuación 12-3: Cálculo del ancho del desarenador. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$A_D = \frac{Q}{V_H * d_d} \quad \text{Ec. 12-3}$$

Donde:

A_D : Ancho del desarenador (m)

Q : Caudal (m³/s)

V_H : Velocidad horizontal (0,2m/s)

d_d : Profundidad de decantación (0,3 m)

$$A_D = \frac{0,022 \text{ m}^3/\text{s}}{0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0,3\text{m}}$$

$$A_D = 0,36\text{m}$$

➤ Longitud de base del desarenador

Ecuación 13-3: Cálculo de la longitud base del desarenador. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$L_D = 150 \frac{V_H}{V_{SD}} d_d \quad \text{Ec. 13-3}$$

Donde:

L_D : Longitud de base del desarenador (m)

V_H : Velocidad del desarenador (0,2m/s)

V_{SD} : Velocidad de la superficie del desarenador (9,44m/s)

d_d : Profundidad de decantación (0,3 m)

$$L_D = 150 \frac{0,2\text{m/s}}{9,44\text{m/s}} 0,3\text{m}$$

$$L_D = 0,95\text{m}$$

➤ Capacidad del tanque colector y frecuencia de velocidad del depósito

Ecuación 14-3: Cálculo de la capacidad del tanque colector. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$m = (Q * T)U \quad \text{Ec. 14-3}$$

Donde:

m : Capacidad del tanque colector (Kg)

Q : Caudal (m³/s)

T : Tiempo de vaciado (604800s)

$$m = \left(0,022 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 604800\text{s} \right) \left(0,008 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$m = 106,44 \text{ Kg}$$

Factor de seguridad (100%)

$$mR = 2 * m$$

$$mR = 2 * 106,44 \text{ Kg}$$

$$mR = 212,88 \text{ Kg}$$

➤ Cálculo del volumen del sedimento

Ecuación 15-3: Cálculo del volumen del sedimento. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$V = \frac{mR}{\delta_{arena}} \quad \text{Ec. 15-3}$$

Donde:

V : Volumen del sedimento (m^3)

mR : Capacidad del tanque colector (Kg)

δ : Densidad de la arena ($2600\text{Kg}/\text{cm}^3$)

$$V = \frac{212,88 \text{ Kg}}{2600\text{Kg}/\text{cm}^3}$$

$$V = 0,1113m^3$$

➤ Profundidad del colector

Ecuación 16-3: Cálculo de la profundidad del colector. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$d_r = \frac{V}{L_D * A_D} \quad \text{Ec. 16-3}$$

Donde:

d_r : Profundidad del colector (m)

V : Volumen del sedimento (m^3)

L_D : Longitud base del desarenador (m)

A_D : Ancho del desarenador (m)

$$d_r = \frac{0,113m^3}{(0,95m) * (0,36m)}$$

$$d_r = 0,33m$$

- Ancho del colector a la entrada

Ecuación 17-3: Cálculo del ancho colector de entrada. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$A_1 = \frac{A_D}{3} \quad \text{Ec. 17-3}$$

Donde:

A_1 : Ancho del colector a la entrada (m)

A_D : Ancho del desarenador (m)

$$A_1 = \frac{0,36m}{3}$$

$$A_1 = 0,12m$$

- Longitud de transición a la salida del desarenador

Ecuación 18-3: Cálculo del ancho del desarenador. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$L_S = \frac{A_1}{\tan(12,5^\circ)} \quad \text{Ec. 18-3}$$

Donde:

L_S : Longitud de transición a la salida del desarenador (m)

A_1 : Ancho colector a la entrada (m)

$$L_S = \frac{0,12m}{\tan(12,5^\circ)}$$

$$L_S = 0,22m$$

- Longitud del desarenador a la entrada

Ecuación 19-3: Cálculo del ancho del desarenador. (Delgado,J y Fernández,N, 2011)

$$L_e = 2,5 * A_D \quad \text{Ec. 19-3}$$

Donde

L_e : Longitud del desarenador a la entrada (m)

A_D : Ancho del desarenador (m)

$$L_e = 2,5 * 0,36 \text{ m}$$

$$L_e = 0,90 \text{ m}$$

3.2.8.5 Tanque agitador

El tanque agitador es un tanque donde se retiene el agua hasta alcanzar un determinado volumen y poder iniciar el proceso de coagulación. Se utiliza este tipo de tanques cuando el efluente no es continuo y los caudales son bajos.

Los agitadores de turbina con seis paletas planas y placas deflectoras ofrecen las condiciones óptimas para formar el coagulo, en procesos de agitación y coagulación. (Martinez, 1992)

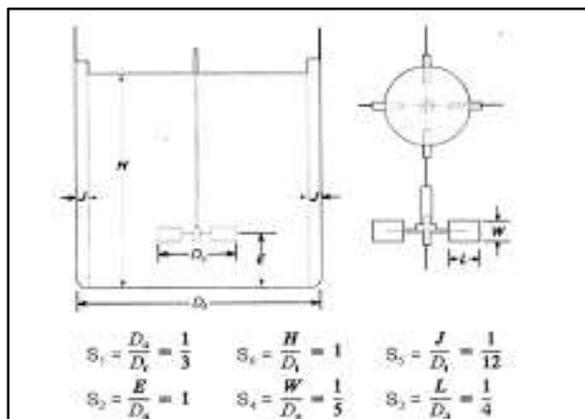


Figura 5-3: Tanque agitador

Fuente: Quispe Miguel <https://maqsolano.files.wordpress.com/2013/09/clase-de-agitacion-y-mezclado-de-alimentos-i.pdf>

➤ Dimensionamiento del Tanque Agitador de turbina- 6 paletas

➤ Volumen del lixiviado

Ecuación 20-3: Cálculo del volumen del lixiviado.

$$V_d = V_l + fs \text{ 40\%} \quad \text{Ec. 20-3}$$

Donde

V_d : Volumen de diseño (m^3)

V_l : Volumen del lixiviado (m^3)

$$V_d = 3,6 m^3 + (3,6 m^3 * 0,4)$$

$$V_d = 5,04m^3$$

- Radio del tanque cilíndrico

Ecuación 21-3: Cálculo del radio del tanque cilíndrico

$$r = \frac{Dt}{2} \quad \text{Ec. 21-3}$$

Donde

r : Radio del tanque (m)

Dt : Diámetro del tanque (1,80m)

$$r = \frac{1,80m}{2}$$

$$r = 0,90m$$

- Altura del tanque cilíndrico vertical

Ecuación 22-3: Cálculo de la altura del cilindro vertical.

$$V_d = \pi * r^2 * hT \quad \text{Ec. 22-3}$$

Despejando hT de la ecuación 22-3:

$$hT = \frac{V_d}{\pi * r^2}$$

Donde:

hT : Altura del tanque (m)

V_d : Volumen de diseño (m^3)

r : Radio del tanque (m)

$$hT = \frac{5,04m^3}{\pi * (0,9m)^2}$$

$$hT = 1,98m$$

Cálculo para el diseño del agitador de 6 paletas planas

Tabla 33-3: Dimensiones características de un agitador de turbina (6 paletas)

Dimensiones del tanque agitador	
$D_{ag}/4$	0,3 – 0,5
A_R/D_T	1/3
A_P/D_{ag}	1/5
D_{SP}/D_{ag}	2/3
A_{PD}/D_T	1/12
L_{PR}/D_{ag}	1/4

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

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Donde:

D_{ag} : Diámetro del agitador.

D_{SP} : Diámetro del sujetador de las paletas.

A_R : Altura del rodete sobre el fondo del tanque.

L_{PR} : Longitud de las palas del rodete.

A_P : Ancho de las paletas.

A_{PD} : Ancho de las placas deflectoras.

➤ Agitador

➤ Diámetro del agitador

Ecuación 23-3: Cálculo del diámetro del agitador (Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., 1992)

$$\frac{D_{ag}}{Dt} = 0,5 \quad \text{Ec. 23-3}$$

Donde:

D_{ag} : Diámetro del agitador (m)

Dt : Diámetro del tanque (m)

$$D_{ag} = 0,5 * (1,80m)$$

$$D_{ag} = 0,9 m$$

- Altura del rodete sobre el fondo del tanque

Ecuación 24-3: Cálculo la altura del rodete sobre el fondo del tanque (Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., 1992)

$$\frac{A_R}{D_T} = \frac{1}{3} \quad \text{Ec. 24-3}$$

Donde:

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

D_T : Diámetro del tanque (1,80m)

$$\begin{aligned} \frac{A_R}{D_T} &= \frac{1}{3} \\ A_R &= \frac{1}{3} * D_T \\ A_R &= \frac{1}{3} * 1,80m \\ A_R &= 0,6m \end{aligned}$$

- Ancho de las paletas

Ecuación 25-3: Cálculo del ancho de las paletas (Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., 1992)

$$\frac{A_P}{D_{ag}} = \frac{1}{5} \quad \text{Ec. 25-3}$$

Donde:

A_P : Ancho de las paletas (m)

D_{ag} : Diámetro del agitador (m)

$$\begin{aligned} \frac{A_P}{D_{ag}} &= \frac{1}{5} \\ A_P &= \frac{1}{5} * D_{ag} \\ A_P &= \frac{1}{5} * 0,9m \\ A_P &= 0,18 m \end{aligned}$$

- Diámetro del sujetador de las paletas

Ecuación 26-3: Cálculo del diámetro del sujetador de las paletas (Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., 1992)

$$\frac{D_{SP}}{D_{ag}} = \frac{2}{3} \quad \text{Ec. 26-3}$$

Donde:

D_{SP} : Diámetro del sujetador de las paletas (m)

D_{ag} : Diámetro del agitador (m)

$$D_{SP} = \frac{2}{3} * D_{ag}$$

$$D_{SP} = \frac{2}{3} * 0,9 \text{ m}$$

$$D_{SP} = 0,6 \text{ m}$$

- Ancho de las placas deflectoras

Ecuación 27-3: Cálculo del ancho de placas deflectoras (Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., 1992)

$$\frac{A_{PD}}{D_T} = \frac{1}{12} \quad \text{Ec. 27-3}$$

Donde:

A_{PD} : Ancho de las placas deflectoras (m)

D_T : Diámetro del tanque (m)

$$\frac{A_{PD}}{D_T} = \frac{1}{12}$$

$$A_{PD} = \frac{1}{12} * D_T$$

$$A_{PD} = \frac{1}{12} * 1,80 \text{ m}$$

$$A_{PD} = 0,15 \text{ m}$$

➤ Longitud de las palas del rodete

Ecuación 28-3: Cálculo de la longitud de palas del rodete. (Martínez, A., Salvador, M., Galindo, E., 1992)

$$\frac{L_{PR}}{D_{ag}} = \frac{1}{4} \quad \text{Ec. 28-3}$$

Donde:

L_{PR} : Longitud de las palas del rodete (m)

D_{ag} : Diámetro del agitador (m)

$$L_{PR} = \frac{1}{4} * D_{ag}$$
$$L_{PR} = \frac{1}{4} * 0,9 \text{ m}$$
$$L_{PR} = 0,225 \text{ m}$$

➤ Altura total del tanque

Ecuación 29-3: Cálculo de la altura total del tanque.

$$H_{Ta} = hT + h_s \quad \text{Ec. 29-3}$$

Donde:

H_{Ta} : Altura total del tanque (m)

hT : Altura del tanque (m)

h_s : Altura de seguridad (0,3m)

$$H_{Ta} = 1,98\text{m} + 0,3\text{m}$$

$$H_{Ta} = 2,28\text{m}$$

- Potencia del motor para el agitador

Tabla 34-3: Parámetros de diseño para mezcladores de turbina

Parámetro	Medida
Gradiente de velocidad (s ⁻¹)	50 – 1000
Tiempo de retención	1 – 7

Fuente: Programa regional HPE/OPS/CEPIS, 1992

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 35-3: Propiedades físicas del agua

Temperatura (°C)	Viscosidad dinámica (Ns/m ²)
0	1,781 x 10 ⁻³
5	1,518 x 10 ⁻³
10	1,307 x 10 ⁻³
15	1,139 x 10 ⁻³
20	1,102 x 10 ⁻³

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

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Ecuación 30-3: Cálculo del potencial para el agitador

$$P_{MA} = G^2 * V_{TA} * \mu \quad \text{Ec. 30-3}$$

Donde:

P_{MA} : Potencia del motor para el agitador (W)

G: Gradiente óptima para la coagulación (s-1)

Vol_T : Volumen (m³)

μ : Viscosidad dinámica (Kg/m*s)

$$P_{MA} = (600s^{-1})^2 * (3,6 m^3) * (1,102 \times 10^{-3} \frac{Kg}{m \cdot s})$$

$$P_{MA} = 1428,192 \frac{m^2 Kg}{s^3}$$

$$P_{MA} = 1428,192 \text{ Watt}$$

- Eficiencia del 80%

$$P_{MA} = \frac{1428,192 \text{ Watt}}{0,80}$$

$$P_{MA} = 1785,24 \text{ W}$$

$$P_{MA} = 2,39 \text{ Hp}$$

- Velocidad de rotación para el agitador

Tabla 36-3: 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

Realizado por: Verónica Quile, 2018

Ecuación 31-3: Cálculo de la velocidad de rotación del agitador. HPE/OPS/CEPIS, 1992

$$V_{RA} = \sqrt[3]{\frac{P_{MA}}{k * \delta * (D_{ag})^5}} \quad \text{Ec. 31-3}$$

Donde:

V_{RA} : Velocidad de rotación para el agitador (rev/min)

P_{MA} : Potencia del motor (Kg*m²/s²)

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

δ : Densidad del líquido (Kg/m³)

D_{ag} : Diámetro del agitador(m)

$$V_{RA} = \sqrt[3]{\frac{6942,6 \frac{m^2 Kg}{s^3}}{6,3 * 998,23 \frac{Kg}{m^3} * (0,9m)^5}}$$

$$V_{RA} = 0,69 \frac{rev}{s}$$

$$V_{RA} = 41,60 \frac{rev}{min}$$

- Dosificación de Policloruro de aluminio

Ecuación 32-3: Cálculo de dilución en una concentración

$$C1 * V1 = C2 * V2 \quad \text{Ec. 32-3}$$

Donde:

C1: Concentración de PAC (100000 ppm)

C2: Concentración de PAC (valor a calcular)

V1: Volumen ocupado de la solución (3mL)

V2: Volumen del agua residual en la prueba de jarras (1000 mL)

$$100000 \text{ ppm} * 3 \text{ ml} = C2 * 1000 \text{ ml}$$

$$C2 = 300 \text{ ppm}$$

➤ Cantidad de Policloruro de aluminio:

$$C_{pac} = 300 \text{ ppm} * 3600L$$

$$C_{pac} = 1,08 \frac{\text{Kg}}{\text{carga}}$$

3.2.8.6 *Sedimentador circular cónico*

➤ Sedimentación

Es un proceso físico en el cual los sólidos suspendidos se separan de la parte líquida, por acción de gravedad. Los sedimentadores suelen ser tanques cilíndricos, en la parte superior y cónicos en la inferior, donde se acumulan y se extraen los lodos sedimentados.

