

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LIXIVIADOS
GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE
CHUNCHI.”**

TESIS DE GRADO

Previó a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

Autor:

AIDA BEATRIZ MEDINA SERRANO

RIOBAMBA-ECUADOR

2014

AGRADECIMIENTO

A mi **DIOS TODOPODEROSO**, quien me ha mostrado cada día que vivo, por darme su amor, protección y fortaleza en todo momento, por su amor eterno en mí. A el infinitas gracias.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y los docentes de la Carrera de Ingeniería Química que me brindaron sus conocimientos y capacitaron para ser una persona con las habilidades y capacidades necesarias para enfrentarnos al campo profesional.

Al Ing. Mario Villacrés Director de tesis e Ing. Hugo Calderón colaborador de la misma, por sus acertadas recomendaciones para el desarrollo de esta Investigación.

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para llevar a feliz término este proyecto.

Aída B. Medina Serrano.

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi madre Génova Serrano a mis hermanos Carlos y Mery, que son los pilares fundamentales en mi vida, por ser la fuente inagotable de amor, alegría, confianza y apoyo incondicional y ayuda en cada etapa para ustedes con todo mi corazón porque son y serán la motivación para superar cada meta planteada en mi camino.

Esta dedicatoria no expresa todo lo que han hecho por mi estas personas, ni todo mi amor por ellas, pues no alcanzarían los libros en el planeta para contenerlos.

Aída B. Medina Serrano

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

El tribunal de tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LIXIVIADOS GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE CHUNCHI**”, de responsabilidad de la señorita Aída Beatriz Medina Serrano ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizado su presentación.

NOMBRE

FECHA

FIRMA

Ing. Cesar Avalos I.

.....

.....

DECANO FAC. CIENCIAS

Ing. Mario Villacrés A.

.....

.....

DIRECTOR ESC. ING. QUIMICA

Ing. Mario Villacrés

.....

.....

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Hugo Calderón

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Eduardo Tenelanda

.....

.....

COORDINADOR SISIB-ESPOCH

Nota de Tesis Escrita

.....

HOJA DE RESPONSABILIDAD

“Yo, **AIDA BEATRIZ MEDINA SERRANO** soy responsable de las ideas expuestas y propuestas en el presente trabajo de investigación y el patrimonio intelectual de la Memoria de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**”

TABLA DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pp:
PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
HOJA DE FIRMAS	
HOJA DE RESPONSABILIDAD	
TABLA DE CONTENIDOS	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
LISTA DE ANEXOS	
LISTA DE ECUACIONES	
LISTAS DE GRAFICOS	
LISTA DE TABLAS	
RESUMEN.....	i
SUMARY.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
ANTECEDENTES.....	iv
JUSTIFICACIÓN.....	vi
OBJETIVOS.....	vii

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO	2
1.1. RESIDUOS SÓLIDOS	2
1.1.1 Tipos De Residuos Sólidos	2
1.1.2 Clasificación De Los Residuos Sólidos.	3
1.1.3 Manejo De Los Residuos Sólidos.	4
1.2 VERTEDERO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.	5
1.2.1 Tipos De Vertederos.	6
1.3 RELLENO SANITARIO.....	6
1.3.1 Tipos De Rellenos Sanitarios.....	7
1.4 LIXIVIADOS	8
1.4.1 COMPOSICIÓN DE LOS LIXIVIADOS	9
1.4.1.1 Compuestos Orgánicos Volátiles.....	9
1.4.1.2 Metales.....	10
1.4.2 GENERACIÓN DE LIXIVIADOS	11
1.4.3 EFECTOS DAÑINOS DE LOS LIXIVIADOS	11
1.4.4 CARACTERIZACIÓN DE LIXIVIADOS.	12
1.4.4.1 PARÁMETROS FÍSICOS.....	12
1.4.4.2 PARÁMETROS QUÍMICOS	13
1.4.4.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	17
1.5 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS DE PARA LIXIVIADOS	17
1.5.1 PROCESOS ANAERÓBICOS.....	17
1.5.2 PROCESOS AEROBIOS	18
1.5.3 SISTEMAS NATURALES	19
1.5.3.1 HUMEDALES ARTIFICIALES	19
1.5.3.1.1 Clasificación De Los Humedales Artificiales.....	20
a. Humedales artificiales de flujo superficial.....	20
b. Humedales de flujo sub-superficial	20
1.5.3.1.2 TOTORA PLANTA FITODEPURADORA	21
15.3.1.2.1 Características de la Totora.....	22
1.5.3.1.2.2 Adaptación de la Totora.....	23
1.5.3.1.2.3 Manejo de la totora en los humedales.....	23

1.5.3.1.2.4 CAPACIDAD DEPURADORA DE LA TOTORA.....	24
1.5.4 RECIRCULACION DE LOS LIXIVIADOS	25
1.5.5 MEMBRANAS.....	26
1.5.5.1 Biorreactores con membrana, MBR	26
1.5.5.2 Osmosis inversa	26
1.6 PROCESOS INDISPENSABLES PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS.	27
1.6.1 Filtración.....	27
1.6.2 Coagulación	27
1.6.3 Pruebas de jarras	28
1.6.3.2. Objetivos de la prueba de jarras.....	29
1.6.3.3 Procedimiento para realizar la prueba de jarras.....	29
1.6.3.4. Precauciones que se deben tomar en la prueba de jarras	30
1.7 TIPO DE MUESTRAS	31
1.7.1 Muestra Simple o Puntual.....	31
1.7.2 Muestras Periódicas	32
1.7.3 Muestras Continuas.....	32
1.7.4 Muestras Compuestas	32
1.8 MEDICIÓN DEL CAUDAL	32
1.8.1 Método Volumétrico.....	32
1.8.2 Método Velocidad – Área.....	33
1.9 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ZONA PARA DESARROLLAR EL PROYECTO	33
1.10 IMPACTOS AMBIENTALES	35
1.11 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	36
1.11.1 TRATAMIENTOS PRIMARIOS.....	36
1.11.1.1 FILTRACIÓN.....	36
1.11.1.2 BIORREACTOR – HUMEDAL ARTIFICIAL.....	37
1.11.1.3 COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN.....	39
1.11.1.4 SEDIMENTACIÓN.....	40
1.11.2 TRATAMIENTOS SECUNDARIOS	40
1.12 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS LIQUIDOS LIXIVIADOS.	42

CAPITULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL.....	53
2.1 MUESTREO.....	53
2.1.1 LOCALIZACION DE LA INVESTIGACION.....	53
2.1.2 PLAN DE MUESTREO.....	53
2.1.3 PROTOCOLO DE MUESTREO.....	54
2.2 METODOLOGIA.....	56
2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	56
2.2.1.1. MÉTODOS.....	56
2.2.1.1.1. Caracterización de los lixiviados.....	56
2.2.1.1.2. FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA.....	58
2.2.1.1.3 Construcción del biorreactor para el tratamiento de los lixiviados.....	58
2.2.1.1.3.1. TOTORAS.....	59
2.2.1.1.3.2 GEOMEMBRANA.....	61
2.2.1.1.3.3 Manejo y Cuidado del Sembrío de las Totoras.....	61
2.2.2.2. TÉCNICAS.....	63
2.2.2.2.1. CARACTERISTICAS FISICAS.....	63
2.2.2.2.1.1. Medición de Sulfatos.....	63
2.2.2.2.1.2. Medición de Nitritos.....	63
2.2.2.2.1.3. Medición de Nitratos.....	64
2.2.2.2.1.4. Medición de Fosfatos.....	65
2.2.2.2.1.5. Medición de los sólidos suspendidos.....	66
2.2.2.2.1.6. Determinación del pH.....	66
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO SANITARIO CHUNCHI.....	68
2.4. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL RELLENO.....	68
2.5. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.....	70
2.5.1. Ubicación.....	70
2.5.2. Temperatura.....	70
2.5.3. Pluviosidad.....	72
2.5.4. Selección.....	72
2.5.5. Compostaje.....	73

2.4. DATOS EXPERIMENTALES	74
2.4.1. SITUACIÓN INICIAL - CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS INICIALES DE LOS LIXIVIADOS	74
2.4.2. PARÁMETROS DE LOS LIXIVIADOS FUERA DE LOS LÍMITES PERMISIBLES	75

CAPITULO III

3. DISEÑO	80
3.1 PUEBAS DE TRATABILIDAD.	80
3.2 CÁLCULOS.	84
3.2.1. Medición de caudal.	84
3.3.2. CALCULO DEL FILTRO LENTO DE ARENA.....	84
3.2.3 CALCULOS PARA EL TANQUE – BIORREACTOR	88
3.2.4 CALCULOS PARA EL COAGULADOR - FLOCULADOR.....	90
3.2.5 CALCULOS PARA EL TANQUE SEDIMENTADOR.....	93
3.3. RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE PARA LOS LIXIVIADOS	97
3.3.1 CAUDAL DE DISEÑO.....	97
3.3.2. FILTRO LENTO DE ARENA.	98
3.3.3 RIORREACTOR - HUMEDAL.....	98
3.3.5 COAGULADOR - FLOCUALADOR, TANQUE CIRCULAR.....	98
3.4 SITUACION FINAL – RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLOGICOS DE LOS LIXIVIADOS TRATADOS.	99
3.4 PROPUESTA DEL DISEÑO	104
3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	107

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
4.1. CONCLUSIONES	109
4.2. RECOMENDACIONES.....	111

INDICE DE ABREVIATURAS

pH	Potencial de hidrogeno
CE	Conductividad eléctrica
ST	Sólidos totales
N-NO ²	Nitritos
NO ³	Nitratos
N	Nitrógeno
N-NH ₃	Nitrógeno amoniacal
SO ₄	Sulfuros
CT	Coliformes totales
CF	Coliformes fecales
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)
DQO	Demanda química de oxígeno
P	Fósforo
Fe	Hierro
Mn	Manganeso
Pb	Plomo
Ni	Níquel
C	Cloro
Cr	Cromo
Cd	Cadmio
SST	Sólidos suspendidos totales
PAC	Policloruro de aluminio
EPMAPACH	Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Chunchi.
RSU	Residuos sólidos urbanos
D	Diámetro
Trh	Tiempo de retención hidráulica
As	Área superficial
Cs	Carga superficial
Kc	Coefficiente mínimo de costo

LISTA DE ANEXOS

I FICHA TÉCNICA DEL POLICLORURO DE ALUMINIO	116
II FICHA TÉCNICA DE POLIACRILAMIDA CATIONICA (LIPESA 1569).....	117
III SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADOS DENTRO DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN CHUNCHI.....	120
IV CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN CHUNCHI.....	121
V ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TRATADOS CON LAS PLANTAS FITODEPURADORAS LLAMADAS TOTORAS.....	122
VI ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TRATADOS CON EL POLICLORURO DE ALUMINIO Y LIPESA (1569).....	123
VII ESTUDIO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN EL CANTÓN CHUNCHI.....	124
VIII PLANTAS FITODEPURADORAS CON LOS LIXIVIADOS.....	125
IX FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA.....	126
X PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS LIXIVIADOS EN EL CANTÓN CHUNCHI.....	127

LISTA DE GRAFICOS

2. 1 Sistema de recirculación de lixiviados dentro de RS.....	64
2.2 Ubicación del tratamiento de lixiviados en el Cantón Chunchi.....	65
2.3 Temperatura en el Cantón Chunchi.....	66
2.4 Precipitaciones medias mensuales en Chunchi y Huigra.....	67
2.5 Parámetros físicos y químicos fuera de norma.....	70
2.6 Parámetros microbiológicos fuera de norma.....	71
3.1 Policloruro de aluminio vs color.....	75
3.2 Policloruro de aluminio vs turbidez.....	76
3.3 Policloruro de aluminio vs pH.....	76
3.4 Parámetros físico - químicos de los lixiviados.....	93
3.5 Análisis microbiológicos de los lixiviados tratados.....	94
3.6 Nitratos , pH dentro de norma.....	97
3.7 Color dentro del reglamento de norma.....	97

LISTA DE FIGURAS

1.1 Ciclo de los residuos solidos.....	4
1. 2 Relleno Sanitario Quivi del Cantón Chunchi.	6
1.3 Parámetros químicos a medirse en el agua residual.....	13
1.4 Ensayo de jarras.....	25
1.5 Policloruro de aluminio.....	26
1.6 Filtro lento de arena.....	32
2.1 Muestreo de los lixiviados.....	48
2.2 Recolección de la muestra por método manual.....	49
2.3 Medición del caudal.....	50
2.4 Diseño y construcción del humedal para el tratamiento de los lixiviados.....	52
2.5 Preparación del humedal para el tratamiento de lixiviados.....	53
2.6 Plantación de la totoras (plantas fitodepuradoras) con el paso de lixiviados.....	53
2.7 Construcción del filtro lento de arena.....	54
2.8 Totoras sembradas en el humedal artificial para tratamiento de los lixiviados.....	56
2.9 Cuidado de las plantas fitodepuradoras.....	56
2.10 Medición de los nitritos en el laboratorio.....	58
2.11 Proceso de medición de los parámetros en el espectrofotómetro.....	60
2.12 Utilización del pH-metro.....	61
2.13 Desechos orgánicos destinados a la lombricultura.....	68
2.14 Diagrama de bloques del sistema de tratamiento propuesto para los lixiviados.....	72
3.1 Prueba de jarras con PAC y lipesa 1569.....	74
3.2 Esquema del humedal artificial a construirse en el tratamiento de lixiviados.....	82
3.3 Esquema del homogeneizador en la planta de tratamiento químico.....	83

LISTA DE TABLAS

1.1 Compuestos orgánicos volátiles y Efectos en la Salud.....	9
1.2 Metales pesados presentes en los lixiviados	9
1.3 Principales características de los filtros.....	38
1.4 Parámetros de diseño de filtros lentos de arena.....	40
1.5 Cargas superficiales para diversas suspensiones químicas.....	42
1.6 Información usual para el diseño de sedimentación rectangulares y circulares en el tratamiento primario y secundario.....	43
1.7 Información usual para el diseño de sedimentación rectangulares y circulares en el tratamiento primario y secundario.....	45
2.1 Parámetros de caracterización de los lixiviados.....	51
2.2 Temperatura en el Cantón Chunchi.....	65
2.3 Aportes diarios del material según si clase se residuos.....	68
2.4 Análisis físicos, químicos y microbiológicos de los lixiviados de captación del Cantón Chunchi.....	69
2.5 Parámetros físicos y químicos fuera del límite de norma.....	70
2.6 Parámetros microbiológicos fuera del límite de norma.....	71
3.1 Prueba de jarras del PAC con lipesa 1569.....	75
3.2 Resultados de la medición del caudal de los lixiviados.....	77
3.3 Resultados del caudal de diseño.....	90
3.4 Resultados del filtro lento de arena.....	90
3.5 Resultados del biorreactor - humedal artificial.....	90
3.6 Resultados del homogeneizador, tanque circular.....	91
3.7 Resultados del sedimentador primario.....	91
3.8 Análisis físico - químico de lixiviados tratados.....	92
3.9 Análisis microbiológicos de los lixiviados tratados.....	93

3.10 Costos de equipos y accesorios.....	99
3.11 Costos de la mano de obra.....	100
3.12 Costos de materiales indirectos.....	100
3.13 Costos de operación.....	100
3.14 Costo total de la planta tratamiento para los lixiviados.....	101

LISTA DE CUADROS

1.1 Tipos y clasificación de los residuos sólidos urbanos.	3
2.1 Composición de los desechos sólidos generados en el Cantón Chunchi.....	62
2.2 Especificaciones técnicas del relleno sanitario del Cantón Chunchi.....	63
2.3 Precipitaciones medias mensuales y anuales.....	67

RESUMEN

Se Diseñó un Sistema de Tratamiento para los Lixiviados generados en el Relleno Sanitario del Cantón Chunchi, con el propósito de mejorar sus características físico – químicas y microbiológicas de manera que esté apta para utilizar como fuente de regadío y contribuir a la conservación de los recursos naturales del sector.

Se recogió muestras de los lixiviados durante tres meses para la realización de los análisis físico - químicos y microbiológicos, que se desarrollaron en el laboratorio CESTTA, en los estudios de caracterización de los mismos, se identificaron varios parámetros fuera de los Límites permisibles estipulados en el Texto Unificado de Legislación Ambiental, siendo estos: nitratos, sólidos totales, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, Coliformes fecales y Coliformes totales. Conforme a las caracterizaciones realizadas a dicha agua residual se determinó la necesidad de diseñar un sistema que permita reducir los contaminantes presentes en este fluido.

Para el desarrollo de esta investigación se vio la necesidad en primera instancia de un tanque para filtro lento de arena, por el cual pasa el lixiviado y otro para el humedal artificial en el cual son sembradas las plantas fitodepuradoras llamadas totoras las mismas que remediaran el agua, al final del proceso las aguas tratadas fueron expuestas a pruebas de laboratorio arrojando resultados donde observamos que la DQO y DBO sigue estando fuera de los límites máximos permisibles, para eliminar la mayor cantidad de estos contaminantes se realizó pruebas de tratabilidad con el PAC y un polímero en el cual se obtuvieron nuevos resultados donde los parámetros están dentro de la Norma Técnica del TULAS cumpliendo así con lo establecido en el reglamento.

Se concluye indicando que los parámetros analizados permitieron determinar los componentes de la planta de tratamiento, el mismo que constará de: filtro lento de arena, biorreactor (humedal artificial), homogeneizador y sedimentador.

