

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



**FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

TESIS

Proyecto de Tesis previa la obtención del Grado Académico de Ingeniero
Ambiental

TEMA:

“Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados para la nueva celda de
Desechos Sólidos del Relleno Sanitario del Cantón Pastaza”

CARRERA:

Ingeniería Ambiental

AUTOR:

López Torres Elvis Fernando

DIRECTOR DE TESIS:

Dra. Margarita Jara MSc.

Pastaza-Ecuador

2016

PRESENTACION DEL TEMA

“Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados para la nueva celda de Desechos Sólidos del Relleno Sanitario del Cantón Pastaza”

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

MSc. Leo Rodríguez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MSc. Karel Dieguez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MSc. Jorge Bonilla

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por darme la fortaleza y sabiduría que me dio para terminar mis estudios y seguir adelante.

A mis Padres agradezco por haberme apoyado en cada etapa de mi vida estudiantil por su constante apoyo, consejos de superación para cumplir con la meta más anhelada de mi vida.

A mis hermanos por brindarme su apoyo constante y confianza. A mis sobrinas por brindarme su amor y ánimos de seguir adelante.

A mis familiares y amigos, que siempre han estado ahí, por los ánimos para hacer este trabajo.

A la Dra. Magdalena Barreno por su asesoramiento y colaboración para elaborar el proyecto de tesis.

A la Dra. Margarita Jara MSc. agradezco por su asesoramiento y colaboración en la dirección de la tesis

A mis compañeros de trabajo del GADMC PASTAZA del Departamento de Higiene y Salubridad, por cada palabra de ánimo, por su comprensión y por hacer del trabajo mi segundo hogar.



DEDICATORIA

*Mi tesis la dedico con todo amor y cariño a **DIOS**, que me dio la oportunidad de vivir, por regalarme una familia maravillosa y por estar conmigo a cada paso que doy guiándome y dándome fortaleza para continuar.*

*Con mucho amor a mis padres **MARCO LÓPEZ Y ELISA TORRES** que han estado conmigo en todo momento quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo constante, depositante su confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento, gracias papis por enseñarme que para tener éxito se debe luchar con todo el corazón sin perder los valores morales y éticos.*

*A mis hermanos **MARCO, BELEN, ANABEL, MISHEL, FENSTER Y CRISTOFFER** y sobrinas **FERNANDA Y KATINA** por brindarme su apoyo y amor incondicional para seguir adelante y de no decaer.*

*A mi abuelita **MARÍA ARIAS** + aunque ya no estas entre nosotros yo sé que siempre me acompaña y me ayuda a seguir adelante.*

*A mi Abuelito **LUIS TORRES** por ser ejemplo de superación.*

*A mi prima Ab. **MARCELA VALVERDE** prócer mi gran amiga y aconsejarme para poder alcanzar mi anhelo*

A mi familia, amigos, compañeros de trabajo y a todas esas personas que de alguna u otra manera están conmigo.

Elvis Fernando López

RESPONSABILIDAD

Yo Elvis Fernando López Torres, con C.I. 160057310-7, declaro que soy la única autora de la presente Tesis y el contenido es de mi responsabilidad exclusiva.

La Universidad Estatal Amazónica puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente

Elvis Fernando López Torres

C.I. 160057310-7

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Elvis Fernando López Torres, egresado de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión.

Dra. Margarita Jara MSc

DIRECTORA DE TESIS

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el relleno sanitario del cantón Pastaza, donde se determinó el caudal de lixiviado producido en la nueva celda de residuos sólidos, mediante la método de afora de caudal durante tres meses y análisis Físico-químico de los lixiviados, para la propuesta del diseño de la planta de tratamiento se trabajó con el caudal máximo que de 53,309 m³/d que se obtuvo en el mes de Octubre. La planta de tratamiento consta de un Pretratamiento, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario y Tratamiento Terciario.

El Pretratamiento: consiste en un canal de entrada o llega quien es el encargado de recibir a la lixiviado posterior de la tubería de conducción y de un tanque de Homogenización quien es el encargado de preparar al lixiviado par que reciba su tratamiento y dotar a la planta de un caudal constante o casi contante.

Tratamiento Primario: consta en un tanque sedimentador donde el objetivo es disminuir los sólidos suspensión presentes en el lixiviado para evitar que los demás procesos no existan alteraciones.

Tratamiento Secundario: es un tratamiento netamente biológico para local se diseñó un filtro Aerobio y un anaerobio, que consisten en que circule el fluido de forma descendiente y ascendente respectivamente por un lecho filtrante que puede ser de piedras trituradas donde se adhieren microorganismos quienes son los encargados de eliminar los compuestos presentes en el agua.

Tratamiento Terciario: son proceso de complementarios que recibe las aguas retratadas, en esa propuesta del diseño de la planta de tratamiento para los lixiviados se plantea un tanque clarificador donde se tratará de eliminar el sedimento producido por los bioflitros, y un proceso de Fitorremediación con Jacinto de agua.

SUMMARY

This work was done in the landfill in the canton Pastaza, where the flow of leachate produced in the new cell solid waste by method afora flow for three months and physico-chemical leachate was determined to proposed design of the treatment plant worked with the maximum flow of 53.309 m³ / d was obtained in October. The treatment plant consists of a pre-treatment, primary treatment, secondary treatment and tertiary treatment.

Pretreatment: it consists of an input channel or arrives who is in charge of receiving the subsequent leaching of line pipe and tank Homogenization who is in charge of preparing the leached pair receive treatment and provide the plant a constant or nearly constant flow rate.

Primary treatment: consists in a settling tank where the goal is to reduce suspended solids present in the leachate to prevent other processes do not exist alterations.

Secondary Treatment: is a purely biological treatment for Local an aerobic filter and an anaerobic, consisting of circulating the fluid in descending and ascending respectively by a filter bed that can be crushed stone where Microorganisms adhere who are responsible designed removing the compounds present in the wáter.

Tertiary treatment: they are process complementary receiving the portrayed waters, in this proposal design treatment plant for leachate a clarifier tank where it will try to remove the sediment produced by bioflitros, and a process of Phytoremediation arises with Jacinto of water.

Contenido

I.	INTRODUCCIÓN	18
II.	OBJETIVOS.....	20
2.1	Objetivo general	20
2.2	Objetivos específicos.....	20
III.	HIPÓTESIS	20
3.1	Hipótesis general	20
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
4.1	Generación de Residuos	21
4.2	Gestión Integral de Residuos Solidos.....	21
4.2.1	Generación	21
4.2.1.1	Cantidad de residuos generados en la ciudad de Puyo.....	22
4.2.1.2	Recogida	23
4.2.1.3	Transporte	23
4.2.1.4	Disposición final	24
4.3	Manejo de gases	24
4.4	Manejo de lixiviados	25
4.4.1	Sistema de recolección de lixiviados	25
4.4.2	Sistema de drenaje.....	26
4.4.3	Trasporte de lixiviados.....	28
4.4.4	Tratamiento de lixiviados	29
4.4.4.1	Pre tratamiento.....	29
4.4.4.1.1	Canal de Entrada o Llegada	29
4.4.4.1.2	Tamiz.....	32
4.4.4.1.3	Homogenización de caudal.....	32
4.4.4.1.4	Volumen De Tanque Homogenizador.....	33
4.4.4.1.5	Caudal Restante	33
4.4.4.1.6	Área Del tanque Homogeneizador.....	34
4.4.4.1.7	Largo del tanque	34
4.4.4.1.8	Ancho del Tanque Homogeneizador.....	35
4.4.4.2	Tratamiento Primario	35
4.4.4.2.1	Sedimentación	35

4.4.4.2.2	Tratamientos físico-químicos.....	36
4.4.4.2.2.1	Coagulación- floculación:	36
4.4.4.2.2.1.1	Arsénico.....	36
4.4.4.2.2.1.2	Bario.....	37
4.4.4.2.2.1.3	Cadmio	37
4.4.4.2.2.1.4	Cianuro	37
4.4.4.2.2.1.5	Cobre.....	37
4.4.4.2.2.1.6	Cromo hexavalente Cr^{+6}	38
4.4.4.2.2.1.7	Fluoruros.....	38
4.4.4.2.2.1.8	Hierro	39
4.4.4.2.2.1.9	Mercurio	39
4.4.4.2.2.1.10	Plomo	39
4.4.4.2.3	Sedimentador Primario	39
4.4.4.2.3.1	Zona de Entrada	40
4.4.4.2.3.2	Diseño de los Orificios.....	40
4.4.4.2.3.3	Área de Sedimentación	41
4.4.4.2.3.4	Sedimentador de Flujo Horizontal.....	42
4.4.4.2.3.5	Aspectos para el Diseño	42
4.4.4.2.3.6	Diseño de la Área de Sedimentación.....	43
4.4.4.2.3.6.1	Largo del Área de Sedimentación.....	43
4.4.4.2.3.6.2	Ancho del Tanque	44
4.4.4.2.3.6.3	Velocidad de Arrastre	44
4.4.4.2.3.7	Zona de Salida	44
4.4.4.2.3.8	Calculo para la remoción de DBO y SST	45
4.4.4.2.3.8.1	Remoción de DBO.....	46
4.4.4.2.3.8.2	Remoción de SST.....	46
4.4.4.3	Tratamiento Secundario	46
4.4.4.3.1	Filtro Aerobios o Percoladores.....	46
4.4.4.3.1.1	Diseño del Filtro Aerobio.....	49
4.4.4.3.1.1.1	Carga de Contaminante:	49
4.4.4.3.1.1.2	Volumen que requiere por el medio de soporte:	49
4.4.4.3.1.1.3	Área Superficial	49

4.4.4.3.1.1.4	Determinación del Radio para el Filtro Anaerobio	50
4.4.4.3.1.1.5	Determinación DBO de Efluente.....	50
4.4.4.3.1.1.6	Eficiencia del Filtro Aerobio.....	50
4.4.4.3.2	Filtro Anaerobio.....	51
4.4.4.3.2.1	Diseño del Filtro Anaerobio	51
4.4.4.3.2.1.1	Volumen del Filtro Anaerobio	51
4.4.4.3.2.1.2	Tiempo del Proceso	51
4.4.4.4	Tratamiento Terciario	52
4.4.4.4.1	Clarificado.....	52
4.4.4.4.1.1	Diseño del Clarificador	53
4.4.4.4.1.1.1	Volumen del Clarificador	53
4.4.4.4.1.1.2	Área del Clarificador	53
4.4.4.4.1.1.3	Largo del clarificador.....	53
4.4.4.4.1.1.4	Ancho del clarificador.....	53
4.4.4.4.2	Fitorremediación	54
4.4.4.4.2.1	Diseño del estanque de Fitorremediación	56
4.4.4.4.2.1.1	Volumen del estanque.....	56
4.4.4.4.2.1.2	Área Del Estanque.....	57
4.4.4.4.2.1.3	Largo del Estanque	57
4.4.4.4.2.1.4	Ancho del Estanque	57
4.4.4.5	Secado de Lodos	58
4.4.4.5.1	Lecho de secado	58
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	59
5.1	Localización y duración del estudio.....	59
5.1.1	Localización del estudio.....	59
5.2	Duración del estudio.....	59
5.3	Condiciones meteorológicas	59
5.4	Materiales y Equipos	60
5.5	Factores de estudio	60
5.6	Diseño del estudio	61
5.7	Metodología	63
5.7.1	Medición de caudal	63

5.7.1.2	Ecuación para la Medición de caudal	64
5.8	Análisis físico químico	65
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
6.1	Medición del caudal de lixiviados por mes/día:	68
6.1.1	Medición del Caudal del Mes de Octubre	69
6.1.2	Medición del caudal del mes de Noviembre	71
6.1.3	Medición del caudal del mes de Diciembre	72
6.1.4	Correlación entre caudal y precipitación:	74
6.2	Análisis Físico-Químicos de los lixiviados	75
6.2.1	Análisis físico-químico de lixiviado realizado el 02 de febrero de 2014.	76
6.2.2	Análisis físico-químico de lixiviado realizado el 27 de octubre de 2014.	77
6.2.3	Análisis físico-químico de lixiviado realizados el 03 de marzo de 2015.	78
6.2.4	Análisis físico-químicos de Aceites y grasa de los lixiviados.....	79
6.2.5	Análisis de correlación entre DBO y caudal de lixiviado.....	80
6.2.6	Análisis de correlación entre DQO y caudal del lixiviado	81
6.3	Propuesta del Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados	83
6.3.1	Características del Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.	85
6.3.2	Pre tratamiento.....	86
6.3.3	Tratamiento Primario	90
6.3.3.1	Sedimentador primario.....	90
6.4	Tratamiento Secundario	94
6.4.1	Diseño del filtro Aerobio o percolador.....	94
6.4.2	Diseño Del Filtro Anaerobio.....	97
6.5	Tratamiento terciario	99
6.5.1	Diseño del Tanque Clarificador.....	99
6.5.2	Diseño del estanque de Fitorremediación	101
6.6	Secado de Lodos	103
6.7	Costos de Implementación de la planta de Tratamiento de Lixiviados	104

VII.	Conclusiones	106
VIII.	Recomendaciones.....	108
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
X.	Anexos.....	113

Lista de Tablas

Tabla 1:	Caracterización de los residuos de la ciudad de Puyo	22
Tabla 2:	Valores del coeficiente de estructura para diferentes tipos de superficies	31
Tabla 3:	Datos para el cálculo de la pendiente.....	31
Tabla 4:	Clasificación de sedimentado	42
Tabla 5:	Constantes empíricas de Crites y Tchobanoglous.	45
Tabla 6:	valores que establecen Lozano-Rivas para la elaboración de filtro Aerobio y/o Anaerobio.....	48
Tabla 7:	Materiales y Equipos.....	60
Tabla 8:	Parámetros Físico Químicos a determinarse a los lixiviados.....	66
Tabla 9:	Caudal promedio diario (Octubre - Diciembre).....	68
Tabla 10:	Caudal promedio diario del mes de Octubre.....	69
Tabla 11:	Caudal promedio diario del mes de Noviembre	71
Tabla 12:	Caudal promedio diario del mes de Diciembre.....	72

Tabla 13: Datos para el diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados	74
Tabla 14: Análisis de correlación de Pearson entre Caudal y Precipitación.....	74
Tabla 15: Resultados del Análisis Físico-Químico de los lixiviados realizado el 18 de Febrero del 2014.....	76
Tabla 16: Resultados del Análisis Físico-Químico de los lixiviados realizado el 27 de Octubre de 2014.	77
Tabla 17: Resultados de los Análisis Físico-Químico de los lixiviados realizados en 03 de Marzo del 2015.....	78
Tabla 18: Análisis de correlación ente la DBO y el nivel de caudal.....	80
Tabla 19: Análisis de correlación entre la DQO y el nivel de caudal	81
Tabla 20: Valor de remoción de DBO y SST posterior al proceso de sedimentación.....	93
Tabla 21: Costos de Implementación de la Planta de Tratamiento de Lixiviado	105

Lista de Imágenes

Imagen 1: Chimenea para la extracción de gases.....	25
Imagen 2: sistema de terrazas y drenaje.....	26
Imagen 3: Sistema de drenaje	28

Imagen 4: Diseño del canal de llegada.....	30
Imagen 5: Diseño de los orificios.....	40
Imagen 6: Morfología de la <i>Eichornia crassipes</i>	55
Imagen 7: <i>Pistia stratiotes</i>	56
Imagen 8: Lecho de Secado de Lodos.....	58
Imagen 9: Diseño de la nueva celda de residuos sólidos	63
Imagen 10: Aforo de caudal de lixiviados a la salida de la nueva celda de desechos sólidos.	67
Imagen 11: Toma de muestra para los análisis Físico-Químicos	67
Imagen 12: Propuesta del diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados de la celda de disposición final del relleno sanitario del cantón Pastaza.....	84
Imagen 13: Diseño del canal de llegada.....	86
Imagen 14: diseño del tanque Homogenizador.....	89
Imagen 15: Diseño del Tanque Sedimentador	92
Imagen 16: Diseño del Filtro Aerobio	96
Imagen 17: Diseño del Filtro Anaerobio.....	98
Imagen 18: Diseño del Tanque Clarificador	101

Imagen 19: Diseño del estanque para la Fitorremediación 103

Imagen 20: Diseño del Lecho de Secado de Lodos 104

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Porcentajes de los residuos de la ciudad de Puyo 23

Gráfico 2: Caudal promedio diario (Octubre - Diciembre)..... 69

Gráfico 3: Caudal promedio diario del mes de Octubre 70

Gráfico 4: Caudal promedio diario del mes de Noviembre 71

Gráfico 5: Caudal promedio diario del mes de Diciembre 73

Gráfico 6: Análisis Correlación promedio del caudal y normal de precipitaciones
..... 75

Gráfico 7: Resultados de los análisis físico- químicos de Aceites y grasa de los
lixiviados 79

Gráfico 8: Análisis Correlación de DBO & Caudal..... 80

Gráfico 9: Análisis Correlación de DQO & Caudal..... 82

Lista de Diagramas

Diagrama 1: Diseño de la planta de tratamiento de lixiviados para la nueva celda
de desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza..... 62

Lista de Anexos

Anexo 1: Monitoreo de Lixiviados del mes de Octubre	113
Anexo 2: Monitoreo de Lixiviados del mes de Noviembre	113
Anexo 3: Monitoreo de Lixiviados del mes de Diciembre	114
Anexo 4: Muestreo para los Analisis Fisico-Quimico	114
Anexo 5: Analisis de Precios Unitarios Hormigon	115
Anexo 6: Analisis de Precios Unitarios Hierro	116
Anexo 7: Resultados de los Análisis Físico-Químicos de los Lixiviados Realizados el 18 de Febrero del 2014.....	117
Anexo 8: Resultados de los Análisis Físico-Químicos de los Lixiviados Realizados el 27 de Octubre del 2014	119
Anexo 9: Resultados de los Análisis Físico-Químicos de los Lixiviados Realizados el 03 de marzo del 2015	121

I. INTRODUCCIÓN

Desde la aparición del hombre existe la generación de residuos, con el progreso tecnológico que se ha venido dando desde el siglo XX ha contribuido en mejorar la calidad y comodidades de vida de los seres humanos, pero tiene sus perjuicios ambientales debido al alto nivel de contaminación que provoca (Vaquero, 2004). A nivel mundial se ha venido incrementando la generación de **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)** como no es la excepción en el cantón Pastaza, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pastaza (GADMP) una de sus competencias es el manejo adecuado de los RSU lo que comprende la recolección, transporte y disposición final.

Existen varios métodos de disposición final como son: botaderos a cielo abierto, vertedero, incineración y relleno sanitario, entre otros, este último es el que se ha venido utilizando para el manejo adecuado de los RSU en nuestro cantón (Barradas, 2009).

Los diferentes sitios de disposición final de RSU generan principalmente emisiones gaseosas y descargas líquidas. Las emisiones gaseosas están compuestas principalmente de metano debido a la descomposición de materia orgánica y dióxido de carbono por la presencia de bacterias aeróbicas. Las descargas líquidas son conocidas como lixiviados, están compuestas por grandes concentraciones de materia orgánica e inorgánica, incluso contienen metales pesados, sales inorgánicas, entre otros componentes, por tal razón su manejo debe ser cuidadoso y eficaz ya que son de carácter migratorio, sino se tiene un control adecuado, se puede tener una contaminación en aguas subterráneas, aguas superficiales, acuíferos y suelo (Lopes & Peralta, 2005).

El relleno sanitario está compuesto por varias áreas como son: celda de desechos sanitarios, escombreras, celda de RSU. La celda de desechos sanitarios, está recubierta por concreto para su impermeabilización y con cubierta durante su vida útil para evitar el contacto de los residuos con el agua. Las escombreras son lugares donde se desalojan toda clase de material pétreo, escombros de construcciones, etc. Y la Celda de RSU, se encuentra recubierta por una ge

membrana para su impermeabilización, sistema de extracción de gases, un sistema de recolección y transporte de lixiviados para evitar la acumulación en la celda, su contaminación e infiltración(Mendoza, 2009.).

El principal ente generador de lixiviados es la filtración del agua lluvia que fluye por los residuos que se encuentran en la celda mediante este proceso es donde el lixiviados se contamina, por diferentes compuestos que se encuentran o son fáciles de disolverse con el agua y por partículas que se encuentran en suspensión en líquidos. Las características del lixiviados de pende del tipo de residuo(Giraldo, 2002).

La complejidad de los lixiviados se debe a su composición, por los diferentes residuos que los origina, a la variabilidad de climas que existe en el planeta, es muy difícil que exista un sistema de tratamiento de lixiviados generalizado. Para poder plantear un diseño eficaz se debe tener muy en cuenta el tipo de clima que existe y el tipo de residuos existente que se genera (Szantó, *et al* 2011).

En la actualidad en el relleno sanitario de Cantón Pastaza no consta con una planta adecuada para el tratamiento de los Lixiviados que son genera en la celda de desechos sólidos.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Diseñar una Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL) para la nueva celda de Desechos Sólidos del Relleno Sanitario del Cantón Pastaza.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el caudal de lixiviados para la nueva celda de los desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza.
- Caracterizar de manera Física y Química los lixiviados de la nueva celda de desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza.
- Establecer las características específicas para el diseño para la Planta de Tratamiento de Lixiviados de la nueva celda de los desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis general

- Al contar con una planta de tratamiento de lixiviados en la nueva celda de los desechos sólidos del relleno sanitario, se conseguirá disminuir la contaminación hídrica de la micro cuenca de agua adyacente que desemboca en el río Puyo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Generación de Residuos

Los residuos es el resultado de todas las actividades que el hombre realiza a diario, desde el inicio de la existencia del hombre sea venido produciendo residuos pero en aquellos tiempos eran residuos biodegradables, principalmente restos de comida. La inicio de la era industrial empezaron aparecer los primeros residuos sólidos, hoy en la actualidad con las modernidades para mejorar la calidad de vida se ha incrementado la generación de residuos no biodegradables, siendo los principales factores negativos sobre sol recursos naturales.