Los estudios sobre sedimentación ponen de manifiesto que al aumentar el tiempo de sedimentación se incrementa la eficiencia de separación, si bien la mayor parte de sólidos se separan durante la primera hora y se da un ligero aumento al cabo de 4 horas, al tener tratamientos posteriores se deja sedimentar durante 2 horas. (Red Española de compostaje)



Figura 6-3: Sedimentadores cilíndricos de base cónica.

Fuente: Real Española de compostaje

➤ Tomando en cuenta el volumen de lixiviado a tratar establecemos valores para:

R_S = Radio superior (0,55 m)

r_i = Radio inferior (0,10 m)

h_i = Altura inferior (0,4 m)

➤ Volumen del cono

Ecuación 33-3: Cálculo del volumen del cono

$$V_c = \frac{\pi * h_i}{3} * (R_S^2 + r_i^2 + R_S * r_i)$$

Ec. 33-3

Donde:

V_c : Volumen del cono (m^3)

R_S : Radio superior (0,55m)

r_i : Radio inferior (0,10m)

h_i : Altura inferior (0,4m)

$$V_c = \frac{\pi * 0,4m}{3} * ((0,55m)^2 + (0,10m)^2 + 0,4m * 1m)$$

$$V_c = 0,147m^3$$

➤ Pendiente de la zona de lodos

Ecuación 34-3: Cálculo de la pendiente de lodos

$$\theta = \text{Arc tan} \frac{h_i}{R - r_i} \quad \text{Ec. 34-3}$$

Donde:

θ : Pendiente de la zona de lodos ($^\circ$). Este valor puede estar comprendido entre (40° a 60°)

R_S : Radio superior (0,55m)

r_i : Radio inferior (0,10m)

h_i : Altura inferior (0,4m)

$$\theta = 45^\circ$$

➤ Altura del cilindro

Ecuación 35-3: Cálculo del volumen del cilindro.

$$V_s = \pi * R^2 * h_2 \quad \text{Ec. 35-3}$$

A partir de la ecuación 40 de volumen del cilindro calculamos la altura

$$h_2 = \frac{V_s}{\pi * R^2}$$

Donde:

h_2 : Altura del cilindro (m)

$V_s = V_d$: Volumen de diseño (5,04 m³)

R_s : Radio superior (0,55m)

$$h_2 = \frac{5,04m^3}{\pi * (0,55m)^2}$$

$$h_2 = 5,30m$$

➤ Volumen total de la unidad de sedimentación

Ecuación 36-3: Cálculo del volumen total del sedimentador

$$V_T = V_c + V_s \quad \text{Ec. 36-3}$$

Donde:

V_T : Volumen total de la unidad de sedimentación (m³)

$V_s = V_d$: Volumen de diseño (5,04 m³)

V_c : Volumen del cono (m³)

$$V_T = 0,147m^3 + 5,04m^3$$

$$V_T = 5,187m^3$$

3.2.8.7 Era de secado

Las eras de secado se encargan de eliminar la humedad de los lodos, disminuyendo por lo tanto el volumen de estos y cambiando las características fisicoquímicas. Para la eliminación de estos lodos necesitan cierto tratamiento, es mejor disponer de varios lechos de secado en plantas que

disponen elevadas cantidades de lodos, los lechos se pueden recubrir con vidrio o plástico, cuando las condiciones del tiempo lo piden, pero deben prever de ventilación para eliminar el aire húmedo, el tiempo de secado depende de la altura de la capa del lodo por lo general se sugiere una altura de 20cm para un sedado rápido. En regiones de poca lluvia y humedad relativa baja el tiempo de secado es más corto(tiempo de verano) (Nemerow, 1998).

Los lodos producidos en una planta de tratamiento se dan en procesos como: coagulación y sedimentación, desarenadores, sedimentación, en tratamientos biológicos.

El objetivo del lecho de secado es disminuir la cantidad de agua de los lodos provenientes del sistema de tratamiento, al final de la deshidratación se obtiene un lodo quebradizo, esponjoso y de fácil remoción.



Figura 7-3: Era de secado

Fuente: <http://jumapam.gob.mx/2015/11/30/avanza-rehabilitacion-de-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-multiple/>

➤ Carga de sólidos

Caudal diario de lixiviado

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{7,2 \text{ m}^3}{1 \text{ día}}$$

$$Q = 7,2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Ecuación 37-3: Cálculo de dilución en una carga de sólido (Normas OPS/CEPIS, 2005)

$$C_{sol} = Q * SS \qquad \text{Ec. 37-3}$$

Donde:

C_{sol} : Carga de sólidos (Kg/día)

Q: Caudal (L/día)

SS: Sólidos suspendidos (mg/L)

$$C_{sol} = 7200 \frac{L}{día} * 152,33 \frac{mg}{L}$$

$$C_{sol} = 1096776 \frac{mg}{día}$$

$$C_{sol} = 1,96 \frac{Kg}{día}$$

➤ Masa de solidos que conforman los lodos

Ecuación 38-3: Cálculo sólidos que conforman los lodos. (Normas OPS/CEPIS, 2005)

$$MSL_o = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C_{sol}) + (0,5 * 0,3 * C_{sol}) \quad \text{Ec. 38-3}$$

Dónde:

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

C_{sol} : Carga de sólidos (Kg/día)

$$MSL_o = \left(0,5 * 0,7 * 0,5 * 1,96 \frac{Kg}{día} \right) + \left(0,5 * 0,3 * 1,96 \frac{Kg}{día} \right)$$

$$MSL_o = 3,103 \frac{Kg}{día}$$

➤ Volumen diario de lodos digeridos

Ecuación 39-3: Cálculo de dilución en una carga de sólido (Normas OPS/CEPIS, 2005)

$$VLd_i = \frac{MSL_o}{\delta lodos \left(\frac{\% sólidos}{100\%} \right)} \quad \text{Ec. 39-3}$$

Donde:

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

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

δ_{lodos} : Densidad del lodo = 1,04 kg/L (Obtenido de OPS/CEPIS/05.163)

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

$$VLd_i = \frac{3,103 \frac{Kg}{día}}{1,04 \frac{Kg}{L} \left(\frac{12\%}{100\%}\right)}$$

$$VLd_i = 24,86 \frac{L}{día}$$

$$VLd_i = 0,0248 \frac{m^3}{día}$$

➤ Volumen de lodos a extraerse

Ecuación 40-3: Cálculo volumen de lodos a extraerse (Normas OPS/CEPIS, 2005)

Tabla 37-3: 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

Realizado por: Verónica Quile, 2018

$$V_{LE} = \frac{VLd_i * t_{RDL}}{1000} \quad \text{Ec. 40-3}$$

Donde:

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse (m³)

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

t_{RDL} : Tiempo requerido para la digestión de lodos = 55 días

$$V_{LE} = 24,86 \frac{L}{día} * 55 \text{ días}$$

$$V_{LE} = 1367 L$$

$$V_{LE} = 1,367 m^3$$

➤ Área de la era de secado

Tabla 38-3: 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

Realizado por: Quile Veronica, 2018

Ecuación 41-3: Cálculo del área de la era de secado (Normas OPS/CEPIS, 2005)

$$A_{ES} = \frac{V_{LE}}{H_{ap}} \quad \text{Ec. 41-3}$$

Donde:

A_{ES} : Área de las eras de secado (m^2)

V_{LE} : Volumen de lodos a extraerse (m^3)

H_{ap} : Profundidad de aplicación = 0,40 m

$$A_{ES} = \frac{1,367 \text{ m}^3}{0,40 \text{ m}}$$

$$A_{ES} = 3,42 \text{ m}^2$$

➤ Área individual de la era de secado

Ecuación 42-3: Cálculo del área individual de la era de secado (Normas OPS/CEPIS, 2005)

$$A_{IES} = \frac{A_{ES}}{N^{\circ}\text{Lechos}}$$

Ec. 42-3

Donde:

A_{IES} : Área individual de la era de secado (m^2)

A_{ES} : Área de la era de secado (m^2)

Nº Lechos: Número de secciones

$$A_{IES} = \frac{3,42 m^2}{1}$$

$$A_{IES} = 3,42 m^2$$

➤ Longitud de la era de secado

Ecuación 43-3: Cálculo de la longitud de la era de secado (Normas OPS/CEPIS, 2005)

$$L_{ES} = \frac{A_{IES}}{b} \quad \text{Ec. 43-3}$$

Donde:

L_{ES} : Longitud de la era de secado (m)

b: Ancho de lecho = 1,60m

A_{IES} : Área individual de las eras de secado (m^2)

$$L_{ES} = \frac{3,42 m^2}{1,60m}$$

$$L_{ES} = 1,80 m$$

➤ Volumen de la era de secado

Ecuación 44-3: Cálculo volumen de la era de secado

$$V_{ES} = L_{ES} * b * H \quad \text{Ec. 44-3}$$

Donde:

V_{ES} : Volumen de la era de secado (m^3)

b: Ancho de lecho = 1,60 m

H: Altura = 0,40 m

$$V_{ES} = 1,80 m * 1,60 m * 0,40 m$$

$$V_{ES} = 1,152 m^3$$

3.2.8.8 Filtración con medios granulares

➤ Filtración

Por lo general la filtración suele ser una operación posterior a la sedimentación, como un complemento para la remoción de partículas que no se pudieron separar en el sedimentador, si el agua no contiene muchos sólidos suspendidos se puede emplear solo filtración. Durante la filtración los sólidos suspendidos son retenidos en el lecho filtrante, al saturarse disminuye la calidad de filtración por lo que es necesario remover los sólidos retenidos en la superficie del lecho filtrante, para lo cual se invierte el flujo de agua de manera que la nata de lodos formada se desprenda y sea enviada al lecho de secado de lodos. (FESTA-HIDROGEL).

El filtro saturado se debe limpiar y remover la nata de solidos formada en la superficie, efectuando un retrolavado, es decir aplicar un flujo de agua en sentido inverso a como fluye normalmente, de modo que se pueda desechar los lodos.

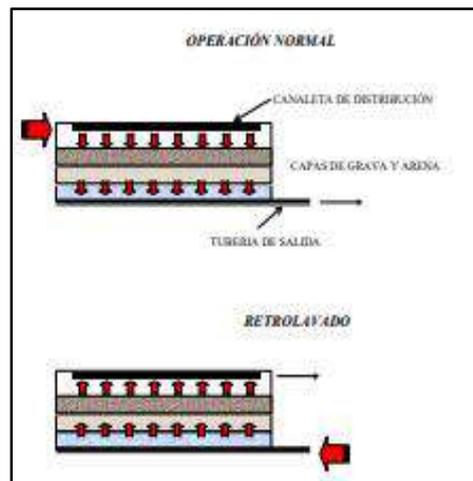


Figura 8-3: Retro lavado)

Fuente: (FESTA-HIDROGEL)

➤ Filtración con medios granulares

Consiste en formar un lecho con medios filtrantes de diferente granulometría, distribuyéndolas en capas alternadas, con el propósito de atrapar y retener solidos suspendidos presentes en el agua a tratar.

➤ Parámetros de la filtración

➤ Lecho filtrante

Material granular: el material más utilizado es la arena silícea, también se utiliza antracita, granete, también se puede emplear carbón activado granular, zeolita, que cumplen también con el objetivo a más de ser un medio filtrante la adsorción.

➤ Agua a filtrar

La composición del agua a filtrar es fundamental en el comportamiento del filtro, las características más importantes del agua a filtrar son la cantidad de sólidos en suspensión, tamaño y distribución de las partículas, un agua coagulada, floculada y sedimentada ve mejorada la calidad antes de filtrar

➤ Velocidad de filtración

Para conseguir buen beneficio el caudal a filtrar debe estar concerniente con la superficie de filtración utilizable, como medida básico para el diseño se utiliza la velocidad de filtración relacionada con el caudal y la superficie $V = \frac{Q}{S}$, la velocidad de filtración obedecerá del diámetro efectivo del material filtrante y de la estabilidad de los floculos o sólidos. Mientras más contaminada es el agua se necesita valores bajos de velocidad en un rango de 1-1.5m/h, además el lecho filtrante deberá tener una altura entre 1.0 y 1,50m

➤ En función de a velocidad de filtración a través de medios granulares, se tiene:

Filtración lenta: tiene como objetivo la depuración de aguas más contaminadas, estos filtros están compuestos de forma que el agua fluye muy despacio a través del lecho filtrante.