Se recomienda implementar este sistema para el tratamiento de los lixiviados en el Cantón Chunchi, ya que garantizará que el efluente cumpla con los parámetros de acuerdo a los límites establecidos, por la normativa vigente y evitando la contaminación ambiental.

SUMMARY

It was designed a Treatment System for the leachates generated in the Sanitary Landfill of Chunchi, to improve its physical- chemical characteristics and microbiological un that way is suitable for using like an irrigation source and contribute to the conservation of natural resources of área.

Were collected samples of leachates during three months for the analysis physical-chemical and microbiological, that were developed in the CESTTA lab, in the characterization studies of the same, were identified many parameters out of permissible limits stipulated in the Unified Text of environmental Law, being this: nitrates, total solids, chemical demand oxygen, faecal coliforms and total coliforms.

According to the characterization made to waste water was determined the necessity of design a system that allows to reduce the present contaminants in this fluid.

For this research was determined the necessity in the first instance of a tank for sandy slow filter, by which pass the leachate and other for the artificial wetland in which are seeding the phytopurifying plants called totoras, the same will remedy the water, to the end of the process the treated waters were exposed to lab test with results where is observed that DQO and DQO remain out of maximum permissible limits, to eliminate the major quantity of these contaminants was realized testing treatability with the PAC and a polymer in which were obtained new results where the parameters are into the technical rule of TULAS established with the regulation.

It is concluded that the analyzed parameters allowed determine the components of the Treatment Plant, the same will consist of: Sandy slow filter, biorreactor (artificial wetland), homogenizer and sedimenter.

It is recommend to implement this system of the treatment of the leachates in Chunchi, since that is will guarantee that the effluent fulfil with the parameters according to the established limits by the current regulation and avoiding the environmental contamination.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes, en cuanto a la contaminación por residuos sólidos, es que se forman líquidos percolados o escurridos de los depósitos de almacenamiento de residuos. Estos líquidos reciben el nombre genérico de lixiviados y su importancia, en cuanto a contaminación, viene dada por su fuerte carga orgánica, la cual es fruto de su paso, con arrastre disolución, a través de los residuos almacenados.

Se entiende por “lixiviados”: cualquier líquido que percole a través de los residuos depositados y que sea emitido o este contenido en un vertedero.

Para impedir la contaminación de suelos y acuíferos, por infiltración en el terreno de los lixiviados, se hace preciso construir el depósito de almacenamiento sobre suelos impermeables. De este modo, el líquido de lixiviación se acumula en el fondo del depósito, de donde es recogido para proceder a su tratamiento y depuración.

El lixiviado generado en un relleno sanitario es producto de múltiples factores, tales como: composición de la basura, edad del relleno, balance de agua, diseño y operación del relleno sanitario, solubilidad de los desechos, procesos de conversión microbiológica y química y la interacción del lixiviado con el ambiente. El caudal generado varía de acuerdo con el estado de avance y el tipo de operación del relleno, y la composición también varía en el tiempo.

La mejor gestión de residuos conducirá a la no producción de lixiviados, si bien esto es técnicamente imposible en la mayoría de las ocasiones. Sin embargo, se ha de procurar la minimización, la producción de lixiviados mediante el control de los residuos dentro del propio depósito. Dentro de los lixiviados existe un caso particular de gran trascendencia, por su extensión, el control de los lixiviados de depósitos de Residuos Sólidos Urbanos.

Los lixiviados de RSU son líquidos muy contaminados, formados como consecuencia de la penetración del agua a través de la masa de residuos y por la propia descomposición de estos. Conllevan, por tanto, una gran complejidad, ya que presentan fuerte carga orgánica, altos contenidos de nitrógeno y presencia de metales pesados.

ANTECEDENTES

El municipio del Cantón Chunchi, priorizando el cuidado del medio ambiente, así como el de mejorar el nivel de vida de sus pobladores y el de sus alrededores, por ello se han desarrollado proyectos que contribuyan a este fin, tal es el caso de la construcción del **Sistema de Tratamiento de Residuos Sólidos de Chunchi**. Este contribuye a reducir y minimizar el impacto ambiental causado por las descargas de las aguas de los residuos sólidos de toda la zona urbana del cantón hacia el río Huatacsi.

La planta de tratamiento de Residuos Sólidos del cantón Chunchi es una planta nueva que inicia su construcción en Mayo del 2009 terminando la etapa de construcción en un periodo de 11 meses, posterior al cual se inicia con las actividades de tratamiento de Residuos Sólidos, con la finalidad de dar una disposición adecuada a los RSU. El Sistema de Tratamiento de Residuos Sólidos de Chunchi, se encuentra ubicado al Oeste de la cabecera cantonal a una distancia de 5 km, ocupando un área de 1.5 Ha de propiedad del Municipio de Chunchi, a una altura de alrededor de 2090 msnm. Este Sistema de tratamiento de residuos sólidos urbanos cuenta con un relleno que consta de las siguiente dimensiones: una altura de 1.50 m, volumen de celda diaria 10.7m^3 cantidad de residuos a disponer 3.24 toneladas, área útil actual del terreno 10has, vida útil del relleno 22.4 años y un área de expansión futura de 10 has, también cuenta con vías de fácil acceso, Drenaje perimetral de aguas de lluvia, Tratamiento de lixiviados, caseta de ventiladores, cerramiento perimetral y cerca viva y una colocación de señalización preventiva e informativa.

Uno de los objetivos de la municipalidad al momento de implementar esta planta fue el desarrollar los métodos y acciones para prevenir, controlar y compensar los impactos negativos identificados en el funcionamiento de dicha planta. Es entonces por este motivo que también se desea dar uso, reúso, o una disposición final adecuada a los lixiviados que se obtiene en el tratado de los Residuos Sólidos, ya que si no fuere así, se estaría disminuyendo un aspecto ambiental, pero con este, causando otro. El cual con el paso del tiempo va a generar una acumulación de grandes volúmenes de lodo, mismos que causarían impactos directos para la zona en cuestión.

JUSTIFICACIÓN

En esta investigación se tiene en cuenta la importancia creciente o acumulación de los Residuos Sólidos Urbanos, procedentes de la basura orgánica del Cantón Chunchi, los cuales son una causa de problemas para su almacenamiento, y sobre todo, para su eliminación. Los principales componentes del relleno sanitario es la geomembrana la cual protege el ambiente manteniendo los gases en el interior y evitando la entrada de agua, también impide la saturación de los poros de la capa permeable y minimiza la erosión, de esta manera evitan los impactos ambientales negativos al suelo.

El lixiviado producido y extraído de la basura, causa serios problemas y un importante peligro para la salud o la seguridad pública, por lo cual se ha visto la necesidad de realizar un tratamiento acorde al problema generado por la descomposición de los mismos , que garantice la mitigación de los impactos ambientales negativos al medio. Es una responsabilidad para la planta de tratamiento de los lixiviados tratar los mismos de acuerdo a las normas que exigen el Ministerio del Ambiente, Municipios, TULAS etc., ya que estaríamos atentando contra la preservación de los ecosistemas y regatos del río Guataxí lo cual no tiene valor económico porque es más importante la vida de nuestro entorno.

El no tratar los líquidos lixiviados generados en el relleno sanitario en el sector Quivi del Cantón Chunchi traen consigo grandes problemas ambientales, ya que persigue una contaminación del ambiente circundante, es por esta razón del tratamiento de estos lixiviados ya que representa un factor muy importante, puesto que nos brindará varios beneficios, uno de los más importantes es la reutilización del agua como fuente de regadío, así disminuyendo la contaminación y por otro lado contribuir a la recuperación de su vegetación circundante.

OBJETIVOS

GENERAL.

- Diseñar un sistema de tratamiento de lixiviados generados en el Relleno Sanitario de la Ciudad de Chunchi.

ESPECIFICOS.

- Caracterización físico - químicos y microbiológicos de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario.
- Construir la celda de siembra experimental de la totora (*Scirpus californicus*) con uso del lixiviado.
- Determinar las pruebas de descontaminación para medir la efectividad descontaminante de la totora.
- Realizar el diseño de Ingeniería para el sistema de tratamiento de lixiviado sustentado en las pruebas de efectividad descontaminante.
- Establecer los costos de implementación del tratamiento de lixiviados por medio de humedales en relleno sanitario del Cantón.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEORICO

1.1. RESIDUOS SÓLIDOS

Es un material que se desecha después de que haya realizado un trabajo o cumplido con su misión. Se trata, por lo tanto, de algo inservible que se convierte en basura y que, para el común de la gente, no tiene valor económico. Los residuos pueden eliminarse (*cuando se destinan a vertederos o se entierran*) o reciclarse (*obteniendo un nuevo uso*). Un sólido por otra parte, es el adjetivo que hace mención a lo macizo o firme. Un cuerpo sólido mantiene su volumen y su forma constantes debido a la gran cohesión de sus moléculas. Los residuos sólidos, por lo tanto, son aquellos desechos que están en el mencionado estado.

La noción de residuos sólidos urbanos se utiliza para nombrar a aquellos que se generan en los núcleos urbanos y sus zonas de influencias. Los domicilios particulares (*casas, apartamentos, etc.*), las oficinas y las tiendas son algunos de los productores de residuos sólidos urbanos.

Un papel usado, un envase de cartón o una botella de plástico son ejemplos de residuos sólidos. La gestión de los residuos sólidos urbanos implica diversos pasos, con una etapa previa a la recogida (que incluye la separación y el almacenamiento en origen), la recogida en sí misma, el transporte mediante camiones recolectores y finalmente la eliminación o transformación.

1.1.1 Tipos De Residuos Sólidos

- **Residuo sólido Comercial.-** son generados en entidades comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, cafeterías y plazas de mercados.
- **Residuo Sólido Domiciliario:** residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o entidades similares.
- **Residuos Agrícolas:** son generados por la crianza de los animales y la producción, cosecha y segado de cultivos y árboles, que no se utilizan para fertilizar los suelos.

- **Residuos industriales:** son generados en actividades industriales, como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipo e instalaciones y tratamiento y control de la contaminación.

1.1.2 Clasificación De Los Residuos Sólidos.

- 1. Residuo aprovechable:** se refiere a cualquier material, objeto o elemento que no tiene valor para quien lo genera, pero se puede incorporar nuevamente a un proceso productivo.
- 2. Residuo no aprovechable:** es todo material o sustancia que ni ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación a un proceso productivo. No tienen ningún valor comercial, por lo tanto requieren disposición final.
- 3. Residuo orgánico biodegradable:** todos aquellos que tienen características de por desintegrarse o degradarse rápidamente transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, fruta, cascaras, carnes, huevos.
- 4. Residuos peligrosos:** aquellos residuos o desechos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos.
- 5. Residuos especiales:** son residuos sólidos que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros, y por lo tanto requiere un manejo especial. Incluye a los residuos con plazos de consumo expirados, desechos de establecimientos que utilizan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente con los residuos sólidos municipales.

CUADRO 1.1 Tipos y clasificación de los residuos sólidos.

TIPO	CALSIFICACION	EJEMPLO	MANEJO
NO PELIGROSOS	Aprovechables	Papeles: archivo, kraft, cartulina, periódico. Cartón y plegadiza vidrio Plástico: envases, sucio, bolsas, vasos, PET, metales tetrapack	Reciclaje Reutilización
	No aprovechables	Papel tissue: higiénico, toallas, servilletas papel encerrado y metalizado. Cerámicas, materia de barrido, colillas de cigarrillo o icopor	Disposición final
	Orgánicos biodegradables	Residuos de comida, material vegetal	Compostaje lombricultivo
PELIGROSOS		RAEE, pilas y baterías, Químicos, medicamentos y aceites usados biológicos	Tratamiento Incineración Disposición en celdas de seguridad
ESPECIALES		Escombros, Llantas Colchones, Muebles, Estantes, Lodos	Servicio especial de recolección.

Fuente: COOPER P (2005) Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos.

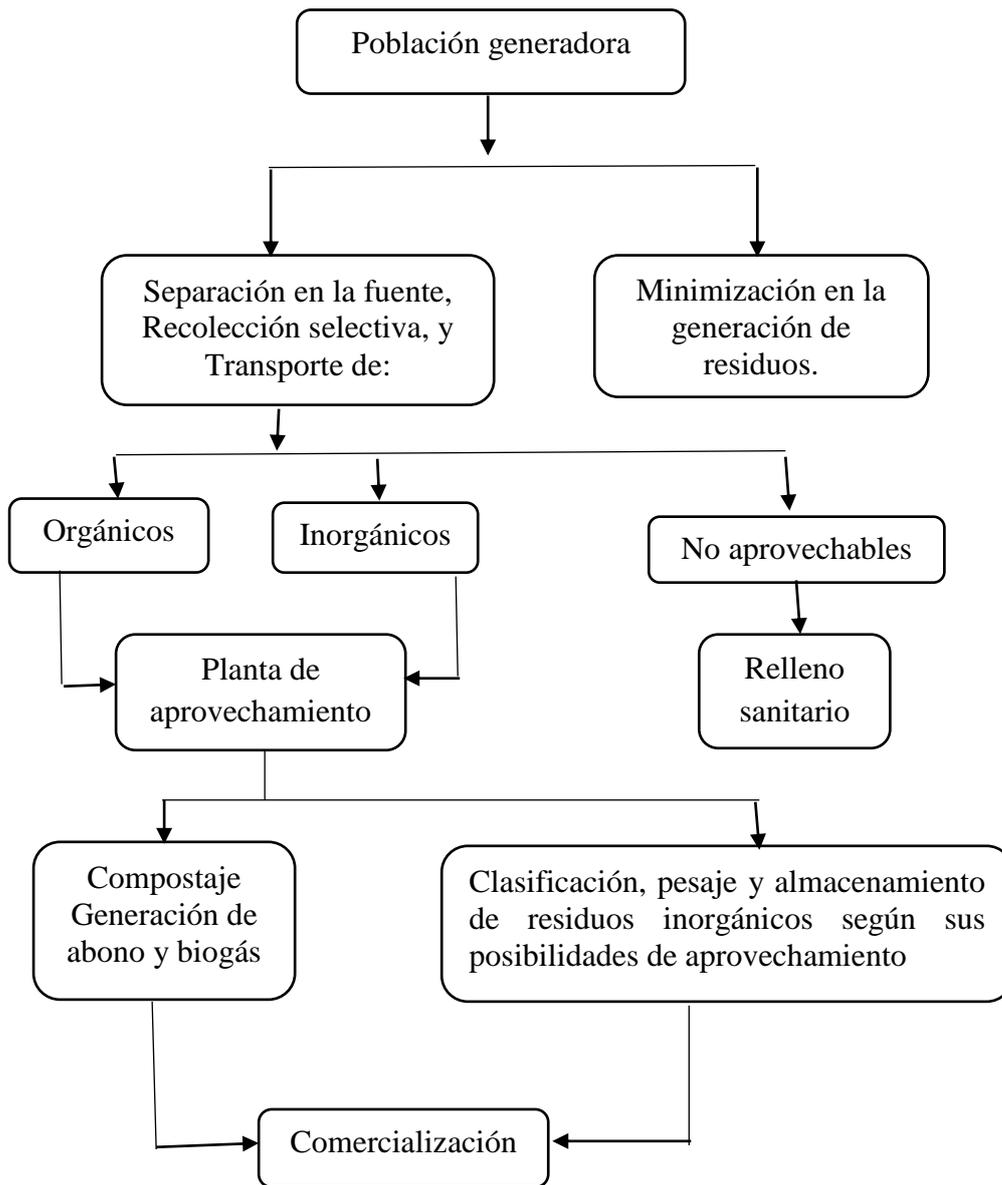
1.1.3 Manejo De Los Residuos Sólidos.

Es importante tener en cuenta que los sitios como nuestros hogares en donde no se cuenta con los llamados basureros (canecas) para realizar la respectiva separación se debe hacer en mínimo dos bolsas en las que debemos disponer los residuos ordinarios y en la otra los residuos reciclables.

Una vez separados los residuos, debidamente empacados y cerrado, deben presentarse o entregarse para su tratamiento o disposición final. ¹

¹ SÓLIDOS, R. (2005). *Ciencias de la Tierra y del medio Ambiente*. Obtenido de http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf.

FIGURA 1.1 Ciclo de los residuos sólidos.



Fuente: REED S. C. Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos.

1.2 VERTEDERO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

La producción de residuos no deja de aumentar día tras día y es necesario buscar lugares donde depositar esta basura, es la razón de ser de los **vertederos o basureros**, enormes bolsas de basura que recogen todos estos residuos. En nuestros días los hábitos de consumo están dirigidos a la compra de productos de usar y tirar lo cual está produciendo un gran aumento de los residuos con el grave problema que esto plantea.

Los miles de toneladas de basura que generamos todos los días son llevadas a los vertederos y estos lugares empiezan a ser un gran problema ambiental pues generan un perjuicio para el suelo, la vegetación, la fauna, degradan el paisaje y contaminan el aire, las aguas. Es por estas razones que la eliminación de residuos debe llevarse a cabo evitando, de la manera más eficaz posible, todos estos perjuicios.

En los vertederos, se producen reacciones químicas y biológicas entre los constituyentes de la materia orgánica e inorgánica. Los productos tóxicos resultantes son arrastrados por el agua de la lluvia (lixiviados) contaminando el suelo y las aguas subterráneas, o emitidos a la atmósfera (en forma de gases) contaminando el aire, agua y tierra, los efectos perjudiciales sobre la salud pública (por la contaminación ambiental y por la posible transmisión de enfermedades infecciosas por los roedores que los habitan).