El manejo de los residuos sólidos asido un problema, en Ecuador en el año 1822, en ese entonces el ex Presidente el mariscal Antonio José de Sucre, para solucionar este problema dicto una ordenanza. En la actualidad los Gobiernos Autónomos de Descentralizado Municipales son quienes están a cargo del manejo adecuado de los residuos.

4.2 Gestión Integral de Residuos Solidos

La gestión integral de los residuos sólidos es una serie de procesos que comienza desde la generación, recolección, transporte, en algunos casos el almacenamiento temporal (en el cantón Pastaza este proceso no se aplica) y disposición final (GADMCPastaza, 2008).

4.2.1 Generación

La generación de los residuos depende de varios factores como: estatus social, época del año, ubicación geográfica, etc. de esto depende tipo de residuos se genera y la cantidad de residuos generados (Acurio, 1997).

4.2.1.1 Cantidad de residuos generados en la ciudad de Puyo

En una caracterización que se realizó en la ciudad del Puyo en el año 2008 por el departamento HH.SS del GADMC Pastaza, se observa que la mayor generación es materia orgánica y seguida de desechos no aprovechables (Tabla 1, Gráfico 1)

Tabla 1: Caracterización de los residuos de la ciudad de Puyo

Tabla de caracterización de residuos sólidos del Puyo							
FECHA	22/01/2008	23/01/2008	24/01/2008	25/01/2008	26/01/2008		
MATERIAL	PESO (Kg)/hab*día					PROMEDIO	PORCENTAJE (%)
Orgánico	0,1119	0,5876	0,1875	0,4615	0,3704	0,3438	45,92
Papel	0,0105	0,0056	0,0096	0,0000	0,0023	0,0056	0,75
Cartón	0,0210	0,0282	0,0481	0,0359	0,0185	0,0303	4,05
Chatarra	0,0105	0,0056	0,0144	0,0051	0,0185	0,0108	1,45
Botellas Plásticas	0,0140	0,0085	0,0192	0,0154	0,0185	0,0151	2,02
Fundas Plásticas	0,0175	0,0395	0,0481	0,0256	0,0231	0,0308	4,11
Vidrio	0,0175	0,0113	0,0048	0,0103	0,0046	0,0097	1,30
Textil	0,0000	0,0000	0,0000	0,0154	0,0000	0,0031	0,41
No Aprovechable	0,3566	0,2655	0,2779	0,3462	0,2505	0,2993	39,99
TOTAL	0,5594	0,9520	0,6096	0,9154	0,7065	0,7486	100,00

Fuente: (GADMCPastaza, 2008)

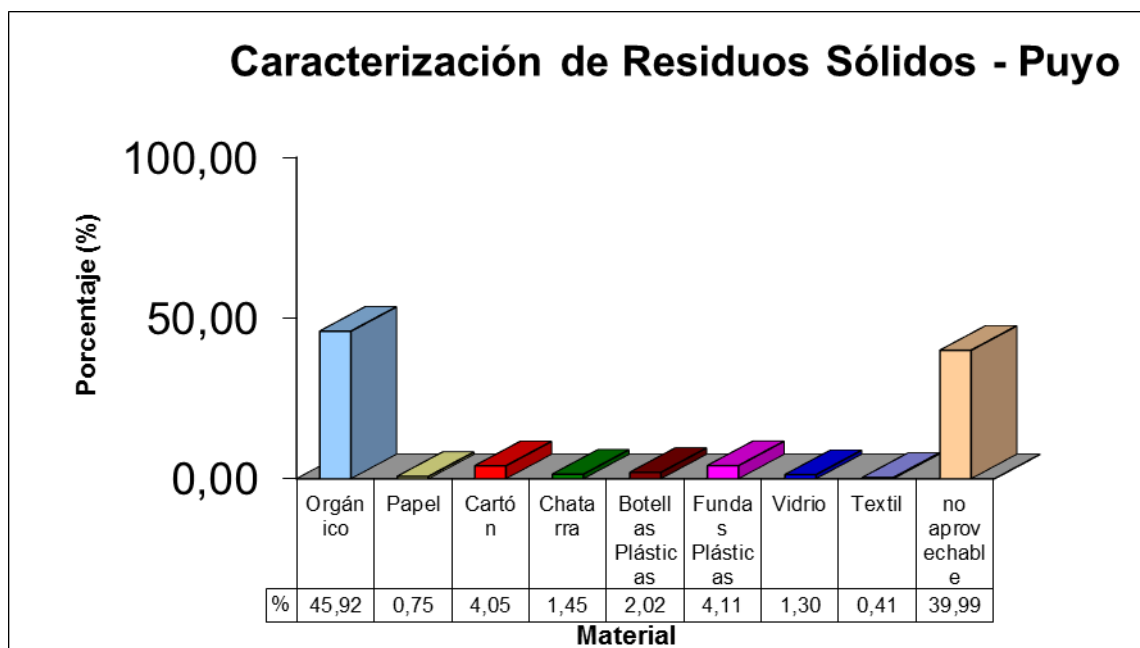


Gráfico 1: Porcentajes de los residuos de la ciudad de Puyo

Fuente: (GADMCPastaza, 2008)

4.2.1.2 Recogida

En el GADM de Pastaza se realiza la recogida en 5 camiones recolectores de compactación de 18 yd³, en toda la cabecera cantonal y 9 parroquias rurales carrozables, la recogida en la cabecera cantonal se realiza los 7 días a la semana y en las parroquias se han establecido días estratégicos por semana según la cantidad de residuos que generan.

4.2.1.3 Transporte

El transporte es realizado en el propio vehículo en el que se realiza la recolección, pues por ser una ciudad pequeña no consta con un centro de transferencia, por lo tanto el camión recolector deposita sus desechos directamente en la celda desechos sólidos dentro de las instalaciones de relleno sanitario GADM Pastaza.

4.2.1.4 Disposición final

El GADM Pastaza ha realizado grandes inversiones para convertir su botadero en un relleno sanitario, según la Sociedad Norteamericana de Ingeniería Civil (American Society of Civil Engineers) establece que un relleno sanitario es un método para depositar la desechos en el suelo, donde se apilan los desechos y son cubiertos con material de la zona (material de Arboriente S.A., arcilla, etc.), consta con un sistema de extracción de gases y tratamiento de lixiviados que son resultado de la descomposición de la los desechos, de tal manera no se perjudicará al medioambiente y la salud de humana (GADMCPastaza, 2008).

4.3 Manejo de gases

Al finalizar la construcción de la celda para los RSU antes de entrar en operación deberá construir chimeneas según se haya diseñado, de tal manera que sea posible para su la extracción total del gas que se genera dentro de la celda, la chimeneas están construidas con mallas de gallinero y listones de madera, con dimisiones 2 m largo y 0.70 x 0.70 m de ancho, en su interior es rellena con piedra bola de 5 a 15 cm de diámetro y en la mitad de la chimenea se encuentra un tubo de 3” de diámetro perforado quien es el encargado de conducir los gases así el exterior. Se ubican en forma cuadrada con un espaciamiento de 30 m, sobre el sistema de drenaje de lixiviados, que se encuentra en la base de la celda (Imagen 1)(Vaquero D., 2004).

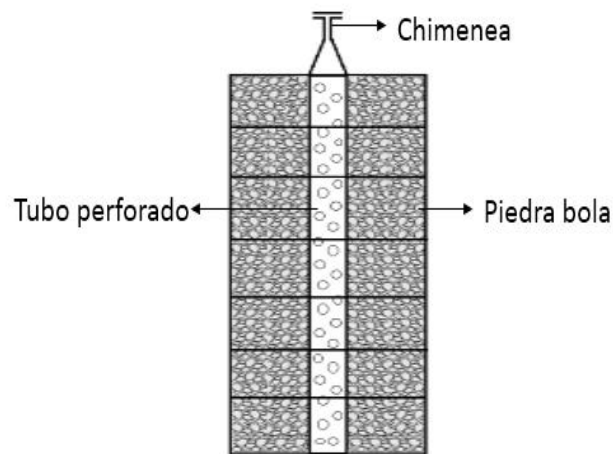


Imagen 1: Chimenea para la extracción de gases

Elaborado por: Autor

4.4 Manejo de lixiviados

Al crear relleno sanitario su objetivo es disminuir la contaminación que ocasiona los residuos, una de sus metas es la extraer del lixiviados que es formado por la descomposición de los residuos y la filtración de la agua lluvia fuera de la estructura de la celda ya que si no se los estará se corre el riesgo de que exista filtración y contaminen acuíferos. Es necesario que existe un correcto sistema de recolección, drenaje y transporte de lixiviados hacia la planta de tratamiento(Vaquero D., 2004).

4.4.1 Sistema de recolección de lixiviados

Para evitar la acumulación del lixiviado en fondo de la celda es necesario un sistema efectivo de recogida de lixiviados, consiste en crear una serie de terrazas con pendiente del 1% al 5 % con caída alas a los canales de drenaje (Imagen 2)(Peñaloza, 2008).

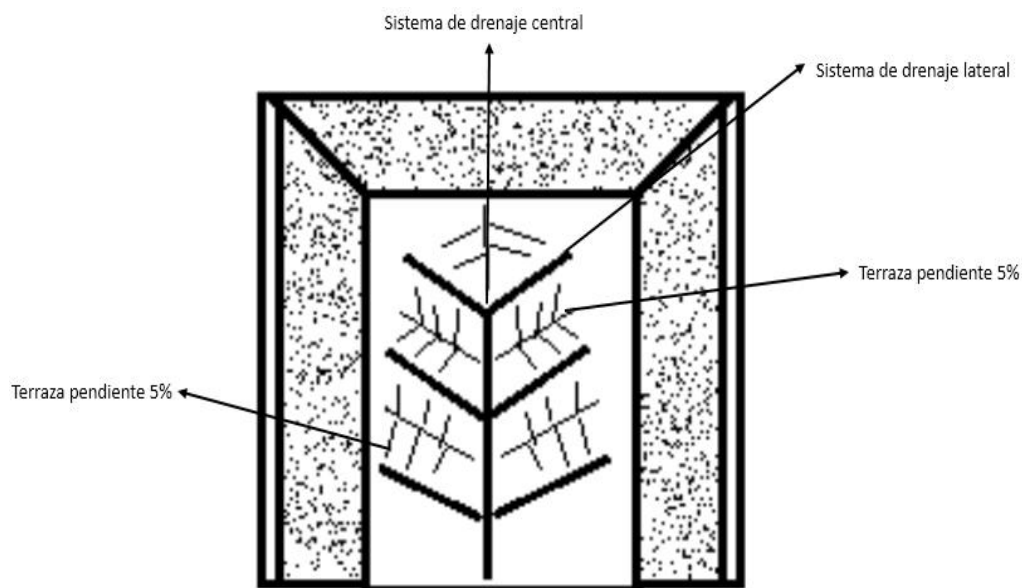


Imagen 2: sistema de terrazas y drenaje

Elaborado por: Autor

4.4.2 Sistema de drenaje

Con el objetivo de captar el lixiviado que genero, la celda estará dotada de drenes la dimensión es función a la cantidad de lixiviados a producirse, por lo que se calcula utilizando el método Suizo basado en la siguiente fórmula esta información se obtuvo de “Estudios De Factibilidad Y Diseños Definitivos Del Sistema De Manejo Integral De Desechos Sólidos Del Cantón Pastaza, Provincia De Pastaza” dichos estudio se obtuvo en el departamento de HH.SS del GADMC Pastaza (GADMCPastaza, 2008)

$$Q = I/t * P * A * K$$

P = Precipitación media anual mm

A = Área requerida para el relleno en m² (63.900)

K = Coeficiente del grado de compactación, que varía entre 0,15 a 0,25 para rellenos compactados con peso específico mayor a 0,7 T/m³,

para el caso se espera que el grado de compactación no será mayor, por lo para el diseño se utiliza el valor de 0,2.

T = Número de segundos del año

Realizando el cálculo correspondiente se tiene que:

$$Q = 2,71 \text{ l/s}$$

Con este valor se procede a dimensionar el sistema de drenaje del lixiviado por el método de Wilkins, con la ecuación:

$$V = 52,45 P \times Rh^{0.5} \times J^{0.25}$$

Donde:

V = Velocidad media de percolación en cm/seg.

P = Porosidad del medio granular, valor entre 0.40 y 0.50, se adopta 0,4

Rh = Radio hidráulico del medio granular en cm.

J = Pendiente del dren en m/m, se adopta 0,5%.

El radio hidráulico se calcula con la siguiente expresión:

$$Rh = (P \times D_s) / (6 (1 - P))$$

Donde:

Ds = Diámetro equivalente del material granular; se asume un ϕ promedio de 6 cm

V = 1,44 m/s

Con este valor determinados el área necesaria:

A = 2,71 l/s / 1,44 cm/s

A = 0,19 m²

Si adoptamos una base del canal de 0,5 m entonces

A = 0,09/0,4

H = 0,37 m

Por lo tanto adoptamos una sección de 0,5 x 0,4 m (dimensiones de los canales del dren) (Imagen 3).

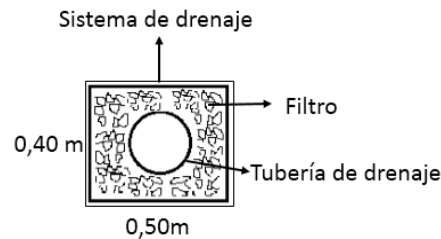


Imagen 3: Sistema de drenaje

Elaborado por: Autor

El sistema de drenaje de lixiviados será construido en forma de espina de pescado con un sistema central de las dimensiones calculadas anteriormente, y con ramales que están ubicados cada 25 m.

El sistema de drenaje consta de filtro, el conducto o colector y el sistema de transporte lixiviado, el filtro debe ser permeable para que filtre el lixiviado dentro del dren (GADMCPastaza, 2008).

Adicionalmente se instalará dentro del dren un tubo colector de lixiviado de PVC de 160 mm de diámetro ($A = 0.017 \text{ m}^2$) perforado, el área del dren será de: 0.09 m^2 (Imagen 2)

4.4.3 Transporte de lixiviados

Luego de ser recolectado el lixiviado es trasladado por tubería fuera de la celda hacia la planta de tratamiento, teniendo en cuenta la seguridad para evitar derrames o filtración de dicha sustancia.

4.4.4 Tratamiento de lixiviados

Los lixiviados es el resultado de la descomposición de los residuos y la infiltración de la agua lluvia, son aguas con grandes concentraciones de contaminantes, que deben recibir un tratamiento adecuado antes de ser vertidos en aguas superficiales o en alcantarillados, para plantear cuál es su tratamiento o cual es el diseño de la planta de tratamiento es vital conocer su caudal y composición, las plantas de tratamiento están compuesta por una serie de proceso que son : Pretratamiento, Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario y Tratamiento Terciarios(Vaquero D., 2004).

4.4.4.1 Pre tratamiento

Es el primer proceso que el agua recibe para su tratamiento, el principal objetivo de este proceso es retirar las partículas de gran tamaño como plásticos, textiles, restos de animales entre otros y la homogenización del caudal(Peñaloza, 2008).

4.4.4.1.1 Canal de Entrada o Llegada

Es una estructura abierta que conduce al líquido para su tratamiento, posterior a la recolecta y transporte del agua residual que se realiza por alcantarillados, tuberías, etc. es donde se deposita el efluente para ser conducido al primer proceso (Mendoza, 2009).

El diseño del canal puede ser de diferentes formas geométricas como rectangulares. Triangulares, trapezoidales, etc. Para su construcción se debe tener en cuenta, el tipo de material, el coeficiente de rugosidad, velocidad máxima y mínima permitida, penitente del cana, entre otros, los elementos geométricos para su elaboración son:

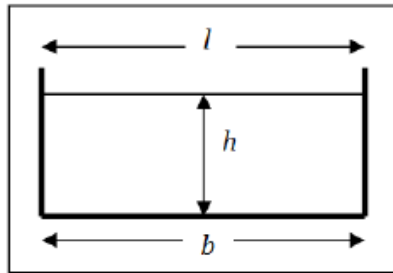


Imagen 4: Diseño del canal de llegada

Fuente: Normativa Ecuatoriana (INEN-C.E.C., 1992)

Altura: Indica la altura del agua en el canal. Se obtiene de la siguiente manera.

$$h = 1.6624 * K^{0.74232} * b \quad (\text{Ecuación N}^\circ 01)$$

Donde

h: Altura del agua

k: Coeficiente de Manning

b: Ancho del canal (m)

Coeficiente De Manning: consiste en verificar la velocidad que se debe manejar en el canal, y solo calcula con la siguiente formula.

$$k = \frac{Qmd * n}{b^{8/3} * S^{1/2}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 02)$$

Donde

Q: Caudal medio diario

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

b: Ancho del canal (m)

S: Pendiente del canal (m/m)

Coeficiente de rugosidad: Es una constante de la superficie o el material que se utilizó para elaborar el canal (tabla 2).

Tabla 2: Valores del coeficiente de estructura para diferentes tipos de superficies

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 – 0,9
Pavimentos de hormigón	0,8 a 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 – 0,8
Empedrados (juntas ordinarias)	0,4 – 0,5
Pavimentos de macadam	0,25 – a 0,6
Superficies no pavimentadas	0,1 – 0,3
Parques y Jardines	0,05 – 0,25

Fuente: Normativa Ecuatoriana (INEN-C.E.C., 1992)

Pendiente: se calcula con los siguientes valores (tabla 3)

Tabla 3: Datos para el cálculo de la pendiente

Parámetro	Abreviatura	Valor	Unidad
Pendiente mínima	S _m	0,2	%
Velocidad mínima	v	1,16	m/s
Tirante	H	0,45	m

Fuente: Plastigama.S.A, 2004

$$S = \frac{H \cdot v}{S_m} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 03)$$

Radio hidráulico (R_H): Para los canales rectangulares encuentra en función de la altura y del ancho del canal y se lo calcula con la siguiente ecuación.

$$R_H = \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 04)$$

Donde

b: Ancho del canal

h: Altura del canal

Velocidad (V): para el cálculo de la velocidad de calcula con la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 05)$$

Donde

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

R: Radio hidráulico

S: Pendiente

4.4.4.1.2 Tamiz

Es el primer tratamiento que constan algunas plantas de tratamiento de aguas, en este proceso existen dos tipos de tamiz grueso y fino, el primero retira sólidos de gran tamaño, está diseñado con varillas y barras en forma de rejillas; mientras que el tamiz fino está diseñado en forma de mallas para retira partículas con menor tamaño como arena(Tchobanoglous, 2000).

4.4.4.1.3 Homogenización de caudal

Este proceso es importante debido a que tiene como objetivo homogenizar la concentración de contaminantes en el lixiviados a tratar, regulara un caudal promedio y casi siempre constante de tal manera garantiza el funcionamiento y eficacia de la planta de tratamiento, para establecer las dimensiones de volumen del tanque se debe tener en cuenta

el máximo menos el promedio del caudal. Al final del tanque de homogenización existen válvulas para regular el caudal promedio (Valencia, 2013)

El diseño del taque homogeneizador es rectangular y sus dimensiones se calculara con las siguientes ecuaciones:

4.4.4.1.4 Volumen De Tanque Homogenizador

$$V = Q_{res} \cdot t \quad (\text{Ecuación N}^\circ 06)$$

Donde:

V: volumen del tanque (m^3)

Qres: caudal restante (m^3/s)

t: Tiempo de homogenización (s)

4.4.4.1.5 Caudal Restante

$$Q_{res} = Q_{max} - Q_{pro} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 07)$$

Donde:

Qres: caudal restante (m^3/s)

Qmax: caudal máximo (m^3/s)

Qpro: caudal promedio (m^3/s)

4.4.4.1.6 Área Del tanque Homogeneizador

$$A = \frac{V}{h} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 08)$$

Donde:

A: área del fondo del tanque (m^2)

V: volumen (m^3)

h: altura del espejo del agua (m)

4.4.4.1.7 Largo del tanque

El largo del tanque tiene relación con la altura del recipiente y con el ancho y se calcula de la siguiente manera:

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 09)$$

Donde:

L: largo del tanque (m)

A: área del fondo tanque (m^2)

h: altura del espejo de agua (m)

4.4.4.1.8 Ancho del Tanque Homogeneizador

El ancho está en relación al largo

$$b = \frac{A}{L} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 10)$$

Donde:

b: ancho del tanque (m)

A: área de fondo del tanque (m^2)

L: largo (m)

4.4.4.2 Tratamiento Primario

El tratamiento primario prepara a los lixiviados a ser tratados, para que los demás procesos de tratamiento no sean alterados por la presencia de sedimentos, el principal objetivo que se realiza es la sedimentación mediante la decantación o floculación y coagulación; aquí se combinan los procesos biológicos, físicos y químicos (Tchobanoglous, 2000).

En el tratamiento primario se remueve 30 al 40% de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y del 40 al 60% de sólidos totales disueltos (SST). Esto depende del tiempo de reposo en cada proceso unitario que consta este tratamiento (Muñoz, 2001).

4.4.4.2.1 Sedimentación

La sedimentación es el proceso en cual los sólidos que se encuentran en suspensión en el agua, se sedimentan mediante el peso específico y la

acción de la gravedad; pero no es el caso de algunos compuestos que necesitan de floculante o coagulante para su decantación (Valencia, 2013).

4.4.4.2 Tratamientos físico-químicos

4.4.4.2.1 Coagulación- floculación:

Consiste en que la materia que se encuentra en suspensión se sedimenta mediante agentes coagulantes, existe materia que se sedimenta fácilmente cuando el agua se encuentra en reposo; pero existe materias como los coloides que están constituido por una serie de cargas que se vuelven repelentes entre ellos y no les permite formar una masa mayor para sedimentar, este proceso consiste en desestabilizar a este tipo de materia para que forme floculas y sedimento, esto se consigue adicionando agentes químicos (Aguilar, 2002).