Filtración rápida: en este proceso, el agua atraviesa el lecho filtrante a velocidades elevadas, esta filtración se realiza en aguas que hayan tenido tratamientos previos.

➤ Ventajas de la filtración

- Resulta efectiva para la eliminación de micro contaminantes
- Reduce la turbidez inicial del agua.
- Se obtiene agua de calidad elevada.
- Se puede utilizar mano de obra no cualificada.

-El proceso es fácil de ejecutar a partir de la medición de turbiedad.

➤ Inconvenientes de la filtración

-Los filtros son susceptibles a sufrir atascamiento superficial por la elevada carga contaminante.

-La luz y elevados tiempos de retención pueden desarrollar algas que taponen el filtro.

➤ Carbón activado para depurar el agua

El carbón activado es un material capaz de extraer sustancias nocivas del agua contaminada. Su composición de gránulos negros de carbón, proveniente de materiales ricos en carbón como: madera, cascara de nuez, etc. Para la depuración a medida que pasa el agua por la capa de carbón activado, los contaminantes se adhieren a la superficie de los gránulos y así se va limpiando el agua, puede eliminar algunos metales presentes en el agua siempre que sean cantidades pequeñas. (Guía del ciudadano sobre el tratamiento con carbón activado).

➤ Regeneración del carbón

El carbón activado puede ser regenerado, una vez agotada su capacidad de adsorción. El carbón activo granular se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y su posterior eliminación de la superficie del carbón en un horno. En este proceso se destruye parte del carbón, entre un 5 y un 10%, y es necesario reemplazarlo por carbón nuevo o virgen. Es conveniente aclarar que la capacidad de adsorción del carbón regenerado es ligeramente inferior a la del carbón virgen. (Sevilla, 2009)



Figura 9-3: Carbón activado
Realizado por: Verónica Quile

➤ Zeolita para depurar el agua

➤ Zeolita

Las zeolitas son aluminosilicatos que tienen como estructura base tetraedros de $[\text{SiO}_4]^{4-}$ y $[\text{AlO}_4]^{5-}$, caracterizados por ser microporosos y cristalinos, en sus poros se encuentran cationes metálicos y agua con libertad de movimiento que permite el intercambio iónico y la deshidratación reversible. (Martinez, y otros, 2016)

➤ Propiedades más relevantes de la zeolita:

Porosidad: Las zeolitas son formadas por canales y cavidades regulares y uniformes de dimensiones moleculares (3 a 13nm) que son medidas similares a los diámetros cinéticos de una gran cantidad de moléculas, la zeolita al tener un poro suficientemente ancho las moléculas se irán adsorbiendo formando una monocapa a una distancia determinada de la superficie, y al aumentar la cantidad adsorbida el adsorbato se ira ordenando en capas sucesivas. (Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros, 2006)

Adsorción: el potencial de adsorción origina una fuerza atractiva que provoca el acercamiento de la molécula a la superficie, la alta eficiencia de adsorción de la zeolita se debe a la gran superficie interna que tiene.

Intercambio iónico: se considera una propiedad intrínseca de estos minerales pues es el producto de la sustitución isomórfica de los átomos de silicio de su estructura cristalina por otros átomos.

➤ Activación de la zeolita

La zeolita para poder filtrar debe ser activada, su activación se realizará de forma química y térmica, de forma química se realiza con NaCl al 10% cubriendo totalmente la zeolita y dejar reposar durante 1 hora, luego se deja escurrir; mientras que la activación térmica consiste en llevar la zeolita escurrida a la estufa a temperatura de 100 °C durante 1 hora, después de este proceso se lava con agua destilada.

➤ Regeneración de la zeolita

La regeneración de la zeolita se realiza vaciando el agua del filtro y sustituyéndola por una solución de NaCl en agua al 10% es decir (1kg de sal en 10 L), dejarlo reposar durante 12 horas,

por lo cual al sumergir la zeolita saturada en solución saturada de sodio la zeolita invierte su tendencia y desprende los iones para captar iones de sodio, y resulta un filtro limpio y la zeolita procede a encontrar nuevos iones para intercambiarlos con los iones de sodio recientes adquiridos. (AQUA)



Figura 10-3: Zeolita
Fuente: Quile Verónica, 2018

➤ Grava y arena

Los filtros de grava y arena son los más utilizados para depurar cargas bajas de contaminantes retiene partículas de hasta 20 micras de tamaño las partículas son retenidas durante el paso del agua a través de un lecho filtrante, la calidad de filtración depende de varios parámetros como altura del lecho filtros, forma del filtro, velocidad de filtración, etc. (SEFILTRA)



Figura 11-3: Grava y arena
Realizado por : Quile Verónica, 2018

➤ Filtro circular ascendente

Tabla 39-3: Parámetros de diseño para el filtro

Parámetro	Sigla	Unidad	Valor
Diámetro del filtro	d	m	1,46

Velocidad de filtración	V_F	m/h	1-1,5
Altura del drenaje	F_C :	m	0,15
Separación entre laterales	S_{el} :	m	0,70
Espesor de la capa de arena fina	e_{Am}	m	0,10
Espesor de la capa de carbón activado	e_{CA}	m	0,30
Espesor de la capa de zeolita	e_Z	m	0,30
Espesor de la capa de arena	e_A	m	0,30
Altura de la capa de soporte	C_S	m	0,30
Altura del drenaje	F_C :	m	0,15
Altura de la capa de agua	C_a :	m	1,25

Fuente: (Larrea, 2015); (Marron.S., 1999); (Sotelo, G.1998)

Realizado por: Quile Verónica, 2018

➤ Área del filtro ascendente

Ecuación 45-3: Cálculo área del filtro ascendente (Larrea, 2015)

$$A_F = \frac{\pi * d^2}{4} \quad \text{Ec. 45-3}$$

Donde:

A_F = Área del filtro (m^2)

d^2 = Diámetro del filtro (1,46 m)

$$A_F = \frac{\pi * (1,46 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_F = 2,8 \text{ m}^2$$

Ecuación 46-3: Cálculo del caudal de diseño del filtro (Larrea, 2015)

Con la velocidad de filtración y el área del filtro procedemos a calcular el caudal de diseño con la siguiente fórmula.:

Velocidad de filtración (V_F) = 1,3 m/h filtro rápido

$$V = \frac{Q}{A_F} \rightarrow \quad Q = A_F * V_F \quad \text{Ec. 46-3}$$

Donde:

D_F = Diámetro del filtro (m)

A_F = Área del filtro (m^2)

$$Q = 2,8 m^2 * 1,3 m/h$$

$$Q = 3,6 m^3/h$$

➤ Radio del filtro

Ecuación 47-3: Cálculo radio del filtro ascendente (Marron,S., 1999)

$$r_F = \sqrt{\frac{A_F}{\pi}} \quad \text{Ec. 47-3}$$

Donde :

D_F = Radio del filtro (m)

A_F = Área del filtro (m^2)

$$r_F = \sqrt{\frac{2,8 m}{\pi}}$$

$$r_F = 0,73m$$

➤ Altura del lecho filtrante

Ecuación 48-3: Cálculo de la altura del filtro ascendente (Marron,S., 1999)

$$HLF = e_{CA} + e_Z + e_A \quad \text{Ec. 48-3}$$

Donde:

HLF : Altura del lecho filtrante (m)

e_{CA} : Espesor de la capa de carbón activado (0,30m)

e_Z : Espesor de la capa de zeolita (0,30m)

e_A : Espesor de la capa de arena (0,30m)

e_{Am} : Espesor de la capa de arena fina (0,10m)

$$HLF = 0,30m + 0,30m + 0,30m + 0,10 m$$

$$HLF = 1m$$

- Altura del filtro

Ecuación 49-3: Cálculo de la altura del filtro (Marron,S., 1999)

$$h_F = fs(C_a + HLF + C_S + F_C) \quad \text{Ec. 49-3}$$

Donde:

h_F : Altura del filtro (m)

fs : Factor de seguridad (10%)

C_a : Altura de la capa de agua (1,25m)

HLF : Altura del lecho filtrante (m)

C_S : Altura de la capa de soporte (0,30m)

F_C : Altura del drenaje (0,15m)

$$h_F = 1,10(1,25m + 1m + 0,30m + 0,15m)$$

$$h_F = 3m$$

- Número de laterales perforada

Ecuación 50-3: Cálculo del número de laterales del filtro (Marron,S., 1999)

$$N_L = \frac{2D_F}{S_{el}} \quad \text{Ec. 50-3}$$

Donde:

N_L : Numero de laterales.

D_F : Diámetro del filtro.

S_{el} : Separación entre laterales (0,70m)

$$N_L = \frac{2(1,43m)}{0,70m}$$

$$N_L = 4,08 \approx 4 \text{ unidades}$$

- Área de los orificios laterales

Ecuación 51-3: Cálculo área de los orificios laterales (Marron,S., 1999)

$$A_{ol} = \frac{\pi D_{ol}^2}{4} \quad \text{Ec. 51-3}$$

Donde:

A_{Ol} : Área de los orificios laterales (m^2)

D_{Ol} : Diámetro de orificio: 0,013 (m)

$$A_{Ol} = \frac{\pi(0,013m)^2}{4}$$

$$A_{Ol} = 0,000133m^2$$

$$A_{Ol} = 1,32cm^2$$

➤ Caudal de cada orificio

Ecuación 52-3: Cálculo del caudal de cada orificio. (Marron,S., 1999)

$$Q_o = A_o * v_o \quad \text{Ec. 52-3}$$

Donde

Q_o : Caudal de cada orificio (m^3/s)

A_o : Área de los orificios laterales (m^2)

v_o : Velocidad de mínimo en los orificios: 0,3 (m/s)

$$Q_o = 0,000133m^2 * 0,3m/s$$

$$Q_o = 0,0000399 \frac{m^3}{s}$$

➤ Sistema de lavado de filtro

Ecuación 53-3: Cálculo del sistema de lavado del filtro (Marron,S., 1999)

$$Q_{lavado} = A_F * v_{lavado} \quad \text{Ec. 53-3}$$

Donde:

Q_{lavado} : Caudal de lavado del filtro (m^2)

A_F : Área del filtro (m^2)

v_{lavado} : Velocidad de lavado: 0,02 (m/s)

$$Q_{lavado} = 2,8 m^2 * 0,02m/s$$

$$Q_{lavado} = 0,06 m^3/s$$

$$Q_{lavado} = 60 L/s$$

- Área del canal

Ecuación 54-3: Cálculo área del canal de lavado (Marron,S., 1999)

$$A_{CL} = \frac{Q_{lavado}}{V_{CD}} \quad \text{Ec. 54-3}$$

Donde:

A_{CL} : Área del canal

Q_{lavado} : Caudal de lavado (m^3/s)

V_{CD} : Velocidad en el canal de descarga: 1,5 (m/s). Recomendado por Romero, J., (2008)

$$A_{CL} = \frac{0,06 \text{ m}^3/s}{1,5 \text{ m/s}}$$

$$A_{CL} = 0,04m^2$$

$$A_{CL} = 4cm^2$$

- Ancho del canal de lavado

Ecuación 55-3: Cálculo ancho del canal de lavado (Marron,S., 1999)

$$b_{CL} = \sqrt{A_{CL}} \quad \text{Ec. 55-3}$$

Donde:

b_{CL} : Ancho del canal de lavado (m^2)

A_{CL} : Área del canal de lavado (m^2)

$$b_{CL} = \sqrt{0,04m^2}$$

$$b_{CL} = 0,2m$$

$$b_{CL} = 20cm$$

- Alto del canal de lavado

Ecuación 56-3: Cálculo alto del canal de lavado (Marron,S., 1999)

$$H_{CL} = \frac{A_{CL}}{b_{CL}} \quad \text{Ec. 56-3}$$

Donde:

H_{CL} : Alto del canal de lavado (m)

A_{CL} = Área del canal de lavado (m^2)

b_{CL} = Ancho del canal de lavado (m)

$$H_{CL} = \frac{0,04m^2}{0,2m}$$

$$A_{CL} = 0,2m$$

➤ Velocidad óptima del lavado de filtro

Ecuación 57-3: Cálculo de velocidad óptima de lavado del filtro (Marron,S., 1999)

$$v_{op} = C_U * D_E \quad \text{Ec. 57-3}$$

Donde:

v_{op} : Velocidad óptima de lavado del filtro

C_U : Coeficiente de uniformidad: 1,8.(Sotelo, G. 1998)

D_E : Coeficiente de uniformidad: 0,4 (mm). (Sotelo, G. 1998)

$$v_{op} = 1,8 * 0,4$$

$$v_{op} = 0,73 \text{ m/min}$$

$$v_{op} = 0,012 \text{ m/s}$$

➤ Volumen de agua requerida para el lavado del filtro

Ecuación 58-3: Cálculo área del filtro ascendente (Marron,S., 1999)

$$V_{lf} = A_F * v_{op} * t_{LF} \quad \text{Ec. 58-3}$$

Donde:

A_F : Área del filtro (m^2)

v_{op} : Velocidad óptima del lavado de filtro (m/min)

t_{LF} : Tiempo óptimo de lavado: 15 (min).