1.2.1 Tipos De Vertederos.

- **Vertedero clandestino:** es un lugar en el que, sin consideraciones medioambientales, elegido por algún grupo de personas para deposita los desechos sólidos. Fuente de grave contaminación, enfermedades y otros problemas.
- **Vertedero municipal o urbano:** es un lugar que bajo ciertas consideraciones o estudios de tipo económico, social y ambiental, es destinado a ese fin por los gobiernos municipales, son conocidos también como vertederos controlados o rellenos sanitarios. ²

1.3 RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario o vertedero es un método diseñado para la disposición final de los residuos sólidos “no aprovechables”, el cual consiste en depositar en sitios preparados los residuos sólidos, esparcirlos y compactarlos hasta reducirlos al menor volumen posible para que ocupen una pequeña área. En el pasado, el término de relleno sanitario fue usado para denotar simplemente el sitio en el cual los residuos eran depositados en el suelo y cubiertos.

² VERTEDEROS. (2010). *En buenas manos*. Obtenido de <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=232>.

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y manejada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de vigilancia lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por consiguiente, en su óptima operación y control.

1.3.1 Tipos De Rellenos Sanitarios

1.3.1.1 Relleno Sanitario tipo área.- normalmente este se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras, pozos producidos por extracción de materiales (ripió, arena, arcilla) lugares pantanosos, terrenos adyacentes a los ríos u otros similares.

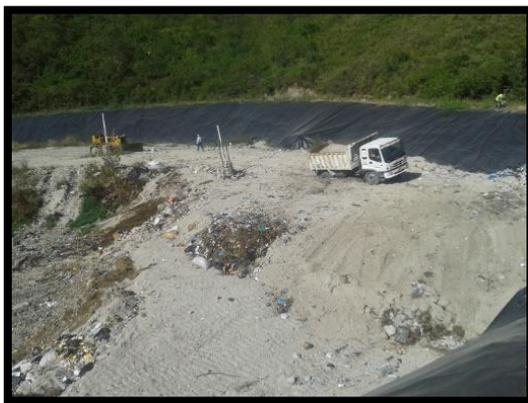
1.3.1.2 Relleno sanitario tipo zanja o trinchera.- este tipo de relleno es probablemente uno de los más prácticos y apropiados ya que su operación es sencilla y la escasez del material de recubrimiento no presenta problemas siempre que el terreno convenientemente sea elegido para este tipo de disposición final.

1.3.1.3 Relleno Sanitario tipo combinado o rampa.- este tipo de relleno se opera en forma similar a los de tipo área y zanja, pero los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, y se apisonan y recubren diariamente con una capa de material de 15 m de espesor.

Terminada la operación de espesor, la rampa debe tener una pendiente de 30 m y alcanzando el nivel previsto, se recubre con una capa de tierra o material similar, de 060 m de espesor. Este método de rampa se utiliza en terrenos de declive moderado o en aquellos que tienen una capa delgada de material susceptible de ser usado para recubrimiento o sellado del relleno.³

³ SANITARIOS, R. (2010). *Galería de los Rellenos Sanitarios*. Obtenido de <http://rellenossanitarios.blogspot.com/2010/05/que-es-un-relleno-sanitario.html>.

FIGURA 1. 2 Relleno Sanitario Quivi del Cantón Chunchi.



Fuente: Aída Medina

1.4 LIXIVIADOS

El lixiviado es el líquido producido cuando el agua percola a través de cualquier material permeable. Puede contener tanto materia en suspensión como disuelta, generalmente se da en ambos casos. Este líquido se encuentra comúnmente asociado a rellenos sanitarios, en donde, como resultado de la filtración a través de los desechos sólidos y la reacción con los productos en descomposición y otros compuestos, es producido el lixiviado. Si el relleno sanitario no tiene sistema de recogida de lixiviados, éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas ambientales o de salud.

Según la normativa el relleno sanitario se define como “como el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición controlada final controlada minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final”

Generalmente los residuos generados en la zona residencial presentan como mínimo un 50% de tipo orgánico y por lo tanto al estar dispuestos en el relleno sanitario pueden degradarse por varios procesos biológicos, iniciando por un proceso aerobio donde ocurre oxidación de los componentes orgánicos a causa del oxígeno se va consumiendo lo que estimula al desarrollo de procesos anaerobios, los cuales son los predominantes posteriormente en el relleno sanitario.

Estas degradaciones biológicas generan diferentes tipos de subproductos gaseosos y líquidos, siendo componentes de biogás y del lixiviado respectivamente. ⁴

1.4.1 COMPOSICIÓN DE LOS LIXIVIADOS

La composición de los lixiviados varía mucho de acuerdo al tipo de residuos, las precipitaciones en el área, las velocidades de descomposición química u otras condiciones del lugar. Sin embargo, hay tres grupos de sustancias que se encuentran generalmente en las cercanías de los rellenos.

1.4.1.1 Compuestos Orgánicos Volátiles

Los Compuestos Orgánicos Volátiles son compuestos formados básicamente por átomos de carbono e hidrógeno que se evaporan fácilmente. La siguiente tabla detalla los compuestos orgánicos volátiles más comunes de encontrar en los líquidos lixiviados, y sus efectos en la salud humana.

TABLA 1.1 Compuestos orgánicos volátiles y Efectos en la Salud.

COMPUESTO	
Orgánico volátil	Efectos en la Salud
Benceno	Cancerígeno, efectos sobre el sistema nervioso, central y periférico, efectos sobre el sistema inmunológico y gastrointestinal, desordenes en las células de la sangre: alergias, irritaciones en los ojos y la piel.
Cloroformo	Probable cancerígeno y teratógeno: daños en el hígado y en el riñón: efectos sobre el sistema inmunológico y gastrointestinal: irritaciones en los ojos y la piel.
1,1- dicloroetano	Efectos sobre el sistema nervioso central, hígado y en el riñón.
Etilbenceno	Efectos sobre el sistema nervioso central, hígado y en el riñón, irritaciones en el sistema respiratorio en los ojos y piel.
Cloruro de metileno	Probable cancerígeno: Efectos sobre el sistema nervioso central: Pulmones: Sistema Respiratorio y Sistema cardiovascular: Desordenes en la sangre e irritaciones en los ojos y la piel.

⁴ SÓLIDOS RESIDUOS. (2010). *Lixiviados*. Obtenido de <http://gestionintegralresiduos.blogspot.com/2010/05/tratamiento-de-lixiviados.html>.

Tetracloroetileno	Probable cancerígeno: Sistema Respiratorio y Sistema cardiovascular: Efectos sobre el sistema nervioso central: Pulmones: irritaciones en los ojos y la piel.
Tolueno	Efectos sobre el sistema nervioso central, hígado y en el riñón, irritaciones en el sistema respiratorio en los ojos y piel: Sistema Respiratorio y Sistema cardiovascular: alergias.

FUENTE: Brix 1993, citado por Kolb 1998.

1.4.1.2 Metales

Los metales contenidos en los residuos depositados en los rellenos, debido al carácter ácido de los líquidos lixiviados, son disueltos y transportados. La tabla siguiente muestra los metales que pueden estar presentes y sus efectos en la salud humana: ⁵

TABLA 1. 2 Metales pesados presentes en los lixiviados

METAL	EFFECTOS EN LA SALUD
Arsénico	Cancerígeno; Potencialmente teratogenico; Efectos sobre los sistemas cardiovascular; Nervioso periférico; Reproductivo y pulmones; Daños en el hígado y riñones.
Cadmio	Probable cancerígeno y teratogenico; Embriotóxico; Efectos sobre el sistema nervioso central; Sistema reproductivo y sistema respiratorio – pulmones; Daños en el riñón.
Cromo	Cancerígeno; Probable mutagénico; Efectos sobre el sistema pulmonar – respiratorio; Alergias, irritaciones en los ojos.
Mercurio	Teratogenico; Efectos sobre el sistema nervioso central, cardiovascular y pulmonar – respiratorio; Daños en el riñón y la vista.
Níquel	Probable cancerígeno; Probable teratogenico; Efectos sobre el sistema pulmonar – respiratorio; Daños en el riñón y en el hígado.
Plomo	Probable cancerígeno; Daños en el riñón y cerebro; Efectos sobre el sistema nervioso central y reproductivo; Desordenes en las células de la sangre.

FUENTE: Brix 1993, citado por Kolb 1998

⁵ CHAVARRIA, J. A. (2013). *Remoción de metales pesados en lixiviados mediante fitorremediación*. <http://ciencias.ucr.ac.cr/sites/default/files/Jos%20A9%20Jerez2013Remoci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20en%20lixiviados%20mediante%20fitorremediaci%C3%B3n.pdf>.

1.4.2 GENERACIÓN DE LIXIVIADOS

Los lixiviados son líquidos que se generan por la liberación del exceso de agua de los residuos sólidos y por la percolación de agua pluvial a través de los estratos de residuos sólidos que se encuentran en las fases de composición. Este líquido representa la principal fuente potencial de contaminación del subsuelo y acuíferos, pues disuelven sustancias y descienden hasta la parte inferior del sitio, por lo que la estimación de su producción a lo largo de la vida del relleno es un dato valioso para planear adecuadamente las obras de control en el relleno sanitario.

Los lixiviados se generan en las distintas etapas de la descomposición de los residuos sólidos, debido a la percolación de agua de lluvia, por lo que su composición física y química depende en gran medida de la composición de los mismos residuos.

1.4.3 EFECTOS DAÑINOS DE LOS LIXIVIADOS

- Efectos de compuestos orgánicos volátiles en lixiviados producidos por un relleno sanitario, pueden causar daños principalmente en el sistema nervioso y el gastrointestinal, de índole cancerígena y teratogénicas.
- Efecto negativo de metales existentes en los lixiviados liberados por la descomposición de los residuos sólidos orgánicos, causa daños hepáticos, renales y cardiovasculares. Así como enfermedades neurológicas.
- Efecto de alcoholes lixiviados durante la descomposición de residuos sólidos orgánicos en un relleno sanitario, causa malformaciones congénitas, mutagénicas y cancerígenas.
- Efecto de compuestos orgánicos sintéticos en líquidos lixiviados formados en rellenos, dañan en el sistema respiratorio, reproductor y nervioso.

- El efecto negativo en la salud humana de metales existentes en los lixiviados liberados por la descomposición de los residuos sólidos orgánicos en un relleno sanitario húmedo. ⁶

1.4.4 CARACTERIZACIÓN DE LIXIVIADOS.

Se realizó la caracterización físico-química y microbiológica de los lixiviados según la norma técnica del TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario del Ministerio del Ambiente). Libro VI, anexo I, tabla 12, "Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce".

1.4.4.1 PARÁMETROS FÍSICOS

1.4.4.1.1 pH

El pH indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se utiliza esta notación como medida de la naturaleza ácida o alcalina de una solución acuosa. Muchas propiedades de las sustancias químicas dependen de la concentración del ión hidrógeno en solución (pH).

En las aguas residuales urbanas, el pH se encuentra entre 6,5 y 8,5. Valores elevados (Mayores a 9,2) tienen efectos inhibidores del crecimiento de *E. coli*. Cuando los valores están comprendidos entre 5 y 9 (situándose los más favorables entre 6,5 y 8,5) la vida de especies acuáticas es favorecida. En un vertido con pH ácido, se disuelven los metales pesados; a su vez, el pH alcalino ocasiona que los metales precipiten.

1.4.4.1.2. Conductividad eléctrica

Es la medida de la capacidad o de la aptitud de un material para dejar pasar o dejar circular libremente la corriente eléctrica. Esta depende de la estructura atómica y molecular del material. Los metales son buenos conductores porque tienen una estructura con muchos electrones con vínculos débiles, y esto permite su movimiento. También depende de otros factores físicos del propio material, y de la temperatura.

⁶ PIÑEIRO, P., & J., F. A. (1992). *Ecophysiological responses of lagunes to soil disturbances*. (Vol. 58). Santa Barbara - California.

1.4.4.1.3. Turbidez

Se define a la turbidez de una muestra de agua, como una medida de la pérdida de su transparencia, ocasionada por el material particulado en suspensión que arrastra la corriente de agua (Cárdenas, 2005). Este material puede consistir en arcillas, limos, algas, etc, que se mantienen en suspensión debido a la fuerza de arrastre de la corriente o a su naturaleza coloidal.

1.4.4.1.4 Sólidos totales

Los sólidos totales son la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a una temperatura entre 103°C y 105°C hasta que se evapore (Da Cámara *et al.*, 2003). Mendonca (2000) clasifica a los sólidos totales en sólidos suspendidos y sólidos filtrables. La fracción de sólidos que quedaría retenida por un filtro de membrana con un tamaño de poro de 1,2 micras, constituye los denominados “sólidos suspendidos”, y el resto los “sólidos disueltos o filtrables”.

1.4.4.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

1.4.4.2.1 Sulfatos:

Son sales o ésteres del ácido sulfúrico, el ión sulfato es uno de los principales aniones que se encuentran en aguas naturales; es de importancia en las fuentes para el suministro de agua debido a su efecto sobre los humanos cuando está en cantidades excesivas.

El límite máximo recomendable para agua de consumo humano es de 250 mg/L. Causa dos problemas asociados con el manejo y tratamiento de aguas residuales: Olor, resultante de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaerobias, y problemas de corrosión de cañerías.

1.4.4.2.2 Nitritos:

Son sales de ácido nitroso, el ion nitrito es el NO_2^- , naturalmente los nitritos deben su formación a la oxidación de la aminas y del amoniacó, también a la reducción del nitrato en ausencia de oxígeno. En las aguas residuales el nitrógeno se encuentra en 4 formas básicas: nitrógeno orgánico, amonio, nitrito y nitrato. Si las aguas residuales son

frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana.

A medida que el agua se estabiliza, por oxidación bacteriana en medio aeróbico se generan nitritos y posteriormente nitratos, el predominio de la forma de nitrato en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno. El nitrógeno total es la suma del nitrógeno orgánico, amoniacal, nitrito y nitrato.

1.4.4.2.3 Nitratos:

Son sales de ácido nítrico (HNO_3), usadas especialmente como fertilizantes, son fácilmente lixiviados en el suelo, tras lo que llegan a aguas freáticas (Agua existente en el subsuelo, procedente del agua superficial infiltrada que, además, alimenta a pozos y manantiales) o de superficie. Esta circunstancia es desfavorable para el abastecimiento de agua y ocasiona eutrofización del agua superficial. Los nitratos pueden transformarse en nitrógeno o dióxido de nitrógeno, por desnitrificación.

1.4.4.2.4 Fosfatos:

Los lodos pueden considerarse con una buena fuente de fósforo, proveniente de los detergentes (polifosfatos). Los lodos que presentan mayor contenido de fósforo, son los tratados con sales de hierro. El fósforo puede ser soluble e insoluble. En la mayoría de las condiciones del suelo, se adiciona en fósforo de forma soluble, mientras que el insoluble puede pasar a solución del suelo (Gonzales, 2005).

1.4.4.2.5 Nitrógeno:

La absorción del nitrógeno por la planta constituye una de las partes importantes del ciclo de nitrógeno en el suelo. El nitrógeno en el lodo se encuentra de forma nítrica (N-NO_3), amoniacal (N-NH_4) y orgánica, siendo esta última la más abundante. La mineralización del nitrógeno orgánico se realiza por los microorganismos en diversas etapas.

Este proceso dependerá de las características del lodo (relación/nitrógeno, del contenido de nitrógeno y lignina) y también de las del suelo (pH, humedad y otros minerales), (Arata, 2005, Martínez).

1.4.4.2.6 Plomo:

Las fuentes habituales de aguas residuales que contienen grandes cantidades de metales como, cadmio, mercurio, plomo y zinc, los efectos que provocan sobre el ambiente son los siguientes: mortalidad de los peces, envenenamiento de ganado, mortalidad de plancton, acumulaciones en el sedimento de peces y moluscos. El plomo y los compuestos de plomo son generalmente contaminantes tóxicos. Las sales de plomo II y los compuestos orgánicos del plomo son dañinos desde un punto de vista toxicológico.

El plomo limita la síntesis de la clorofila de las plantas, no obstante las plantas pueden absorber del suelo altos niveles de plomo hasta 500 ppm. Concentraciones más altas perjudican el crecimiento de las plantas mediante la absorción por parte de las plantas, el plomo se introduce en la cadena alimentaria.

1.4.4.2.7 Cromo:

Metal de color blanco plateado, duro y quebradizo, sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor y como recubrimiento para galvanizados.

Los cultivos contienen sistemas para gestionar la toma de Cromo para que esta sea lo suficientemente baja como para no causar cáncer. Pero cuando la cantidad de cromo en el suelo aumenta, esto puede aumentar las concentraciones en los cultivos. Las plantas usualmente absorben cromo (III). Esta clase de cromo probablemente es esencial, pero cuando las concentraciones exceden cierto valor, los efectos negativos pueden ocurrir.

1.4.4.2.8 Cadmio:

Elemento químico relativamente raro, tiene relación estrecha con el zinc, con el que se encuentra asociado en la naturaleza. Es un metal dúctil, de color blanco argentino con un ligero matiz azulado.