A continuación se detalla varios proceso de floculación de deferentes agentes existen entes en el agua lixiviados:

4.4.4.2.1.1 Arsénico

El arsénico en las aguas residuales se lo puede encontrar como (AsO_2 y As^{+3}) o también como arsenato AsO_4^{-3} y As^{+5} . Existen varios productos para realizar las precipitaciones de este compuesto, como cal o sulfuros, el hidróxido de aluminio o hierro. La cal es muy eficiente para precipitar los dos compuestos de arsénico pero su desventaja es que requiere un $pH \geq 12$. La precipitación con sulfuros solo es eficiente para precipitar el arsenato y pero ineficiente para el arsenito. La precipitación con NaOH es menos efectiva que con la cal (Hernández, 2001).

4.4.4.2.2.1.2 Bario

La precipitación de sulfato de bario se realiza mediante la coagulación con sal de hierro, el sulfato de bario se caracteriza por ser muy soluble pero se puede lograr su precipitación mediante la adición en exceso de sulfato de hierro o de sodio, su reacción de precipitación es lenta por lo cual se recomienda pedidos de reacción adecuados (Vaquero D., 2004).

4.4.4.2.2.1.3 Cadmio

La precipitación para la remoción de cadmio se realiza con un pH 9 y 12. Los residuos de recubrimientos metálicos con cadmio normalmente contienen cianuro, es recomendable primero reducir completamente al cianuro mediante precipitación, para posterior realizar la precipitación del cadmio, la precipitación con cal que con soda cáustica son más eficientes, posterior a este proceso es recomendable realizar una filtración para obtener mejores resultados (Hernández, 2001).

4.4.4.2.2.1.4 Cianuro

Los resultados de la remoción de cianuro por diversos procesos ansiado muy erráticos, esto se debe a los diversos compuestos formados por el cianuro en las aguas residuales. El método más usado para la remoción de cianuro en la cloración alcalina (Romero, 2013).

4.4.4.2.2.1.5 Cobre

El método más adecuado es la precipitación el pH adecuado es de 9 a 10.3, la remoción de cobre depende de rendimiento del proceso de remoción de sólidos. Al existir la presencia de cianuros y/o los carbohidratos en concentraciones bajas se unen al cobre evitando su sedimentación. En este

proceso de remoción de cobre se utiliza cal y la soda caustica, pero al usar cal su desventaja es cuando existe la presencia de sulfato de cobre, debido a que se puede formar sulfato de calcio, y por lo tanto no es recomendable realizar filtración debido a que este compuesto puede sementar el filtro. Mientras que la soda caustica es igual de eficiente que la cal pero genera mayor cantidad de sólidos (Romero, 2013).

4.4.4.2.2.1.6 Cromo hexavalente Cr^{+6}

Para remoción del Cr^{+6} a Cr^{+3} para posterior precipitarlo como hidróxido, esto se logra mediante H_2SO_4 , y el pH debe ser de 2 y 3, para la obtención de ácido crómico, para posteriormente convertir el Cr^{+6} en Cr^{+3} , dióxido de azufre como agente reductor. Al existir un pH mayor que 4 mayor el poder oxidante de ácido crómico ataca la resina, y por tal razón disminuye la eficiencia de la remoción del Cr^{+6} (Romero, 2013).

4.4.4.2.2.1.7 Fluoruros

La técnica más utilizada es la precipitación con cal para formar fluoruro de calcio, pero no es recomendable ya que al existir un sistema de filtración estos se pueden sedimentar, para lograr la eficiencia utilizando cal se debería sedimentar completamente pero siempre no se logra la sedimentación total del fluoruro de calcio (Romero, 2013).

Como segunda alternativa se tiene la coprecipitación, mediante el proceso de coagulación con alumbre, es muy eficiente pero genera demasiados lodos (Romero, 2013).

4.4.4.2.2.1.8 Hierro

El hierro en las aguas residuales se le encuentra como hierro ferroso, el primer paso es la oxidación de hierro ferroso en hierro férrico. El agua se neutraliza a pH 7 para que el hierro ferroso se oxide y forme hierro férrico y formen hidróxido férrico, y se logre su precipitación, pero se debe tener periodos prolongados de sedimentación por su baja densidad y filtración (Romero, 2013).

4.4.4.2.2.1.9 Mercurio

El proceso remoción de mercurio orgánico e inorgánico, mediante la coagulación, se ha obtenido resultados exitosos, se puede utilizar tanto sales de hierro como aluminio, pero la coagulación con sal de hierro forman floc de mejor sedimentación (Romero, 2013).

4.4.4.2.2.1.10 Plomo

Para remoción de plomo se realiza mediante la dicción de cal, precipitando muy bien al plomo (Romero, 2013).

4.4.4.2.3 Sedimentador Primario

Tiene como objetivo la separación de los sólidos que se encuentran en suspensión del agua, mediante su peso específico y la acción de la gravedad sedimentarlos, para evitar la alteración en los posteriores procesos de la planta de tratamiento de agua residual, en este proceso se remueve partículas inferiores de 0.2mm a 0.05mm (Romero, 2013).

El proceso de la sedimentación primaria constituye de manera importante al tratamiento del agua residual o lixiviada, debido a que se puede disminuir del 50 al 70% de sólidos en suspensión (SST) y entre el 25 al 50% del DBO,

esto está relacionado con el tiempo que el lixiviado se encuentra en reposo en este proceso (Romero, 2013).

Para diseñar el sedimentador se realizara según el método teórico de Hazen y Camp, que se lo conoció como sedimentador convencional, normalmente son tanques rectangulares. En el diseño del sedimentador se determina cuatro zonas: entrada, salida, sedimentador y receptor de partículas sedimentadas (López, 2013).

4.4.4.2.3.1 Zona de Entrada

Distribuye de una manera homogénea de los componentes de agua en toda la altura del tanque, se construye una para de pantalla entre los 0.70 o 1.00m de distancia desde la pared de entrada y de 0.50 a 0.80m del piso del tanque. La pantalla servirá como distribuidora del agua en forma homogénea desde la parte superior del sedimentador hasta la parte inferior, en la pared se construirá orificios donde la velocidad no deberá sobrepasar 0.15m/s, los orificios en la parte de la superficie se construirán $1/5$ a $1/6$ del límite del agua así el interior, y de $1/4$ a $1/5$ de la pared inferior para la limpieza de los lodos (Pérez J. M., 1978) (Valencia, 2013).

4.4.4.2.3.2 Diseño de los Orificios

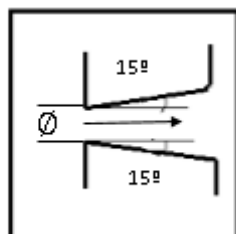


Imagen 5: Diseño de los orificios

Fuente: (UNATSABAR, 2005)

Elaborado por: Autor

Par calcular el área total del orificio se utiliza la siguiente formula:

$$A_o = \frac{Q}{v_o} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 11)$$

Q: Caudal con el que fue diseñado el tanque sedimentador.

Vo: Velocidad de paso del orificio (m/s)

Con la siguiente ecuación se calcula el área de sección de círculo.

$$a_o = \frac{\pi * \phi^2}{4} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 12)$$

Y para saber el número de orificio se obtiene de la siguiente forma

$$n = \frac{A_o}{a_o} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 13)$$

4.4.4.2.3.3 Área de Sedimentación

Esta área es la principal dentro del tratamiento de las aguas residuales o lixiviados; es donde las partículas se separan del fluido, la velocidad de sedimentación de coagulantes no es constante, sino creciente con el tiempo debido a que estos ganan tamaño con la profundidad (Valencia, 2013).

Se debe diseñar para remoción de partículas de tamaño mínimo y esto garantiza que se removerá por completo las de mayor tamaño.

Existen dos tipos de sedimentador esto depende de su carga superficial: de baja velocidad de separación como los de flujo horizontal y vertical o manto de lodos y de alta velocidad de separación como pueden ser pantallas o celdas (tabla 4). El diseño más factible por la cantidad de lixiviados es recomendable trabajar con flujo horizontal (Pérez J. M., 1978) (Valencia, 2013)

Tabla 4: Clasificación de sedimentado

Velocidad del flujo	Clase	Cargas superficiales <i>m³/m² día</i>
Baja	Horizontal	15-30
	Vertical	30-60
Alta	Pantallas	60-180
	Celdas	

Fuente: (Pérez J. M., 1978)

4.4.4.2.3.4 Sedimentador de Flujo Horizontal

Se construye en tanque o estaque de forma rectangular o circular donde la masa del líquido se traslada de un punto a otro con una velocidad V_o , y se sedimenta con una velocidad V_s . Los SST se sedimentan independientemente una de otras, cuando en la zona de lodos excede el límite de sedimentos existe una disminución del proceso de sedimentación (Pérez C. J., 1981)

La zona de sedimentación, tener un 10% de pendiente en la zona de lodos para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de lodos dentro del tanque, se debe realiza purgaciones cada 2 hora que depura de 25 a 50 segundos para eliminar el exceso de lodos (Gerena, 1990) (Valencia, 2013).

4.4.4.2.3.5 Aspectos para el Diseño

- La velocidad y la dirección del flujo horizontal será la misma en cualquier punto de la zona de sedimentación.
- La distribución de las partículas estarán distribuidas en forma homogénea en todos los puntos de la sección vertical, en el aria de entrada.

- Se considera una partícula removida al momento que llega a la zona de lodos.

4.4.4.2.3.6 Diseño de la Área de Sedimentación

Para diseño del área de sedimentación se empieza calculando el área superficial necesaria para el caudal diario y para su carga superficie que se tomó de la tabla 4 y se calcula con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{CS} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 14)$$

Donde

A: Área superficial

Q: caudal promedio día (m^3 / dia)

CS: Carga Superficial ($m^3 / m^2 dia$)

4.4.4.2.3.6.1 Largo del Área de Sedimentación

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 15)$$

Donde

L: largo del tanque (m)

h: Altura del espejo de agua (m)

4.4.4.2.3.6.2 Ancho del Tanque

$$a = \frac{A}{L} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 16)$$

Cálculo del volumen del área de sedimentación

$$Volumen = l \times a \times h \quad (\text{Ecuación N}^\circ 17)$$

Tiempo de retención

$$tr = \frac{Vol}{Q} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 18)$$

4.4.4.2.3.6.3 Velocidad de Arrastre

Para calcular la velocidad de arrastre se utilizaran los siguientes valores

Constante de cohesión $k = 0.05$

Gravedad Especifica $s = 1.25$

Aceleración de la gravedad $g = 9.806 \text{ m/s}^2$

Diámetro de partículas $d = 100 \mu\text{m}$

Factor de fricción de Darcy-Weisbach $f = 0.025$

$$VH: \sqrt{\frac{8k(s-1)gd}{f}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 19)$$

4.4.4.2.3.7 Zona de Salida

Se puede realizar, vertedero canaletas o tubos perforados para la recolección del agua tratada sin interferir en los sedimentos existentes en la

zona de lodos, para el diseño de la planta se realizara mediante un vertedero que se calcula la cresta del vertedero con la siguiente ecuación (Valencia, 2013).

$$ha = \left(\frac{Q}{1.84 \times b} \right)^{2/3} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 22)$$

Donde

Q=caudal promedio

b: ancho

4.4.4.2.3.8 Calculo para la remoción de DBO y SST

Para calcular la remoción se utilizará las constantes empíricas de Crites y Tchobanoglous (Tabla 5).

Tabla 5: Constantes empíricas de Crites y Tchobanoglous.

Variable	A	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Fuente: Tchobanoglous C. &., 2000

4.4.4.2.3.8.1 Remoción de DBO

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{tr}{a+btr} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 20)$$

Donde:

tr: tiempo de remoción

4.4.4.2.3.8.2 Remoción de SST

$$\text{Remoción de SST} = \frac{tr}{a+btr} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 21)$$

4.4.4.3 Tratamiento Secundario

En este tratamiento el agua residual pre tratada recibe importantes procesos biológicos, a través de microorganismos que eliminan los contaminantes que se encuentran presentes en el agua, existen dos tipos de filtros aerobios y anaerobios (Valencia, 2013).

4.4.4.3.1 Filtro Aerobios o Percoladores

El filtro percolador o aerobio, a pesar de su nombre en si no realiza una filtración, sino consiste en rociar el agua residual pre tratada por medio de un brazo rotatorio con orificios que es movido por la accione del agua, en un lecho o cama que puede ser de piedra o piezas plásticas diseñadas para este proceso, don de las el agua percola y las bacterias, hongos y protozoos, se adhieren y formando una capa fina sobre el lecho, para consumir y eliminar los contaminantes del agua, mediante el proceso de digestión (Correa, 2004) (Valencia, 2013).

Para que el filtro sea eficiente debe tener un preparamiento, donde eliminen los SST y las grasa, si no son extraídos pueden adherirse y cubrir la capa de bacterias y causales la muerte, portal razón el filtro dejara de funcionar correctamente (Fuentes, 2011)

Tratamiento

- Reducir el DBO_5 , esto significa la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para la descomposición de los contaminantes del agua, al reducir los SST del agua esto ayuda en la reducción DBO .
- Disminuir los patógenos u organismos causantes de enfermedades
- La reducción de coliformes fecales o bacterias que son generadas por los ser humanos o animales,

En si el propósito de este proceso es reducir la materia orgánica, nutrientes mediante la digestión de las bacterias.

Existen dos tipos de filtros percoladores, de baja tasa y de alta tasa, el primero no consta con recirculación del agua no siendo un requisito para que el filtro sea eficiente, mientras que cundo se habla de un filtro de tasa alta se afirma que tiene una recirculación de 0.5%, esto quiere decir que la mitad del agua regresa a este proceso por segunda ocasión, para el diseño del filtro se tomarán encuentra la tabla 6 de Lozano-Rivas (2012).

Tabla 6: valores que establecen Lozano-Rivas para la elaboración de filtro Aerobio y/o Anaerobio.

ELEMENTO	CARGA BAJA	CARGA ALTA	CARGA ALTA
Medio filtrante	Piedra	Piedra	Plástico
Tamaño (cm)	2,5 a 13	2,5 a 13	Varía
Superficie específica(m² / m³)	60 a 70	60 a 70	80 a 200
Constante “n” del material	1,5 a 3,5	1,5 a 3,5	0,4 a 0,6 (según fabricante)
Constante de tratabilidad “K”	Agua residual doméstica sedimentada = 2,21 (m*d) ^{-0,5} Agua residual industrial = 0,25 a 2,51 (m*d) ^{-0,5}		
Espacio vacío (%)	40 a 60	40 a 60	94 a 97
Peso específico (kg/m³)	800 a 1450	800 a 1450	30 a 100
Carga hidráulica(m³/m²*h)	0,05 a 0,15	0,4 a 1,6	0,4 a 3,0
Carga orgánica (kgDBO₅/m³*d)	0,1 a 0,4	0,5 a 0,6	0,3 a 1,8
Carga orgánica para nitrificación(kg DBO₅/m³*d)	0,1 a 0,16	0,1 a 0,25	0,16 – 0,4
Profundidad (m)	2,0 a 2,5	2,0 a 2,5	3 a 10
Relación de recirculación	0	0,5 a 2,0	0,5 a 4,0
Arrastre de sólidos	Intermitente	Continuo	Continuo
Eficiencia de remoción de DBO₅ (%)	80 a 85	50 a 70	50 a 85
Moscas en el filtro	Muchas	Pocas	Muy pocas

Fuente: Lozano, 2012

4.4.4.3.1.1 Diseño del Filtro Aerobio

4.4.4.3.1.1.1 Carga de Contaminante:

$$C_m = DBO \times Q \quad (\text{Ecuación N}^\circ 23)$$

Donde

C_m : carga de contaminantes

DBO : Demanda Biológica de Oxígeno

Q : Caudal

4.4.4.3.1.1.2 Volumen que requiere por el medio de soporte:

$$V_{\text{soporte}} = \frac{C_m}{C_{\text{organica}}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 24)$$

Donde

V_{soporte} : volumen

C_{organica} : carga orgánica de la tabla 6 para carga baja

4.4.4.3.1.1.3 Área Superficial

$$A_{\text{sup.}} = \frac{V_{\text{soporte}}}{h} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 25)$$

Donde

$A_{\text{sup.}}$: Área superficial de filtro percolador

h : altura o profundidad

4.4.4.3.1.1.4 Determinación del Radio para el Filtro Aerobio

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 26)$$

Para comprobar la eficiencia del filtro aerobio se puede realizar con las siguientes ecuaciones:

- Verificación de la carga hidráulica que deberá estar entre los rangos 0.05 a 0.15m/h

$$q = \frac{Q}{A_{sup}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 27)$$

4.4.4.3.1.1.5 Determinación DBO de Efluente

$$S = S_0 e^{-K \cdot h / q^n} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 28)$$

Donde

S DBO: del efuente (salida)

S₀ : DBO del afluyente (entrada)

K: constatente de tratablilidad (tabla 6)

h: altura del filtro anaerobio

q: carga hidralica

n: constante del material

4.4.4.3.1.1.6 Eficiencia del Filtro Aerobio

$$E = \left(1 - \frac{S}{S_0}\right) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 29)$$

4.4.4.3.2 Filtro Anaerobio

Este proceso es similar al Filtro Percolador Aerobio, pero en vez que el efluente circule en forma descendente lo realiza de forma ascendente y los microorganismos que se encuentra adheridos al lecho realizan la digestión y eliminación sin la presencia de oxígeno. En este proceso se puede eliminar del 50 al 75% de DBO, de SST puede ser de 52%, grasas y aceites del 80%, el 65% del fosforo total, 58% de tenso activos y 50% de nitrógeno (Lozano, 2012).

4.4.4.3.2.1 Diseño del Filtro Anaerobio

4.4.4.3.2.1.1 Volumen del Filtro Anaerobio

Para calculara el volumen útil del filtro es la siguiente:

$$V = 1.6Qt \quad (\text{Ecuación N}^\circ 30)$$

Donde

V: volumen (m³)

Q: caudal (m³/d)

t: tiempo(d)

4.4.4.3.2.1.2 Tiempo del Proceso

Para estimar el tiempo se tomara en cuenta los siguientes valores:

Por cada 0.04m³ se trata 0.1m³/d es decir que para el caudal promedio del estado que es de 27,475 se requiere un tiempo de 0.4 d.

4.4.4.4 Tratamiento Terciario

Tratamiento terciario o complementarios son los últimos procesos que recibirá el agua en su tratamiento consiste en un sedimentador o clarificador por los sedimentos que producen en los filtros percoladores tanto aerobio como anaerobio, al desprendimiento del lecho de la lámina bacteriana, existen varios procesos complementarios, uno de los procesos que actualmente se están aplicando es la Fitorremediación, mediante la utilización de plantas que ayudan a la eliminación de compuestos orgánicos y la presencia de metales (Cano, 2003)

4.4.4.4.1 Clarificado

Al ser eficiente los primeros procesos de tratamiento del agua los únicos sedimentos que se obtendrá será del resultado de la filtración anaerobia y anaerobia.

El tanque debe ser rectangular con una pendiente 10% en su base para la recolección de los sólidos mientras que en el tanque de sedimentación la pared de pantalla se encontraba en la entrada esta pantalla se colocara a la salida para evitar que los sólidos tapen los orificios. El tiempo del preso entre 2 a 3h es recomendable trabajar con 3h para que sea más eficiente, no se necesita tiempos prolongados, ya que no existen sólidos que necesiten agruparse para sedimentarse (Fuentes, 2011).

4.4.4.4.1.1 Diseño del Clarificador

4.4.4.4.1.1.1 Volumen del Clarificador

$$V = Qt \quad (\text{Ecuación N}^\circ 31)$$

Donde:

V: volumen

Q caudal

t: tiempo

4.4.4.4.1.1.2 Área del Clarificador

$$A = \frac{V}{h} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 32)$$

Donde:

A: área

V: volumen

h: altura

4.4.4.4.1.1.3 Largo del clarificador

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 33)$$

Donde

L: largo del tanque (m)

h: Altura del espejo de agua (m)

4.4.4.4.1.1.4 Ancho del clarificador

$$a = \frac{A}{L} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 34)$$

4.4.4.2 Fitorremediación

Consiste en crear humedales artificiales, por medio de plantas acuáticas se puede reducir la presencia de contaminantes del agua residual o agua con concentraciones de lixiviado mejorando sus características. Es un proceso de bajo costo y eficiente más que los procesos que utilizan microorganismos, y se utiliza como un método de complemento a las plantas de tratamiento de agua residuales (Pinzon, 2010).

Es recomendable utilizar plantas de zona, de rápido crecimiento, de rápida reproducción y muy adaptables a los cambios de contaminantes, las plantas con mayor eficiencia son las Macrofitas flotantes como el Jacinto de Agua y el Lechuguilla que son plantas amazónicas muy adaptables y con mejores resultados en el tratamiento de depuración de agua residuales (Hidalgo, 2015).

El Jacinto de Agua su nombre científico es *Eichornia crassipes* es una de las natas más utilizadas en América y en el mundo para este proceso, se origina en la Amazonia del Brasil, existe en Ecuador en los principales ríos de la región Amazónica como del Litoral y Andina, es la octava planta a nivel mundial más rápido crecimiento (Duran, 2003).

El Jacinto de Agua es capaz de duplicar su tamaño en tan solo diez días, una sola planta puede llegar a tener 70.000 hijuelos, y puede medir entre 0.5 a 1.5 m desde su raíz hasta la parte superior, según las diversas investigaciones obtenidas es la planta con mejores resultados para la depuración de aguas residuales de aguas residuales (Cuenca, 2010).