$$V_{lf} = 3m^2 * 0,73 \text{ m/min} * 15 \text{ min}$$

$$V_{lf} = 32 \text{ m}^3$$

3.2.8.9 Resultados del dimensionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados

Tabla 40-3: Resultados del dimensionamiento del Canal

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Área del canal	A_c	0,4	m^2
Longitud del canal	L	1	m
Radio hidráulico	RH	0,166	m
Velocidad de aproximación	V_{ap}	0,052	m/s
Altura máxima del agua	h_{max}	0,44	m

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 41-3: Resultados del dimensionamiento de las Rejillas

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Longitud de las barras	L_b	0,62	m
Nivel máximo de agua	$n_{máx}$	0,171	m
Longitud sumergida de las barras	L_s	0,24	m
Separación entre barras para rejillas finas	b_g	0,27	m
Número de barras	N_b	18	Unidades
Pérdida de carga a través de las rejillas	h_c	0,0074	m

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 42-3: Resultados del dimensionamiento del desarenador

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Ancho del desarenador	A_D	0,36	m
Longitud de base del desarenador	L_D	0,95	m
Capacidad del tanque colector	mR	212,88	Kg
Volumen del sedimento	V	0,1113	m^3
Profundidad del colector	d_r	0,33	m
Ancho del colector a la entrada	A_1	0,12	m
Longitud de transición a la salida del desarenador	L_s	0,22	m
Longitud del desarenador a la entrada	L_e	1,90	m

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 43-3: Resultados del dimensionamiento del tanque agitador

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Volumen de diseño	V_d	5,04	m^3
Diámetro del tanque	D_t	1,80	m
Altura del tanque	h_T	1,98	m
Diámetro del agitador	D_{agi}	0,9	m
Altura del rodete sobre el fondo del tanque	A_R	0,6	m
Ancho de las paletas	A_P	0,18	m
Diámetro del sujetador de las paletas	D_{SP}	0,6	m
Ancho de las placas deflectoras	A_{PD}	0,15	m
Longitud de las palas del rodete	L_{PR}	0,225	m
Altura total del tanque	H_{Ta}	2,28	m
Potencia del motor para el agitador	P_{MA}	1785,24	W
Velocidad de rotación para el agitado	V_{RA}	41,60	rev/min

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 44-3: Resultados de dosificación de Policloruro de aluminio (PAC)

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Cantidad de Policloruro de aluminio	$Cant_{PAC}$	1,08	$Kg/carga$

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 45-3: Resultados del dimensionamiento del sedimentador circular

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Radio superior (cilindro)	R_S	0,55	m
Radio inferior (cono)	r_i	0,10	m
Altura inferior (cono)	h_i	0,4	m
Volumen del cono	V_c	0,147	m^3
Pendiente de la zona de lodos	θ	45	$^\circ$
Altura del cilindro	h_2	5,30	m
Volumen total de la unidad de sedimentación	V_T	5,187	m^3

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 46-3: Resultados del dimensionamiento de la era de secado

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Carga de sólidos	C_{sol}	1,96	$Kg/día$
Masa de sólidos que conforman los lodos	MSL_o	3,103	$Kg/día$
Volumen diario de lodos digeridos	VLd_i	0,0248	$m^3/día$
Volumen de lodos a extraerse	V_{LE}	1,367	m^3
Área de la era de secado	A_{ES}	3,42	m^2
Área individual de la era de secado	A_{IES}	3,42	m^2
Longitud de la era de secado	L_{ES}	1,80	m
Volumen de la era de secado	V_{ES}	1,152	m^3

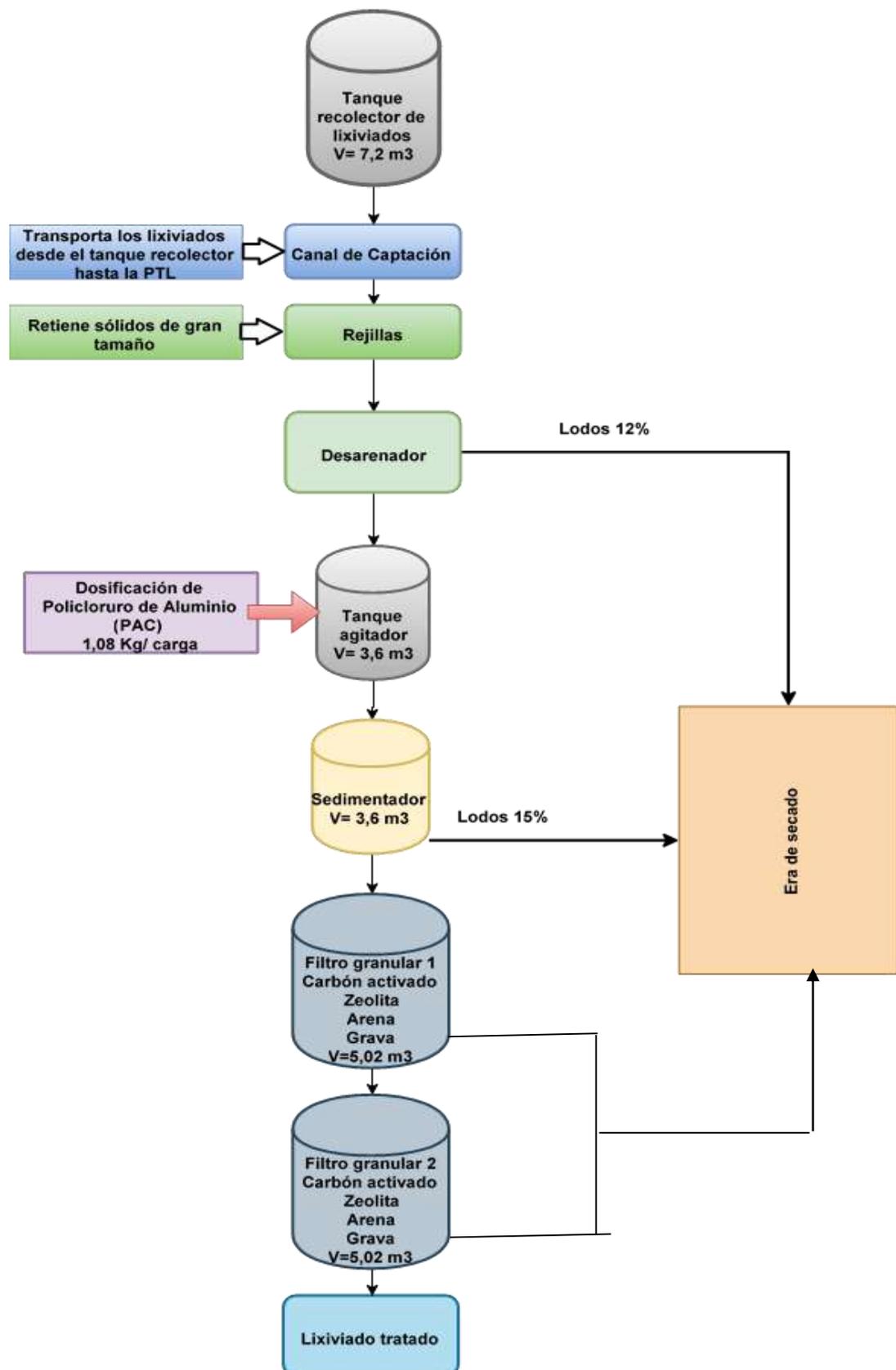
Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 47-3: Resultados del dimensionamiento los filtros granulares

Parámetros	Símbolos	Valor	Unidades
Área del filtro	A_F	2,8	m^2
Diámetro del filtro	D_F	1,46	m
Radio del filtro	r_F	0,73	m
Altura del lecho filtrante	H_{LF}	1	m
Altura del filtro	h_F	3	m
Área de los orificios laterales	A_{Ol}	1,32	cm^2
Caudal de cada orificio	Q_o	0,0000399	m^3/s
Caudal de lavado del filtro	Q_{lavado}	0,06	m^3/s
Área del canal de lavado del filtro	A_{CL}	0,04	m^2
Alto del canal de lavado	H_{CL}	0,2	m
Velocidad óptima de lavado del filtro	v_{op}	0,012	m/s
Volumen de agua requerida para el lavado del filtro	V_{lf}	32	m^3

Realizado por: Quile Verónica, 2018

3.2.9 Proceso de producción



3.2.10 Presupuesto

Tabla 48-3: Presupuesto de implementación de equipos

Preparación del terreno				
Especificaciones	Unidades	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Limpieza y desbroce	m ²	16	1,14	18,24
Nivelación del suelo y recolección de material	m ²	16	5,39	86,24
			Subtotal	104,48
Canal de captación				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Limpieza y desbroce	m ²	3,5	1,14	3,99
Replanteo y nivelación	m ²	3,5	0,97	3,39
Excavación manual para el canal	m ³	0,5	5,33	2,66
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m ³	0,5	110,36	55,18
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm ²	m ³	4	120,02	480,08
			Subtotal	545,90
Rejillas				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Marco de acero	m ²	2	3	6
Barras de hierro	m ²	18	2,6	46,8
			Subtotal	52,8
Desarenador				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Excavación manual	m ³	4,5	5,33	23,98
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm ²	m ³	3,45	120,02	414,06
Malla electrosoldada 6mm 15x15cm	m ²	4,5	5,45	24,525
Encofrado de muros	m ²	4	12,9	51,6
			Subtotal	514,16
Tanque agitador				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Excavación manual	m ²	3	5,33	15,99
Estructura circular de acero inoxidable	m ³	5,04	481,051	2424,49
Estructura de soporte de acero	u	1	250,5	250,5
Hormigón S. F'c=210 kg/cm ²	m ³	2	120,02	240,5
Turbina de 6 aspas	u	1	128,5	128,5
Motor de agitación	u	1	1500	1500
			Subtotal	3134,51

Sedimentador				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Excavación del suelo	m ²	3	5,33	15,99
Estructura de acero inoxidable	m ³	5,187	495,08	2567,97
Estructura de soporte de acero	u	1	250,5	250,5
Hormigón S. F'c=210 kg/cm2	m ³	2,5	120,02	300,05
			Subtotal	3134,51
Filtro granular de flujo descendente				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Limpieza desbroce	m ²	4	1,14	4,56
Replanteo y nivelación	m ²	4	40,97	3,88
Excavación manual	m ³	2	5,33	10,66
Replantillo H.S. 140 Kg/cm2	m ²	1	110,36	110,36
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm2	m ³	15	120,02	1800,30
Enlucido circular con impermeabilizante	m ²	18	8,47	152,46
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	9	5,45	49,05
Grava pedregosa (filtrante)	m ³	0,68	14	9,52
Arena de 30 mm	m ³	0,5	16	8
Zeolita	m ³	0,5	25	12,5
Carbón activado	m ³	0,5	1000	500
			Subtotal	2661,29
			Total (2 filtros)	5322,58
Era de secado				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Excavación manual	m3	15	5,33	79,95
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm2	m3	10	120,02	1200,20
Arena	m3	1	12,50	12,50
Grava	m3	1	14	14
			Subtotal	1306,65
Válvulas-accesorios y tubería				
Especificaciones	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Costo total (\$)
Válvula de compuerta r.w d=3"	U	3	443,07	1329,21
Válvula de compuerta r.w d=3,22"	U	2	480,05	960,1
Codo PVC d= 3"	U	5	2	10
Tubería PVC d=3"	m	20	5,22	104,4
Tubería PVC d=3,22"	m	2	5,75	11,5
			Subtotal	2415,21
			Costo total	17955,81

Fuente: Arq. Junior Palacios
Realizado por: Verónica Quile, 2018

Tabla 49-3: Presupuesto de implementación de productos químicos

Presupuesto de productos químicos						
Descripción	Dosificación Kg/día	Costo por unidad (\$)	Costo diario (\$)	Costo semanal	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Policloruro de Aluminio (PAC)	2,16	1,456	3,14496	6,289	25,16	301,87
				Total	25,16	301,87

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 8-3: Presupuesto total de mano de obra

Costos de mano de obra			
Descripción	Cantidad (personas)	Precio Unitario (\$)	Precio Global (\$)
Albañil	5	389,73	1948,65
Soldador	2	389,73	779,46
Electricista	2	389,73	779,46
		Subtotal	3507,57

Fuente: Arq. Junior Palacios

Realizado por: Quile Verónica, 2018

Tabla 51-3: Presupuesto total de la inversión para el sistema de tratamiento

Tipo de costo	Valor de la inversión (\$)
Presupuesto de implementación de equipos	17955,81
Presupuesto de productos químico	25,16
Presupuesto total de mano de obra	3507,57
Presupuesto Total	21488,54

Realizado por: Quile Verónica, 2018

3.2.11 Cronograma de ejecución del proyecto

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1º mes				2º mes				3º mes				4º mes				5º mes				6º mes							
	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	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización física, química y bacteriológica		■	■	■	■	■	■	■																				
Identificación de variables		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																
Realización de pruebas de tratabilidad		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Dimensionamiento del sistema de tratamiento de lixiviados													■	■	■	■	■	■	■	■								
Factibilidad técnica y económica del diseño													■	■	■	■	■	■	■	■								
Validación del diseño (caracterización 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: Quile Verónica, 2018

3.2.12 *Análisis y Discusión*

Los lixiviados generados en la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha son canalizados a un tanque recolector de 7,27 m³ de capacidad, los cuales son descargados al río Mocha sin previo tratamiento, lo cual genera contaminación principalmente a las aguas del río así como también, al suelo y aire, debido la carga de contaminantes que presente este efluente (lixiviado), por tal motivo el GAD Mocha encargado de preservar el ambiente en el Cantón busca la mejor opción de tratamiento en las descargas de lixiviados.