Es un metal que se utiliza en la industria del acero y en los plásticos. Los compuestos de cadmio son un componente muy utilizado en pilas eléctricas. El cadmio se libera al ambiente en las aguas residuales, y los fertilizantes y la contaminación aérea local producen contaminación difusa. Las impurezas de cinc de las soldaduras y las tuberías galvanizadas y algunos accesorios de fontanería metálicos también pueden contaminar

el agua de consumo. La principal fuente de exposición diaria al cadmio son los alimentos. El consumo de tabaco es una fuente adicional significativa de exposición al cadmio.⁷

1.4.4.2.9 Demanda Química de Oxígeno:

Es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia por medios químicos para convertirla en el dióxido de carbono y agua. La DQO se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO_2/l). Cuanto mayor es la DQO más contaminante es la muestra.

Es por tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo un parámetro a controlar dentro de las diferencias normativas de vertidos y que nos da una idea muy real del grado de toxicidad del vertido.

1.4.4.2.10 Demanda Bioquímica de Oxígeno:

Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del contaminante orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. Se puede decir por tanto que la DBO representa la cantidad de la materia biodegradable como la no biodegradable.

Es necesario, por tanto, controlar estos para asegurar una buena calidad de vertido a la vez que cumplimos con las normativas legales sin crear alteraciones ambientales poniendo en peligro nuestro ecosistema. Para reducir la DBO de un vertido lo más adecuado son los procesos biológicos dentro de los cuales nos encontramos con distintas alternativas. Los procesos aerobios se basan en microorganismos que en presencia de oxígeno transforman la materia orgánica en gases y en nueva materia celular que usan su propio crecimiento y reproducción.

⁷ CADMIO, C. P. (2010). *Lenntech*. Obtenido de <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>.

1.4.4.3 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

1.4.4.3.1 Coliformes fecales:

La contaminación fecal del agua produce dos hechos notables desde un punto de vista sanitario:

- a) la incorporación de un gran número de microorganismos pertenecientes a la flora fecal.
- b) La incorporación de materias orgánicas fecales.

El primero de ellos justifica el empleo de indicadores microbiológicos mientras que la incorporación de materias orgánicas fecales deberá condicionar el tipo de indicadores químicos. Los indicadores químicos de contaminación fecal que han sido considerados clásicamente son: materia orgánica, cloruros, nitritos, nitratos y amonio. La materia orgánica es el principal elemento de la contaminación fecal, por lo que su presencia-ausencia es uno de los indicadores de la existencia de dicha contaminación. Es posible considerarla como indicador, pues siempre está presente en este tipo de contaminación, es fácilmente detectable y cuantificable en un laboratorio.

1.4.4.3.2 Coliformes totales:

Es aquel grupo de bacterias que tienen ciertas características bioquímicas en común y son de mucha importancia como indicadores de contaminación del agua y de los alimentos. Los Coliformes totales son aquellos que comprende la totalidad del grupo.⁸

1.5 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS DE PARA LIXIVIADOS

1.5.1 PROCESOS ANAERÓBICOS

Las tecnologías clásicas para la remoción de materia orgánica, que como en el caso de los lixiviados es predominantemente materia orgánica disuelta, son los procesos biológicos de tratamiento.

⁸

TOTALES, C. F. (2007). *Revista de Facultad de Ingeniería*. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/03%20Aproximacion%20a%20la%20determinacion%20del%20impacto.pdf.

Para el caso de un lixiviado joven, los consecuentemente altos contenidos de materia orgánica parecieran idealmente apropiados para la aplicación de los procesos anaerobios de tratamiento. Las principales ventajas que tienen los procesos anaerobios en este contexto son la mayor simplicidad en el sistema de tratamiento y la menor producción de lodos. Esto se refleja en menores costos de inversión de capital y de operación y mantenimiento, y en menores requisitos técnicos en el personal que opera el sistema.

Sin embargo, existen varias precauciones que hay que tener en cuenta al aplicar este tipo de procesos. Los altos contenidos de amoníaco y de minerales disueltos pueden generar problemas de toxicidad para los microorganismos. Esto implicaría una remoción previa del amoníaco en caso de que este fuera el problema, o la aplicación de cargas de trabajo reducidas debido a las limitaciones en la actividad microbiana por motivo de la toxicidad.

1.5.2 PROCESOS AEROBIOS

Los procesos aerobios, al igual que los anaeróbicos han sido ampliamente estudiados para el tratamiento de los lixiviados en rellenos sanitarios. Existe experiencia con una gran variedad de tipos de sistemas, desde las tradicionales lagunas aireadas, hasta sofisticados sistemas que acoplan reactores biológicos con procesos de ultrafiltración con membranas. Se utilizan cuando se requiere obtener una baja concentración de DBO en los efluentes.

Vale la pena aclarar que como usualmente las concentraciones de DBO en los lixiviados son muy altas es relativamente fácil tener remociones porcentuales superiores al 90% en este parámetro.

Sin embargo la DBO remanente puede ser todavía alta. Los costos de inversión y de operación y mantenimiento son significativamente superiores a los de los procesos anaerobios cuando los lixiviados son concentrados, como es el caso de un lixiviado joven, por lo que se logran mejores relaciones beneficio/costo cuando se utilizan para tratar lixiviados con concentraciones medias o bajas de DBO. Por esta razón, y dependiendo de las exigencias del vertimiento, se usan preferencialmente como post-tratamiento a los sistemas anaerobios, o para lixiviados viejos con bajos niveles de DBO.

1.5.3 SISTEMAS NATURALES

Los sistemas naturales, lagunas y **humedales artificiales**, también se han propuesto como alternativas para el tratamiento de lixiviados. Tienen la ventaja de la simplicidad en su operación y la posibilidad de lograr diferentes niveles de tratamiento, desde un pretratamiento, hasta un tratamiento terciario en caso de necesitarse. La combinación de las lagunas y los humedales puede manejar adecuadamente muchos de los problemas que en otras tecnologías aparecen como son la acumulación de precipitados, la formación de espumas, la toxicidad a los microorganismos, y las variaciones en cargas hidráulicas y orgánicas. Esto se logra al tener tiempos de retención hidráulica muy altos y volúmenes de procesos igualmente grandes, que permiten acomodar variaciones en caudal, acumulaciones de precipitados, junto con una baja producción de gases y por lo tanto de espumas.

Desde el punto de vista de costos en valor presente, la tecnología probado ser muy competitiva al compararse con otras alternativas. La principal desventaja que se tiene con estos sistemas es la cantidad de terreno que requiere para localizar los procesos. Sin embargo, por la naturaleza misma de los diseños de los rellenos sanitarios, en donde hay necesidad de tener áreas de amortiguamiento visual, de ruido, y de olores, estas áreas que usualmente están localizadas en los alrededores del relleno, podrían utilizarse como parte de los sistemas naturales de tratamiento; en especial en el caso de los humedales.⁹

1.5.3.1 HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrofitas (plantas acuáticas) enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrofitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente. El tratamiento de aguas residuales para depuración se lo realiza mediante sistemas que tienen tres

⁹ ANGELICA SOFIA SILVA, H. D. (2005). *Depuración de Aguas Residuales con humedales artificiales*.

partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Fernández *et al.*, 2004).

- Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales

En las aguas residuales la materia orgánica proviene de residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos.

Existen tres métodos principales para medir la cantidad de materia orgánica en el agua: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Carbono Orgánico Total (COT). Todos los métodos se basan en la valoración de la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar diferentes fracciones de la materia orgánica presente en el agua.

1.5.3.1.1 Clasificación De Los Humedales Artificiales

a. Humedales artificiales de flujo superficial

Estos humedales son aquellos donde el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas y está expuesta directamente a la atmosfera. Este tipo de sistema es de humedales es una modificación al sistema de laguna convencionales. A diferencia de estas tienen menor profundidad. En términos de paisaje, este sistema es bastante recomendable por su capacidad de albergar distintas especies de peces, anfibios, etc. Pueden construirse en lugares turísticos y en sitios de estudio de diferentes disciplinas por las complejas interacciones biológicas que se generan y establecen.

b. Humedales de flujo sub-superficial

Estos humedales se caracterizan por la circulación del agua, en los mismos se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0,6m. La vegetación se planta en este medio granular y el agua está en contacto con los rizomas (tallo subterráneo con varias yemas que crece de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos) y raíces de las plantas. Estos humedales pueden ser de dos tipos: En función de la forma de aplicación de agua al sistema:

b.1. Humedales de flujo sub-superficial horizontal

El diseño de estos sistemas por lo general consiste en una cama, ya sea de tierra o arena y grava, plantada con macrofitas acuáticas, en la mayoría de los casos con la **tatora**, caña común o carrizo (*Phragmites australis*). Toda la cama es recubierta por una membrana impermeable para evitar filtraciones en el suelo (Brix en Kolb, 1998).

El agua ingresa en forma permanente. Es aplicada en la parte superior de un extremo y recogida por un tubo de drenaje en la parte opuesta inferior. La profundidad del lecho varía entre 0,45 m a 1m y tiene una pendiente de entre a 0.5% a 1%.

Es fundamental que el agua residual que ingresa al sistema se mantenga en un nivel inferior a la superficie (5-10cm), lo cual se logra regulando el nivel del dispositivo de salida en función a este requerimiento.

b.2. Humedales de flujo sub-superficial vertical

Estos sistemas son cargados intermitentemente. De esta forma, las condiciones de saturación con agua en la cama matriz son seguidas por periodos de instauración, estimulando el suministro de oxígeno.

Las aguas infiltran verticalmente a través de un sustrato inerte (**arenas, grava**) y se recogen en una red de drenaje situada en el fondo del humedal. La aplicación de agua se efectúa de forma intermitente, para preservar y estimular al máximo las condiciones aerobias. Adicionalmente, para favorecer las condiciones aerobias del medio poroso, se suele colocar un sistema de aireación con chimeneas, que son tuberías cribadas con salidas al extintor. A diferencia de humedal sub-superficial horizontal, el sustrato está constituido por varias capas, encontrándose las más finas en la parte superior, aumentando el diámetro de la grava hacia abajo.¹⁰

1.5.3.1.2 TOTORA PLANTA FITODEPURADORA

Una de las macrófitas más conocidas y difundidas en nuestro medio es la Tatora (*Scirpus californicus*). Esta especie fue traída del Lago Titicaca a la Laguna Alalay,

¹⁰ BORRERO, J. A. (1999). *Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales*. España.

donde forma parte de la flora presente en la laguna y también se encuentra en abundancia en las zonas de inundación de la planta de tratamiento de Alba Rancho. Esta macrófita, forma parte de la amplia gama de plantas fitodepuradoras empleadas en los sistemas no convencionales de depuración de aguas residuales.

En este apartado presentamos las características de la totora como agente depurador. Así mismo, se presentan algunos resultados de la experiencia sobre su implantación en grava, realizada en Punata, dentro del marco del proyecto: “Zonas húmedas construidas para la depuración de aguas residuales en el municipio de Punata”, el cual pretende probar precisamente zonas húmedas construidas con totoras, para depurar aguas residuales provenientes de la planta de tratamiento con lagunas de estabilización, ubicada en la comunidad de Tajamar Centro, sub-oeste del municipio de Punata.

15.3.1.2.1 Características de la Totora

- Asimilación directa de nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal (La hora Cano, 2004).
- Actuar a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación (Valdés *et al.*, 2005).
- Tienen epidermis (protector vivo que recubre la superficie de toda la planta) muy delgadas a fin de reducir la resistencia al paso de gases, agua, nutrientes y tejidos: grandes espacios intercelulares que forman una red de conductos huecos en los que se almacena y circula aire con oxígeno. Esto permite la transferencia del oxígeno desde el aire y órganos fotosintéticos, y desde ahí hacia las raíces. (Fernández. 2004).
- La totora tiene rizomas, que son tallos subterráneos que crecen paralelamente a la superficie del suelo.
- Acumulan reservas, con lo que aumentan su volumen, y en épocas favorables las yemas aprovechan estas reservas para germinar.

- Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos.¹¹

1.5.3.1.2.2 Adaptación de la Totorá

Las especies helófitas (es una planta que crece de manera natural en áreas afectadas por salinidad en las raíces o aerosoles de sal) tienen un gran rango de adaptación; por ello es que constituyen las especies dominantes en lugares donde las condiciones restringen las posibilidades de desarrollo de otras especies. Son plantas de climas templados que prosperan en posiciones soleadas, tolerando un amplio rango de pH (4 - 9).

La temperatura media óptima para su desarrollo está dentro del intervalo de 16°C a 27°C. Se utilizan principalmente en humedales artificiales de flujo sub-superficial (lecho de grava/arena), ya que su tolerancia a la inundación permanente es poca cuando la capa de agua es profunda (Málvarez, 1999). Prospera muy bien en medios acuáticos de profundidad somera como lagunas o zonas de inundación.

1.5.3.1.2.3 Manejo de la totora en los humedales

El manejo en los humedales se puede centrar en tres aspectos centrales: implantación, operación y control de plagas y enfermedades.

1. Implantación

En los sistemas menores a 8 ha, la vegetación puede trasplantarse de fuentes cercanas u obtenerse de forma comercial. Es recomendable que las plantas madres procedan de poblaciones naturales de la zona, a fin de asegurar su adaptación al lugar. Las plantas de desarraigan del sustrato. Se fraccionan de modo que cada porción lleve en su parte subterránea rizomas. Se implantan individualmente en el sustrato o fango del humedal en primavera o épocas calurosas, porque el frío puede matarlas. El tamaño de los rizomas puede ser de 10 cm de largo y tener brotes en el extremo del corte. La raíz de

¹¹ TOTORA, P. F. (2010). *Museos campesinos de los antiguos oficios*. http://books.google.com.ec/books?id=1kO2J5aDljQC&pg=PA21&lpg=PA21&dq=totoras+plantas+fitode+puradoras&source=bl&ots=Khfl_u_zZ1k&sig=ndMYCTZB1oGUxKgnHUfDQkl9nE&hl=es419&sa=X&ei=vEQfVK7EOPb8sASy44DQCw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=totoras%20plantas%20fitode+pura.

colocarse a 5 cm por debajo de la superficie del medio. Los tallos de las plantas pueden ser recortados antes de trasplante.

Posteriormente, el lecho debe inducirse con agua hasta la superficie o rociarse con frecuencia, pero siempre se debe tener el cuidado de que el nivel del agua no sobrepase la altura de las plantas cortadas. Si las plantas se recubren de agua antes que desarrollen las raíces, se pudrirán (Hazelip, 2004). Después de la implantación inicial, el nivel del agua debe descender, de manera que las raíces se extiendan hacia el fondo del medio. En cualquier caso, se debe permitir que la vegetación crezca de 3 a 6 meses antes de que empiecen las aplicaciones regulares de agua residual (Crites y Tchobanoglous, 2000).

2. Operación

Básicamente consiste en la cosecha y el deshierbe, se debe hacer durante el primer año. Una vez que las plantas están establecidas, esta operación deja de ser necesaria. En otoño de cada año se debe segar o evacuar la parte aérea de las plantas. La evacuación permite evitar su acumulación en la superficie de los filtros.

Sin embargo en caso de que las especies superen su capacidad de retención de contaminantes, se procederá al corte de la parte aérea y eliminación del humedal. Se debe tener en cuenta que la época en la que los rizomas tienen menos reservas es hacia finales de verano, por lo que si se efectúa la siega, el vigor de las plantas se verá afectado. En épocas más tardías, (de marzo en adelante, y antes de la brotación) ya no es probable que el corte comprometa el crecimiento de la planta.

3. Plagas y enfermedades

Fernández *et*, (2004) indica que son plantas muy rústicas de las que no se tiene referencias de plagas y enfermedades en su aplicación en los humedales artificiales.

1.5.3.1.2.4 CAPACIDAD DEPURADORA DE LA TOTORA

El funcionamiento de los humedales no es totalmente comprendido. Existen muchas discrepancias en diferentes aspectos: dimensionamiento, operación, etc. incluyendo la capacidad depuradora de las especies implantadas. Las discrepancias incluyen diferencias aún en el uso de plantas en los humedales. Varios autores afirman que los resultados obtenidos con el uso de fitosistemas (centros donde se agrupan los pigmentos

fotosintéticos, como la clorofila) son mejores que los obtenidos con un sistema igual pero sin plantas. Stearman et al. (2003) reporta reducción de contaminantes en general, de más del 20% en humedales implantados respecto a los no implantados.

Sin embargo, existen también estudios que no registraron diferencias entre el rendimiento de humedales plantados y no plantados. M. García et al. (2004) indican que no existen diferencias estadísticamente significativas, entre humedales sub-superficiales plantados y no plantados, en indicadores fecales y remoción de bacterias. De lo anterior se puede concluir que las plantas aumentan la depuración en los humedales cuando las condiciones climatológicas, de tratamiento previo y calidad de agua a ser tratada, no son tan extremas como para salir de su rango de tolerancia. De cualquier forma, la capacidad de extracción de nutrientes puede estimarse en función de la composición de sus tejidos; los contenidos en N y P de parte aérea y parte subterránea son, respectivamente del orden de 1,6% N y 0,12% P, (Fernández et al, 2004).

Finalmente, es necesario mencionar que los humedales artificiales, independientemente de la especie heliófita utilizada, tienen en general baja eficiencia en la remoción de nutrientes (sobre todo en humedales artificiales de flujo sub-superficial horizontal), pero una alta eficiencia de remoción de DBO y DQO, así como en la fijación de metales pesados y moderada a alta eficiencia en la eliminación de Coliformes fecales.¹²

1.5.4 RECIRCULACION DE LOS LIXIVIADOS

Se pretende utilizar el relleno sanitario como un gran reactor anaerobio de tal manera que dentro del mismo relleno se logre la conversión a metano de los ácidos grasos que están presentes en el lixiviado. Al recircular los lixiviados se logran un aumento en la humedad de los residuos dispuestos, que a su vez genera un aumento de la tasa de producción de gas metano en el relleno. Una vez los ácidos grasos han sido metanizados, el pH del lixiviado aumenta, y al aumentar el pH la solubilidad de los metales disminuye de tal forma que se logra una disminución de los metales en solución que son transportados por el lixiviado.