El Jacinto de agua a concentraciones con presencia del 0.5% lixiviados los resultados no son muy buenos, en cambio comparación al existir 2% de lixiviados esta especie se desarrolla y se reproduce maneras más eficiente, en mayores concentraciones de lixiviados esta especie no se desarrolla. Por lo que se recomienda que antes de realizar la fitorremediación debe existir un proceso de tratamiento de lixiviados reduciendo las concentraciones

contaminaste que les hace considerar como lixiviados, al llegar al sistema de Fitorremediación se les considerara como agua pre tratada (Jaramillo, 2012).

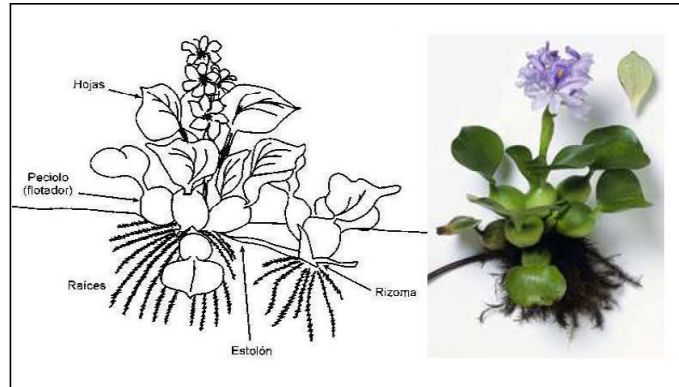


Imagen 6: Morfología de la *Eichhornia crassipes*

Fuente: Romero A. M., 2009

La Lechuguilla su nombre científico es *Pistia stratiotes*, es una de las Macrofitas más utilizadas para el tratamiento de aguas residuales, es originaria de África, actualmente se encuentra distribuido a nivel mundial en todas las zonas tropicales y subtropicales (Hidalgo, 2015).

La Lechuguilla es una de las plantas con una rápida reproducción, botan sus semillas al fondo de los estanque, en un periodo de 10 a 12 días las plantitas suben a la superficie cubriendo muy rápidamente los estanque, en algunas ocasiones se convierten en plagas (Martelo, 2012).

La Lechuguilla en tratamiento de depuración de aguas residuales se han obtenido buenos resultados, existe un promedio de remoción DBO del 57 al 91 % eficiencia, mientras que DQO del 73 al 93% de eficiencia en la remoción, es capaz de remover metales como Plomo (Pb), Nitrógeno (N), Arsénico (As), Hierro (Fe), ente otros (Martelo, 2012).



Imagen 7: *Pistia stratiotes*

Fuente: (Evans, 2013)

El tiempo óptimo según el estudio realizado por Marín y Colín, establecen que el tiempo de retención hidráulica para este proceso es de 7 días (Romero A. M., 2009).

4.4.4.2.1 Diseño del estanque de Fitorremediación

4.4.4.2.1.1 Volumen del estanque

$$V = Qt \quad (\text{Ecuación N}^\circ 35)$$

Donde

V: volumen (m³)

Q: caudal (m³/d)

t: tiempo (d)

4.4.4.2.1.2 Área Del Estanque

$$A = \frac{V}{h} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 36)$$

Donde

A: Área del estanque

h: Profundidad

La profundidad óptima es de 1.5 debido a que son plantas flotantes y sus raíces pueden llegar a medir 1.45 m

4.4.4.2.1.3 Largo del Estanque

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 37)$$

Donde

L: largo del tanque (m)

h: profundidad (m)

4.4.4.2.1.4 Ancho del Estanque

$$a = \frac{A}{L} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 38)$$

4.4.4.5 Secado de Lodos

Consiste en retirar el agua del lodo residual de los diferentes procesos de tratamiento de las aguas residuales o lixiviados mediante diversos métodos como centrifugado, lecho de secado, filtración al vacío entre otras, el método más recomendado para plantas pequeñas menores a 100 L/s es el secado de secado (RENDÓN, 2005)..

4.4.4.5.1 Lecho de secado

Se utilizan para deshidratar lodo extendiéndolo sobre una capa de arena de espesor 20 a 25 cm, dejándolo secar. Una vez perdida la humedad, se puede utilizar como material de relleno o fertilizante. Para comunidades pequeñas, es decir para aquellas plantas de tratamiento que manejan caudales menores a 100 L/s, esta opción de deshidratación se considera óptima, entre tanto; para poblaciones superiores a 20000 habitantes debe optarse por técnicas más avanzadas (RENDÓN, 2005).

Se identifican como ventajas de los lechos de secado de lodos los siguientes: En la medida que haya terreno disponible, el costo es bajo; no requiere operación especial, bajo consumo de energía, bajo consumo de químicos. Como desventajas de este tipo de reducción de contenido de humedad es el utilizar grandes áreas, requiere lodos estables y sensibles a los cambios de clima (RENDÓN, 2005).



Imagen 8: Lecho de secado de lodos

Fuente: (RENDÓN, 2005).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización y duración del estudio

5.1.1 Localización del estudio

El presente estudio se realizará en el Relleno Sanitario del GADM Pastaza, se encuentra ubicado, en la Provincia de Pastaza, Cantón Pastaza, Parroquia Puyo, en el kilómetro 6 vía a la parroquia 10 de Agosto su altitud es de 924 m.s.n.m.

5.2 Duración del estudio

El estudio tendrá una duración de 8 meses, en los cuales se realizara las siguientes actividades, el trabajo de campo donde se llevara a cabo la medición de caudal, los análisis físico-químicos de los lixiviados, análisis y tabulación de datos.

5.3 Condiciones meteorológicas

El cantón Pastaza, Parroquia Puyo se encuentra a una temperatura promedio mensual de 20.3°C, a una precipitación media anual que varía de 2000 a 5000 mm, con una humedad relativa del 88%, es considerada una zona climática lluviosa tropical.

5.4 Materiales y Equipos

Tabla 7: Materiales y equipos

Materiales		Equipos	
Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
1	Cuaderno	1	Cámara fotográfica
2	Esferos	1	Multiparamétrico
1	Lápiz	1	GPS
5	Botella esterilizada de 1L para muestra		
10	Frascos para muestra esterilizados de 25mml		
2	Recipientes marcados de 20 L de capacidad (baldes)		
1	Cronometro		
32	Hojas de campo para aforo de caudal		
1	Machete		
3	Marcador permanente		

Fuente: Elaborado por el Autor

Nota: La caracterización física-química de los lixiviados se realizará en un laboratorio acreditado del país.

5.5 Factores de estudio

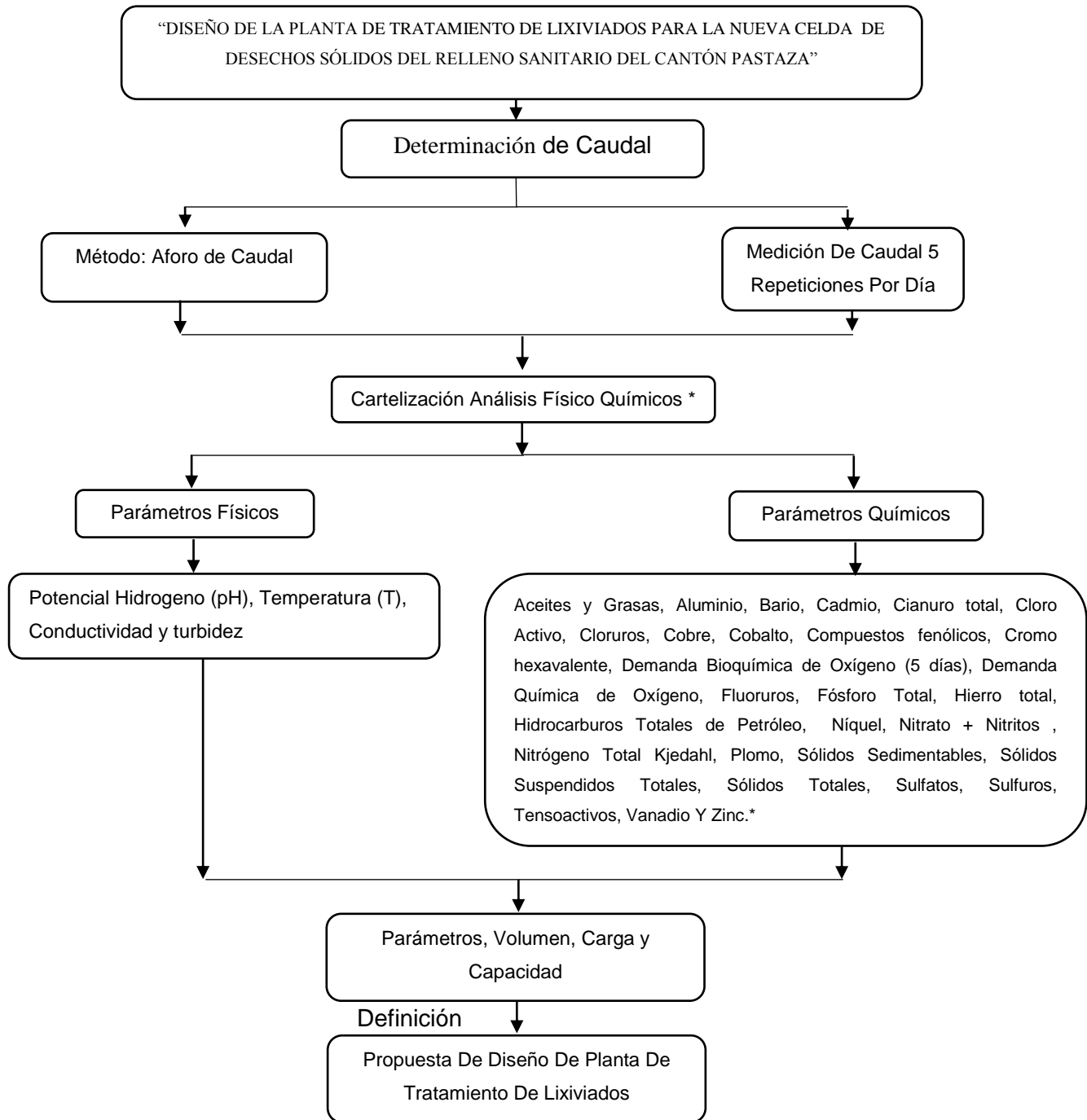
La presente investigación tendrá como factores de estudio el clima, ya que dependerá de la cantidad de precipitaciones que se presente durante el tiempo de la investigación. Otro factor será la cantidad de residuos sólidos que ingresen durante el tiempo de la investigación.

5.6 Diseño del estudio

El trabajo de campo se realizará en la nueva celda de residuos sólidos del relleno sanitario del Cantón Pastaza, para lo cual se realizará el método de aforo de caudal de lixiviados, durara 3 meses, 8 días al mes, con 5 repeticiones diarias con un intervalo de 2 horas, el muestreo se realizará al final de la tubería en la descargar al afluyente existente (Imagen 9, Diagrama 1).

Posteriormente con los respectivos resultados de los análisis físico-químico y medición de caudal de los lixiviados se diseñara la planta de tratamiento de lixiviados en la nueva plataforma de desecho sólidos.

Diagrama 1: Diseño de la planta de tratamiento de lixiviados para la nueva celda de desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza



- La caracterización de los análisis físico-químicos deberán cumplir con los límites establecidos en el TULSMA Tabla 12 para límites permisibles para descarga de efluente a cuerpos de agua dulce

Elaborado por: Autor

- **Identificación del Punto de muestreo**

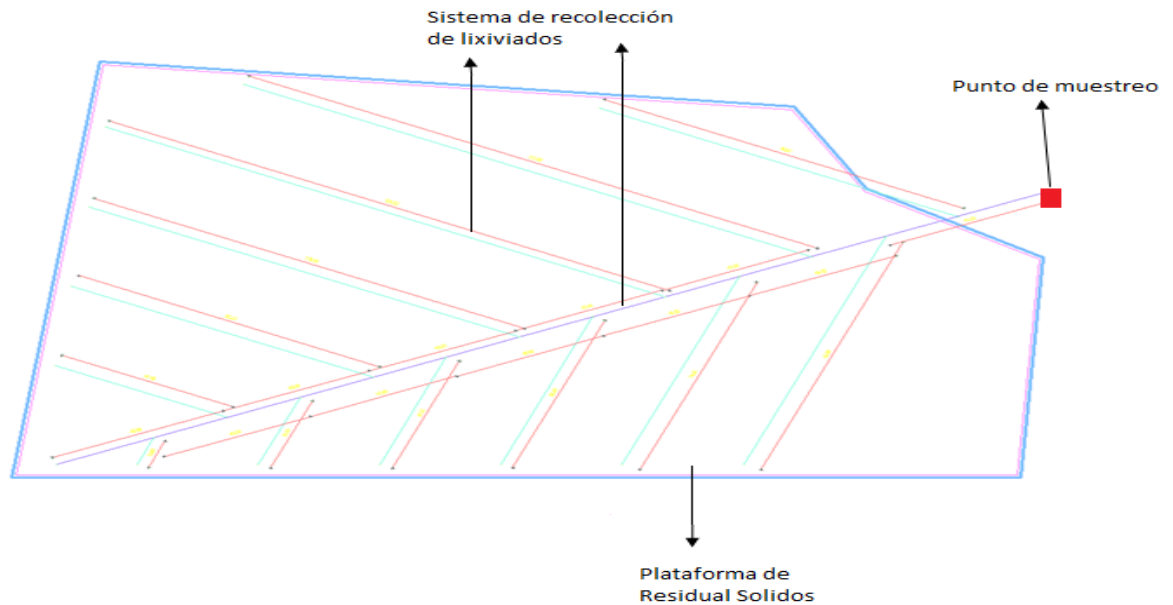


Imagen 9: Diseño de la nueva celda de residuos sólidos

Fuente: GADM Pastaza y editado por el del autor

5.7 Metodología

El desarrollo de la investigación tendrá lugar en el relleno sanitario del cantón Pastaza.

5.7.1 Medición de caudal

- Caudal es la cantidad de líquido que circula o fluye por un determinado espacio que puede ser de manera natural como los ríos o artificial como tuberías.
- Para la medición del caudal existen varios métodos, uno de los métodos es el aforo de caudal siendo muy práctico para medir caudales pequeños en turbias, menores a 20 L/s (litros= L, segundos =s).

- El aforo de caudal: concite en llenar un recipiente 20L y se toma el tiempo que trascorra en llenar el recipiente (Imagen 10), mediante la siguiente formula.

5.7.1.2 Ecuación para la Medición de caudal

$$Q = \frac{V}{T} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 39)$$

Donde:

Q = caudal (L/s)

V = volumen en (L)

T= Tiempo de flujo (s)

- La medición de caudal se realizará dos días a la semana, durante tres mes, con cinco repeticiones por día con un intervalos de dos hora muestra, se realizará la toma de muestras desde las 08H00 a 16H00, horas en las cuales la maquinaria y los carros recolectores ingresan con desechos.
- La medición de caudal facilita para diseñar la PLT, con este dato se puede calcular volumen, tiempo de proceso, entre otros.
- Según la **Organización Panamericana de la Salud** recomienda diseñar las plantas de tratamiento de agua con el caudal máximo, al no existir un tanque homogeneizador, debido que al trabajar con caudales promedios los diseños no bastecerán al caudal máximo por lo tanto existirán derrames del líquido en los diferentes procesos, y no garantiza un buen funcionamiento. Al diseñar la PTL con el caudal máximo garantizará un mejor funcionamiento, es recomendable que el agua tenga mayor tiempo en cada proceso a que sea menor el tiempo en cada proceso.

5.8 Análisis físico químico

- Para la obtención de las muestras de los análisis Físico Químicos que se realizará en *In situ* y en laboratorio, se obtendrá al final de la tubería de conducción de lixiviados (Imagen 11).
- Análisis Físico Químico: se realizarán muestreos, donde se determinará los siguientes parámetros *In situ* y en laboratorio (Tabla 8):

Tabla 8: Parámetros Físico Químicos a determinarse a los lixiviados

Parámetros a Determinarse		
Parámetros a determinar en In situ		
Parámetro	Expresado como	Unidad
Potencial Hidrogeno	pH	
Temperatura	T	°C
Parámetros a determinar en Laboratorio		
Parámetro	Expresado como	Unidad
Aceites y grasas		mg/l
Aluminio	Al	mg/l
Bario	Ba	mg/l
Cadmio	Cd	mg/l
Cianuro total	CN ⁻	mg/l
Cloro activo	Cl	mg/l
Cloruros	Cl ⁻	mg/l
Cobre	Cu	mg/l
Cobalto	Co	mg/l
Coliformes fecales	Nmp/100ml	
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l
Demanda química de oxígeno	D.Q.O	mg/l
Fluoruros	F	mg/l
Fosforo total	P	mg/l
Hierro total	Fe	mg/l
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l
Mercurio total	Hg	mg/l
Níquel	Ni	mg/l
Nitratos + nitritos	Expresados como Nitrógeno (N)	mg/l
Nitrógeno total	N	mg/l
Plomo	Pb	
Solidos sedimentables		ml/l
Solidos sedimentables totales		mg/l
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l
Sulfuros	S	mg/l
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l
Vanadio		mg/l
Zinc	Zn	mg/l

Fuente: (TULSMA, 2015)

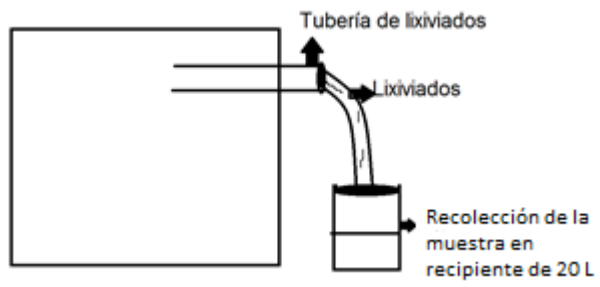


Imagen 10: Aforo de caudal de lixiviados a la salida de la nueva celda de desechos sólidos.

Elaborado por: Autor

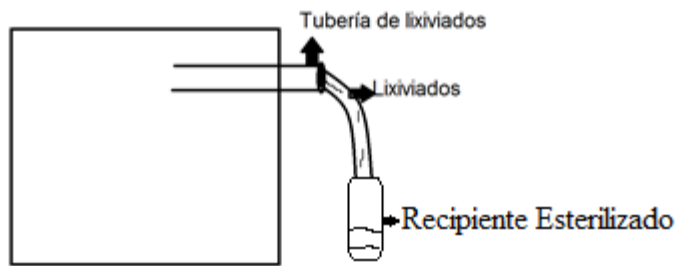


Imagen 11: Toma de muestra para los análisis Físico químicos

Elaborado por: Autor.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis físicos químicos y el aforo de caudal para diseñar la planta de tratamiento de lixiviados en la nueva celda del relleno sanitario del Cantón Pastaza se obtuvo los siguientes resultados:

6.1 Medición del caudal de lixiviados por mes/día:

Durante los 3 meses de monitoreo del caudal mediante el método de aforo de caudal, se obtuvieron 8 días de muestreo por mes, con 5 muestras con un intervalo de dos horas cada una y tres repeticiones por muestra, se puede observar en la Tabla 9 y Gráfico 2, promedios diario de los tres mes.

Tabla 9: Caudal promedio diario (Octubre - Diciembre)

Mediciones de caudal de lixiviados (L/s)			
	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mes			
Día			
Día 1	0,504	0,261	0,261
Día 2	0,229	0,183	0,192
Día 3	0,581	0,257	0,296
Día 4	0,461	0,169	0,244
Día 5	0,590	0,234	0,171
Día 6	0,229	0,525	0,327
Día 7	0,257	0,411	0,180
Día 8	0,209	0,324	0,190

Fuente: Autor

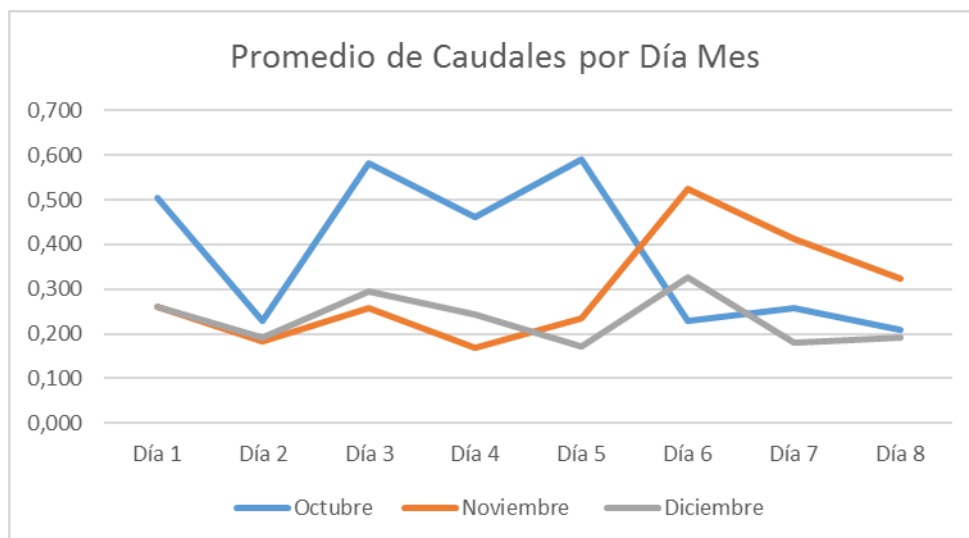


Gráfico 2: Caudal promedio diario (Octubre - Diciembre)

Fuente: Autor

6.1.1 Medición del Caudal del Mes de Octubre

Tabla 10: Caudal promedio diario del mes de Octubre

DATOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL MEDIANTE EL MÉTODO DE AFORO DE CAUDAL (L/s)								
MES	OCTUBRE							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
08H00	0,43	0,232	0,579	0,438	0,575	0,231	0,256	0,19
10H00	0,45	0,248	0,566	0,495	0,617	0,249	0,258	0,236
12H00	0,518	0,226	0,563	0,487	0,601	0,226	0,258	0,216
14H00	0,568	0,224	0,594	0,452	0,585	0,224	0,258	0,204
16H00	0,553	0,215	0,602	0,431	0,573	0,215	0,254	0,199
PROMED IO	0,504	0,229	0,581	0,461	0,590	0,229	0,257	0,209

Fuente: Autor

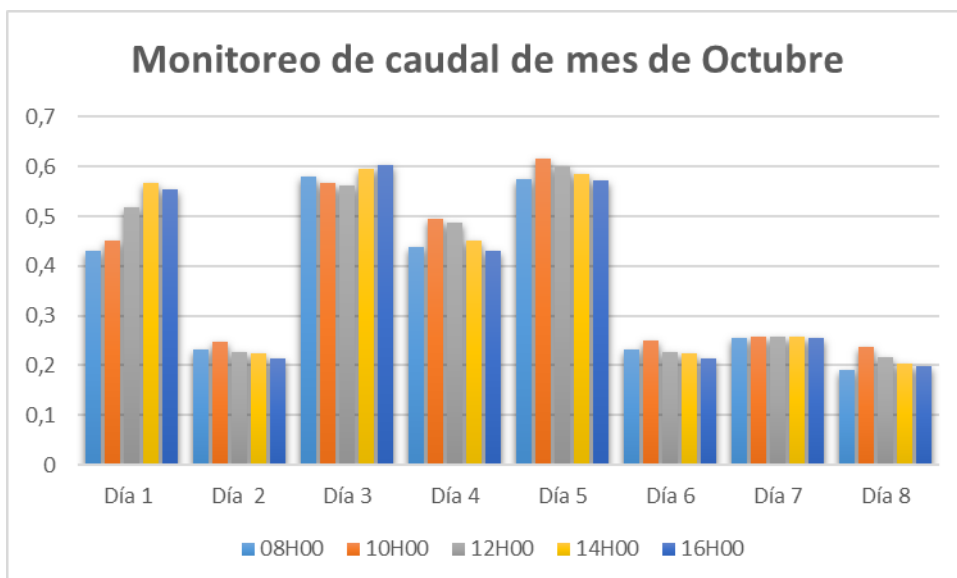


Gráfico 3: Caudal promedio diario del mes de Octubre

Fuente: Autor

Los resultados de monitoreo de caudal de lixiviados de la celda de disposición final que se realizó en el mes de octubre (Tabla 10) se puede observar que en el gráfico 3 el día tercero y quinto se obtuvo mayor caudal de lixiviados 0.581 L/s y 0.590 L/s respectivamente y el mayor caudal durante el muestreo se alcanzó en el quinto día, que se realizó a las 10H00 con un caudal de 0.617 L/s.