Para la realización del presente trabajo se realizó un reconocimiento del lugar, posteriormente se realizó un muestreo compuesto del lixiviado en el tanque recolector con el objetivo de realizar a caracterización inicial del lixiviado y determinar los parámetros que se encuentran fuera de la norma que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, entre los parámetros que superan estos límites tenemos: Color (1793,33 Pt/Co), Color real (1431,66 Pt/Co), Turbiedad (186,33 NTU), Aceites y Grasas (37,16 mg/L), DBO₅ (436,66 mg/L), DQO (760 mg/L), Hierro Total (15,93 mg/L), Manganeseo Total (5,84 mg/L), Nitrógeno Amoniacal (159,33 mg/L), Nitrógeno Total (53,66 mg/L), Plomo (8,3 mg/L), Sólidos Suspendidos Totales (152,33 mg/L) y Sólidos Totales (3780 mg/L).

Una vez realizada la caracterización inicial, se procedió a determinar el índice de biodegradabilidad relacionando DBO₅ /DQO con la finalidad de determinar el tratamiento a efectuarse, al resultar $DBO_5 / DQO = 0,57$ permite la selección de un tratamiento físico-químico o biológico, optando por un tratamiento físico- químico debido a los altos costos requeridos para un sistema biológico y su efectividad disminuye con el tiempo.

Por lo tanto se procedió a realizar las pruebas de tratabilidad en el laboratorio de Calidad del Agua de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, mediante test de jarras utilizando 3 coagulantes al 10% (100g/L) Sulfato de Aluminio, Cloruro Férrico y Policloruro de Aluminio, los cuales fueron dosificados en varias concentraciones inicialmente se añadieron 15 ml de cada coagulante en diferente muestra (lixiviado) de 1 litro, teniendo una turbiedad inicial de 207 NTU y como resultado un porcentaje de remoción de turbiedad de 98,07% con Cloruro Férrico, 88,22% con Sulfato de aluminio y 97,57% con Policloruro de aluminio, descartando el Sulfato de aluminio por que la reducción de turbiedad en comparación con los otros coagulantes fue menor; una vez descartado un coagulante se procedió a dosificar en menor concentración los 2 coagulantes restantes por lo que añadió 10ml de coagulante en diferente muestra de 1 litro, obteniendo un porcentaje de remoción de turbiedad de 96,18% con Cloruro Férrico y 97,99% con Policloruro de Aluminio; no se descartó esta vez ningún coagulante, por lo que para reducir aún más la

concentración se añadió 5ml de cada coagulante en diferente muestra de 1 litro, obteniendo un porcentaje de remoción de turbiedad de 90,84% con Cloruro Férrico y 97,17% con Policloruro de Aluminio; por lo que se descartó el Cloruro Férrico.

Luego se procedió a realizar pruebas de dosificación con Policloruro de aluminio en menores concentraciones añadiendo 3 ml, 4ml, 5ml y 6ml a diferente muestra de un 1 litro, obteniendo un porcentaje de remoción de turbiedad de 94,86% con 3ml, 95,57% con 4ml, 96,27% con 5ml y 97,25% con 6ml, determinando que la dosis adecuada es de 3ml de Policloruro de Aluminio para evitar el consumo de elevadas cantidades de coagulante y obtener una buena remoción; una vez determinado el coagulante idóneo cabe recalcar que el pH de la muestra no se vio afectado, con respecto al color inicialmente se tenía un valor de 1870 Pt/Co , al añadir 3ml de coagulante se obtuvo 450 Pt/Co disminuyendo un 75,93%, sin embargo al presentar coloración es un indicativo de presencia de contaminantes, por lo que se procede a colocar desde 0,1 a 0,7 ml de solución de cloro en 100ml de la muestra previamente tratada con Policloruro de Aluminio.

A medida que se añadía mayor cantidad de cloro el color disminuía, pero la concentración de cloro en la muestra aumentaba, descartando la posibilidad de dosificar cloro en la muestra, por lo que se procedió a filtrar la muestra utilizando carbón activado, zeolita, arena y grava gruesa, se realizó varias pruebas de filtración resultando más idóneo la utilización de 2 filtros para evitar taponamiento.

Esto se comprobó con la caracterización física, química y microbiológica de la muestra tratada obteniendo los siguientes resultados: Color (77 Pt/Co) con una remoción de 95,70%, Color real (inapreciable en dilución 1/20), Turbiedad (8,9 NTU) con una remoción de 95,22%, Aceites y Grasas (4,5 mg/L) con una remoción de 87,89% , DBO₅ (71 mg/L) con una remoción de 83,74% , DQO (156 mg/L) con un porcentaje de remoción de 79,47%, Hierro Total (1 mg/L) con un porcentaje de remoción de 93,72%, Manganeso Total (0,02 mg/L) con un porcentaje de remoción de 99,65% , Nitrógeno Amoniacal (12,75 mg/L) con un porcentaje de remoción de 91,99% , Nitrógeno Total (29,62 mg/L) con un porcentaje de remoción de 44,80%, Plomo (0,13 mg/L) con un porcentaje de remoción de 98,43%, Sólidos Suspendidos Totales (6 mg/L) con una remoción de 96,06%, Sólidos Totales (1000 mg/L) con un porcentaje de remoción de 73,54% y Coliformes fecales (<1), cumpliendo con los valores establecidos en la normativa ambiental vigente, Tabla 9.Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Una vez determinado el tratamiento más idóneo para los lixiviados generados en la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, se establecieron los parámetros del diseño de la planta de tratamiento de lixiviados, con cálculos de ingeniería y según los requerimientos el

proceso requiere de: un Canal de captación desde el tanque recolector hacia la Planta de tratamiento con (alto = 0,40m),(ancho=0,20m)y(largo =1,2m); sistema de rejillas con (número de barras 24 unidades), (longitud de barras=0,59m)y (ángulo de inclinación de 45°); un Desarenador con (longitud de 2,78m),(ancho=0,80m)y (altura de 0,50m); un Tanque agitador cilíndrico vertical de (diámetro:1,80m), (altura=2,28m) y (volumen de 3,6 m³); un Sedimentador circular cónico de(altura=5m), (diámetro superior= 1,1m) y (volumen =5,187m³); era de secado (ancho=1,60m), (longitud=1,80m) y (altura=0,40m); dos filtros circulares de flujo descendente

CONCLUSIONES

- Se diseñó una planta de tratamiento de tratamiento de lixiviados para la celda emergente del botadero de basura del Cantón Mocha, Provincia de Tungurahua, con la finalidad de adecuar un proceso idóneo para el tratamiento de estos lixiviados de manera que puedan ser descargados al río con el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
- Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica de los lixiviados, logrando identificar los parámetros que algunos no cumplen con la normativa que rige el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9 los cuales son: Color (1793,33 Pt/Co), Color real (1431,66 Pt/Co), Turbiedad (186,33 NTU), Aceites y Grasas (37,16 mg/L), DBO₅ (436,66 mg/L), DQO (760 mg/L), Hierro Total (15,93 mg/L), Manganeso Total (5,84 mg/L), Nitrógeno Amoniacal (159,33 mg/L), Nitrógeno Total (53,66 mg/L), Plomo (8,3 mg/L), Sólidos Suspendidos Totales (152,33 mg/L) y Sólidos Totales (3780 mg/L).
- De acuerdo al índice de biodegradabilidad DBO₅ /DQO= 0,57 se seleccionó el tratamiento físico-químico, para lo cual se realizaron pruebas de tratabilidad utilizando Policloruro de Aluminio seguido de una doble filtración con medios granulares grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena para mayor remoción de carga contaminante.
- La variable de diseño para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados es el volumen a tratar 3,6 m³/carga cada 4 días.
- La planta de tratamiento constara de un canal rectangular, un sistema de rejillas con 18 unidades, un Desarenador con capacidad de 0,8 m³, un Tanque agitador cilíndrico vertical de con capacidad de 3,6 m³, un Sedimentador circular cónico de capacidad 5,187m³, una era de secado con capacidad de 1,152 m³, dos filtros circulares de flujo ascendente con grava gruesa, grava fina, zeolita, carbón activado y arena con capacidad de 5 m³.
- El dimensionamiento de la Planta de tratamiento de lixiviados se validó después de las pruebas de tratabilidad con la caracterización de los parámetros que se encontraban fuera de norma, evidenciando la remoción de estos parámetros con los siguientes valores :Color con 95,70%, Color real (inapreciable en dilución 1/20), Turbiedad con 95,22%, Aceites y Grasas con 87,89% , DBO₅ con 83,74% , DQO con 79,47%, Hierro Total con 93,72%, Manganeso Total con 99,65% , Nitrógeno Amoniacal con 91,99% , Nitrógeno Total con 44,80%, Plomo con 98,43%, Sólidos Suspendidos Totales con 96,06%, Sólidos Totales con 73,54% y Coliformes fecales (<1), cumpliendo con la normativa vigente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la implementación de la Planta de tratamiento de lixiviados, para evitar alta contaminación en el río Mocha, además se evitaría malos olores en el sector.
- Realizar con frecuencia la caracterización física, química y microbiológica del lixiviado que ingresa y del lixiviado que salen de la planta de tratamiento de modo que permita el control de los parámetros de acuerdo a la normativa ambiental vigente y el correcto funcionamiento de operación de la PTL.
- La dosificación del coagulante se debe realizar de forma manual cuando el tanque agitador se haya llenado con 3,6 m³ de lixiviado a tratar con la cantidad adecuada de coagulante (10,8 L Policloruro de Aluminio).
- Se recomienda realizar el mantenimiento periódico a los equipos de la PTL, para evitar errores de funcionamiento.
- Los lodos resultantes del proceso deberán ser deshidratados al ambiente para posteriormente puedan ser enviados a un tratamiento o se los pueda desechar con las debidas precauciones.
- Es necesario capacitar a los operarios sobre el funcionamiento de la Planta de tratamiento de lixiviados y las debidas precauciones que se deben tomar con este efluente dañino para la salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Aguilar, M. et al.** *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación.* Murcia : s.n., 2002. pág. 20.
2. **Ambientum.** *Mecanismos fermentación anaeróbica.* [En línea] [Citado el: 22 de septiembre de 2018.] https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/mecanismos_fermentacion_anaerobia.asp.
3. **Análisis de aguas .** *Análisis de aguas .* Universidad Politécnica de Cartagena. [En línea] [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf.
4. **AQUA.** *¿Qué es la regeneración salina y como se lleva a cabo? zeolita natural AQUA.* [En línea] [Citado el: 25 de noviembre de 2018.] <https://sites.google.com/site/tribarnet/modo-de-funcionamiento-de-la-zna/-que-es-la-regeneracion-salina-y-como-se-lleva-a-cabo->.
5. **BUREAU BERITAS.** *Manual para formación en medio ambiente. s.l. : Lex Nova, 2008.* pág. 209.
6. **Caicedo, M.** *Disposición Final RS Relleno Sanitario.* [En línea] [Citado el: 19 de septiembre de 2018.] <https://es.calameo.com/read/003173550120aab9576b1>.
7. **Camargo, Y y Vélez,A.** *Redisa. Emisiones de biogas producidas en rellenos sanitarios.* [En línea] 2009. [Citado el: 20 de septiembre de 2018.] <http://www.redisa.net/doc/artSim2009/TratamientoYValorizacion/Emisiones%20de%20biog%C3%A1s%20producidas%20en%20rellenos%20sanitarios.pdf>.
8. **Campos, I.** *Saneamiento Ambiental.* San José : Universidad Estatal a Distancia, 2003,. pág. 132.
9. **Cantanhede, A, y Sandoval, L.** *Rellenos Sanitarios Manuales.* [En línea] 2014. [Citado el: 02 de septiembre de 2018.] <http://reciclario.com.ar/wp-content/uploads/Rellenos-Sanitarios.pdf>.
10. **Colmenares, W y Santos,K.** *Ingeniería Química. Generación y manejo de gases en sitios de disposición final.* [En línea] 2007. [Citado el: 20 de septiembre de 2018.]

file:///C:/Users/Usuario/Documents/TESS/MARCO%20TEORICO/relleno-sanitario.pdf.

11. **Comisión Nacional del Agua.** *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.* [En línea] [Citado el: 23 de octubre de 2018.] <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2016/04/SGAPDS-1-15-Libro46.pdf>.
12. **Delgado,J y Fernández,N.** *Evaluación de suministro del suministro de energía eléctrica y diseño de la alternativa más adecuada en la finca la Mar (Esmeraldas).* ESPOCH. [En línea] 2011. [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/878/1/15T00473.pdf?fbclid=IwAR0jdFZHiONercuMW-zuDtuabo2zqKQP7gjA113fkcas4ArH_4nyziflBtk.
13. **Díaz, R.** *Causas y soluciones del problema de olores en plantas de tratamiento de aguas residuales.* Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] 2013. [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4144/Tesis.pdf.pdf?sequence=1>.
14. **DIGESA.** *Parámetros organolépticos. GESTA AGUA.* [En línea] [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf.
15. **Dulis, V.** *Propuesta para incrementar la vida útil del Relleno Sanitario "Canoas" , Cantón Santa Rosa, Provincia de el Oro.* [En línea] 2016. [Citado el: 12 de agosto de 2018.]
16. **ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.** *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. FIODM.* [En línea] 2012. [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] <http://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>.
17. **Enciclopedia Ambiental Ambientum.** *Mecanismos fermentación anaeróbica.* [En línea] s.f. [Citado el: 22 de septiembre de 2018.] https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/mecanismos_fermentacion_anaerobia.asp.
18. **Fernandez, A, y otros.** *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales.* Madrid : s.n., 2006. págs. 18-24.