¹²

JESUS, P. (1992). *csic*. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46985/1/vertederos20controlados%20pastor675pdf>.

De esta manera se logra una reducción significativa tanto de la DBO como de los metales que finalmente arrastra el lixiviado. Usualmente se considera que el nivel de tratamiento alcanzado es el de pretratamiento, siendo necesario algún tipo de tratamiento posterior que dependerá de los requisitos de los permisos de vertimiento en cada caso.

1.5.5 MEMBRANAS

Este tipo de tratamiento utiliza membranas en una tecnología de rápido desarrollo en la última década. Con mayor frecuencia se observan más aplicaciones de las membranas en el tratamiento de todo tipo de efluentes, incluyendo obviamente los lixiviados de los rellenos sanitarios.

1.5.5.1 Biorreactores con membrana, MBR

Los biorreactores con membrana se utilizan de la misma manera como se utilizan los sistemas biológicos de tratamiento, siendo la principal diferencia la sustitución del sedimentador como sistema de separación sólido-líquido por un sistema de micro o ultrafiltración. Esto puede tener ventajas en términos de la disminución del volumen de tanque del reactor biológico, más sin embargo, introduce complicaciones adicionales en la operación de los sistemas ya que los módulos de membranas son más complicados de operar y mantener que un sedimentador.

Igualmente se logran aumentos significativos en la cantidad de biomasa que se tiene dentro de los reactores, pero al mismo tiempo se puede perder eficiencia en la transferencia de masa en la aireación, de tal manera que se aumentan los costos de energía por este sentido.

1.5.5.2 Osmosis inversa

En general se reportan unos excelentes rendimientos de la tecnología para la remoción de la mayoría de los contaminantes. Igualmente se observa que las aplicaciones han sido para lixiviados con concentraciones de DBO relativamente bajas, menores a 1000 mg/l, es decir, lixiviados viejos, o lixiviados a los cuales se les ha realizado un pretratamiento previo. Se debe entonces tener cautela en la aplicación de la tecnología de manera directa a lixiviados jóvenes, especialmente de aquellos que se encuentran en los países en desarrollo.

Otra ventaja que se reporta con frecuencia en el caso de la ósmosis inversa son los bajos consumos energéticos que requiere la tecnología cuando se compara con otras tecnologías como la oxidación biológica o la evaporación. Se han reportado problemas de colmatación asociados a la precipitación del calcio y el hierro en las membranas, obligando a la incorporación de sistemas de pretratamiento que minimicen estos efectos.

1.6 PROCESOS INDISPENSABLES PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS.

1.6.1 Filtración

Es el proceso de pasar el agua a través de un medio poroso con la esperanza de que el filtro tenga una calidad mejor que el afluente. El medio suele ser arena, este medio ha sido utilizado desde el siglo XVII cuando el proceso de filtración lenta en arena era generalmente el único de tratamiento de agua. Este filtro lento en arena tiene el mérito de mejorar la calidad estética del agua y también la separación de patógenos.

Se considera que la separación de impurezas tiene lugar fundamentalmente en la capa de película biológica, se piensa que los mecanismos son tantos físicos como biológicos, contribuyendo este último al hecho de que muchos parámetros microbiológicos mejoran significativamente al pasar a través del filtro lento de arena.

El tamaño efectivo de arena suele ser del orden de unos 0,2 mm y este retiene efectivamente todas las partículas mayores de unos 0,02 mm. Esta tasa de separación dependía de la profundidad de lecho y se reducía a medida que lo hacia la profundidad.

1.6.2 Coagulación

Consiste en una desestabilización de las partículas coloidales, que tiene lugar al introducir un producto químico capaz de descargar los coloides y así dar lugar a una agregación de los mismos que permita su sedimentación.

El tratamiento de agua con Policloruro de Aluminio produce flóculos de gran tamaño, sumamente homogéneos. Para aguas floculadas se puede suponer que los sólidos suspendidos, son aproximadamente iguales a turbiedad. Está alistado como coagulantes

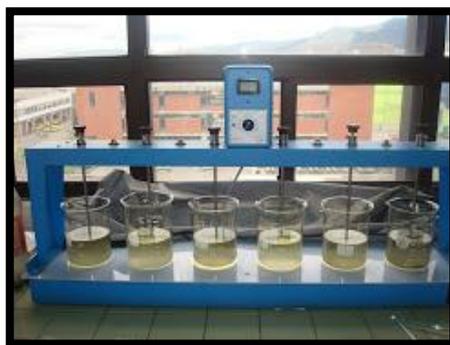
proveniente de sales de aluminio junto con el tradicional sulfato de aluminio. Sin embargo, tiene algunas ventajas frente a este:

- Potencia considerable de coagulación.
- Disminución de la turbidez final en el proceso.
- Velocidad considerable de coagulación y floculación.

1.6.3 Pruebas de jarras

Se considera que es un trabajo fundamental para lograr buenos niveles de eficiencia con la utilización de químicos. Esta prueba se presenta para el policloruro de aluminio, sin embargo, el procedimiento básicamente es el mismo para cualquier coagulante a ser utilizado, lo que cambia son las concentraciones de las soluciones las cuales pueden ser consultadas en las hojas técnicas facilitadas por las casa comercializadoras del producto.

FIGURA 1.4 Ensayo de jarras



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

1.6.3.1 Policloruro de aluminio

Para este tipo de lixiviados se debe realizar el ensayo de jarras de dosis recomendadas para determinar la medida precisa a aplicarse, calcular la descarga del químico para todo el caudal de lixiviado y cuadrar equipos dosificadores para la descarga calculada, este tipo de ensayo es utilizado frecuentemente en los laboratorios, el mismo que representa las condiciones en las que efectúan los procesos de coagulación, floculación y sedimentación. Cada uno de estos pasos debe realizarse con precisión para garantizar un funcionamiento eficiente.

FIGURA 1.5 Policloruro de aluminio



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

1.6.3.2. Objetivos de la prueba de jarras.

Este ensayo es de óptima utilidad porque nos ayuda a determinar:

- El coagulante más efectivo.
- La dosis de coagulante que se debe aplicar en cada uno de los tratamientos.
- El pH óptimo de coagulación, el mismo que permite la formación de los flóculos que no es lo mismo para todas las muestras de aguas tratándose.
- La adición más adecuada de los reactivos químicos.
- El tiempo óptimo en la formación de los flóculos.

Existen algunas variaciones en el equipo para efectuar esta prueba pero por lo general consta de lo siguiente:

- Un agitador mecánico.
- Vaso de precipitados.
- Cronometro.

1.6.3.3 Procedimiento para realizar la prueba de jarras

Se debe saber en todo momento como está funcionando cada unidad, y para ello se toma en cuenta constantemente las siguientes actividades:

- Tomar una muestra de lixiviado y medir los datos iniciales es decir sin previo tratamiento como son: turbiedad, pH y color.
- Colocar con precisión 1000 ml de lixiviado en cada vaso precipitado para el respectivo tratamiento.
- Adicionar una cantidad de policloruro de aluminio (coagulante) en orden creciente a cada uno de los vasos.
- Colocar las paletas de agitación en cada uno de los vasos, encender el agitador y operarlo durante un tiempo de 3 minutos a una velocidad de 60 a 80 rpm.
- Disminuir la velocidad a 30 rpm o a la que considere más adecuada para la formación de los floculantes.
- Tomar el tiempo con veracidad hasta el instante que empiecen a formarse los flóculos.
- Detener el mezclador, retirar las paletas de los vasos precipitados.
- Dejar reposar durante 20 minutos y observar la clarificación en cada vaso y el floculo que se ha formado.
- Una vez que los flóculos estén completamente asentados se toma una pequeña muestra del sobrenadante y medir la turbidez, color y pH.
- Verificar si sufrieron alguna alteración las propiedades químicas de los parámetros que se encontraban dentro del reglamento de norma durante el procedimiento de prueba de jarras.
- Se debe tomar la dosis optima de coagulante que indique las anotaciones tomadas durante tal procedimiento el cual nos indicara un floc más resistente, acondicionado, con peso mayor que sedimentara rápidamente y en el que se obtendrá menor turbidez y menor color.

1.6.3.4. Precauciones que se deben tomar en la prueba de jarras

- a) Las soluciones deben prepararse todos los días con el producto que se va a aplicar.
- b) Medir el volumen de jarras cuidadosamente, todos los vasos deben contener el mismo volumen. Mejores resultados se obtienen con volúmenes mayores, en lo posible de dos litros.
- c) La prueba debe realizarse a la misma temperatura del lixiviado en la planta de tratamiento.

- d) Los coagulantes deben suministrarse en el mismo orden en que se agregan en la planta de tratamiento y simultáneamente todas las jarras.
- e) Se debe tratar de encontrar una energía de agitación que produzca un resultado comparable al de la planta, antes mencionado que, nunca podrá ser comparable con el efecto de los mezcladores y floculadores.
- f) Los recipientes (vasos baldes) en los cuales se van a tomar las muestras deben lavarse previamente con la misma muestra que se va a utilizar en la prueba.
- g) Se deben conocer los tiempos de agitación, floculación y sedimentación de la planta para determinarlos para en la prueba.

Evitar que las manos, y los elementos que se van a utilizar en el ensayo alteren las condiciones físico-químicas de los materiales y equipos que se van a utilizar (frascos, pipetas, etc.).¹³

1.7 TIPO DE MUESTRAS

1.7.1 Muestra Simple o Puntual

Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo.

Se recomienda tomar muestras puntuales si el flujo del agua a muestrear no es uniforme, si los valores de los parámetros de interés no son constantes o si el uso de la muestra compuesta presenta diferencias con la muestra individual debido a la reacción entre las muestras. Las muestras puntuales son esenciales cuando el objetivo del programa de muestreo es estimar si la calidad del agua cumple con los límites o se aparta del promedio de calidad. La toma de muestras puntuales se recomienda para la determinación de parámetros inestables como: la concentración de gases disueltos, cloro residual y sulfitos solubles.

¹³ JARRAS, E. D. (1999). *Operación de tratamiento de aguas*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/16986036/Operacion-de-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas> .

1.7.2 Muestras Periódicas

Muestras periódicas tomadas a intervalos de tiempo fijos, estas muestras se toman usando un mecanismo cronometrado para iniciar y finalizar la recolección del agua durante un intervalo de tiempo específico.

1.7.3 Muestras Continuas

Muestras continuas tomadas a flujos fijos, las muestras tomadas por esta técnica contienen todos los constituyentes presentes durante un período de muestreo, pero en muchos casos no proporciona información de la variación de la concentración de parámetros específicos durante el período de muestreo.

1.7.4 Muestras Compuestas

Las muestras compuestas se pueden obtener de forma manual o automática, sin importar el tipo de muestreo. Se toman continuamente muestras que se reúnen para obtener muestras compuestas. Las muestras compuestas suministran el dato de composición promedio. Por lo tanto, antes de mezclar las muestras se debe verificar que ese es el dato requerido o que los parámetros de interés no varían significativamente durante el período de muestreo.

1.8 MEDICIÓN DEL CAUDAL

La mayoría de sistemas de abastecimientos de agua potable en las poblaciones rurales tienen como fuente los manantiales. Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos de abastecimiento de agua potable, aguas residuales, lixiviados, aguas industriales en zonas rurales, son los métodos volumétrico, utilizado para calcular caudales hasta un máximo de 10 L/s, y de velocidad-área, para caudales mayores a 10 L/s.

1.8.1 Método Volumétrico

El método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse fácilmente con agua un recipiente de volumen conocido. Posteriormente, se divide el volumen en litros entre el tiempo promedio en segundos, obteniéndose el caudal:

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

Ecuación 1.1

Donde:

Q: Caudal, (L/s)

V: Volumen del recipiente, (L)

t: tiempo que tarda en llenarse el recipiente, (s)

Con la finalidad de definir el tiempo promedio, se recomienda realizar como mínimo 5 mediciones.

1.8.2 Método Velocidad – Área

El método consiste en medir la velocidad del agua que discurre del manantial tomando el tiempo que demora un objeto flotante en llegar de un punto a otro en una sección uniforme, habiéndose previamente definido la distancia entre ambos puntos.

La velocidad del agua en la superficie es la máxima e irá disminuyendo a medida que las capas de agua estén a más profundidad. Teóricamente, la capa de agua más profunda, en contacto con el fondo, tiene velocidad nula. Por esta razón, se añade un coeficiente de corrección del 85% para homogeneizar la velocidad de la corriente.

Al igual que en el método volumétrico, para determinar el tiempo promedio se recomienda realizar un mínimo de 5 pruebas o mediciones, para mayor precisión.

1.9 EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ZONA PARA DESARROLLAR EL PROYECTO

Los humedales son idealmente situados en lugares de áreas disponibles relativamente largas con fuentes de aguas contaminadas, y concentración de contaminantes baja, pero por supuesto estos son casos que se presentan con poca frecuencia, y los factores deben ser evaluados separadamente y juntos. Este análisis es usualmente culminado durante un estudio de factibilidad.

El área disponible para un humedal artificial depende del flujo de volumen, concentración de contaminantes, y metas del tratamiento, un humedal podría requerir un

área considerable y un humedal pequeño puede tener dificultades en el manejo de grandes flujos de agua en tormentas en zonas de alta lluvia.

1.9.1. Topografía.

El terreno apto para la instalación de un sistema de terrenos pantanosos (humedal artificial) es uno de topografía uniforme horizontal o en ligera pendiente. Ello se debe a que los sistemas de flujo libre (FWS) se suelen diseñar con depósitos o canales horizontales, y que los sistemas de flujo sub-superficial (SFS) se suelen diseñar y construir con pendientes del 1% o superiores.

A pesar de que es posible construir depósitos en terrenos de más pendiente y con topografía más irregular, el movimiento de tierras necesario afectará al costo constructivo del sistema. En consecuencia los sistemas de terrenos pantanosos se suelen construir con pendientes inferiores al 5%.

1.9.2. Suelo.

El sistema debe poseer un forro que garantizara la permanencia del agua residual en el humedal, para así prevenir la infiltración al terreno, el material de soporte en podrá ser grava, con paredes y bases de concreto que corresponden a las terrazas o canales horizontales que posee la estructura civil.

1.9.3. Clima.

Es posible utilizar sistemas de terrenos pantanosos en zonas de climas fríos. Sin embargo, la viabilidad del funcionamiento de los sistemas durante el invierno depende de la temperatura del agua en el interior del depósito y de los objetivos de tratamiento.

El rendimiento del proceso de tratamiento es muy sensible a la temperatura, ya que los principales mecanismos de tratamiento son biológicos. En los casos en los que las bajas temperaturas no permitan alcanzar los objetivos de tratamiento preestablecidos, será necesario almacenar el agua. ¹⁴

¹⁴ JESUS, G. F. (2004). *Manual de Fitodepuración, Filtros en macrofitas en flotación.*

1.10 IMPACTOS AMBIENTALES

La inadecuada implementación y el mal manejo del sitio de disposición final de los residuos sólidos domiciliarios, así como el deficiente control sanitario, pueden originar riesgos para la comunidad vecina y daños al medio ambiente. Contaminación del agua: es uno de los problemas más serios provocados por los sitios de disposición final de los residuos.

El proceso de descomposición de la basura genera líquidos (lixiviados) que pueden contaminarse con una gran variedad de agentes biológicos (bacterias, virus) y químicos (metales, pesticidas, solventes orgánicos) en su migración a través del vertedero. Los lixiviados pueden filtrarse hacia las aguas superficiales y alcanzar las aguas subterráneas que alimentan ríos y pozos.

Todo esto constituye una gran amenaza para la vida silvestre del lugar y para la salud de los vecinos.

- **Contaminación del aire:** ocurre porque los gases liberados pueden contribuir al efecto invernadero si no reciben un tratamiento adecuado. Los más importantes son el metano y el dióxido de carbono. Otros compuestos orgánicos, potencialmente tóxicos o cancerígenos, pueden ser arrastrados por los flujos de gas metano o anhídrido carbónico (CO). Asimismo, la emisión de hidrocarburos orgánicos volátiles puede contribuir a la formación de ozono.
- **Otros riesgos:** puede causar muchas enfermedades, al ser un foco infeccioso que atrae roedores e insectos, los que a su vez infectan a las personas y animales; provoca olores molestos. Por último, el conjunto de peligros inherentes a los vertederos incontrolados repercute también en un problema económico, debido a la desvalorización de los terrenos circundantes.

1.10.1 Impactos ambientales positivos:

- En los ríos se deposita una menor cantidad de materia orgánica.
- De la misma forma también disminuye la carga microbiológica descargada.
- Se conservan los espacios ecológicos y se mantiene la capacidad de reproducción de ecosistema.