El comportamiento durante el día de muestro no existen cambios bruscos de caudal, excepto con el día uno, donde presentan cambios en los niveles de caudal esto se debe al incremento de precipitaciones durante el muestreo, mientras que en los demás días el caudal es casi constante.

6.1.2 Medición del caudal del mes de Noviembre

Tabla 11: Caudal promedio diario del mes de noviembre

DATOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL MEDIANTE EL MÉTODO DE AFORO DE CAUDAL (L/s)								
MES	NOVIEMBRE							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
08h00	0,258	0,169	0,258	0,177	0,189	0,458	0,411	0,279
10h00	0,267	0,164	0,267	0,169	0,237	0,479	0,416	0,261
12h00	0,274	0,161	0,274	0,168	0,254	0,565	0,411	0,301
14h00	0,262	0,203	0,244	0,167	0,249	0,563	0,41	0,385
16h00	0,244	0,216	0,244	0,166	0,24	0,558	0,409	0,392
Promedio	0,261	0,183	0,257	0,169	0,234	0,525	0,411	0,324

Fuente: Autor

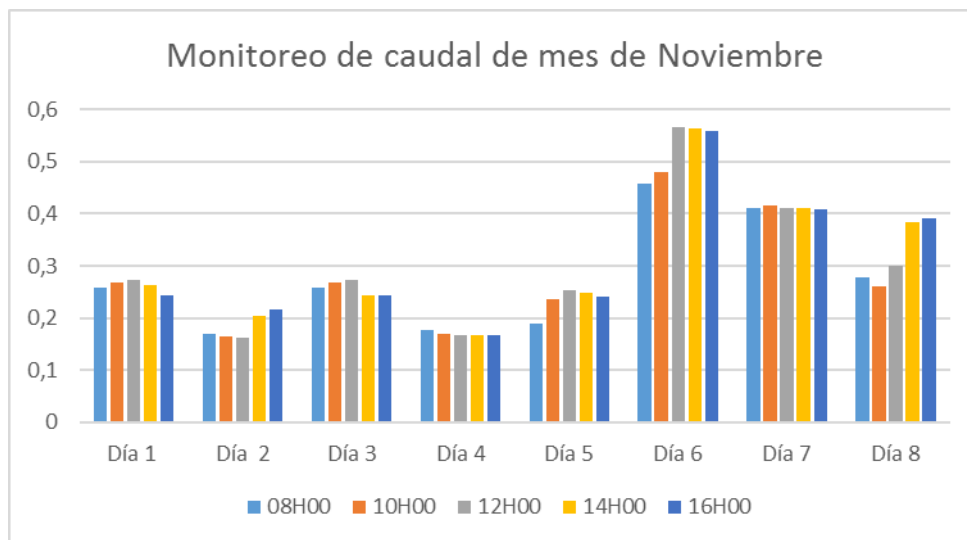


Gráfico 4: Caudal promedio diario del mes de noviembre

Fuente: Autor.

Los resultados del monitoreo del caudal de los lixiviados de la celda de disposición final del mes de noviembre (Tabla 11) en el Gráfico 4 se puede observar que durante el muestreo los días sexto y séptimo son los días con

mayor caudal de lixiviados, 0.525 y 0.411 L/s respectivamente para cada día. El día 6 es donde existe el mayor caudal en el muestreo que se realizó a las 12H00 con un caudal de 0.565 L/s.

El comportamiento de caudal entre días existen diferencias durante los tres últimos días de monitoreo, presentando durante el día caudales casi constantes.

6.1.3 Medición del caudal del mes de Diciembre

Tabla 12: Caudal promedio diario del mes de diciembre

DATOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL MEDIANTE EL MÉTODO DE AFORO DE CAUDAL (L/s)								
MESES	DICIEMBRE							
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
08H00	0,256	0,203	0,278	0,231	0,161	0,33	0,182	0,185
10H00	0,258	0,199	0,261	0,249	0,158	0,342	0,176	0,189
12H00	0,26	0,199	0,275	0,225	0,177	0,334	0,177	0,19
14H00	0,264	0,179	0,323	0,285	0,18	0,328	0,182	0,193
16H00	0,268	0,18	0,342	0,23	0,181	0,302	0,184	0,195
Promedio	0,261	0,192	0,296	0,244	0,171	0,327	0,180	0,190

Fuente: Autor

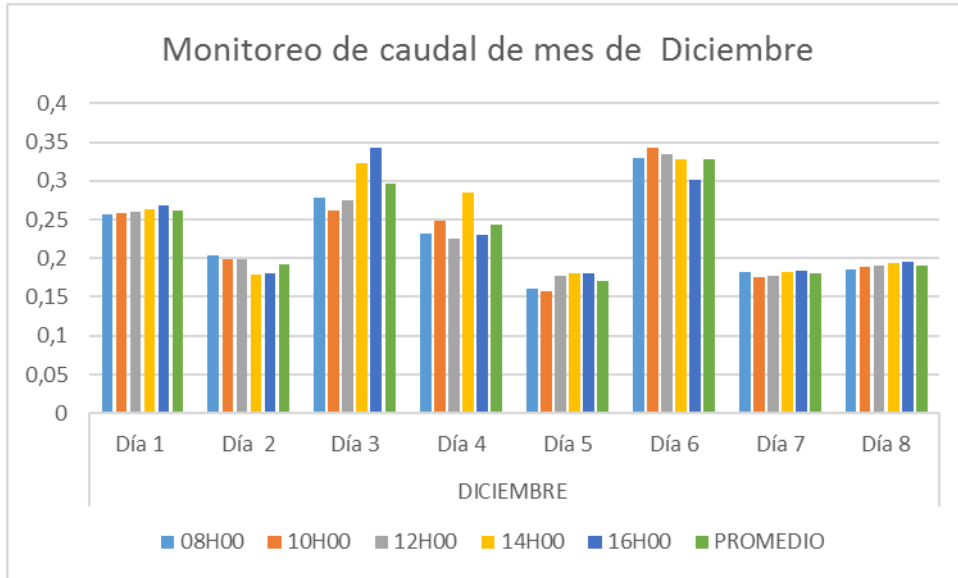


Gráfico 5: Caudal promedio diario del mes de diciembre

Fuente: Autor

Los resultados de monitoreo de caudal de lixiviados de la celda de disposición final que se realizó en el mes de diciembre donde se puede observar que en el gráfico 5 el día tercero y sexto se obtuvieron promedios (tabla 12) de mayor caudal de lixiviados 0.296 L/s y 0.327 L/s respectivamente. El mayor caudal durante el muestreo se obtuvo en los dos días antes mencionados, muestreo que se realizó a las 16H00 y a las 10h00 respectivamente, con un caudal de 0.342 L/s.

En el comportamiento durante los días de muestro no existen cambios bruscos de caudal, presentando un comportamiento casi constante, donde no existen muchas variaciones.

Los valores que se tendrá en cuenta para el diseño de la planta de tratamiento de lixiviados son los siguientes (tabla 13):

Tabla 13: Datos para el diseño de la planta de tratamiento de lixiviados

Datos para el diseño de la planta de tratamiento						
	Octubre		Noviembre		Diciembre	
	L/s	m ³ /día	L/s	m ³ /día	L/s	m ³ /día
Máximo caudal	0,617	53.309	0,565	48.816	0,342	29.549
Promedio mensual	0,382	33.01	0,295	25.488	0,233	20.131
Promedio global	0,303 L/s			26.179 m ³ /día		

Fuente: Autor

6.1.4 Correlación entre caudal y precipitación:

En la Tabla 14 se observa que en el mes de octubre los niveles de caudal son mayores que los otros dos meses, esto se debe al nivel de precipitaciones. Según datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), es uno de los meses con mayor cantidad de precipitaciones; seguido de noviembre y diciembre, lo que demuestra en la gráfico 6 la disminución del caudal.

Tabla 14: Análisis de correlación de Pearson entre caudal y precipitación

Factores	Promedio mensuales del caudal (L/s)	Normal de prestaciones (mm)
Octubre	0,382	390,3
Noviembre	0,295	377,2
Diciembre	0,233	371,8
Correlación r		0,99**

* Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Fuente: Autor

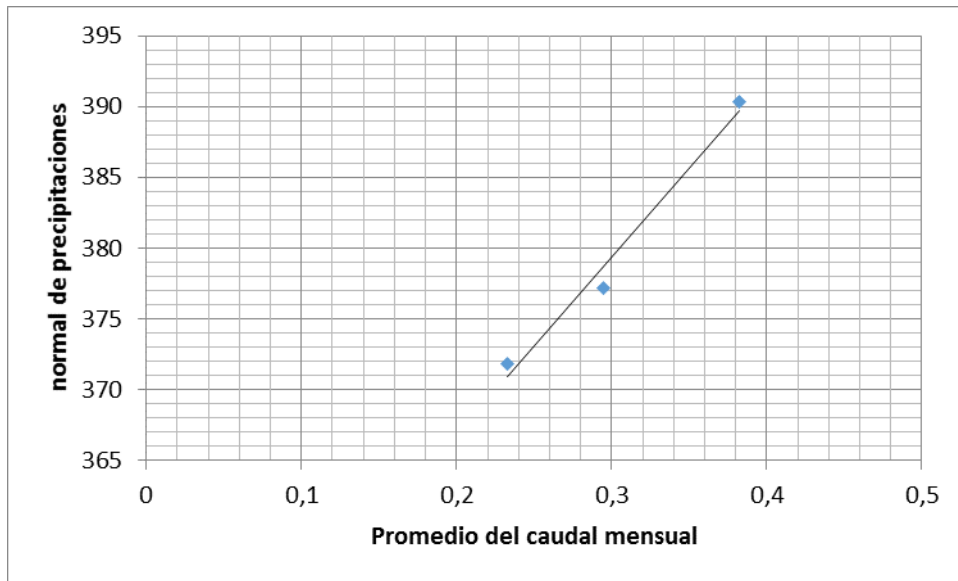


Gráfico 6: Análisis Correlación promedio del caudal y normal de precipitaciones

Fuente: Autor

El caudal y el nivel de precipitaciones mediante el análisis estadístico de correlaciones, dio como resultado una correlación significativa directamente proporcional (tabla 14), es decir que el caudal guarda relación de las precipitaciones (Gráfico 6).

6.2 Análisis Físico-Químicos de los lixiviados

Los análisis que se les han realizado a los lixiviados durante los años 2014 y 2015 en los laboratorios CESTTA y CORPLAB. Se obtuvieron los siguientes resultados:

6.2.1 Análisis físico-químico de lixiviado realizado el 02 de febrero de 2014.

Tabla 15: Resultados del análisis físico-químico de los lixiviados realizado el 18 de febrero del 2014.

Parámetros	Resultado muestreo 2014/02/18	Valor límite permisible	Criterios de resultados
Aceites y Grasas	2,1 mg/L	0,3 mg/L	No Cumple
DBO	610 mg/L	100 mg/L	No Cumple
DQO	1225 mg/L	250 mg/L	No Cumple
Coliformes Fecales	400 NMP/100ML	Remoción al 99,9% NMP/100ml	No Cumple
Fenoles	0,8 mg/L	0,2 mg/L	No Cumple
Nitrógeno total	111,15 mg/L	15 mg/L	No Cumple
Tenso Activos	2,05 mg/L	0,5 mg/L	No Cumple
pH	6,97 upH	5-9 upH	Cumple
Solidos Totales	1253 mg/L	1600 mg/L	Cumple
Plomo	0,02 mg/L	0,2 mg/L	Cumple
Arsénico	0,02 mg/L	0,1 mg/L	Cumple
Cianuro total	0,037 mg/L	0,1 mg/L	Cumple
Caudal	0,32 L/s	****	****

Fuente: Autor

El monitoreo para los análisis físico- químicos que se realizó a los lixiviados el 02 de febrero del 2014 donde se puede observar en la tabla 15, más del 60% de los parámetros no cumplen con los límites permisibles, que establece el TULSMA en su Libro VI Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Afluentes: recurso agua, Tabla 12 Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce.

6.2.2 Análisis físico-químico de lixiviado realizado el 27 de octubre de 2014.

Tabla 16: Resultados del análisis físico-químico de los lixiviados realizado el 27 de octubre de 2014.

Parámetros	Resultado muestreo 2014/10/27	Valor límite permisible	Criterios de resultados
Aceites y Grasas	2,5 mg/L	0,3 mg/L	No Cumple
DBO	1080 mg/L	100 mg/L	No Cumple
DQO	1560 mg/L	250 mg/L	No Cumple
Coliformes Fecales	20000 NMP/100ml	remoción al 99,9% NMP/100ml	No Cumple
Fenoles	0,83 mg/L	0,2 mg/L	No Cumple
Nitrógeno total	710,98 mg/L	15 mg/L	No Cumple
Tenso Activos	0,95 mg/L	0,5 mg/L	No Cumple
pH	7,76 upH	5-9 upH	Cumple
Solidos Totales	5940 mg/L	1600 mg/L	No Cumple
solidos sedimentables	0,3 mg/L	1 mg/L	Cumple
Plomo	0,014 mg/L	0,2 mg/L	Cumple
Mercurio	0,0001 mg/L	0,005 mg/L	Cumple
Arsénico	0,01 mg/L	0,1 mg/L	Cumple
Cianuro total	0,017 mg/L	0,1 mg/L	Cumple
Caudal	0,25 L/s	****	****

Fuente: Autor

El monitoreo para los análisis físico- químicos se realizó a los lixiviados el 27 de octubre del 2014, donde se puede observar (tabla 16), más del 67% de los parámetros no cumplen con los límites permisibles, que establece el

TULSMA en su Libro VI Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Afluentes: recurso agua, Tabla 12 Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce.

6.2.3 Análisis físico-químico de lixiviado realizados el 03 de marzo de 2015.

Tabla 17: Resultados de los análisis físico- químico de los lixiviados realizados en 03 de marzo del 2015.

Parámetros	Resultados muestreo 2015	Valor límite permisible	Criterios de resultados
Aceites y Grasas	2,9 mg/L	0,3 mg/L	No Cumple
DBO	407 mg/L	100 mg/L	No Cumple
DQO	1111 mg/L	250 mg/L	No Cumple
Coliformes Fecales	940000	Remoción al 99,9% NMP/100ml	No Cumple
Fenoles	0,5 mg/L	0,2 mg/L	No Cumple
Nitrógeno total	168,36 mg/L	15 mg/L	No Cumple
Tenso Activos	0,217 mg/L	0,5 mg/L	Cumple
pH	7,33 upH	5-9upH	Cumple
Solidos Totales	3566 mg/L	1600 mg/L	No Cumple
solidos sedimentables	0,5 mg/L	1 mg/L	Cumple
Plomo	0,16 mg/L	0,2 mg/L	Cumple
Mercurio	0,002 mg/L	0,005 mg/L	Cumple
Arsénico	0,0042 mg/L	0,1 mg/L	Cumple
Cianuro total	0,007 mg/L	0,1 mg/L	Cumple
Caudal	0,43 L/s	****	****

Fuente: Autor

El monitoreo para los análisis físico- químicos se realizó a los lixiviados el 03 de marzo del 2015, donde se puede observar (tabla 17), más del 50% de los

parámetros no cumplen con los límites permisibles, que establece el TULSMA en su Libro VI Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Afluentes: recurso agua, Tabla 12 Límites de descargas a un cuerpo de agua dulce.

6.2.4 Análisis físico-químicos de Aceites y grasa de los lixiviados

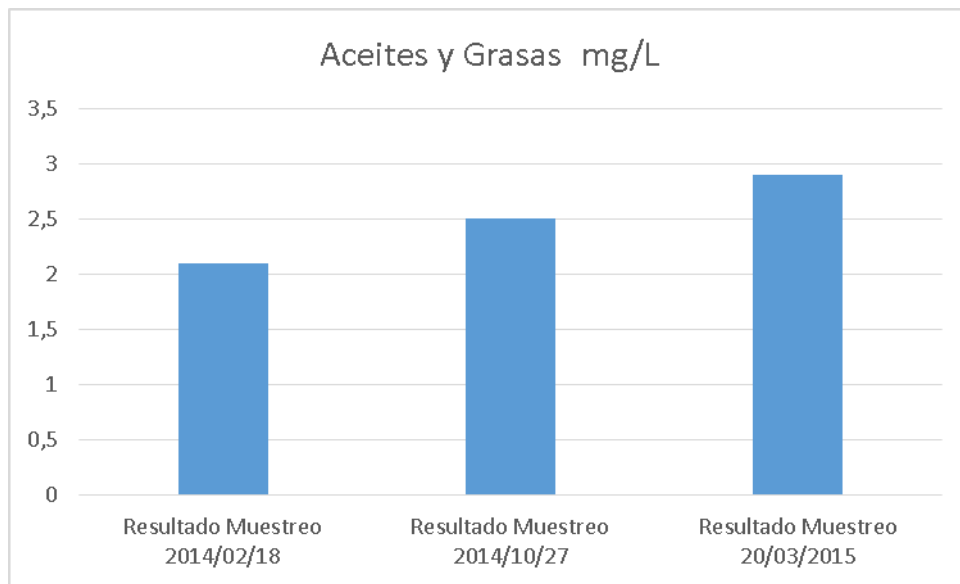


Gráfico 7: Resultados de los análisis físico- químicos de Aceites y grasa de los lixiviados

Fuente: Autor

Existe un incremento de las grasa y aceites 2014 al 2015 como se puede observar en el Gráfico 7, se ha incrementado un 38 % desde el primer muestreo al último realizado en el 2014.

6.2.5 Análisis de correlación entre DBO y nivel de caudal de lixiviado

Tabla 18: Análisis de correlación ente la DBO y el nivel de caudal

Factores	Demanda	
	Bioquímica de Oxígeno (mg/L)	Caudal (L)
Resultado de los Análisis 2014/02/18	610	0,32
Resultado de los Análisis 2014/10/27	1080	0,25
Resultados de los Análisis 2015	407	0,43
Correlación r		-0,94**

* Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Fuente: Autor

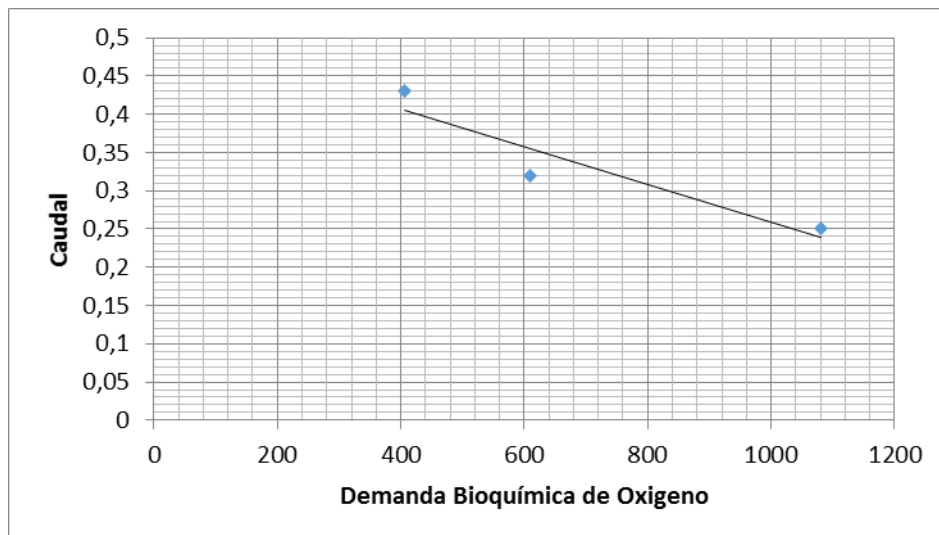


Gráfico 8: Análisis Correlación de DBO & Caudal

Fuente: Autor

Los resultados de los análisis físico químico de la DBO existe una correlación significativa inversamente proporcional con el nivel de caudal en el cual se tomó la muestra para sus respectivos análisis (Tabla 18), quiere decir que a mayor caudal existe menor DBO y a menor caudal mayor DBO (Gráfico 8).