19. **FESTA-HIDROGEL.** *Filtración.* [En línea] [Citado el: 10 de noviembre de 2018.] <http://filtrosyequipos.com/festa/FESTA/breves/filtracion.pdf>.
20. **Frers, C.** *El problema de los basurales a cielo abierto y como buscar una solución.* [En línea] 2009. [Citado el: 11 de agosto de 2018.] https://www.ecoportal.net/temas-especiales/basura-residuos/el_problema_de_los_basurales_a_cielo_abierto_y_como_buscar_una_solucion
21. **GAD Mocha.** *Contenidos del plan.* [En línea] 2014. [Citado el: 20 de octubre de 2018.] http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/Diagnostico_GAD%20Mocha_15-11-2014.pdf?fbclid=IwAR3rykpcUPao6ZwsuGoYB5lhy5fU9E4Xj-T0MHmz3tagYEZJSYWT7BInp44.
22. **Gálvez, A.** *Aplicabilidad de procesos de coagulación - Floculación y de sistemas de biopelícula en el tratamiento de lixiviados de vertederos de residuos urbanos.* [En línea] 2008. [Citado el: 30 de septiembre de 2018.] <https://hera.ugr.es/tesisugr/17465151.PDF>.
23. **Gándara y Sánchez.** *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable.* [ed.] S y G. Mexico : INE-SEMARNAT, 2011., pág. 240.
24. **GEOSAI.** *Soluciones Ambientales. Todo lo que necesitas saber sobre relleno sanitario.* [En línea] 2017. [Citado el: 12 de agosto de 2018.] <https://www.geosai.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-relleno-sanitario-2/>.
25. **Guía del ciudadano sobre el tratamiento con carbón activado.** *Tratamiento con carbón activado.* [En línea] [Citado el: 26 de octubre de 2018.] https://clu-in.org/download/citizens/EPA-542-F-12-001S_guia_del_ciudadano_sobre_el_tratamiento_con_carbon_activado.pdf.
26. **Jaramillo, J.** *Strucplan. Gestión de Residuos.* [En línea] 2006. [Citado el: 13 de agosto de 2018.] <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1903>.
27. **Jiménez, B.** *La Contaminación ambiental en Mexico.* [ed.] S.A. LIMUSA. México D.F. : s.n., 2005. pág. 208.
28. **Köfalusi, G y Aguilar, G.** *Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final .* [En línea] 2006. [Citado el: 22 de septiembre de 2018.] <http://www.redalyc.org/html/539/53907903/>.

29. **Gregg y Sing.** *Las Zeolitas y su Aplicación en la Descontaminación de Efluentes Mineros.* 2006, scielo, págs. 111-118.
30. **Magnetti, R.** *Química en el laboratorio.* pág. 70.
31. **Marron,S.** *Planta de tratamiento por filtración lenta.* Lima-Perú : s.n., 1999.
32. **Martinez, D y Ayala, C.** *Síntesis y caracterización de zeolitas a partir de cenizas volantes de carbón.* [En línea] 2016. [Citado el: 25 de noviembre de 2018.] <http://repository.udca.edu.co:8080/bitstream/11158/484/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20S%C3%8DNTESIS%20DE%20ZEOLITAS.pdf>.
33. **Méndez N, Roger I, y otros.** *Tratamiento de lixiviados con carbón activado.* [En línea] 2002. [Citado el: 05 de julio de 2018.] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760302>.
34. **Ministerio de salud.** *Disposición correcta de la basura. El relleno sanitario.* [En línea] Anonimo, 1997. [Citado el: 11 de agosto de 2018.] <http://www.binass.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>.
35. **Ministerio del ambiente, Acuerdo 052.** Ministerio del ambiente, Acuerdo 052. [En línea] [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/Acuerdo+No.+052+Reforma+al+Acuerdo+031+de+17+de+Mayo+de+2013-1.pdf/4d2adeb6-f409-4bae-9a9d-f7052947cefb>.
36. **Najera, H.** *Lixiviados.* [En línea] [Citado el: 25 de septiembre de 2018.] https://www.unicach.mx/_/ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf.
37. **Nemerow, N.** *Tratamiento de vertidos industriales y peligrosos.* Madrid, 1998. pág. 201.
38. **Novelo et al.** *Tratamiento de lixiviados con carbón activado.* Merida, Mexico : s.n., septiembre-diciembre de 2002,, Ingeniería, Vol. 6, págs. 19-27.
39. **OPS/CEPIS/05.158.** *Guía de diseño de desarenadores y sedimentadores.* [En línea] 2005. [Citado el: 28 de octubre de 2018.]
40. **Ordóñez, V.** *Optimización de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil.* Universidad Politécnica Salesiana. [En línea] 2013. [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6215/1/UPS-GT000524.pdf>.

41. **PANACHLOR.** *Todo sobre zeolitas.* [En línea] [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] <http://panachlor.com/?p=1705>.
42. **Renou et al., 2008 y citado en Sardi et al., 2016.** *Diversidad de las comunidades de algas asociadas a un sistema algal de alta tasa fotosintética para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios.* 1, Valparaíso : s.n., 2016., Latin American Journal of Aquatic Research, Vol. 44, págs. 113-120.
43. **Reyes, M.** *Lixiviados en plantas de residuos.* Universidad Politécnica de València. Una contribución para la selección del proceso de tratamiento. [En línea] 2015. [Citado el: 30 de septiembre de 2018.] <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/56763/REYES%20-%20Lixiviados%20en%20plantas%20de%20residuos.%20Una%20contribuci%C3%B3n%20para%20la%20selecci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20trat...pdf?sequence=1>.
44. **Rodríguez Antonio, et al.** *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales.* Madrid : CEIM, 2006. pág. 29.
45. **Sacha Antuña, Melania.** *Caracterización Físico - Química y Microbiológica de un proceso de tratamiento de lixiviados de vertedero.* Master oficial en biotecnología alimentaria. [En línea] 2013. [Citado el: 30 de septiembre de 2018.] http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/23352/6/TFM_MelaniaSachaAntu%C3%B1a.pdf.
46. **Sánchez, A y Gándara.** *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable.* [ed.] S y G. Mexico, D.F. : INE-SEMARNAT, 2011., pág. 240.
47. **Sardi-, A, y otros.** *Diversidad de las comunidades de algas asociadas a un sistema algal de alta tasa fotosintética para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios.* [En línea] 2016. [Citado el: 05 de agosto de 2018.] <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175044491011>.
48. **SEFILTRA.** *Filtros de arena y carbón activo.* [En línea] [Citado el: 28 de noviembre de 2018.] <http://www.sefiltra.com/filtros-de-arena.php>.
49. **SEMARNAT.** *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales.* s.f., pág. 68.
50. **SEMARNAT.** *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos .* pág. 162.

51. **Sevilla, U.** *Manual del carbón activo*. Escuela Politécnica Superior. Sevilla, España. [En línea] 2009. [Citado el: 26 de noviembre de 2018.] <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>.
52. **Sotelo, G.** *Hidráulica General*. [En línea] [Citado el: 28 de noviembre de 2018.] http://www.quieroapuntes.com/hidraulica_3.html.
53. **STRUCPLAN.** *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. [En línea] 2004. [Citado el: 09 septiembre de 2018.] <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IDEntrega=759>.
54. **Torres , P et al.** *Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición Físico - Química y su potencial de toxicidad*. Cali : s.n., Enero - Junio de 2014, Scielo, págs. 245 - 255.
55. **Valarezo.** *Propuesta para incrementar la vida útil del relleno Sanitario "Canoas"*. Maestría en Impactos Ambientales., Cantón Santa Rosa, Provincia de el Oro. [En línea] septiembre de 2016. [Citado el: 13 de agosto de 2018.] <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14844/1/TESIS%20REVISADA%20ING.%20DULIS.pdf>.
56. **Valles, A.** *Tratamiento Físicoquímico y biológico de lixiviado de relleno sanitario de la ciudad de Chihuahua*. [En línea] 2013. [Citado el: 29 de septiembre de 2018.] <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/127/1/Tesis%20Ana%20Maria%20Valles%20Ch%C3%A1vez.pdf>.

ANEXOS

Anexo A: TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 9

TABLA 9. 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 ⁻	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 ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	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	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo B: Datos de precipitación reportados por la estación meteorológica Querochaca

Meses	Promedio de Precipitación mm								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	33.60	32.30	31.64	30.99	25.66	37.85	31.3	18.4	70.8
Febrero	47.30	44.22	42.68	41.14	97.02	12.45	31.7	37.1	67.7
Marzo	50.10	38.90	33.29	27.69	36.84	27.18	73.3	86	88.9
Abril	65.60	73.57	77.55	81.53	90.93	77.83	38.1	93.5	55.5
Mayo	69.30	51.03	41.90	32.76	61.48	1.02	46.8	42.1	100.9
Junio	71.60	59.55	53.53	47.50	0.00	53.06	115.3	86.8	106.8
Julio	54.20	41.33	28.45	58.40	74.94	42.17	99.5	39.3	63.4
Agosto	37.70	37.52	37.33	49.54	37.85	50.81	35.4	21.5	52.9
Septiembre	29.50	25.05	20.59	26.16	46.23	20.84	20	47.8	21.6
Octubre	44.80	29.64	14.47	42.17	27.93	22.87	41.6	17	36
Noviembre	47.40	34.88	22.36	20.82	43.95	12.70	50.2	28	46.1
Diciembre	36.80	57.01	77.22	16.26	18.29	41.12	25.8	21.1	72
Precipitación Promedio anual	587.90	524.97	481.00	474.96	561.12	399.90	609	538.6	782.6
Promedio mes	48.99	43.75	40.08	39.58	46.76	33.33	50.75	44.88	65.21

Fuente: INAMHI (Estación Querochaca) 2018

Anexo C: Caracterización inicial del lixiviado

ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Verónica Quile

Fecha de Análisis: 15-08-2018

Tipo de muestras: Lixiviados provenientes de una celda emergente

Localidad: Cantón Mocha - Provincia de Tungurahua

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados		
				03-07-2018	08-08-2018	15-08-2018
				Caracterización 1	Caracterización 2	Caracterización 3
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B	30,0	38	41,5	32
Cinc	mg/L	HACH-8009	5,0	0,7	0,5	0,2
Cloruros	mg/L	4500-Cl-B	1 000	781	923	852
Cobre	mg/L	HACH-8506	1,0	0,1	0,3	0,2
Cromo hexavalente	mg/L	HACH-8023	0,5	0,04	0,2	0,1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	5210-B	100	420	450	440
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200	760	740	780
Fósforo Total	mg/L	4500-P-D	10,0	8,3	4,7	6,1
Hierro total	mg/L	3500-Fe-D	10,0	12,2	15,9	19,7
Manganeso total	mg/L	HACH-8149	2,0	6,2	5,58	5,75
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	140	158	180
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	HACH-10072	50,0	56	53	52
Plomo	mg/L	3500-P-B	0,2	10,6	6,4	7,9
Sulfatos	mg/L	4500-SO ₄ -E	1000	97	100	90
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	1850	1610	1920
Color real ¹	unidades de color	2120-C	inapreciable en dilución 1/20	1390	1375	1530
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,59	1,70	2,19
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6-9	7,33	7,39	7,25
TSS (Sólidos Suspendedos Totales)	mg/L	2540-D	130	146	146	165
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	3844	3640	3856
TDS (Sólidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	1820	1360	1170

Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,2	19	19,8
Turbiedad	NTU	2130-B	-	176	201	182
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Microfiltración	2000	<1	-	<1
Coliformes Totales	UFC/100 ml	Microfiltración	-	<1	-	-

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA



ESPOCH

LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA FACULTAD DE CIENCIAS

Casilla 06-01-4703

Telefax: 2998 200 ext 332

Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Análisis solicitado por: Verónica Quile

Fecha de Análisis: 24-08-2018

Tipo de muestras: Lixiviado tratado provenientes de una celda emergente

Localidad: Cantón Mocha - Provincia de Tungurahua

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
				Muestra tratada (PAC + FILTRACIÓN)
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B	30,0	2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	5210-B	100	74
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200	152
Hierro total	mg/L	3500-Fe-D	10,0	0,5
Manganeso total	mg/L	HACH-8149	2,0	0,350
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	19,8
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	69
Color real ¹	unidades de color	2120-C	inapreciable en dilución 1/20	< 1
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,98
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6-9	8,08
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	7
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	1016
TDS (Sólidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	910
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,3
Turbiedad	NTU	2130-B	-	7,1
Coliformes Fecales	UFC/100 ml	Microfiltración	2000	< 1 UFC (ausencia)

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.

**TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.

RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA



Anexo E: Caracterización del lixiviado tratado.M2

ESPOCH
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

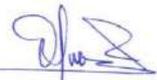
Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
 Análisis solicitado por: Verónica Quile
 Fecha de Análisis: 30-08-2018
 Tipo de muestras: Lixiviado tratado provenientes de una celda emergente
 Localidad: Cantón Mocha - Provincia de Tungurahua

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200	277
Hierro total	mg/L	3500-Fe-D	10,0	1,45
Manganeso total	mg/L	HACH-8149	2,0	0,101
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	34
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	189
Color real ¹	unidades de color	2120-C	Inapreciable en dilución 1/20	<1
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,77
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6-9	8,18
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	12
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	1320
TDS (Sólidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	1220
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,7
Turbiedad	NTU	2130-B	-	19,7

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:
 Atentamente.