1.10.2 Impactos ambientales negativos:

- Puede llegar a contaminar el agua subterránea mediante los contaminantes que no han sido removido por el sistema de tratamiento.
- Si se permite descargar aguas industriales que no han pasado por un tratamiento previo, la acumulación de elementos potencialmente fitotóxicos podría provocar una acumulación de los mismos en los cultivos.
- Algunas plantas de tratamiento producen males olores.
- Si no se presenta especial atención al proceso de filtración y drenaje se puede producir un deterioro en el suelo, causado por el aumento de salinización y saturación del agua. ¹⁵

1.11 SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

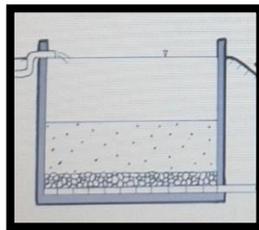
1.11.1 TRATAMIENTOS PRIMARIOS

1.11.1.1 FILTRACIÓN

Es una operación unitaria de importancia que debe estar formando parte de un sistema de depuración de aguas residuales. Esta operación se utiliza con la finalidad de retener una cantidad muy importante de sólidos suspendidos presentes en el lixiviado.

El filtro biológico ayuda a purificar el líquido lixiviado al correr lentamente a través de una capa de arena. ¹⁶

FIGURA 1.6 filtro lento de grava y arena.



Fuente:<https://www.google.com.ec/search?q=filtros+de+grava+y+arena&biw=1366&bih=667&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei>

¹⁵ SOCIAL, I. A. (2010). *Lixiviados en Navarra*. Obtenido de http://lixiviadosennavarro.blogspot.com/p/impacto-social-economico-y-ambiental_27.html.

¹⁶ ALBERTO, R. R. (2002). *Purificación del agua*. Bogotá - Colombia.

1.11.1.2 BIORREACTOR – HUMEDAL ARTIFICIAL

1.11.1.2.1. Dimensionamiento del humedal-biorreactor

Para el dimensionamiento de este tipo de humedales es necesario determinar la superficie de tratamiento (dimensionamiento biológico), para llevar a cabo un buen dimensionamiento es importante plantearse, diferentes escenarios en cuanto a los caudales y concentraciones, y observar si para la superficie de diseño cumplen con los límites de vertidos establecidos. En general se acepta que la superficie de diseño es correcta cuando un 90% de las concentraciones de contaminante de los efluentes se encuentran por debajo del límite.

Una característica notable de los humedales construidos de flujo sub-superficial es su poca sensibilidad a los cambios de temperatura para eliminar el DBO. Numerosos estudios han demostrado que la eficiencia de eliminación de la DBO de los humedales no mejora en verano ni empeora en invierno de forma significativa.

1.11.1.2.2 Selección de la ubicación del terreno

Para la selección de la ubicación de los humedales se realiza en función de variables que fundamentalmente afectan a su proceso constructivo y los costes que éste conlleva, destacándose la accesibilidad, el precio y la calidad del terreno, la climatología y la geología de la zona, entre otros. Los humedales se deben situar en zonas llanas o con muy poca pendiente y que permitan a ser posible la circulación del agua por gravedad en los elementos de la depuradora. Tómese en cuenta que las llanuras cercanas a los ríos aun cuando cumplen con esta condición no son adecuadas ya que pueden necesitar de diques de protección contra las inundaciones. Por otra parte, los sistemas deben situarse alejados de zonas con bastante pendiente o taludes susceptibles de ser erosionados, puesto que si los materiales son arrastrados, y entran en los humedales pueden acelerar el proceso de colmatación (acumulación de sedimentos). En cualquier caso se deberá evaluar las medidas necesarias para evitar la entrada de finos a los humedales.

1.11.1.2.3 Sistemas de distribución y recogida de los lixiviados.

El objetivo de estos sistemas es fundamentalmente para garantizar una buena distribución y recogida del agua (líquidos lixiviados), respectivamente. Si el caudal no se reparte equivalentemente en todo el ancho del sistema se generaran zonas muertas, y lo que es más grave, mayor riesgo de colmatación (acumulación de sedimentos o zonas

pantanosas) en la zona donde se vierta mayoritariamente el lixiviado. El caudal del lixiviado procedente del tratamiento previo deberá dividirse equitativamente en todo el sistema. Las tuberías de los sistemas de humedales lógicamente deben tener un diámetro que permita transportar el caudal necesario en cada caso. Como norma general de las tuberías deben funcionar como máximo con una altura de lámina de agua a un 70 – 75% del diámetro de la tubería, para intentar que el flujo sea en lámina libre.

Los diámetros utilizados por lo tanto varían en función del caudal, siendo recomendable que la velocidad de circulación no sea mucho menor a 1m/s. Aunque depende del tamaño de cada instalación, en general se intentara utilizar diámetros de como mínimo 100 mm (para evitar obstrucciones). Solo en instalaciones muy pequeñas (saneamiento autónomo) es aconsejable usar diámetros menores. El agua llega a cada una de las celdas en que está constituido el sistema de los humedales a través de lo que se conoce como zona de entrada. Después de circular por el humedal, el agua se evacua por lo que se denomina zona de salida.

1.11.1.2.4 Medio granular

El medio granular propiamente del humedal está delimitado por las zonas de entrada y salida. Este debe estar limpio (exento de finos), ser homogéneo, duro, durable y capaz de mantener su forma a largo plazo. Además, debe permitir un buen desarrollo de las plantas. Los materiales graníticos con diámetros medios de alrededor de 5 – 6 mm ofrecen muy buenos resultados.

1.11.1.2.5 Impermeabilización

La impermeabilización (geomembrana) de la celda tiene como objetivo asegurar la contención de las aguas en el interior de las celdas evitando así infiltraciones que puedan contaminar aguas subterráneas. Dependiendo de las condiciones locales puede ser suficiente una adecuada compactación del terreno. Aunque es menos habitual también se pueden usar capas de bentonita, asfalto o tratamientos químicos que eviten infiltraciones al terreno pero que, a su vez no produzcan efectos negativos en ningún elemento de los humedales.

El método más utilizado para anclar las geomembranas se basa en utilizar una zona periférica, que consiste en una excavación a un metro de la cresta del talud, con unas

dimensiones mínimas de 0,3 m en la cual se fija la lámina mediante el relleno de la propia zanja. Dependiendo de las características del terreno y del tipo de geomembrana puede ser necesario protegerla exteriormente con un geotextil. También puede ser necesario protegerla interiormente con otro geotextil si el material granular es de más de 5mm de diámetro y tiene aristas. Los requerimientos de geotextiles y de sus características deben ser determinados a partir de los estudios geotécnicos y para ello es recomendable consultar con una empresa especialista en geomembranas.

1.11.1.2.6 Plantación.

Esta actividad se realiza una vez que el medio granular ha sido colocado y nivelado, la plantación debe realizarse de plántulas que han sido previamente cultivadas en un vivero o bien de rizomas que se obtienen de otros sistemas de humedales constituidos o de humedales naturales.

No obstante, estas plantas si tienen agua, luz y nutrientes crecen muy rápido y dan buenos resultados. Hay que vigilar la luz ya que suelen ser plantas que necesitan un buen grado de insolación. Salinidades extremas (muy superiores a las que se encuentran normalmente en las aguas residuales urbanas) también pueden afectar su crecimiento, aunque en general son bastante tolerantes de salinidad.¹⁷

1.11.1.3 COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN

Debido a que el caudal y las características de los líquidos lixiviados generados en la planta de tratamiento necesitan la adición del floculante, es necesario incluir en el sistema de tratamiento un tanque homogeneizador, con el objetivo de mejorar la efectividad de las etapas de tratamiento posteriores.

La homogenización se utiliza principalmente con componentes que no son solubles uno en el otro, que apenas son miscibles o no son miscibles en absoluto. Los sólidos generalmente se pueden homogenizar por agitación. La homogenización consiste en la amortiguación por laminación de las variaciones del caudal, con el objeto de conseguir un caudal constante o casi constante.

¹⁷ P., C. (2005). *Rendimiento del Flujo Vertical de Sistemas de Humedales construidos con especial referencia a la importancia de la Transferencia del Oxígeno*. (Vol. 2). Colombia.

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un floculo o precipitado. Estas partículas coloidales se consiguen añadiéndole al agua un producto químico (policloruro de aluminio) llamado coagulante, normalmente se utilizan las sales de hierro (cloruro férrico) y aluminio.

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

1.11.1.4 SEDIMENTACIÓN

Es la separación de sólido-líquido, una decantación por gravedad para separar los sólidos en suspensión (Reynolds 1982).

La sedimentación se utiliza para separar partículas sólidas en un líquido. La diferencia de densidades entre las partículas sólidas y el líquido hace que, aunque este último tenga un movimiento ascendente y las partículas sólidas sedimenten, depositándose en el fondo de donde son eliminadas en forma de lodos. La viscosidad del líquido frena las partículas sólidas, que deben vencer el rozamiento con el líquido en el movimiento de caída. En el tratamiento de aguas, los procesos de sedimentación utilizados son: Tipo I: Para sedimentar partículas discretas no floculadas en una suspensión diluida.

Esto puede presentarse debido a la simple decantación de aguas superficiales antes del tratamiento por filtración de arena. Tipo II: Para sedimentar partículas floculadas en una suspensión diluida. Esto puede presentarse después de la coagulación química y floculación donde a las partículas no discretas se les ayuda químicamente a coagular.

1.11.2 TRATAMIENTOS SECUNDARIOS

Son tratamientos biológicos de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente, estos son:

- **Fangos activados:** es un proceso biológico empleado en el tratamiento de aguas residuales convencionales, que consiste en el desarrollo de un cultivo bacteriano disperso en forma de Flóculo en un depósito agitado, aireado y alimentado con el agua residual, que es capaz de metabolizar como nutrientes los contaminantes biológicos presentes en esa agua.

La agitación evita sedimentos y homogeneiza la mezcla de los flóculos bacterianos con el agua residual. La aireación requerida tiene por objeto suministrar el oxígeno necesario tanto para las bacterias como para el resto de los microorganismos aerobios. El oxígeno puede provenir del aire, de un gas enriquecido en oxígeno o de oxígeno puro.

- **Camas filtrantes (camas de oxidación):** utiliza la capa filtrante de goteo utilizando más viajas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada especialmente de medios plásticos). El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central.

El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie del medio y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y gusanos.

- **Sedimentación secundaria:** El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.¹⁸

¹⁸ ROJAS, J. A. (2002). *Purificación del agua*. (Vol. 2). Colombia.

1.12 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LOS LIQUIDOS LIXIVIADOS.

1.12.1. CALCULO DEL CAUDAL DEL DISEÑO

Para determinar el caudal medio se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_L = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación 1. 1}$$

Dónde:

Q_L: caudal del lixiviado (m³/s)

V: volumen del lixiviado (m³)

t: tiempo de trabajo (s)

1.12.2 CÁLCULOS PARA EL TANQUE DE FILTRACIÓN LENTO DE ARENA.

1.12.2.1 Número de filtros.

Para determinar en número de filtro se emplea la siguiente ecuación:

$$nf = 0.044\sqrt{Q} \quad \text{Ecuación 1. 2}$$

Donde:

nf: número de filtros (Adimensional)

Q: Caudal de diseño (m³/día)

1.12.2.2 Área del filtro.

El área del filtro se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$Af = \frac{Q}{\text{tasa de filtración}} \quad \text{Ecuación 1. 3}$$

Donde:

Af: area del filtro (m²)

Tasa de filtración = $5 \frac{m}{d}$ (Tabla 1. 3)

TABLA 1.3 Principales características de filtros

Características	Filtros lentos de arena	Filtros rápidos de arena
Tasa de filtración	2-5(< 12m/d)	120 m/d
Medio	Arena	Arena
Distribución del medio	No especificado	Estratificado: fino a grueso
Duración carrera	20-60 días	12-36 horas
Perdida de carga	Inicial: 0.6m Final: 1.2m	Inicial: 0.3m Final: 2.4-3.0m
Agua de lavado	No usa	2-4% del agua filtrada
Profundidad del medio	0,6 – 1,0 m	0,6 – 0,75 m
Profundidad de grava	0,30 m	0,30 – 0,45 m
Drenaje	Tubería perforada	Tubería perforada Falsos fondos

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Purificación del agua.

NOTA:

Tasa de filtración: el empleo de tasas de filtración bajas no asegura, necesariamente, la producción de agua filtrada de mejor calidad y mayor volumen de agua producida por carrera de filtración.

Filtro lento de arena: el agua cruda para directamente a la filtración para ser tratada posteriormente.

Filtro rápido de arena: se efectúa después de la separación de la mayoría de los sólidos suspendidos por sedimentación.

1.12.2.3 Coeficiente mínimo de costo.

La relación entre la longitud y el ancho del filtro se diseña con el fin de obtener un balance económico entre el ahorro que resulta por una parte de una galería de tuberías más corta, placa de piso y placa de techo y el aumento debido al coste del hormigón para las paredes del filtro. Es una relación entre la longitud y el ancho del filtro, k_c puede definirse según la ecuación:

$$Kc = \frac{2nf}{nf + 1} \qquad \text{Ecuación 1.4}$$

O también de la siguiente forma:

$$Kc = \frac{Lf}{af} \quad \text{Ecuación 1.5}$$

Donde:

Kc: Coeficiente de mínimo costo (Adimensional)

nf: Número de filtros (Adimensional)

Lf: longitud del filtro (m)

af: ancho del filtro (m)

1.12.2.4 Longitud del filtro.

Para calcular la longitud del filtro se emplea la siguiente ecuación:

$$Lf = \sqrt{Af \times Kc} \quad \text{Ecuación 1.6}$$

Donde:

Af: área del filtro (m)

Kc: Coeficiente mínimo de costo (Adimensional)

1.12.2.5 Ancho del filtro

Para calcular el ancho del filtro se emplea la siguiente expresión:

$$af = \sqrt{\frac{Af}{Kc}} \quad \text{Ecuación 1.7}$$

Donde:

Af: área del filtro (m)

Kc: coeficiente mínimo de costo (Adimensional)

af: ancho del filtro (m)

1.12.2.6 Altura de filtro

Para calcular la altura del filtro se emplea la siguiente ecuación:

$$z_f = f_s(C_a + L_a + C_s + F_c) \quad \text{Ecuación 1.8}$$

Donde:

z_f: altura del filtro (m)

f_s: factor de seguridad (%) (Tabla 1.4)

C_a: altura de la capa del agua (m)(Tabla 1.4)

L_a: altura del lecho filtrante (m) (Tabla 1.4)

C_s: altura de la capa de soporte (m) (Tabla 1.4)

F_c: altura del drenaje (m) (Tabla 1.4)

1.12.2.7 Volumen del filtro

Para calcular el volumen del filtro lente de arena se emplea la siguiente ecuación:

$$V = Z_f \times a_f \times L_f \quad \text{Ecuación 1.9}$$

Donde:

Z_f: altura del filtro (m)

a_f: ancho del filtro (m)

L_f: longitud del filtro (m)

TABLA 1.4 Parámetros de Diseño de filtros lentos de Arena

PARÁMETROS	VALOR
Tasa de filtración (tf)	<12 m/d
Medio	Arena
Altura del agua sobre el lecho (C _a)	1 – 1,5 m
Profundidad del medio (L _a)	0,6 – 1 m
Profundidad de grava (C _s)	0,30 m
Drenaje	Tubería perforada
Altura del drenaje (F _c)	0.8 – 1,4 m
Factor de seguridad (f _s .)	10%

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Purificación del agua. Filtración

1.12.3 CALCULOS PARA EL TANQUE – BIORREACTOR.

1.12.3.1 Área del tanque – biorreactor

Para calcular el área del biorreactor se emplea la siguiente ecuación:

$$A = 2(ab + ac + bc) \quad \text{Ecuacion 1.10}$$

Donde:

a: largo del tanque biorreactor (m)

b: ancho del tanque biorreactor (m)

c: profundidad del tanque biorreactor (m)

1.12.3.2 Volumen para el tanque - biorreactor

Para calcular el volumen del tanque – biorreactor se emplea la siguiente ecuación:

$$V = L x a x h \quad \text{Ecuación 1.11}$$

Donde:

V: volumen del biorreactor (m³)

L: largo del biorreactor (m)

a: ancho del biorreactor (m)

h: profundida del biorreactor (m)

1.12.4 CALCULOS PARA EL TANQUE COAGULADOR - FLOCULADOR

Para la mezcla de los químicos con el lixiviado se realiza con aire, ya que resulta más económico y es la forma más utilizada hoy en día en las empresas que realizan tratamiento de aguas residuales, industriales, etc. La mezcla se realiza durante 2 horas y se deja reposar 3 horas para sacar los flóculos y el agua tratada.

1.12.4.1 Área superficial del coagulador - floculador

Para el cálculo del área superficial del tanque circular se empleara la ecuación expresada a continuación, la cual expresa la cantidad del volumen de agua que se esparcirá sobre un área determinada:

$$Cs = \frac{Q}{As} \quad \text{Ecuación 1.12}$$

$$As = \frac{Q}{Cs} \quad \text{Ecuación 1.13}$$

Donde:

Cs: carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$) **Tabla 1.5**

As: área superficial (m^2)

Q: caudal de diseño (m^3/d)

TABLA 1.5 Cargas de superficie recomendadas para diversas suspensiones químicas

Suspensión	Carga de superficie ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$)	
	Intervalo	Caudal punta
Flóculo de alúmina	5 -50	50
Flóculo de hierro	25 - 50	50
Flóculo de cal	30 - 60	60
Agua residual cruda	25 - 60	50

Fuente: METCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales, 1995.