6.2.6 Análisis de correlación entre DQO y caudal del lixiviado

Tabla 19: Análisis de correlación entre la DQO y el nivel de caudal

Factores	Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	Caudal (L)
Resultado de los Análisis 2014/02/18	1225	0,32
Resultado de los Análisis 2014/10/27	1560	0,25
Resultados de los Análisis 2015	1111	0,43
Correlación r		-0,92**

* Significativo al 1%; * Significación al 5%; N.S. No significativo; EE; Error estándar

Fuente: Autor

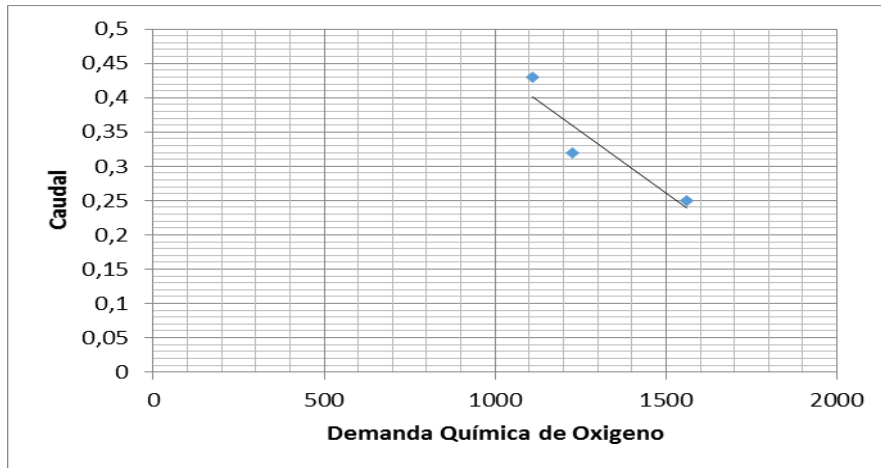


Gráfico 9: Análisis Correlación de DQO & Caudal

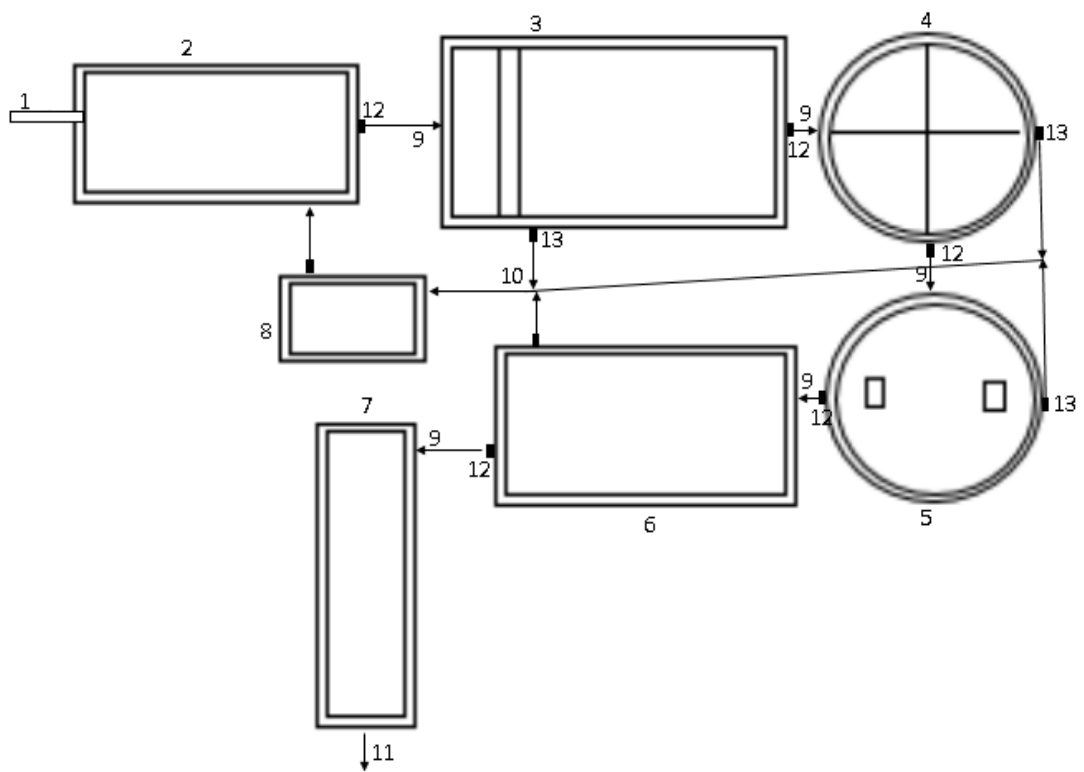
Fuente: Autor

Los resultados de los análisis de la DQO tiene una correlación significativa inversamente proporcional con el nivel de caudal en el cual se tomó la muestra para sus respectivos análisis (Tabla 19), quiere decir que a mayor caudal existe menor DQO y a menor caudal mayor DQO (Gráfico 9).

6.3 Propuesta del Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados

El sistema de tratamiento de lixiviados constara con los siguientes procesos:

- **Pre Tratamiento:**
 - Canal de llegada
 - Tanque Homogenización
- **Tratamiento Primario**
 - Sedimentador
- **Tratamiento Secundario**
 - Filtro Aerobios o Percoladores
 - Filtro Anaerobio
- **Tratamiento Terciario**
 - Clarificador
 - Fitoremediación



- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Canal de llegada | 10. Tubería de conductividad del |
| 2. Tanque Homogenizador | 11. Tubería de conductividad de sedimentos |
| 3. Sedimentador | 12. Salida del agua tratada |
| 4. Filtro Aerobio o percolador | 13. Válvulas |
| 5. Filtro Anaerobio | 14. Válvulas de purgar e mantenimiento |
| 6. Tanque Clarificador | |
| 7. Fitoremediación | |
| 8. Secado de lodos | |

Imagen 12: Propuesta del diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados de la celda de disposición final del relleno sanitario del cantón Pastaza.

Elaborado por: Autor

6.3.1 Características del Diseño de la Planta de Tratamiento de Lixiviados.

Para diseñar la planta para el tratamiento de los lixiviados, que es el resultado de la descomposición de los desechos sólidos, se debe tener en cuenta la complejidad del lixiviado. No todos los diseños de plantas de tratamiento de aguas residuales deben ser iguales debido a que existen varios parámetros que se deben tener en cuenta:

- Clima (estaciones, temperaturas, etc.)
- Calidad de agua
- Reutilización

Clima: con los cambios de estación y reducciones drásticas de temperaturas ciertos procesos se alteran debido a que en temperatura menores 10°C el agua residual se convierte en más viscosa y por lo tanto necesita procesos más complejos para su tratamiento.

La temperatura ideal para el tratamiento de las aguas es de 20 °C, debido a que los sólidos que se encuentran en suspensión puedan decantarse con facilidad ya que el líquido no es muy viscoso.

Calidad De Agua: esto depende de procedencia como pueden ser domésticas, industriales, fluviales, etc. Cada tipo de agua tiene diferente composición y por lo tanto necesitan diferente tratamiento para poder ser tratadas.

Reutilización: este es uno de los factores importantes que se debe tener en cuenta debido que en muchos casos estas aguas tratadas se utilizan en procesos agropecuarios.

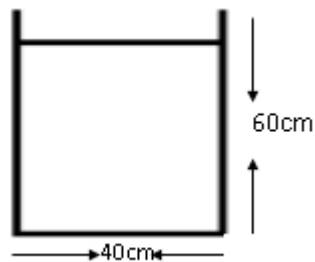
6.3.2 Pre tratamiento

Debido al diseño de la planta de tratamiento se utilizara un pre tratamiento ya que no existen sólidos de gran tamaño debido al sistema de drenaje que consta la celda de disposición final que funcionara como un tamiz atrapando los sólidos y dejando pasar solo liquido (lixiviados); constará con un canal de llegada que será en encargado de recibir al lixiviado del sistema de conductividad (tubo) y conducirlo hasta el tanque homogeneizador. Posterior al canal de llega se encontrara el tanque homogeneizador quien será el encargado de recibir al lixiviado y distribuir en una forma homogénea la cantidad de contaminantes y que el caudal se casi constante.

6.3.2.1 Canal de llegada

El canal de llegad se diseñó de forma rectangular rectángula con las siguientes especificaciones: tendrá una altura de 60 cm, por 40 cm de ancho y una longitud de 2.5m con una pendiente del 5%, se construirá de hormigón

Imagen 13: Diseño del canal de llegada



Elaborado por: Autor

6.3.2.2 Tanque Homogenizador

Las especificaciones técnicas del tanque Homogenizador son las siguientes:

Volumen De Tanque (Ecuación N° 06)

$$V = Q_{res} \cdot t = 27,13 \cdot 0,083 = 2,333 \text{ m}^3$$

Donde:

$$V: 2,333 \text{ m}^3$$

$$Q_{res}: 27,130 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$T: 2\text{h}: 0,083\text{d}$$

Caudal Restante (Ecuación N° 07)

$$Q_{res} = Q_{max} - Q_{pro} = 53,309 \text{ m}^3/\text{d} - 26,179 \text{ m}^3/\text{d} = 27,130 \text{ m}^3/\text{d}$$

Donde:

$$Q_{res} : 27,130 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{max}: 53,309 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{pro}: 26,179 \text{ m}^3/\text{d}$$

Área Del tanque Homogeneizador (Ecuación N° 08)

$$A = \frac{V}{h} = \frac{2,333}{1,75} = 1,333 \text{ m}^2$$

Donde:

$$A = 1,333 \text{ m}^2$$

$$V = 2,333 \text{ m}^3$$

$$h = 1,75 \text{ m}$$

Largo del tanque Homogeneizador (Ecuación N° 09)

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} = \sqrt{\frac{1,333}{1,75}} = 0,87$$

Donde:

$$L = 0,87 \text{ m}$$

$$A = 1,333 \text{ m}^2$$

$$h = 1,75 \text{ m}$$

Ancho del Tanque Homogeneizador (Ecuación N° 10)

El ancho está en relación al largo

$$b = \frac{A}{L} = \frac{1,333}{0,87} = 1,53 \text{ m}$$

Donde:

$$b = 1,53 \text{ m}$$

$$A = 1,333 \text{ m}^2$$

$$L = 1 \text{ (m)}$$

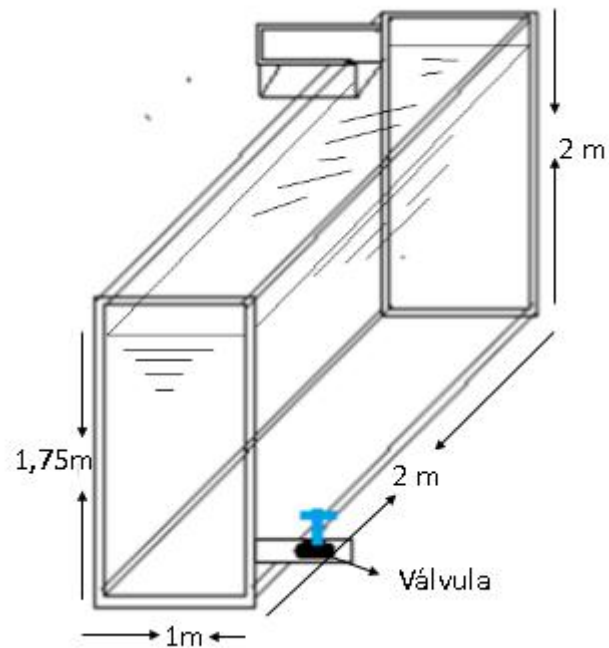


Imagen 14: diseño del tanque Homogenizador

Elaborado por: Autor

Para el diseño del tanque el valor del largo se le aproximara a un metro y de ancho a dos metros, la altura del espejo de agua será 1,75m más 0,25m extra para no se trabaje a tanque lleno y evitar que exista derrames de líquido (imagen 14).

Se colocara una cubierta para evitar e incremento del nivel agua por las peritaciones, al ser un tanque de homogenización no existirá sedimentos.

6.3.3 Tratamiento Primario

6.3.3.1 Sedimentador primario

Las especificaciones técnicas del sedimentador primario son las siguientes:

Zona de entrada

La pared de pantalla se construirá de 0,80m de la pared de entrada y 0,50m desde el piso del tanque, para el cálculo de los orificios se realizara con las ecuaciones 11 y 12.

Área total del orificio: (Ecuación N° 11)

$$A_o = \frac{Q}{V_o} = \frac{0,000617}{0,15} = 0,004m^2$$

Donde:

$$A_o: 0.004m^2$$

$$Q: 53,309m^3/d.= 0,000617m^3/d$$

$$V_o: 0,15m/seg$$

Área de sección de círculo. (Ecuación N° 12)

$$a_o = \frac{\pi * \phi^2}{4} = \frac{\pi * 0,004^2}{4} = 0,0032$$

Área de sedimentación

Área superficial (Ecuación N° 14)

$$A = \frac{Q}{cs} = \frac{53,309}{15} = 3,554m^2$$

Donde:

$$A: 3,554m^2$$

$$Q: 30m^3/m^2d$$

Largo del área de sedimentación (Ecuación N°15)

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} = \sqrt{\frac{3,554}{1,75}} = 1,43m$$

Donde:

$$L: 1,43 m$$

$$h: 1,75 m$$

Ancho del tanque (Ecuación N° 16)

$$a = \frac{A}{L} = \frac{3,554}{1,43} = 2,485$$

Volumen del área de sedimentación (Ecuación N° 17)

$$Volumen = l \times a \times h = 2 \times 3 \times 1,75 = 10,5m^3$$

Tiempo de retención (Ecuación N° 18)

$$tr = \frac{Vol}{Q} = \frac{10,5m^3}{53,309 \frac{m^3}{d}} = 0,197d$$

Las dimensiones de largo de la área de sedimentación será de 1,43m y del ancho será de 2,485m, para evitar que exista complicaciones en las construcción se les redondea a 2 y 3m respectivamente, la altura del nivel del

espejo de agua será de 1,75 m más 0,25 m de refuerzo para que no se trabaje a tanque lleno y evitar derrames. El tiempo de remociones de 0,197 d y esto es igual a 4,728 h.

Zona de salida (Ecuación N° 22)

$$h_a = \left(\frac{Q}{1,84 \cdot b} \right)^{2/3} = \left(\frac{26,179 \text{ m}^3/\text{d}}{1,84 \cdot 3} \right)^{2/3} = 2,82\text{m}$$

Donde:

ha: 2,82m

Q: 26,179 m³/d

b: 3m

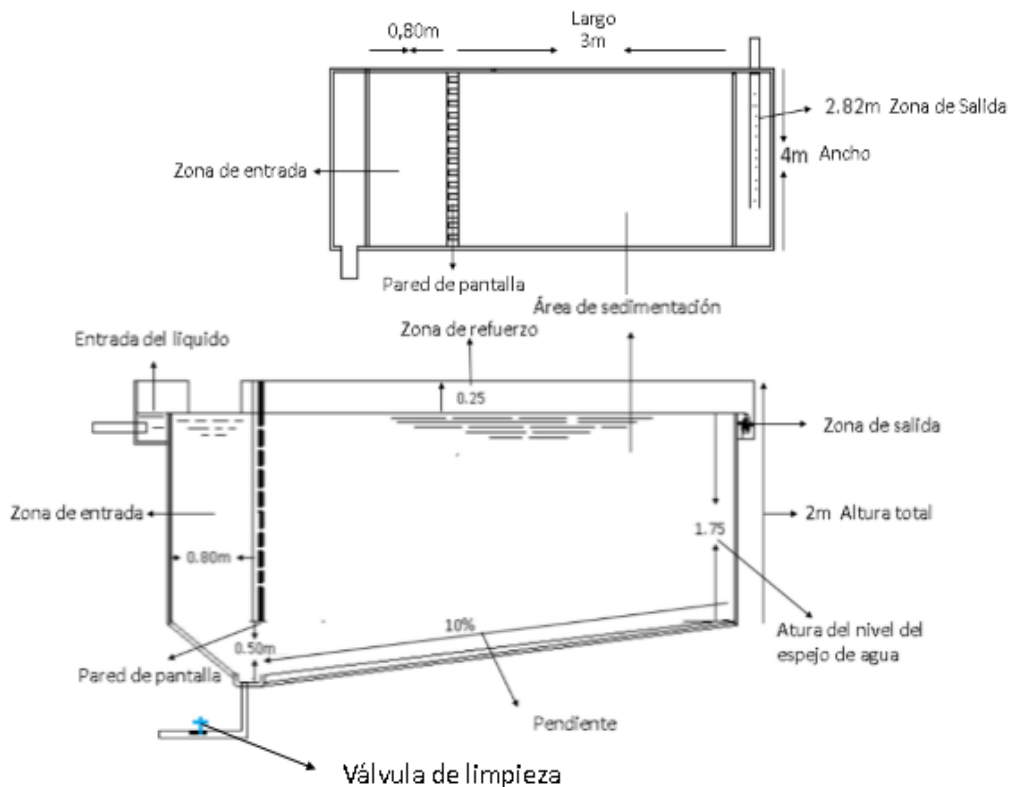


Imagen 15: Diseño del tanque sedimentador

Elaborado por: Autor

Las dimensiones para el diseño del sedimentador primario será de la siguiente forma: el largo de la área de sedimentación será de 1,43m y del ancho será de 2,485m, para evitar que exista complicaciones; en la construcción se le redondeara a 2 y 3m respectivamente, la altura del nivel del espejo de agua será de 1,75 m más 0,25 m de refuerzo para que no se trabaje a tanque lleno y evitar derrames. El tiempo de remociones de 0,197 d y esto es igual a 4,728 h (Imagen 15).

Se deberá realizar las una purgas diaria (cada 24 horas) y según el incremento nivel de sedimentación se deber incrementara el número de purgas diarias, se colocara una cubierta para evitar e incremento del nivel agua por las peritaciones. Para tener una mejor eficiencia se deberá colocar la adición de producto químico.

Remoción de DBO y SST

Tabla 20: Valor de remoción de DBO y SST posterior al proceso de sedimentación

Factores	Resultado de los Análisis 2015	Porcentaje de remoción	Valor de remoción	Valor presente en el fluido saliente
Demanda Bioquímica de Oxígeno	407 mg/L	41,8%	170,13 mg/L	236,87 mg/L
Solidos totales	3566 mg/L	57,94%	2066,14 mg/L	1499,86mg/L

Con las características para el diseño de sedimentador y los valores de la tabla 5, se puede determinar el porcentaje de remoción que tendrá los lixiviados posteriores al proceso de sedimentación, mediante las ecuaciones 20 y 21 (tabla 20).

Remoción de DBO (Ecuación N° 20)

$$\text{Remoción de DBO} = \frac{tr}{a + btr} = \frac{4,728 \text{ h}}{0,018 + (0,020)(4,728 \text{ h})} = 41,8\%$$

Donde:

Remoción de DBO: 41,8%

Tiempo de remoción tr: 4,728 h

Remoción de SST (Ecuación N° 21)

$$\text{Remoción de SST} = \frac{tr}{a + btr} = \frac{4,728}{0,0075 + (0,014 \cdot 4,728)} = 57,94\%$$

6.4 Tratamiento Secundario

6.4.1 Diseño del filtro Aerobio o percolador

Las especificaciones técnicas del filtro aerobio son las siguientes:

Carga de contaminante: (Ecuación N° 23)

$$Cm = DBO \times Q = 0,237 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{m}^3} \times 53,309 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 12,634 \frac{\text{kg DBO}_5}{\text{d}}$$

Donde

Cm: 12,634 kg DBO₅/d

DBO: 236,87 mg/L = 0,237 kg DBO₅/m³

Q: 53,309 m³/d

El volumen que requiere por el medio de soporte. (Ecuación N° 24)

$$V_{soporte} = \frac{C_m}{C_{organica}} = \frac{12,634 \frac{kgkg DBO_5}{d}}{0,4 \text{ kg D} \frac{kgkg DBO_5}{m^3 * d}} = 31,589 \text{ m}^3$$

Donde

$$V_{soporte}: 31,586 \text{ m}^3$$

$$*C_{organica}: 0,4 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3*\text{d}$$

- El valor de la carga orgánica se tomó de la tabla 6 para carga baja
-

Área superficial del filtro Aerobio (Ecuación N° 25)

$$A_{sup.} = \frac{V_{soporte}}{h} = \frac{31,586 \text{ m}^3}{1,75 \text{ m}} = 18,05 \text{ m}^2$$

Donde

$$A_{sup.}: 18,05 \text{ m}^2$$

$$h: 1,75 \text{ m}$$

Determinación de radio del filtro Aerobio (Ecuación N° 26)

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{18,05 \text{ m}^2}{\pi}} = 2,40 \text{ m}$$

Las dimensiones del tanque para el filtro aerobio de circulación descendente tiene un radio de 2,40 m es decir con una diámetro de 4,80 para evitar que exista complicaciones en la construcción se le redondeara a 5m, la altura del nivel del espejo de agua será de 1,75 m más 0,25 m de refuerzo para que no se trabaje a tanque lleno y evitar derrames, la altura del medio filtrante será de 1,50m (Imagen 16).