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

ESPOCH
LABORATORIO DE CALIDAD DEL AGUA
FACULTAD DE CIENCIAS

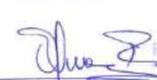
Casilla 06-01-4703 Telefax: 2998 200 ext 332 Riobamba - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS
 Análisis solicitado por: Verónica Quile
 Fecha de Análisis: 06-09-2018
 Tipo de muestras: Lixiviado tratado provenientes de una celda emergente
 Localidad: Cantón Mocha - Provincia de Tungurahua

Determinaciones	Unidades	*Método	**Límites	Resultados
				Muestra tratada (PAC + FILTRACIÓN+ AIREACIÓN)
Aceites y Grasas.	mg/L	5520-B	30,0	4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mg/L	5210-B	100	47
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5220-D	200	258
Nitrógeno amoniacal	mg/L	HACH-8038	30,0	25,4
Color	Unidades Pt/Co	2120-C	-	78
Color real ¹	unidades de color	2120-C	Inapreciable en dilución 1/20	<1
Conductividad	mS/cm	2510-B	-	1,87
Potencial de hidrógeno	-	4500-H ⁺ -B	6-9	8,18
TSS (Sólidos Suspendidos Totales)	mg/L	2540-D	130	5
Sólidos totales	mg/L	2540-B	1 600	1200
TDS (Sólidos Totales Disueltos)	mg/L	2540-C	-	980
Temperatura	°C	2550-B	Condición natural ± 3	19,7
Turbiedad	NTU	2130-B	-	11,2

*Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF 17 ed.
 **TULSMA TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Observaciones:
 Atentamente.


 Dra. Gina Álvarez R.
 RESP. LAB. CALIDAD DEL AGUA

Anexo G: Presupuesto de la Planta de tratamiento

PRESUPUESTO

DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS
PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO DE BASURA
DEL CANTÓN MOCHA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

Dirigido a la: Sta. Verónica del Rocío Quile Guamán

Tabla 48-3 Presupuesto de implementación de equipos

Preparación del terreno				
Rubro/Descripción	Unidades	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Limpieza y desbroce manual del terreno	m ²	16	1,14	18,24
Nivelación del suelo y recolección de material	m ²	16	5,39	86,24
Subtotal				104,48
Canal de captación				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Limpieza y desbroce manual del terreno	m ²	3,5	1,14	3,99
Replanteo y nivelación	m ²	3,5	0,97	3,39
Excavación manual para el canal	m ³	0,5	5,33	2,66
Replanteo de H.simple 180 KG/CM2, e=10 cm	m ²	0,5	110,36	55,18
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm2	m ³	4	120,02	480,08
Subtotal				545,90
Rejillas				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Marco de acero	m ²	2	3	6
Barras de hierro	m ²	18	2,6	46,8
Subtotal				52,8
Desarenador				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Excavación manual	m ²	4,5	5,33	23,98
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm2	m ³	3,45	120,02	414,06
Malla electrosoldada 6mm 15x15cm	m ²	4,5	5,45	24,52
Encofrado de muros	m ²	4	12,9	51,6
Subtotal				514,16
Tanque agitador				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Excavación manual en suelo normal seco	m ³	3	5,33	15,99
Estructura circular de acero inoxidable	m ²	5,04	481,051	2424,49
Estructura de soporte de acero	u	1	250,5	250,5
Hormigón S. F'C=210 kg/cm2	m ³	2	120,02	240,04
Turbina de 6 aspas	u	1	128,5	128,5
Motor de agitación	u	1	1500,00	1500,00

Sedimentador				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Excavación manual en suelo normal seco	m ²	3	5,33	15,99
Estructura de acero inoxidable	m ²	5,187	495,08	2567,97
Estructura de soporte de acero	u	1	250,5	250,50
Hormigón S. F'C=210 kg/cm2	m ³	2,5	120,02	300,05
Subtotal				3134,51
Filtro granular de flujo descendente				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Limpieza y desbroce manual del terreno	m ²	4	1,14	4,56
Replanteo y nivelación	m ²	4	0,97	3,88
Excavación manual en suelo normal seco	m ³	2	5,33	10,66
Replanteo de H.simple 180 KG/CM2, e=10 cm	m ²	1	110,36	110,36
Hormigón S. F'C=210 kg/cm2	m ³	15	120,02	1800,30
Enlucido vertical mortero 1:4	m ²	18	8,47	152,46
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	9	5,45	49,05
Grava pedregosa (filtrante)	m ³	0,68	14	9,52
Arena de 30 mm	m ³	0,5	16	8
Zeolita	m ³	0,5	25	12,5
Carbón activado	m ³	0,5	1000	500
Subtotal				2661,29
Total (2 filtros)				5322,58
Era de secado				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Excavación manual en suelo normal seco	m ³	15	5,33	79,95
Hormigón simple F'C=210 Kg/cm2	m ³	10	120,02	1200,20
Arena (incl. transporte)	m ³	1	12,50	12,50
Grava	m ³	1	14	14
Subtotal				1306,65
Válvulas-accesorios y tubería				
Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Costo total (\$)
Válvula de compuerta r.w d=3"	U	3	443,07	1329,21
Válvula de compuerta r.w d=3,22"	U	2	480,05	960,1
Codo PVC d= 3"	U	5	2	10
Tubería PVC d=3"	m	20	5,22	104,4
Tubería PVC d=3,22"	m	2	5,75	11,5
Subtotal				2415,21
Costo total				17955,81

FUENTE: Arq. Junior Palacios
Realizado por: Verónica Quile, 2018

Tabla 50-3 Presupuesto total de mano de obra

Costos de mano de obra			
Rubro/Descripción	Cantidad (personas)	Precio Unitario (\$)	Precio Global (\$)
Abitari	5	389,73	1948,65
Soldador	2	389,73	779,46
Electricista	2	389,73	779,46

FUENTE: Arq. Junior Palacios
Realizado por: Verónica Quile, 2018

Anexo H: Costos del PAC, zeolita y carbón activado

	RADELINDUSTRY SA AV. BOLIVARIANA 445 Y SEYMOUR Telf.: 032884987 Ambato-Ecuador		Ruc: 1891724566001 Número de autorización: 261220180011724566000112001002003319	
	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unit.
PAC Policloruro de Aluminio	Kg	2,16	1,456	3,14
Zeolita	m ³	0,5	25	12,5
Carbón activado	m ³	0,5	1000	500
			Total a pagar	515,64

Anexo I: Celda emergente y recolección de muestras

ANEXO I: Celda emergente y recolección de muestras

a.



b.



c.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">Verónica Quile</p>	<p style="text-align: center;">DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN MOCHA , PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>		
<p>a. Celda emergente</p> <p>b. Tanque recolector de lixiviados</p> <p>c. Toma de muestra de lixiviado</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p> <p><input type="checkbox"/> Por verificar</p>		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018-12-21	1

Anexo J: Caracterización físico-química y microbiológica del lixiviado

ANEXO J: Caracterización físico-química y microbiológica del lixiviado

d.



e.



f.



g.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Verónica Quile	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN MOCHA , PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
d. Fotómetro e. Análisis de DQO f. Análisis de DBO ₅ g. Análisis microbiológico	<input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018-12-21	2

Anexo K: Pruebas de tratabilidad

ANEXO K: Pruebas de tratabilidad

h.



i.



j.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p style="text-align: center;">Verónica Quile</p>	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN MOCHA , PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<p>h. Test de jarras con diferente coagulante</p> <p>i. Test de jarras con PAC</p> <p>j. Filtración del lixiviado</p>	<p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p> <p><input type="checkbox"/> Por verificar</p>		ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018-12-21	3

Anexo L: Lixiviado tratado y sin tratar

ANEXO L: Lixiviado tratado y sin tratar

k.



l.



m.

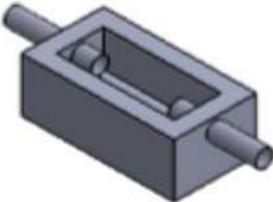
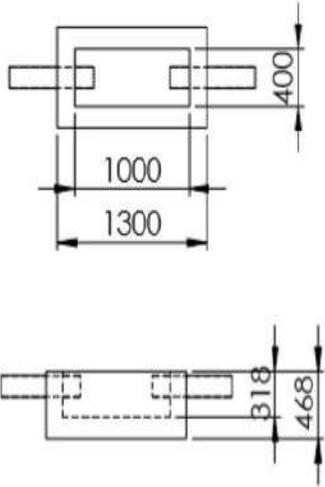


NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE LA CELDA EMERGENTE DEL BOTADERO DE BASURA DEL CANTÓN MOCHA , PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
k. Muestra de lixiviado sin tratamiento l. Lixiviado con tratamiento químico (PAC) m. Lixiviado con tratamiento físico (Filtración)	<input type="checkbox"/> Certificado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Por verificar	Verónica Quile	ESCALA 1:1	FECHA 2018-12-21	LÁMINA 4

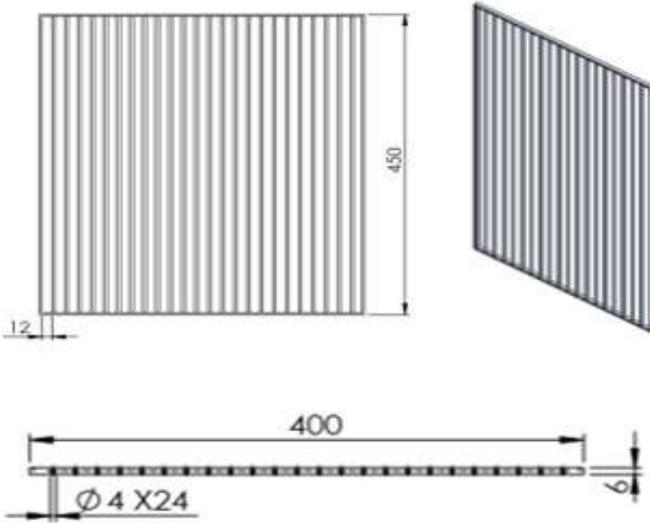
Anexo M: Canal de captación y rejillas

Anexo M. Canal de captación y rejillas

n.



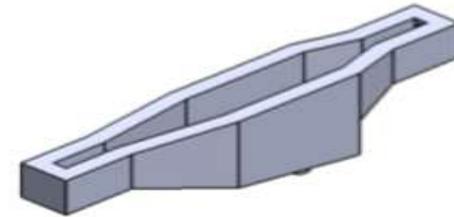
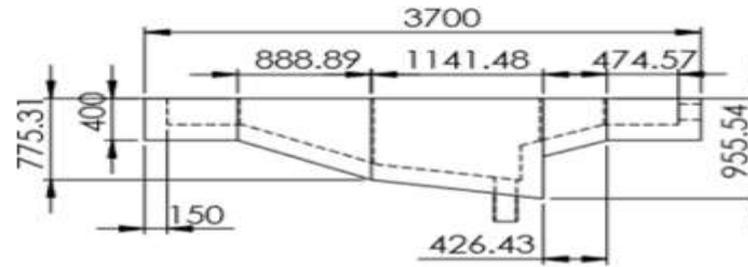
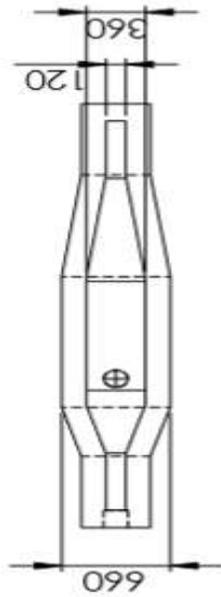
o.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Canal de captación y rejillas		
n. Dimensiones Canal de captación	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Verónica Quile	Lámina	Escala	Fecha
o. Rejillas			5	A4	21/12/2018

Anexo N: Desarenador

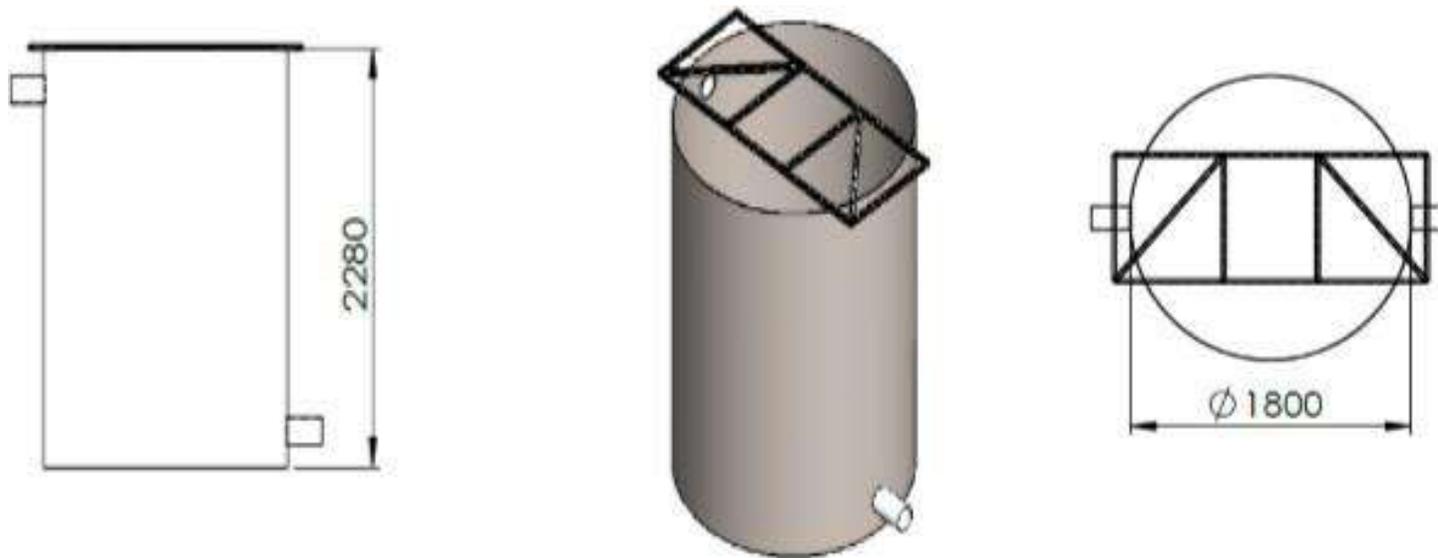
Anexo N. Desarenador



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Desarenador		
Dimensiones del desarenador	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Verónica Quile	Lámina	Escala	Fecha
			6	A4	21/12/2018