1.12.4.2 Radio del coagulador - floculador

Para determinar el radio del floculador se hace en base a la siguiente ecuación:

$$r = \sqrt{\frac{As}{\pi}} \quad \text{Ecuación: 1.14}$$

Donde:

r: radio del floculador (m)

As: área del floculador (m^2)

π : número irracional

1.12.4.3 Diámetro del coagulador - floculador

El floculador al ser un cilindro con base cónica para el cálculo del diámetro se determina con la siguiente ecuación en función al radio determinado:

$$D = 2r \quad \text{Ecuación 1.15}$$

Donde:

r: radio del floculador (m)

1.12.4.4 Volumen del coagulador - floculador

Como la formula geométrica del tanque es cilíndrica, el área del tanque se calcula mediante la ecuación:

$$V = \pi r^2 h \quad \text{Ecuación 1.16}$$

Donde:

r: radio del tanque (m)

h: altura del tanque (m)

V: volumen del tanque (m³)

Tabla 1.6

TABLA 1.6 Información usual para el diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario y secundario

PARÁMETRO	UNIDAD	INTERVALO	VALOR USUAL
Rectangular			
Profundidad	m	1 – 4	3,6
Longitud	m	15 – 90	25 - 40
Ancho	m	2 – 25	5 - 10
Velocidad del reactor	m/s	0,6 – 1,2	0,9
Circular			
Profundidad	m	3 -4,5	3,6
Longitud	m	3 – 60	12 – 45
Pendiente de la solera	mm/mm	6,25 - 16	8
Velocidad de los rascadores	r/min	0,02 – 0,05	0,03

Fuente: MTCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales, 1995.

1.12.4.5 Tiempo de retención hidráulica.

Para calcular el tiempo de retención hidráulica se emplea la siguiente ecuación:

$$Trh = \frac{V}{Q} \quad \text{Ecuación 1.17}$$

Donde:

Trh: tiempo de retención hidráulica (h)

V: volumen del tanque (m³)

Q: caudal de diseño (m³/d)

1.12.5 CÁLCULOS PARA EL TANQUE SEDIMENTADOR LAMINAR

Luego de salir del coagulador - floculador el agua a tratar pasa a un sedimentador laminar con la finalidad de sedimentar los flóculos que se han producido en la etapa previa es decir la de floculación.

El tanque de sedimentación será construido de **hormigón**, sus placas contenidas en el interior será de **asbesto - cemento** prefabricadas; y el paso del floculados al sedimentados debe ser lo más corto posible por lo que se evitará las interconexiones largas.

1.10.5.1 Superficial del tanque sedimentador

Para el cálculo del área superficial del tanque sedimentador se emplea la ecuación:

$$A = \frac{Q}{Cs} \quad \text{Ecuación: 1.18}$$

Donde:

A: area del sedimentador (m²)

Q: caudal de diseño (m³/d)

Cs: carga superficial (m³/m²d)

Tabla 1.7

TABLA 1.7 Información usual para el diseño de sedimentadores rectangulares y circulares en el tratamiento primario y secundario

CARACTERÍSTICAS	INTERVALO	TÍPICO
Sedimentación primaria y secundaria		
Tiempo de retención, h	1.5 – 2.5	2
Carga de superficie (m³/m²día)		
A caudal medio	8 - 50	40
A caudal punta	80 – 120	100
Carga sobre vertedero (m ³ /m . día)	125 - 500	250
Sedimentación primaria con adición de lodo activado en exceso:		
Tiempo de retención, h	1,5 – 2,5	2
Carga de superficie (m³/ m² . día)		
A caudal medio	24 - 32	28
A caudal punta	48 - 70	60
Carga sobre vertedero (m ³ / m ² .día)	125 - 500	250

Fuente: MTCALF & EDDY, Ingeniería de Aguas Residuales, 1995.

1.12.5.2 Largo del tanque sedimentador

Para calcular el largo del tanque se emplea la siguiente ecuación:

$$L = 2x a \quad \text{Ecuación: 1. 19}$$

Donde:

a: ancho del sedimentador (m)

L: largo del sedimentador (m)

1.12.5.3 Volumen del tanque de sedimentación.

Para calcular el volumen del sedimentador se emplea la siguiente ecuación:

$$V = L x a x h \quad \text{Ecuación: 1. 20}$$

Donde:

L: largo del sedimentador (m)

a: ancho del sedimentador (m)

h: profundidad del sedimentador (m) expresada en la **tabla 1. 6**

1.12.5.4 Tiempo de retención hidráulica

Para calcular el tiempo de retención se emplea la siguiente ecuación:

$$Trh = \frac{V}{Q} \qquad \text{Ecuación: 1. 21}$$

Donde:

V: volumen del sedimentador (m³)

Q: caudal de diseño (m³/día)

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2. PARTE EXPERIMENTAL.

El presente trabajo de investigación consiste en la determinación de las características físicas, químicas y microbiológicas de los lixiviados provenientes del Relleno Sanitario en el Cantón Chunchi provincia de Chimborazo que tiene como fin utilizar para riego de espacios verdes existentes en el sector.

La caracterización de algunos parámetros se los realizo mediante muestreos rigurosos de análisis químicos y técnicos realizados en el laboratorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) CESTTA (*Centro De Servicios Técnicos Y Transferencia Tecnológica Ambiental*).

Obtenidos los resultados y caracterización de dichos lixiviados se precede con los cálculos y el diseño de un sistema adecuado de tratamiento para dichas aguas de acuerdo a las necesidades y requerimientos de tal manera que estas aguas sean aptas para el fin propuesto.

2.1 MUESTREO

2.1.1 LOCALIZACION DE LA INVESTIGACION.

El diseño del tratamiento de lixiviados se realizó en la zona llamada Quivi en el Cantón Chunchi, ubicado en el extremo sur de la provincia de Chimborazo.

El lugar mencionado anteriormente no cuenta con un tratamiento de lixiviados pero existe un tanque de almacenamiento del mismo, como se señala que no hay ningún tratamiento, este lixiviado cuando llega a una altura importante es recirculado para que regrese al relleno así evitando que rebose el agua principalmente en tiempo de invierno.

2.1.2 PLAN DE MUESTREO

Se realizó un cronograma de recolección de muestras una vez por semana, después de un mes y medio de haber sido plantadas las totoras. Los análisis físico-químicos y microbiológicos se los realizo en el laboratorio Cestta de la Ciudad de Riobamba.

FIGURA 2.1 Muestreo de los lixiviados



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

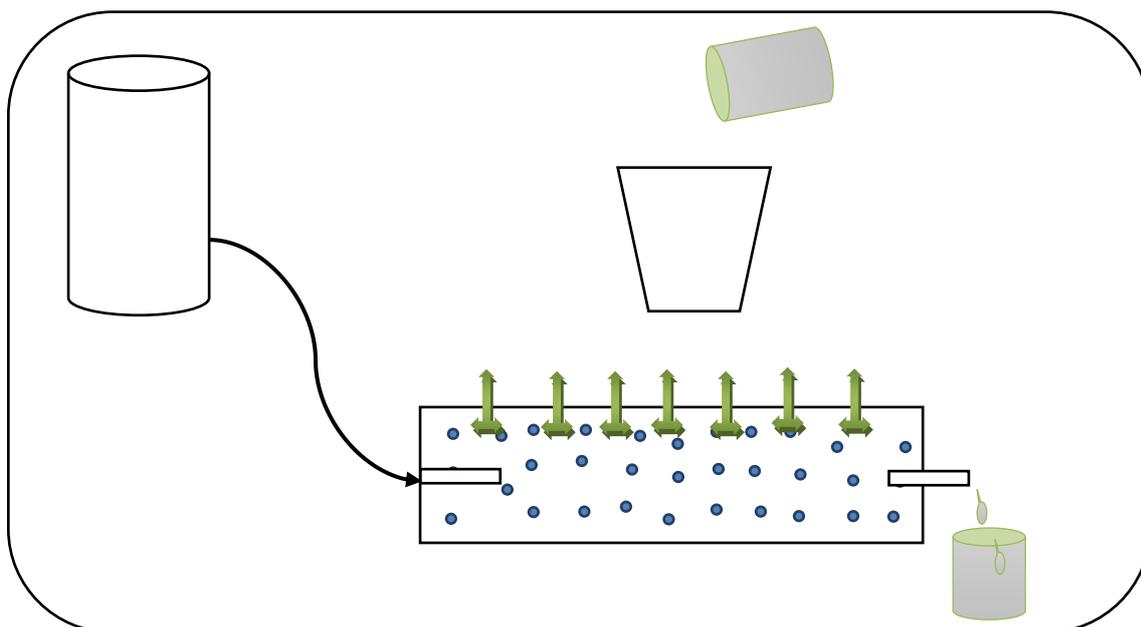
2.1.3 PROTOCOLO DE MUESTREO

En primera instancia resaltamos que no se contó de manera directa con el lixiviado destinado a la celda de totoras, es así que se ideó una manera para la obtención del mismo, realizando una instalación en un pozo existente de aproximadamente 30 metros de distancia hacia arriba, con la ayuda de una manguera de media pulgada se llevó dicho lixiviado al sembrío.

El muestreo realizado en este trabajo fue de tipo compuesto que resulta de la mezcla y homogenización en un mismo punto a lo largo de un periodo de tiempo. Consiste en tener un recipiente de 4 litros y con la ayuda de otro de menor volumen que en este caso fue de 500 mililitros se recolectó en el recipiente indicado, el intervalo de tiempo entre muestra y muestra fue de 10 minutos. Se tomaron 8 muestras para una mejor mezcla cumpliendo según exigencias bibliográficas (MDSMA 1997).

Una vez lleno el recipiente de cuatro litros se homogenizó y se tomó una muestra de tres litros para ser transportada de inmediato al laboratorio.

FIGURA 2.2 Recolección de la muestra por método manual.



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

Con las consideraciones antes mencionadas para el muestreo, se toman muy en cuenta los siguientes materiales esperando que las muestras sean representativas y analizadas correctamente.

Equipos y Materiales

- Guantes
- Botas
- Mascarilla
- Recipiente de 1 galón
- Una cuerda
- Cronometro
- Envases de 3 litros
- Envases de muestras de orina
- Marcador penetrante

2.1.4 MEDICIÓN DE CAUDAL.

En primera instancia cabe recalcar que para medir el caudal del lixiviado proveniente del relleno sanitario no se encontraba con fácil acceso ya que el tanque construido para la recolección del mismo tiene el tubo de entrada del flujo del lixiviado a una profundidad extremada resultando incomoda la medición del mismo, es por esto que se buscó una manera para poder bajar hasta el tubo que contiene el lixiviado.

Con la ayuda de una cuerda la cual fue colocada en la cintura se procedió a bajar al pozo con mucho cuidado. Se logró la medición del caudal con un recipiente de 4 litros y un cronometro y se determinó en relación al tiempo.

2.2 METODOLOGIA

La recopilación de datos experimentales se realizó, con parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario (TULAS) Libro VI, Anexo I, Tabla 12, controlando una serie de indicadores y variables de proceso, para así establecer el tratamiento y el método adecuados, así como las condiciones óptimas para el tratamiento de los lixiviados y disminuir la carga orgánica contaminante que conlleva este tipo de efluentes. Para esto, se tomó 2 muestras compuestas representativas, las cuales, fueron llevadas al Laboratorio del Cestta, para su análisis físico químico y microbiológico, mismo que indican el grado de contaminación al cual están sujetas las aguas a tratar.

2.2.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1.1. MÉTODOS.

2.2.1.1.1. Caracterización de los lixiviados.

La caracterización de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua, se los realizó en su totalidad en el laboratorio de la ESPOCH CESTTA (*Centro De Servicios Técnicos Y Transferencia Tecnológica Ambiental*), de acuerdo a un cronograma realizado que fue de una vez por semana, se hizo de esta manera ya que haciéndolo con un intervalo de 2 días los resultados no variaban mucho.

En la caracterización de los lixiviados se consideraron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, sulfatos, Coliformes totales, Coliformes fecales, DBO (5 días), DQO, fosforo total, plomo, cromo, cadmio.

TABLA 2.1 Parámetros de caracterización de los lixiviados

#	PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITES: - (TULAS) Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario.
PARÁMETROS FÍSICOS			
1	pH	---	5 – 9
2	Turbidez	-----	
3	Conductividad	$\mu\text{s}/\text{cm}$	
4	Sólidos Totales	mg/l	1600
PARÁMETROS QUÍMICOS			
5	Sulfatos	mg/l	1000
6	Nitritos	mg/l	10
7	Nitratos	mg/l	10
8	Fosfatos	mg/l	10
9	Nitrógeno amoniacal	mg/l	
10	Plomo	mg/l	0,2
11	Cromo	mg/l	0,5
12	Cadmio	mg/l	0,2
13	DQO	mg/l	250
14	DBO ₅	mg/l	100
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS			
15	Coliformes Totales	UFC / 100 ml	
16	Coliformes Fecales	Nmp / 100 ml	Remoción > al 99,9%

Fuente: (TULAS) Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario.

2.2.1.1.2. FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA.

Para mejorar la calidad del agua se construyó un filtro lento de arena y grava, el mismo que se coloca antes del tratamiento biológico, es decir, el agua cruda pasa directamente al filtro y luego al humedal artificial, mientras que el filtro rápido de arena se coloca después del tratamiento previo del agua cruda.

Se preparó el recipiente de acero con los respectivos tubos de entrada y salida, al fondo se colocó piedras de tamaño grande esto es para que cubra el tubo de salida así cuidando que el mismo se tapone de partículas grandes impidiendo el paso del agua. Sobre esta se colocó una capa gruesa (10 cm) de grava tamaño pequeño-medio 0,3 a 0,5 cm al momento que el agua pasa a través de la grava esta ayuda a eliminar la turbidez (partículas) y parte de materia disuelta que se adhiere a las superficies de las partículas que se asientan. Seguido de esto se agregó una última capa gruesa de arena (20 cm), la misma que cumple con la función de eliminar los microorganismos, partículas y algunos compuestos disueltos por adsorción. Una vez listo el filtro se colocó un pedazo de manguera que distribuye el agua en partes iguales, regulando el flujo del mismo.

FIGURA 2.7 Construcción del filtro lento de arena y grava



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

2.2.1.1.3 Construcción del biorreactor para el tratamiento de los lixiviados.

Una vez realizada la caracterización inicial de los lixiviados se procedió a preparar el campo para construir las celdas donde van ser plantadas las totoras, con la finalidad de obtener un agua óptima que deberá ser utilizada como fuente de regadío de los espacios verdes existentes en el sector. Las plantaciones fueron realizadas de la siguiente manera:

FIGURA 2.4 Diseño y construcción del humedal para el tratamiento de los lixiviados



Fuente: MEDINA Aida, 2014.

2.2.1.1.3.1. TOTORAS.

- Limpio el terreno en el sector, se excavó la tierra para la construcción del biorreactor con una inclinación del 1%.
- Preparada la celda con sus respectivas dimensiones (50 cm de ancho y 3 m de largo) crear un tubo de salida tomando en cuenta que el tubo de entrada debe estar a la misma altura.
- Se colocó un material impermeable (geomembrana) para que el agua no perfore la tierra y contamine aguas subterráneas.
- La geomembrana debe sobrepasar al biorreactor, en todos sus lados por lo menos con 50 cm más de largo, para la seguridad del humedal tal como indica en la figura 2.5
- Seguido se colocó una capa delgada de arena (5 cm), cubierta por otra capa gruesa de grava (45 cm) de tamaño pequeño – medio, y una última capa delgada de tierra (5 cm) (Mitch and Gosselink 2000).

FIGURA 2.5 Preparación del humedal para el tratamiento de los lixiviados



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

- Se dejó pasar el efluente hasta humedecer el biorreactor y se plantó las totoras con una distancia de 15cm entre planta y planta (Mitch and Gosselink 2000).
- El lixiviado debe estar disponible todo el año para mantener las plantas y las bacterias vivas.
- El agua deberá quedarse en el sistema durante un promedio de 2 a 15 días (Jenkin 2005; Crites and Tchobanoglous 1998) para permitir el tratamiento por plantas.
- Los lixiviados no deben estancarse para evitar el crecimiento de los mosquitos.

FIGURA 2.6 Plantación de las totoras (plantas fitodepuradoras) con el paso del lixiviado.



Fuente: Medina Aída, 2014.

2.2.1.1.3.2 GEOMEMBRANA.

El objetivo principal de la geomembrana (polietileno de alta densidad) es mantener impermeable un área evitando el paso de los lixiviados o gases debido a su alta resistencia química a los hidrocarburos y solventes (Vandervoort 1992) por lo que le hace un método eficaz de aislamiento. Tales características son:

- Bajos niveles de permeabilidad.
- Capacidades reflexivas.
- Resistencia a los rayos UV.