Para el filtro Aerobio se deberá realizar las una purgas diaria (cada 24 horas) y según el incremento nivel de sedimentación se deber incrementara el

número de purgas diarias, se colocara una cubierta para evitar e incremento del nivel agua por las peritaciones.

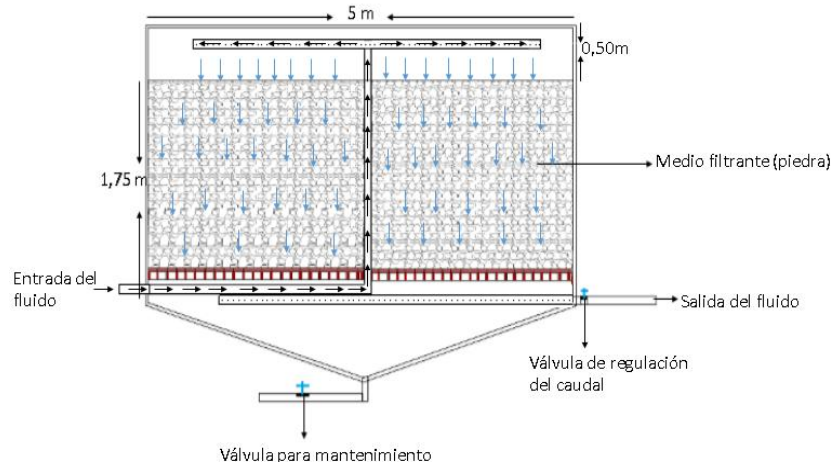


Imagen 16: diseño del filtro Aerobio

Elaborado por: Autor

Verificación de la carga hidráulica del filtro Aerobio (Ecuación N° 27)

$$q = \frac{Q}{A_{sup}} = \frac{53,309 \frac{m^3}{d}}{18,05m^2} = 2,95 \frac{m}{d} = 0,12 \frac{m}{h}$$

La carga hidráulica se encuentra en el rango, para determinar la eficiencia del filtro se realiza con las ecuaciones

Determinación DBO de efluente (Ecuación N° 28)

$$S = S_0 \cdot e^{-K \cdot h / q^n} = 236,87e^{-0,25 \cdot 1,75 / 2,95^{1,5}} = 97,827mg/L$$

Donde

S DBO: 97,827 mg/L

S₀ : 23687DBO mg/LDBO

K: 0,25

h: 1,75

q: 2,95

n: 1,5

Eficiencia del filtro Aerobio (Ecuación N° 29)

$$E = \left(1 - \frac{S}{S_0}\right) 100 = \left(1 - \frac{97,827}{236,87}\right) 100 = 58,7\%$$

La eficiencia del filtro aerobio es de 58,7% para la remoción de BDO.

6.4.2 Diseño Del Filtro Anaerobio

Las especificaciones técnicas del filtro anaerobio son las siguientes:

Volumen del filtro Anaerobio (Ecuación N° 27)

$$V = 1.6Qt = 1,6 \left(53,309 \frac{m^3}{d}\right) (0,4 d) = 34,16m^3$$

Donde

V: m³

Q: 53,309m³/d

t: 0,4d

Área superficial del filtro Anaerobio (Ecuación N° 25)

$$A_{sup.} = \frac{V_{soporte}}{h} = \frac{34,16m^3}{1,75m} = 19,53m^2$$

Donde

$A_{sup.}$: 19,53m²

h: 1,75m

Determinación de radio del filtro anaerobio (Ecuación N° 26)

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{19,53 \text{ m}^2}{\pi}} = 2,49\text{m}$$

Las dimensiones para el filtro anaerobio de circulación ascendente su radio es de 2.49 m es decir con una diámetro de 4.98 para evitar que exista complicaciones en la construcción se le redondeara a 5m, la altura del nivel del espejo de agua será de 1.75 m más 0.25 m de refuerzo para que no se trabaje a tanque lleno y evitar derrames, la altura del lecho filtrante será de 1.5m (Imagen 17).

El filtro constara en la parte superior con una tapa con dos puertas para realizar las limpieza ya que al ser un filtro Anaerobio no necesita la presencia de oxígeno, se deberá realizar las una purgas diaria (cada 24 horas) y según el incremento nivel de sedimentación se deber incrementara el número de purgas diarias.

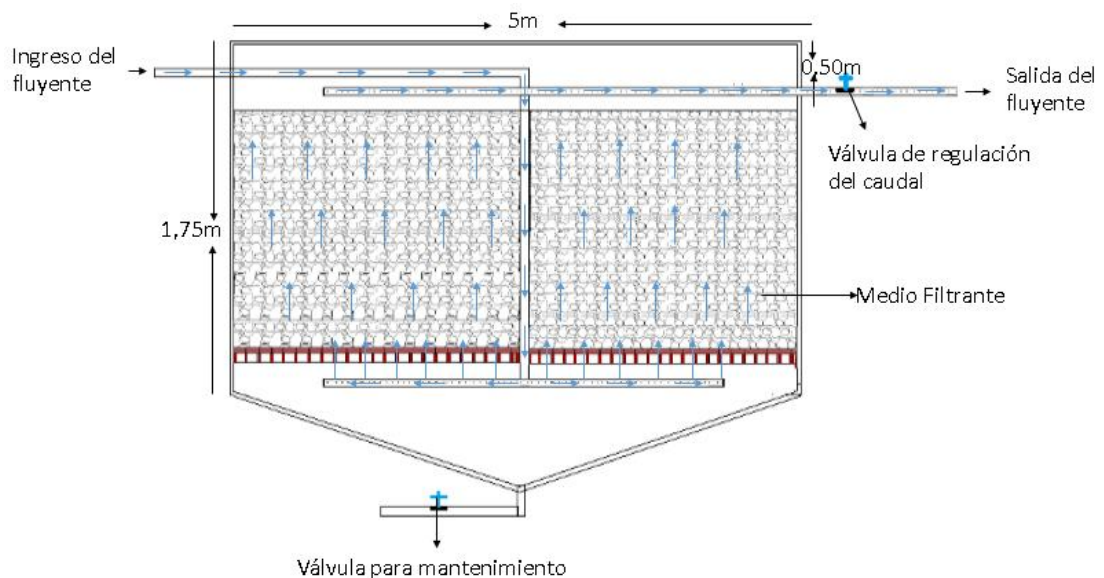


Imagen 17: Diseño del filtro Anaerobio

Elaborado por: Autor

6.5 Tratamiento terciario

6.5.1 Diseño del Tanque Clarificador

Las especificaciones técnicas del tanque clarificador son las siguientes:

Volumen del clarificador (Ecuación N° 31)

$$V = Qt = 53,309 \cdot 0,083 = 4,425$$

Donde

$$V: 4,425\text{m}^3$$

$$Q: 53,309 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$t: 0.083$$

Área del clarificador (Ecuación N° 32)

$$A = \frac{V}{h} = \frac{4,425}{1,75} = 2,53\text{m}^2$$

Donde:

$$A: 2,53\text{m}^2$$

$$V: 4,425\text{m}^3$$

$$h: 1,75\text{m}$$

Largo del clarificador (ecuación N° 33)

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} = \sqrt{\frac{2,53\text{m}^2}{1,75\text{m}}} = 1,2\text{m}$$

Donde

$$L: 1,2 \text{ m}$$

$$h: 1,75 \text{ m}$$

Ancho del clarificador (Ecuación N° 34)

$$a = \frac{A}{L} = \frac{2,53m^2}{1,2m} = 2,10m$$

Las dimensiones para el diseño del tanque clarificador será para el largo del tanque de 1,20m y de ancho será de 2,10m, para evitar que exista complicaciones en la construcción se le redondeara a 2 y 3m respectivamente, la altura del nivel del espejo de agua será de 1,75 m más 0,25 m de refuerzo para que no se trabaje a tanque lleno y evitar derrames, en la base se construirá con una pendiente del 10% (imagen 18).

Se deberá realizar las una purgas diaria (cada 24 horas) y según el incremento nivel de sedimentación se deber incrementara el número de purgas diarias, se colocara una cubierta para evitar e incremento del nivel agua por las peritaciones.

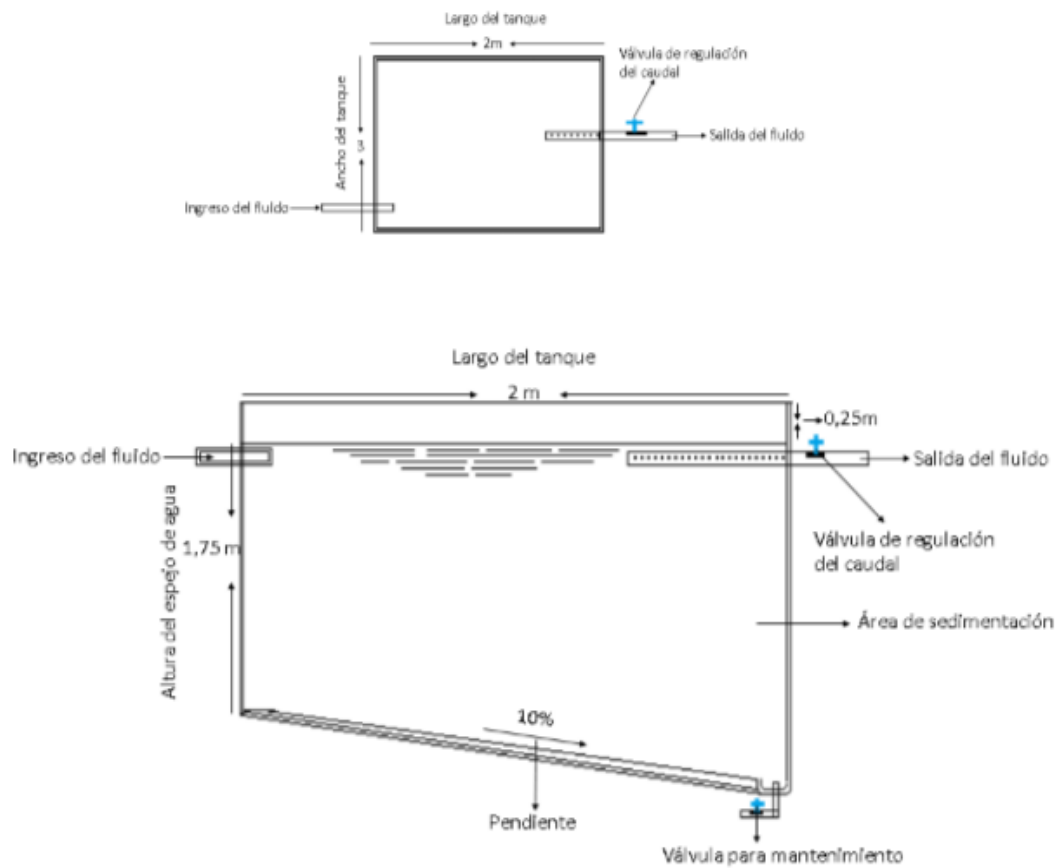


Imagen 18: Diseño del Tanque Clarificador

Elaborado por: Autor

6.5.2 Diseño del estanque de Fitorremediación

Las especificaciones técnicas del estanque de fitorremediación son las siguientes.

Volumen del estanque (Ecuación N° 35)

$$V = Qt = 53,309 \frac{m^3}{d} \cdot 7d = 373,163m^3$$

Donde

V: 373,163m³

Q: 53,309m³/d

t: 7 d

Área Del Estanque (Ecuación N° 36)

$$A = \frac{V}{h} = \frac{373,163m^3}{1,50m} = 248,775 m^2$$

Donde

$$A: 248,775 m^2$$

$$h: 1,50m$$

Largo Del Estanque (Ecuación N° 37)

$$L = \sqrt{\frac{A}{h}} = \sqrt{\frac{248,775 m^2}{1,50m}} = 12,878m$$

Donde

$$L: 12,878m$$

$$h: 1,50m$$

Ancho Del Estanque (Ecuación N° 38)

$$a = \frac{A}{L} = \frac{248,775 m^2}{12,878m} = 19,32m$$

Las dimensiones para el diseño del estanque para Fitorremediación será para el largo de tanque de 12,878m y del ancho será de 19,32m, para evitar que exista complicaciones en la construcción se les redondeará a 13 y 20m respectivamente, la altura del nivel del espejo de agua será de 1,50 m más 0,10 m de refuerzo para que no se trabaje a estanque lleno y evitar derrames, es recomendable realizar estanques con un ancho 2 m y en forma de serpentin para que la eficiencia de depuración de las plantas sean mejor y poder manipular o dar mantenimiento al estanque (imagen 19).

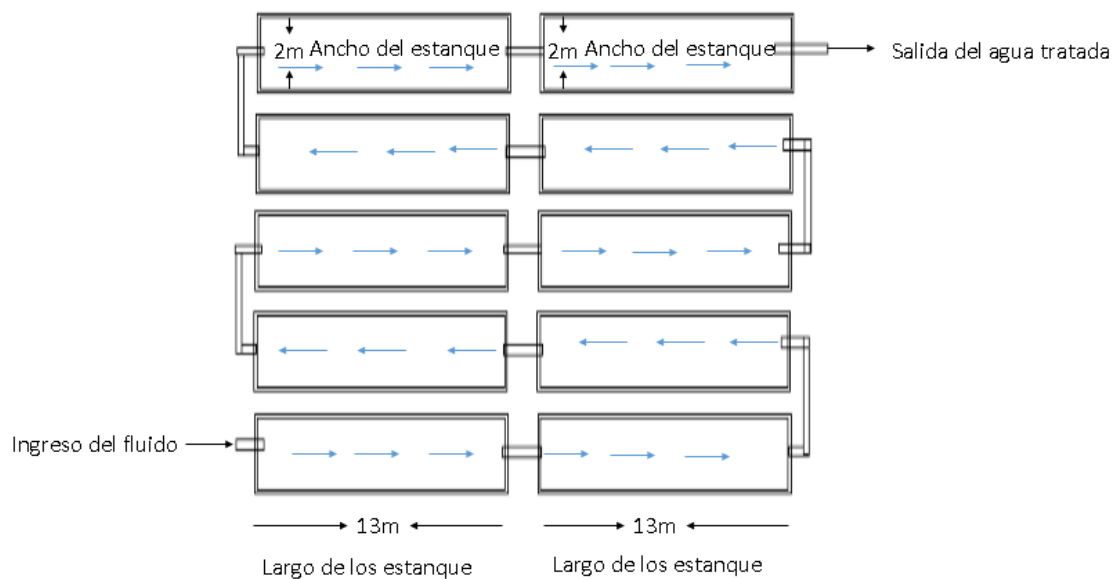


Imagen 19: Diseño del estanque para la Fitorremediación

Elaborado por: Autor

Se recomienda utilizar para la Fitorremediación las siguientes plantas *Eichornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, debido que tiene mayor nivel para las depuraciones de aguas residuales y soportan cambios de nivel concentraciones de contaminantes, se deberá realizar el limpieza de las plantas que se encuentre en malas condiciones cada dos meses y se las coloque en la celda de confinado de desechos sólidos ya que no se conoce sus concentraciones de contaminantes, y cada año se deberá realiza una limpieza global del estanque, sería conveniente realizar un análisis de las concentraciones de las plantas para ver el nivel de concentración de contaminantes en sus estructura vegetal,

6.6 Secado de Lodos

Para el secado de lodos se utilizara el método de lecho de secado que será de 10m por 6m que se dividirá en 5 cubículos de 2m por 4m y 1m del cajón de escurrido, en cada cubículo se depositara los residuos de las purgas durante

un día y se realizara su limpieza al cuarto día que se colocó los lodos, estos lodos libre de un gran porcentaje de humedad se colocara en las celda confinada de desechos sanitarios para evitar que exista escorrentías y contaminación de los suelos aledaños. En este proceso se colocara una cobertura para evitar que las precipitaciones produzcan molestias durante el proceso de secado (Imagen 20).

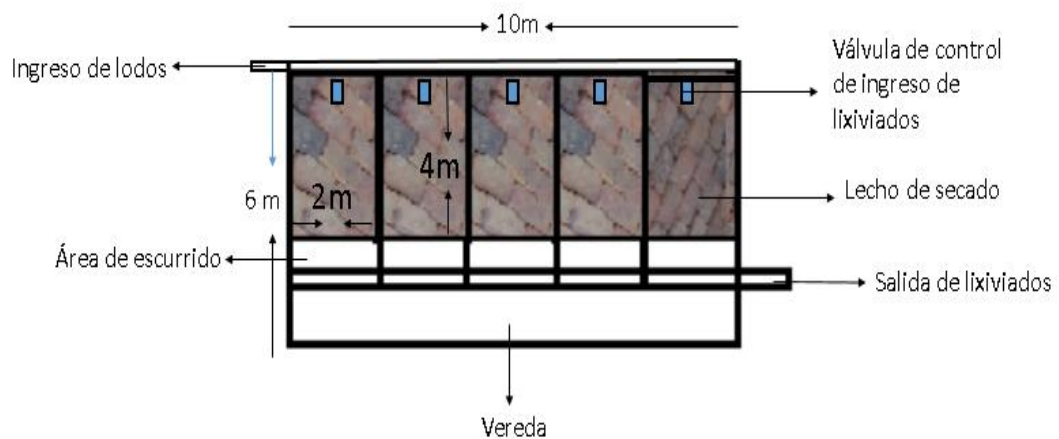


Imagen 20: Diseño del Lecho de Secado de Lodos

Elaborado por: Autor

6.7 Costos de Implementación de la planta de Tratamiento de Lixiviados

El costo de implementación de la planta de tratamiento de lixiviados será de 69692,06 dólares, en la Tabla 21 se puede observar de forma detallada el costo de la implementación de cada proceso, la implementación de los diferentes proceso se utilizara hormigo tarifa B y el hierro que se utilizara será de media pulgada.

Tabla 21: Costos de Implementación de la PTL

Costo de Implementación de la Planta de Tratamiento de Lixiviados del Relleno Sanitario de Cantón Pastaza			
		Costo Unitario	Total
Canal de Llegada			
Hormigón	2m3	\$ 207,12	\$ 414,24
Hierro	122kg	\$ 1,9	\$ 231,8
Costo total de Implementación del Canal de Llegada			\$ 646,04
Tanque Homogeneizador			
Hormigón	3,392 m3	\$ 207,12	\$ 702,55
Hierro	358,98kg	\$ 1,9	\$ 682,062
Válvulas	1 UND de 16"	\$ 575,85	\$ 575,85
Tubería	2 UND de 16"	\$ 75,45	\$ 150,9
Costo total de Implementación del Tanque de Homogeneizador			\$ 2111,36
Sedimentado primario			
Hormigón	15,18 m3	\$ 207,12	\$ 3144,08
Hierro	1107,39kg	\$ 1,9	\$ 2104,041
Válvulas	2 UND de 16"	\$ 575,85	\$ 1151,7
Tubería	3 UND de 16"	\$ 75,45	\$ 226,35
Costo Total de Implementación del Sedimentador Primario			\$ 6626,17
Filtro Aerobio			
Hormigón	11,45m3	\$ 207,12	\$ 2371,524
Hierro	668,75kg	\$ 1,9	\$ 1270,625
Válvulas	2 UND de 16"	\$ 575,85	\$ 1151,7
Tubería	4 UND 16"	\$ 75,45	\$ 301,8
Costo total de Implementación del Filtro Aerobio			\$ 5095,65
Filtro Anaerobio			
Hormigón	17,18m3	\$ 207,12	\$ 3558,32
Hierro	700kg	\$ 1,9	\$ 1330
Válvulas	2 UND de 16"	\$ 575,85	\$ 1151,7
Tubería	4 UND 16"	\$ 75,45	\$ 301,8
Costo total de Implementación del Filtro Anaerobio			\$ 6341,82
Clarificador			
Hormigón	7,47m3	\$ 207,12	\$ 1547,19
Hierro	444,5 kg	\$ 1,9	\$ 844,55
Válvulas	2vundde 16"	\$ 575,85	\$ 1151,7
Tubería	3 UND de16"	\$ 75,45	\$ 226,35
Costo Total de Implementación del Clarificador			\$ 3769,79
Estanques de Fitorremediación			
Geomenbrana	5 Rollos	\$ 5875,96	\$ 29379,8
Maquinaria	56 horas	\$ 37,82	\$ 2117,92
Válvulas	10 UND de 10"	\$ 185,75	\$ 1857,5
Válvulas	10 UND de 8"	\$ 150	\$ 1500
Tubería	10 UND de 10"	\$ 55,75	\$ 557,5
Costo total de Implementación del Estanques de Fitorremediación			\$ 35412,72
Lecho de Secados			
Hormigón	37,4m3	\$ 207,12	\$ 7746,29
Hierro	533,4kg	\$ 1,9	\$ 1013,46
Válvulas	5 UND de 10"	\$ 185,75	\$ 928,75
Tubería	8 UND 10"	\$ 55,75	\$ 446
Costo total de Implementación del Lecho de Secados			\$ 9688,50
Costo total de Implementación de la Planta de Tratamiento de Lixiviados			\$ 69692,06

Fuente: Autor

VII. Conclusiones

- El nivel de caudal de la nueva celda de disposición final de desechos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza es variable, dependiendo principalmente de la estación climática en la que encuentre la región y fluctúa entre los 0.161 a 0.617 L/s.
- La caracterización Físico-química de los lixiviados producidos en la nueva celda de disposición final de residuos sólidos del relleno sanitario del cantón Pastaza, demuestra que las concentraciones de DBO y DQO va a variar en dependencia de la cantidad de lixiviados que se genere.
- El porcentaje de aceites y grasas se incrementa a un 38% debido a la cantidad de Residuos Sólidos que se deposita en la celda.
- La caracterización Físico-química de los lixiviados producidos en la nueva celda de disposición final de residuos sólidos del relleno sanitario del Cantón Pastaza, demuestra que los parámetros como Aceites y Grasas, DBO, DQO, Coliformes Fecales, fenoles, Nitrógeno total, Sólidos totales y Tenso Activos, no se encuentran dentro los límites permisibles según la Normativa Ambiental, que esta establecida en el TULSMA, Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Afluentes: recurso agua.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de laboratorio, y al comparar con la normativa ambiental vigente, se puede observar que los valores de los parámetros como Cianuro total, Arsénico, Mercurio, Plomo, Sólidos sedimentables y pH se encuentran dentro de los límites aceptables para las Descarga de Afluentes: recurso agua.