Anexo O: Tanque agitador

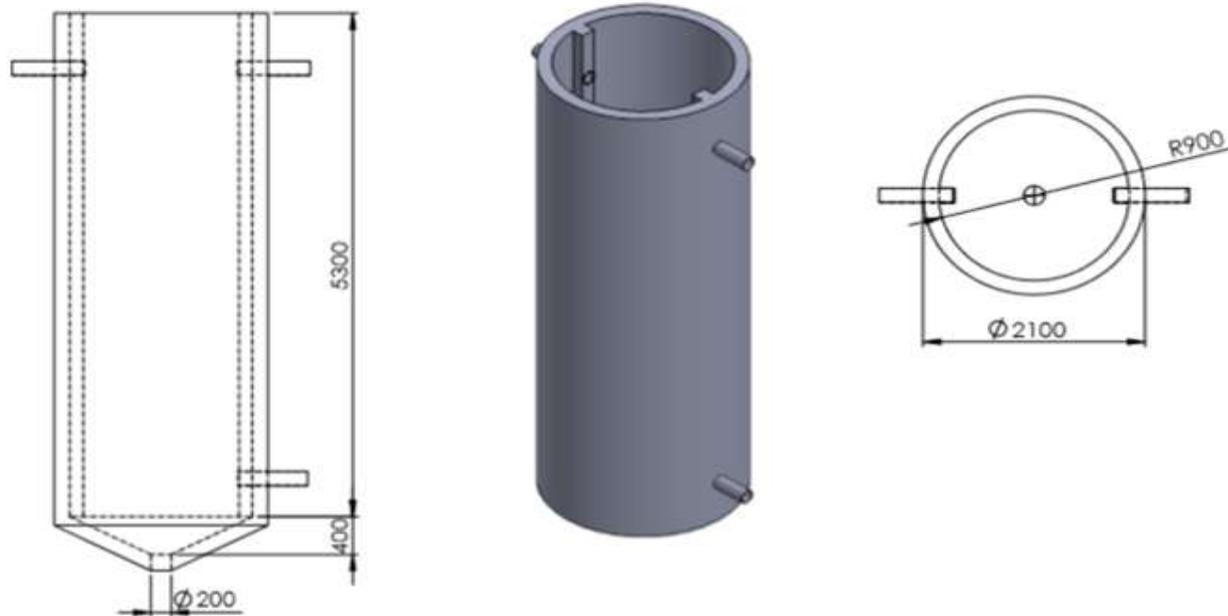
Anexo O. Tanque agitador



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Tanque agitador		
Dimensiones del tanque agitador	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Verónica Quile			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		7	A4	21/12/2018

Anexo P: Sedimentador

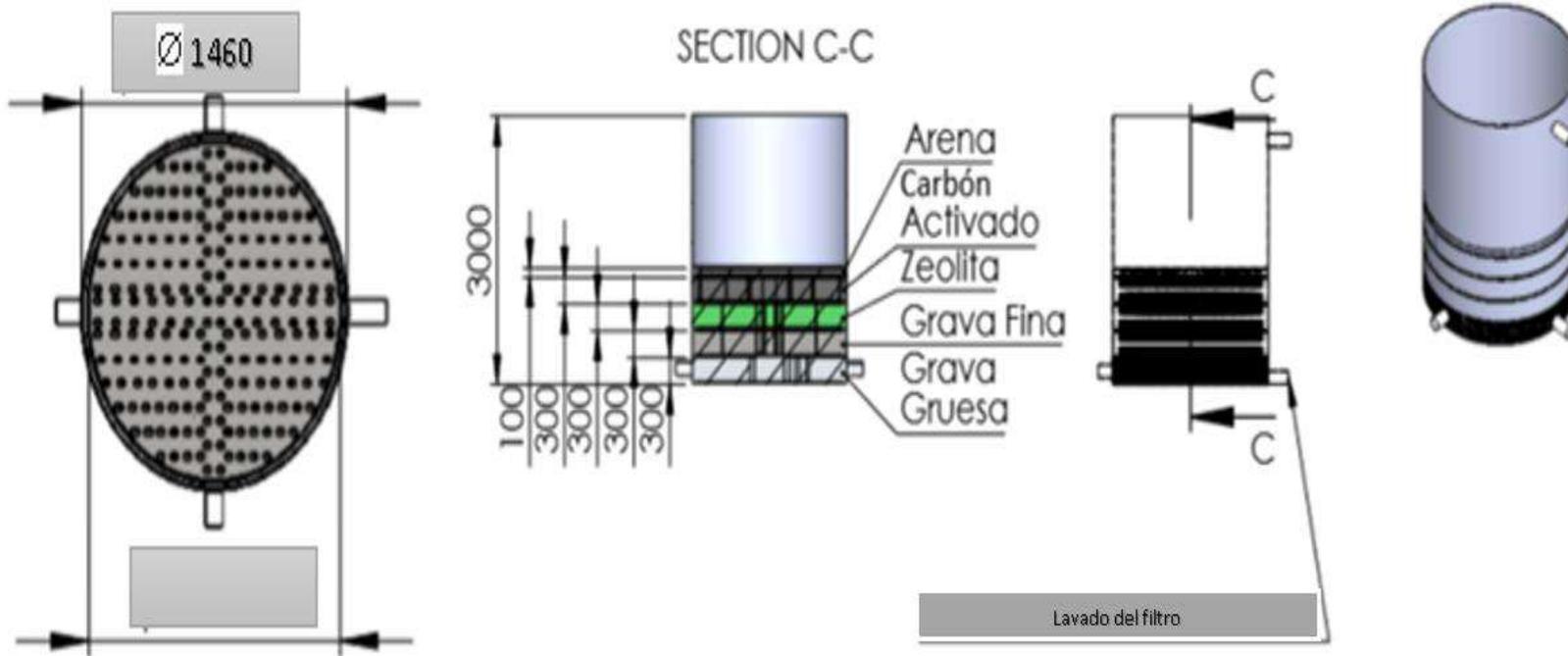
Anexo P. Sedimentador



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Sedimentador		
Dimensiones del sedimentador	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Quile Verónica			
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información		8	A4	21/12/2018

Anexo Q: Filtro ascendente

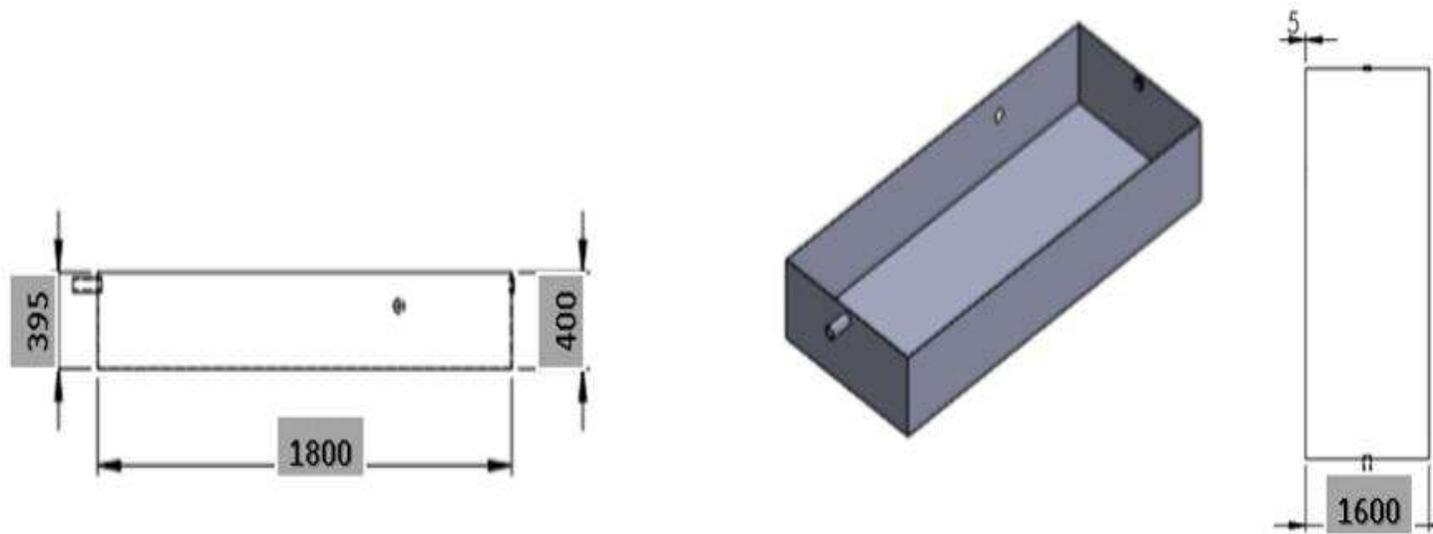
Anexo Q. Filtro circular ascendente



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Filtro ascendente		
Dimensiones del filtro ascendente	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Verónica Quile			
	Lámina		Escala	Fecha	
	9		A4	21/12/2018	

Anexo R: Era de secado

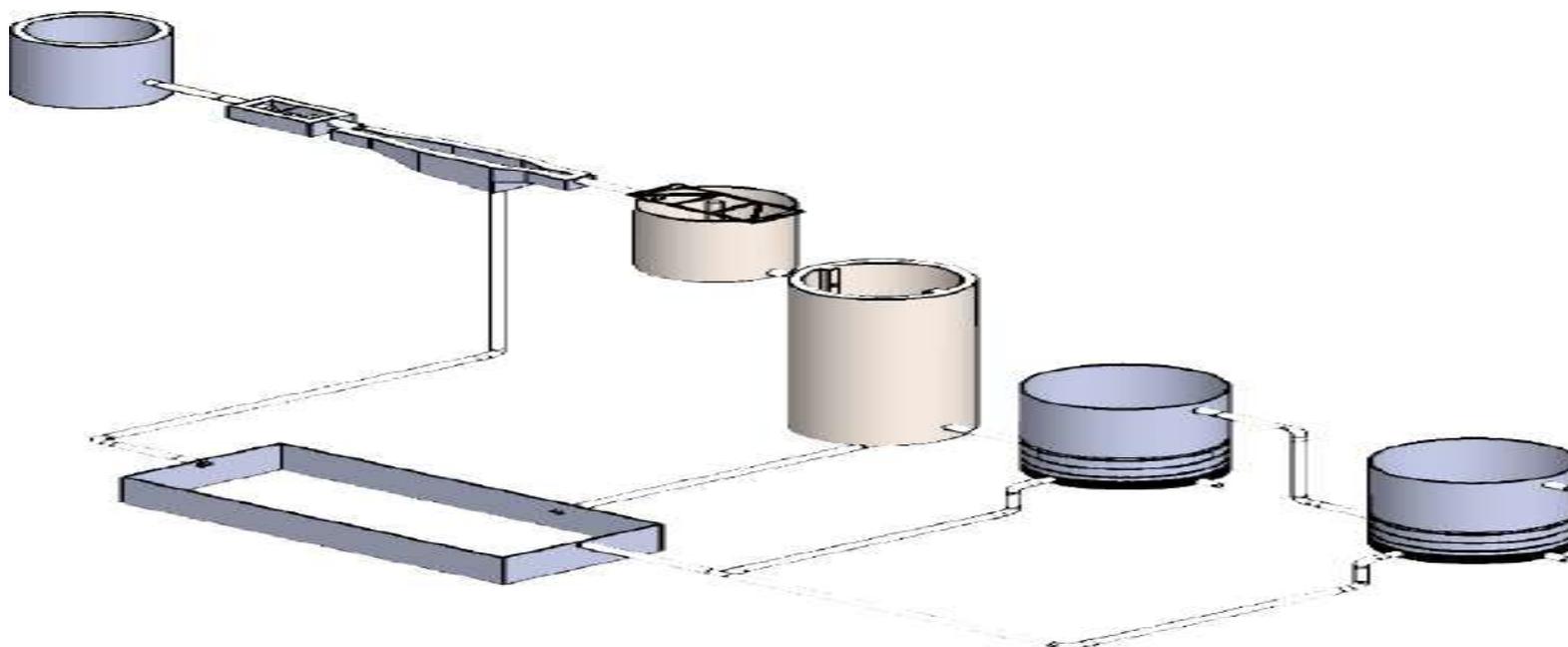
Anexo R: Era de secado



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Era de secado		
Dimensiones de la era de secado	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Verónica Quile			
			Lámina	Escala	Fecha
			10	A4	21/12/2018

ANEXO S: Etapas del sistema de tratamiento de lixiviados

Anexo S: Etapas del sistema de tratamiento de lixiviados



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Planta de tratamiento de lixiviados		
Etapas de la planta de tratamiento de lixiviados	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Realizado por: Verónica Quile	Lámina Escala Fecha		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por aprobar		11	A4	21/12/2018
	<input type="checkbox"/> Por calificar <input type="checkbox"/> Para información				