- Las Características específicas para el diseño de una planta convencional para el tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del cantón Pastaza, a considerarse son: un sedimentador con una eficiencia de remoción de DBO y SST de un 41,8% y de un 57,94% respectivamente, en los filtros Aerobio y Anaerobio se considera una eficiencia de remoción de DBO de un 58,7%, en el clarificador la eficiencias se espera que sea de un 50% y en el proceso de Fitorremediación se espera tener una eficiencia del 75%, se considera que la eficiencia global de la planta de tratamiento llegue hacer un 98%.

VIII. Recomendaciones

- Se recomienda para la nueva implementar de una celda de disposición final de residuos sólidos, se realice el muestreo de caudal y de las precipitaciones para conocer el porcentaje de contribución de las precipitaciones al porcentaje de lixiviado formado.
- Se recomienda la utilización de diferentes productos y aditivos químicos para alcanzar mejores resultados en el proceso de sedimentación y lograr la decantación de los diferentes compuestos metálicos.
- En los diferentes procesos de la planta de tratamiento, se deberán realizar purgas todos los días, para evitar que el incremento de sedimentos no afecte el proceso de depuración del lixiviado.
- Para darle continuidad al estudio se recomienda la realización de otros ensayos con plantas acuáticas (Macrofitas), que actúen como depuradoras de lixiviados en el proceso de Fitorremediación y posteriormente se puedan incluirles en el tratamiento.
- Se recomienda la realización de monitoreo al estero donde se verterán las aguas de la planta de tratamiento, antes y después del ingreso del agua tratada, para realizar una comparación y verificar que no existan alteraciones y/o modificaciones en la composición original de las aguas del efluente.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio, G. R. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. *Inter-American Development Bank*.
- Aguilar, M. I. (2002). Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación. . *EDITUM*.
- Barradas, A. (2009). Gestión Integral de Residuos Municipales del Estado del Arte. *Universidad Politécnica de Madrid*, 1-167.
- Cano, A. L. (2003). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: La EDAR de los Gallardos (Almería).In *Ecología, manejo y conservación de los humedales. Instituto de Estudios Almerienses*, 99-112.
- Correa, M. &. (2004). Remoción integrada de materia orgánica, fósforo y nitrógeno en un sistema de filtros (biofiltros) en serie anaerobio/anóxico/aerobio en condiciones dinámicas. *Revista Facultada de Ingeniería* , 31, 5-22.
- Cuenca, C. L. (2010). Bioensayo con macrofitas acuaticas para el tratamiento de lixiviados prosedentes del relleno sanitario de Pichacay. *Empresa Municipal de aseo Cuenca*.
- Duran, O. A. (2003). *Propueta de Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas residuales de la Ciudad de Chirilagua*. San Miegel, El Salvador: Universidad del Oriente.
- España, O. J. (2006). Estanques de jacinto de agua para el tratamiento de residuos industriales . *Universidad del Valle*.
- Evans, J. M. (2013). Pistia stratiotes L. in the Florida Peninsula: Biogeographic Evidence and Conservation Implications of Native Tenure for an 'Invasive' Aquatic Plant. *Conservation and Society*, 11(3), 233

- Fuentes, R. E. (2011). *Propuesta de Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas residuales en la Ciudad de Jocora*. San Miguel: Universidad del Oriente.
- GADMCPastaza. (2008). *Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Sistema de Manejo Integral de Desechos Sólidos del Cantón Pastaza, Provincia De Pastaza*.
- Gerena, M. &. (1990).). *Comparación de eficiencias entre un sedimentador de alta tasa de flujo ascendente y un sedimentador de alta tasa de flujo horizontal*. Universidad Nacional de Colombia .
- Giraldo, E. (2002). *Tratamiento de Lixiviados de Rellenos Sanitarios*. Universidad de los Andes. *Facultad de Ingeniería*, 44-55.
- Hernández, M. A. (2001). *Depuración y Desinfección de Aguas Residuales*. Madrid: Thomson Learning Paraninfo Magallanes.
- Hidalgo, J. C., Montano, J. J., & Estrada, M. S. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*, 14(1), 17-25.
- INEN-C.E.C. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Jaramillo, M. d. (2012). Fito rremediacion mediante el uso de especies vegetales Lemna minor y Eichornia crassipes en gus reciduales producto de la actividad minera. *Universidad Politecnica Saleciana Sede Cuenca*.
- Lopes, J., & Peralta, P. (2005). Use of advanced oxidation processes to improve the biodegradability of mature landfill leachates. *Journal of Hazardous Materials*, 181-186.
- Lozano, R. W. (2012). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. . Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

- Martelo, J., & Borrero, J. A. L. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ing Cienc*, 8, 221-243.
- Mendoza, A. (2009.). Planta de tratamiento de lixiviados – parque ambiental los pocito. *Universidad del Norte. Barranquilla-Colombia*.
- Peñaloza, H. C. (2008). *Diseño y Operación de Rellenos Sanitario* . Bogota : Escuela Colombiana de Ingenieria .
- Pérez, C. J. (1981). *Sedimentadores rectangulares de flujo horizontal; diseño de unidades de sedimentación*. In *Diseño de plantas de tratamiento de agua*. CEPIS.
- Pérez, J. M. (1978). *Sedimentadores laminares. Curso sobre tecnología de tratamiento de agua para países en desarrollo*. Lima: CEPIS & CIFCA.
- Pinzon, H. L. (2010). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Modelo de Tratamiento para las Aguas Residuales Generadas en la Industria de la Panela*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Plastigama.S.A. (2004). *Catalogo de tubería, Catalogo Novafort*.
- Resources, T. W. (2001). Sistemas individuales para el tratamiento de aguas negras. *Sistema Universitario Texas A&M*.
- Romero, A. M. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. . *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 157-167.
- Romero, R. J. (2013). *Tratamiento de aguas residuales*. Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Szantó, N. M. (2011). Criterios para el tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios mediante evaporación por radiación solar. *Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*.
- Tchobanoglous, C. &. (2000). *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. McGraw-Hill Interamericana, S.A.

- Tchobanoglous, C. (2000). *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Santafé Bogotá- Colombia : McGraw Hill.
- TULSMA. (s.f.). Libro VI Norma de Calida Ambiental y Descargas de Efluente: Recurso Agua .
- UNATSABAR, c. (2005). *Guías para el diseño de desarenadores y sedimentadores. In Guías para el diseño de desarenadores y sedimentadores. OPS. OPS.*
- Valencia, L. A. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial San Luis. *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*.
- Vaquero D., I. (2004). Manual de diseño y construcción de vertederos de residuos sólidos urbanos. *Madriz. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*, 598-601.

X. Anexos



Anexo 1: Monitoreo de Lixiviados del mes de Octubre



Anexo 2: Monitoreo de Lixiviados del mes de Noviembre



Anexo 3: Monitoreo de Lixiviados del mes de Diciembre



Anexo 4: Muestreo para los Analisis Fisico-Quimico

Anexo 5: Analisis de Precios Unitarios Hormigon

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON PASTAZA
DEPARTAMENTO DE HIGIENE Y SALUBRIDAD
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: PRESUPUESTO DE FOSA SEPTICA PARA EL RELLENO SANITARIO

RUBRO : H.SIMPLE F'C=210 KG/CM2 + IMPERMEABILIZANTE (ENCOFRADO)

UNIDAD: M3

ITEM : 44

FECHA : 18 DE JUNIO 2015

ESPECIFICACIONES:

EQUIPO DESCRIPCION	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
Herramienta Menor 2% de M.O.					1.35
CONCRETERA (SACO)	1.00	7.00	7.00	0.385	2.70
SUBTOTAL M					4.04

MANO DE OBRA DESCRIPCION	CANTIDAD A	JORNAL/HR B	COSTO HORA C=AxB	RENDIMIENTO R	COSTO D=CxR
PEON EO E2	1.00	3.18	3.18	10.000	31.80
AY. CARPINTERO EO E2	1.00	3.18	3.18	1.667	5.30
CARPINTERO EO D2	1.00	3.22	3.22	1.667	5.37
ALBAÑIL EO D2	1.00	3.22	3.22	5.000	16.10
MAESTRO DE OBRA EO C2	1.00	3.57	3.57	2.500	8.93
SUBTOTAL N					67.49

MATERIALES DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	PRECIO UNIT. B	COSTO C=AxB
CEMENTO PORTLAND	SACO	6.560	7.50	49.20
ARENA NEGRA	M3	0.411	12.00	4.93
RIPIO TAMIZADO O TRITURADO	M3	0.776	12.00	9.31
TABLA DE ENCOFRADO	U	7.540	2.50	18.85
CLAVOS 2" a 4"	KG	0.288	2.50	0.72
TIRA DE MADERA	ML	20.000	1.20	24.00
SUBTOTAL O				107.01

TRANSPORTE DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD A	TARIFA B	COSTO C=AxB
SUBTOTAL P				0.00

TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		178.55
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)	16.00	28.57
OTROS INDIRECTOS(%)		0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO		207.12
VALOR UNITARIO		207.12

NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

ELABORADO: Ego. Marco Guevara B.

Anexo 6: Analisis de Precios Unitarios Hierro

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTON PASTAZA					
DEPARTAMENTO DE HIGIENE Y SALUBRIDAD					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO: PRESUPUESTO RELLENO SANITARIO					
RUBRO : ACERO DE REFUERZO F'Y=4200KG/CM2					
UNIDAD: KG					
ITEM : 55					
FECHA :					
ESPECIFICACIONES:					
EQUIPO					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramienta Menor 2% de M.O.	A	B	C=AxB	R	D=CxR
					0.01
SUBTOTAL M					0.01
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
AY. FERRERO	A	B	C=AxB	R	D=CxR
EO E2	1.00	3.18	3.18	0.049	0.16
FERRERO	EO D2	3.22	3.22	0.049	0.16
SUBTOTAL N					0.31
MATERIALES		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO
DESCRIPCION			A	B	C=AxB
HIERRO Fy=4200 Kg/cm ²		KG	1.050	1.15	1.21
ALAMBRE GALV. #18		KG	0.050	2.20	0.11
SUBTOTAL O					1.32
TRANSPORTE		UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
DESCRIPCION			A	B	C=AxB
SUBTOTAL P					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.64
INDIRECTOS Y UTILIDADES(%)					16.00
OTROS INDIRECTOS(%)					0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO					1.90
VALOR UNITARIO					1.90
SON: UN DÓLAR CON NOVENTA CENTAVOS					
NOTA: ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA					
ELABORADO: Egdo. Marco Guevara B.					

Anexo 7: Resultados de los Análisis Físico-Químicos de los Lixiviados Realizados el 18 de Febrero del 2014

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No. ST: 273
14 – 01 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS

Nombre Peticionario: Gobierno Autónomo Descentralizado de Pastaza
Atn. Dirección: Ing. Elena Meneses
Francisco de Orellana y 9 de Octubre. Puyo - Pastaza

FECHA: 28 de Febrero de 2014
NUMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2014/ 02 / 18 – 17:30
FECHA DE MUESTREO: 2014/ 02 / 18 - 10:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2014 / 02/ 18 - 2013 / 02 / 28
TIPO DE MUESTRA: Lixiviados
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-L 001-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA: A-1
PUNTO DE MUESTREO: Salida del sistema de tratamiento actual 18M 170505 / 9837447
ANÁLISIS SOLICITADO: Físico – Químico, microbiológico.
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Ing. Rubén Choto
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

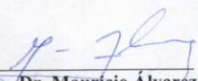
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
*Caudal	Volumétrico	L/s	0,32	-	-
Potencial Hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	6,97	5-9	±0,10
*Grasas y Aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	2,1	0,3	-
*Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	1225	250	-
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	610	100	-
*Sólidos Totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	1253	1600	-
*Plomo	PEE/LABCESTTA/ 29 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	0,02	0,2	-
*Arsénico	PEE/LABCESTTA/174 EPA 200.7 / EPA 3015a ICP	mg/L	0,02	0,1	-
*Cadmio	PEE/LABCESTTA/33 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	0,012	0,02	-
*Cianuros	PEE/LABCESTTA/22 Standard Methods No 4500-CN ⁻ C y E	mg/L	0,037	-0,1	-

*Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No 4500-SO ² 4 E	mg/L	5	1000	-
*Coliformes Fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	400	⁸ Remocion al 99,9%	-
*Cloruros	PEE/LABCESTTA/15 Standard Methods No. APHA 4500-Cl ⁻ C	mg/L	30	1000	-
*Cromo Total	PEE/LABCESTTA/ 28 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	0,04	- 0,5	-
*Fenoles	PEE/LABCESTTA/14 Standard Methods No. APHA 5530 C	mg/L	0,8	0,2	-
*Fosforo total	PEE/LABCESTTA/ 21 Standard Methods No. 4500-P B5/APHA 4500- PC	mg/L	<0,1	10	-
*Hierro	PEE/LABCESTTA/35 Standard Methods No. 3500-Fe B 3030-E3111-B	mg/L	2,65	10,0	-
*Nitrógeno Total	PEE/LABCESTTA/210 Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	111,15	15	-
*Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	2,05	0,5	-


OBSERVACIONES:

- Los parámetros con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación.
- Muestra transportada en refrigeración.
- Resultados comparados con límites permisibles Tabla 12 del TULAS
- ⁸Aquellos regulados con descargas de Coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento.


RESPONSABLES DEL INFORME:


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

Anexo 8: Resultados de los Análisis Físico-Químicos de los Lixiviados Realizados el 27 de Octubre del 2014

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½ Telefax: (03) 3013183 ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS) RIOBAMBA - ECUADOR</p>																																																
<p>INFORME DE ENSAYO No. ST:</p> <p>Nombre Peticionario:</p> <p>Atn. Dirección:</p> <p>FECHA:</p> <p>NUMERO DE MUESTRAS:</p> <p>FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:</p> <p>FECHA DE MUESTREO:</p> <p>FECHA DE ANÁLISIS:</p> <p>TIPO DE MUESTRA:</p> <p>CÓDIGO LABCESTTA:</p> <p>CÓDIGO DE LA EMPRESA:</p> <p>PUNTO DE MUESTREO:</p> <p>ANÁLISIS SOLICITADO:</p> <p>PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:</p> <p>CONDICIONES AMBIENTALES:</p>	<p>2420</p> <p>14 – 020 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS</p> <p>GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DEL CANTÓN PASTAZA Ing. Elena Meneses Francisco de Orellana y 9 de Octubre. Puyo - Pastaza</p> <p>10 de Octubre del 2014</p> <p>1</p> <p>2014/11/27 – 08:30</p> <p>2014/11/26 – 10:50</p> <p>2014/11/27 -2014/10/10</p> <p>Lixiviado</p> <p>LAB-L 030-14</p> <p>L-1</p> <p>Descarga de lixiviados 18M 170507/9837434</p> <p>Físico – Químico - Microbiológico</p> <p>Luis Albán</p> <p>T máx.:25.0 °C. T min.: 15.0°C</p>																																																
<p>RESULTADOS ANALÍTICOS: <i>celas en funcionamiento</i></p>																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO/NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>INCERTIDUMBRE (k=2)</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aceites y Grasas</td> <td>Standard Methods No. 5520 B</td> <td>mg/L</td> <td>2,5</td> <td>-</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)</td> <td>Standard Methods No. 5210 B</td> <td>mg/L</td> <td>1080</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno</td> <td>Standard Methods No. 5220 D</td> <td>mg/L</td> <td>1560</td> <td>-</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>Coliformes Fecales</td> <td>Standard Methods No. 9222 D y 92221</td> <td>UFC/100 mL</td> <td>20000</td> <td>-</td> <td>⁸ Remocion > al 99.9% NMP/100 ml</td> </tr> <tr> <td>Fenoles</td> <td>Standard Methods No. APHA 5530 C</td> <td>mg/L</td> <td>0,83</td> <td>-</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Nitrógeno Total</td> <td>Standard Methods No. 4500-Norg C</td> <td>mg/L</td> <td>710,98</td> <td>-</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Tensoactivos</td> <td>Standard Methods No. 5540 C</td> <td>mg/L</td> <td>0,95</td> <td>-</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	Aceites y Grasas	Standard Methods No. 5520 B	mg/L	2,5	-	0.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1080	-	100	Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	1560	-	250	Coliformes Fecales	Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 mL	20000	-	⁸ Remocion > al 99.9% NMP/100 ml	Fenoles	Standard Methods No. APHA 5530 C	mg/L	0,83	-	0.2	Nitrógeno Total	Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	710,98	-	15	Tensoactivos	Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,95	-	0.5	
PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)																																												
Aceites y Grasas	Standard Methods No. 5520 B	mg/L	2,5	-	0.3																																												
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1080	-	100																																												
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	1560	-	250																																												
Coliformes Fecales	Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 mL	20000	-	⁸ Remocion > al 99.9% NMP/100 ml																																												
Fenoles	Standard Methods No. APHA 5530 C	mg/L	0,83	-	0.2																																												
Nitrógeno Total	Standard Methods No. 4500-Norg C	mg/L	710,98	-	15																																												
Tensoactivos	Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,95	-	0.5																																												



**CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y
TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA
AMBIENTAL**

**LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E
INSPECCIÓN**

Panamericana Sur Km. 1 ½
Telefax: (03) 3013183
ESPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS)
RIOBAMBA - ECUADOR

Potencial Hidrógeno	Standard Method No. 4500-H ⁺ B	mg/L	7,76	-	5-9
Sólidos Totales	Standard Methods No. 2540 B	mg/L	5940	-	1600
Sólidos Sedimentables	Standard Methods No. 2540 F	mg/L	0,3	-	1
Plomo	PEE/LABCESTTA/17 4 EPA 200.7 / EPA 3015a ICP	mg/L	0,014	-	0.2
Mercurio	PEE/LABCESTTA/17 4 EPA245.7/EPA 3015 ^a	mg/L	<0,0001	-	0.005
Arsénico	PEE/LABCESTTA/17 4 EPA 200.7 / EPA 3015a ICP	mg/L	<0,01	-	0.1
Cianuro Total	Standard Methods Ed. 22. 2012 4500-CN ^a C y E	mg/L	<0,017	-	0.1

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración
- La columna marcada con (■) contempla los límites máximos permisibles indicados en la tabla 12 del TULSMA solicitados por el cliente
- ⁸ Aquellos regulados con descargas de Coliformes fecales menores o iguales a 3000, quedan exentos de tratamiento
- NMP/100ml equivale a UFC/100 ml

RESPONSABLE DEL INFORME:


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO
 LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL
 E INSPECCIÓN
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

Anexo 9: Resultados de los Análisis Fiico-Químicos dge los Lixiviados
Realizados el 03 de marzo del 2015



Rigoberto Heredia Oe6 157 y Huachi
Quito Ecuador
T + 59 3 2341 4080
ABN 84 0009 936 029
www.corplab.net
www.alsglobal.net

PROTOCOLO N°: 0315-1092	RIJ-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 06
	Página 2 de 3

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO CORPLAB	UNIDAD	A-0702	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				A 1		
ACEITES Y GRASAS (*)	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5520 C y F	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	2,9	30,0	CUMPLE
ARSÉNICO (*)	Standard Methods Ed. 22 2012, 3120 B, 3030 B, 3030 D, 3030 E		mg/l	0,0042	0,1	CUMPLE
MERCURIO	Standard Methods Ed-22; 2012, 3112B	PA - 57.00	mg/l	<0,002	0,005	CUMPLE
PLOMO	EPA 3010A, Rev. 01, 1992; Standard Methods Ed-22-2012, 3500 Pb	PA - 09.00	mg/l	0,160	0,2	CUMPLE
CIANURO TOTAL (*)	Standard Methods Ed.22 2012 4500-CN- B	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	<0,007	0,1	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 5210B	PA - 45.00	mg/l	407	100	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 22, 2012, 5220-D	PA - 32.00	mg/l	1111	200	NO CUMPLE
FENOLES	Standard Methods Ed. 22, 2012., 5530 A & C	PA - 33.00	mg/l	0,500	NO APLICA	NO APLICA
FÓSFORO TOTAL	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 P - B & C	PA - 49.00	mg/l	8,50	10,0	CUMPLE
POTENCIAL DE HIDRÓGENO	Standard Methods Ed-22-2012, 4500 H- B	PA - 05.00	UpH	7,33	6-9	CUMPLE
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540F	PA - 46.00	ml/l	<0,5	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS TOTALES	Standard Methods Ed-22-2012, 2540B	PA - 14.00	mg/l	3566	1600	NO CUMPLE
TENSOACTIVOS ANIONICOS (MBAS)	Standard Methods Ed-22-2012, 5540C	PA - 12.00	mg/l	0,217	0,5	CUMPLE
NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL (*)	Standard Methods Ed. 22. 2012 4500-C	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	mg/l	168,36	50,0	NO CUMPLE
CAUDAL MÁXIMO (*)	FLOTADOR/ VOLUMÉTRICO/ MOLINETE	POS-28.00	l/s	0,43	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES (*)	Standard Methods Ed. 21 2005 9222 D	TERCERIZADO (PARÁMETRO ACREDITADO)	NMP/100ml	9,4X10 ³	10000	NO CUMPLE



REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

La información (1), (2) que se indican a continuación, estén FUERA del alcance de acreditación del OAE.

⁽¹⁾ Anexo 1, Del Libro del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua, Tabla 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

⁽²⁾ Criterio de resultados