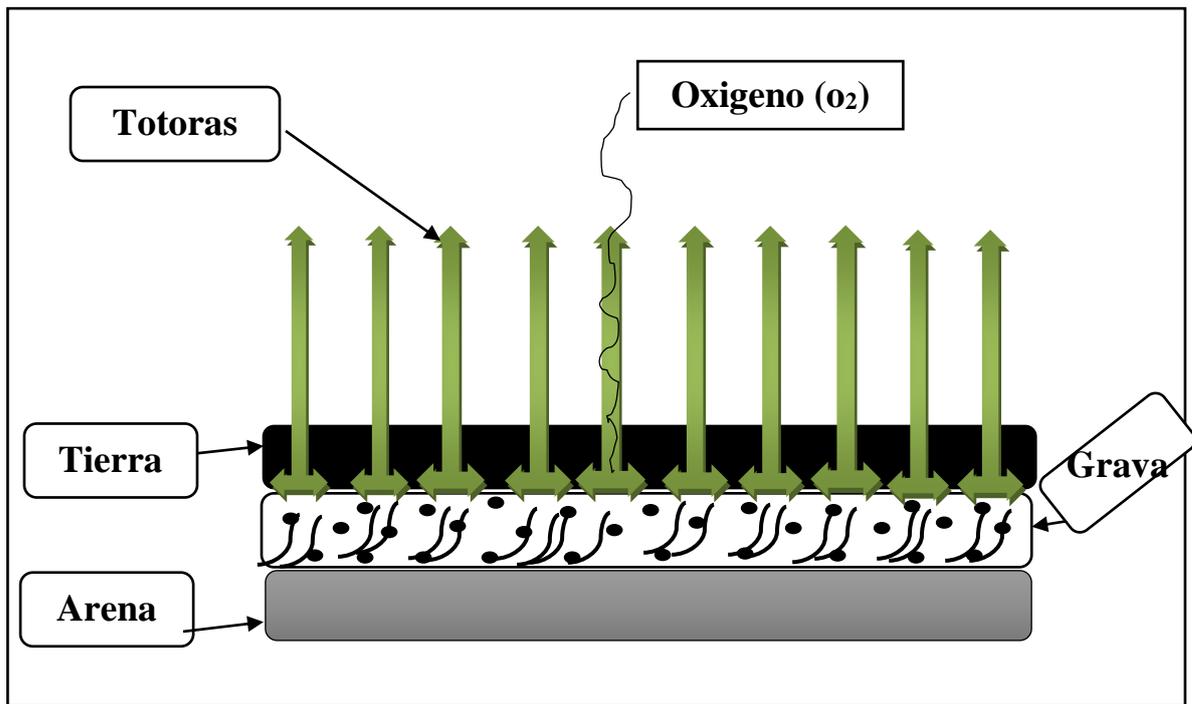
La geomembrana se aplica principalmente en los lugares siguientes:

- Túneles.
- Rellenos sanitarios.
- Estanques decorativos.
- Techos de invernaderos.
- Biodigestores.

2.2.1.1.3.3 Manejo y Cuidado del Sembrío de las Totoras.

Durante la operación del proceso del sembrío de las totoras, la actividad más importante fue el cuidado en el recorrido del lixiviado dentro del humedal ya que tiene que ser constante todo el tiempo. El propósito de esto es que las plantas del humedal transfieren oxígeno a la zona sumergida en la raíz, la misma que permite la degradación biológica de contaminantes y materias orgánicas por microbios.

FIGURA 2.8 Totoras sembrada en el humedal artificial para el tratamiento del lixiviado.



Fuente: MEDINA Aída, 2014

La misión importante que cumple el medio granular es el proceso de retención y sedimentación de la materia en suspensión, la degradación de la materia orgánica, la transformación y asimilación de los nutrientes, y la inactivación de los nutrientes patógenos, este medio granular debe ser homogéneo manteniendo un diámetro de 5 a 8 mm ya que esto permite un buen desarrollo de las plantas.

FIGURA 2.9 Cuidado de las totoras (plantas fitodepuradoras)



Fuente: MEDINA Aída, 2014

2.2.2.2. TÉCNICAS

2.2.2.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

2.2.2.2.1.1. Medición de Sulfatos.

Para realizar esta prueba se requiere de la muestra (lixiviado) tomando en cuenta las exigencias bibliográficas de muestreo que fue de una vez por semana, ya que haciéndolo 2 veces por semana no existe mucha variación. A los resultados obtenidos se compara directo con la norma de calidad luego de ser multiplicada por su respectivo factor de dilución.

Procedimiento:

1. Seleccionar en la pantalla programas almacenados.
2. Seleccionar el test 680 Sulfate.
3. Llenar la cubeta de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
4. Muestra preparada. Agregar el contenido de sulfato en polvo de reactivo a la cubeta, agitar vigorosamente para mezclar.
5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 5 minutos.
6. Preparación del blanco. Después que suene el temporizador, llenar la segunda cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml de muestra.
7. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **cero** la pantalla 0 mg/L SO_4^{2-} .
8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **Medición** y anote los resultados.

2.2.2.2.1.2. Medición de Nitritos.

1. Seleccionar en la pantalla programas almacenados.
2. Seleccionar el test 375 N Nitrito RB PP.
3. Llenar la cubeta de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10 ml con muestra.

4. Muestra preparada. Agregar el contenido de un sobre en polvo de reactivo, de Nitrito Nitri ver 3 a la cubeta. Agitar vigorosamente para mezclar en presencia de nitrito aparecerá un color rosa.
5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 20 minutos.
6. Preparación del blanco. Después que suene el temporizador, llenar la segunda cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml de muestra.
7. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **cero** la pantalla 0.000 mg/L NO₂⁻N.
8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **Medición** y anote los resultados.

FIGURA 2.10 Medición de los Nitritos en el laboratorio.



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

2.2.2.2.1.3. Medición de Nitratos.

1. Seleccionar en la pantalla programas almacenados.
2. Seleccionar el test 355 N Nitrato RA PP.
3. Llenar la cubeta de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
4. Muestra preparada. Agregar el contenido de un sobre en polvo de reactivo, de Nitrito Nitra ver 5 a la cubeta.
5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 1 minuto.
6. Agitar vigorosamente la cubeta hasta que suene el temporizador.

7. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de 5 minutos. En presencia de Nitrato, aparecerá un color ámbar.
8. Preparación del blanco. Después que suene el temporizador, llenar la segunda cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml de muestra.
9. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenada hacia la derecha.
10. Seleccionar en la pantalla: **cero** la pantalla indicara 0.0 mg/L NO_3^- -N.
11. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **Medición** y anote los resultados.

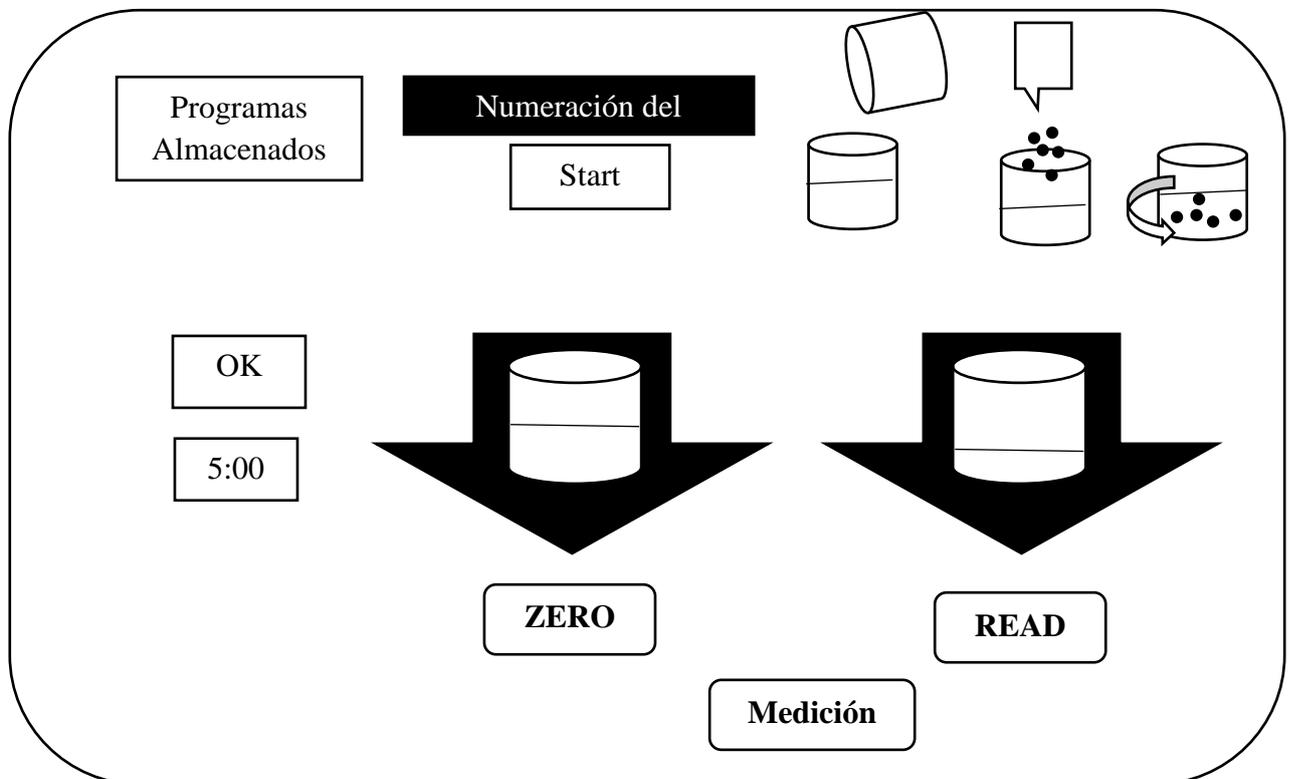
2.2.2.1.4. Medición de Fosfatos.

1. Seleccionar en la pantalla programas almacenados.
2. Seleccionar el test 490 P React. PV.
3. Llenar la cubeta de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
4. Muestra preparada. Agregar el contenido de un sobre en polvo de reactivo, fosfato Phos ver 3 a la cubeta. Tapar inmediatamente y agitar vigorosamente para mezclar durante 30 segundos.
5. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos. Si la muestra fue sometida a digestión durante el procedimiento de digestión para ácido persulfato dejar 10 minutos de tiempo de reacción.
6. Preparación del blanco. Después que suene el temporizador, llenar la segunda cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 ml de muestra.
7. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **cero** la pantalla 0.000 mg/L PO_4^- .
8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca con la marca de llenada hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **Medición** y anote los resultados.

2.2.2.2.1.5. Medición de los sólidos suspendidos.

1. Seleccionar en la pantalla programas almacenados.
2. Seleccionar el test 630 SS P.
3. Llenar la cubeta de una pulgada de 10ml hasta la marca de 10 ml con muestra.
4. Limpiar bien el exterior de la cubeta con la muestra y colocar en el soporte de portacubetas con la marca de llenada hacia la derecha.
5. Seleccionar en la pantalla: **Medición** y anote los resultados en mg/L.

FIGURA 2.11 Proceso de medición de los parámetros en el espectrofotómetro.



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

2.2.2.1.6. Determinación del pH.

Para la determinación del pH, se tomó 40 ml de muestra para lo cual se emplearon los siguientes materiales y equipos:

Materiales y Equipos:

- pH-metro electrónico digital.
- Vasos de precipitación.
- 40 ml de muestra.

Procedimiento:

- Se calibro al pH-metro en una muestra de lixiviado diferente de la muestra que será medido el pH.
- Se colocó 40 ml de lixiviado en un vaso de precipitación de 50 ml.
- Se procedió a colocar el pH-metro dentro de la muestra.
- Esperar que se estabilice el resultado.
- Anotar los resultados.

FIGURA 2.12 Utilización del pH – metro



Fuente: Medina Aída, 2014.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO SANITARIO CHUNCHI.

El Relleno Sanitario tiene la suficiente capacidad para recolectar los residuos sólidos urbanos del Cantón Chunchi, para tratar las aguas provenientes del mismo así como las aguas generadas en el camal municipal.

El objetivo principal fundamental de este sistema es captar y tratar estas aguas, de tal manera que estas puedan ser reutilizadas, en actividades agrícolas, es decir, que se devuelva al medio ambiente un agua en buenas características.

La cantidad y composición de los residuos sólidos a ser dispuestos en el relleno sanitario es la siguiente como indica el cuadro:

CUADRO 2.1 Composición de los desechos sólidos generados en el Cantón Chunchi.

N°	Composición	%
1	Materia orgánica	69,49
2	Papel y Cartón	8,87
3	Metales	0,81
4	Plástico blanco	3,32
5	Plástico rígido	3,08
6	Caucho	0,01
7	Materia inerte	1,14
8	Vidrio	2,92
9	Madera	0,12
10	Textiles	0,38
11	Papel higiénico, pañales, toallas.	6,32
12	Tetrapack	0,13
13	Otros	0,11

Fuente: Estudios Ambientales del Relleno Sanitario Chunchi.

2.4. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL RELLENO.

El proyecto se encuentra concebido para tratar los lixiviados provenientes de la descomposición de los residuos sólidos generados por la zona urbana del Cantón Chunchi, por ello, el sistema de tratamiento de los lixiviados consta de las siguientes características:

CUADRO 2.2 Especificaciones técnicas del relleno sanitario del C. Chunchi

N°	PARAMETRO	CANTIDAD
1	Cantidad de residuos a disponer	
2	Volumen de celda diaria	10,7 m ³
3	Altura de la celda	1,50 m
4	Área útil actual del terreno	10 has
5	Vida útil del terreno	22,4 años
6	Área de expansión futura	10 has

Fuente: Estudios del Sistema de tratamiento de DSU del Cantón Chunchi.

El camino de acceso interno al relleno sanitario garantiza el ingreso fácil y seguro de vehículos de recolección de residuos en todas las épocas del año. En la actualidad, existe una vía de 5 de ancho, que requiere de buen mantenimiento durante el año, de esta manera el tráfico será permanente y seguro de los vehículos recolectores de basura. El área del relleno, está delimitada adecuadamente por una cubeta de coronación-macro drenaje que reduce el ingreso de escorrentía hacia la zona del relleno; de cunetas perimetrales a las celdas –micro drenaje- evitando a toda costa el ingreso de agua a las celdas.

Según el informe hidrológico de pluviosidad de la zona baja, y el tipo de terreno circundante tiene una elevada permeabilidad, por lo tanto no se espera caudales importantes de agua lluvia que deban ser manejados. El lixiviado que se produzca de todas maneras, será recolectado y conducido a un tanque de recolección. Este será infiltrado en el suelo a través de un sistema de filtros longitudinales propuestos. Estos lixiviados son conducidos hacia el pozo revisión ubicado en la parte más baja del relleno y de este fluirán por debajo del muro de gaviones hacia el sistema de infiltración o recirculación. Para garantizar la captación y recolección de lixiviados, las terrazas, se han diseñado con una doble pendiente, longitudinal y transversal respectivamente.

El manejo de los lixiviados consta de tres componentes, uno que permite la recolección de los mismos a través de un sistema de drenaje ubicado al fondo del relleno sanitario, otro que los conduce hacia el sistema que posibilitara la infiltración de los lixiviados en épocas secas y su recirculación mediante un sistema de bombeo hacia las terrazas ya concluidas en épocas de invierno con fuertes precipitaciones o cuando el campo se haya saturado con los lixiviados.

2.5. CARACTERIZACION DE LA ZONA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS.

2.5.1. Ubicación.

El Relleno Sanitario del cantón Chunchi, se encuentra ubicada al noroeste del mismo, en el sector llamado “El Quivi” a una distancia aproximada de 3 Km, al oeste de la cabecera cantonal en línea recta y a 7 Km por carretera.

Esta área adquirida por el I. Municipio de Chunchi, para destinarlo al relleno sanitario, cuenta con una extensión total de 20 hectáreas, de las cuales son potencialmente utilizables en la operación del relleno sanitario alrededor de 10 hectáreas.

GRÁFICO 2.2 Ubicación del tratamiento de lixiviados.



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

2.5.2. Temperatura.

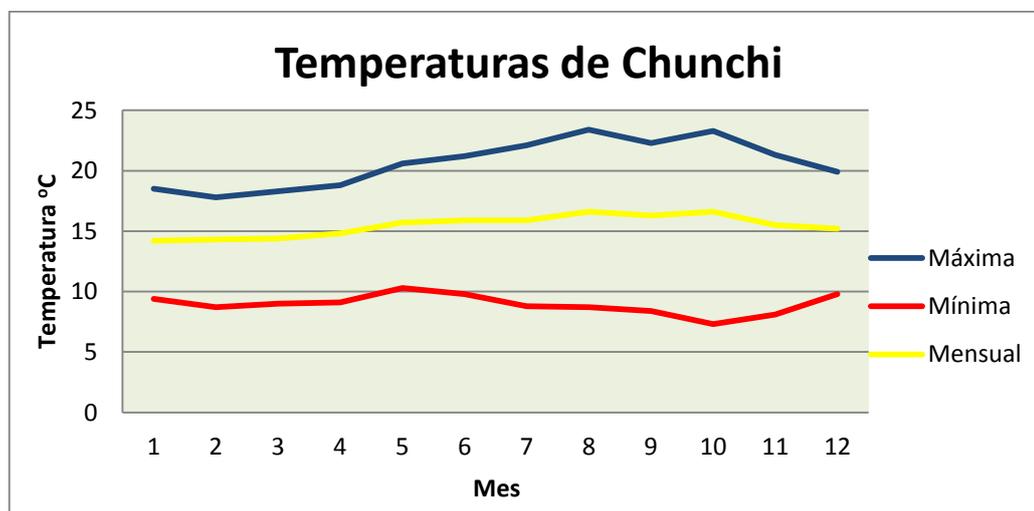
Las temperaturas para el sitio de relleno sanitario para Chunchi si se han analizado con la información de las estaciones meteorológicas del cantón. También debemos señalar la falta de disponibilidad de datos de temperatura en otros puntos en la cuenca del río Chanchan. Los valores de temperaturas medias mensuales en cada una de las estaciones consideradas y las correspondientes al relleno, de acuerdo a las rectas de regresión temperatura alturas obtenidas por el método de mínimos cuadrados se presentan en el siguiente cuando:

TABLA 2.2 Temperaturas en el Cantón Chunchi.

MES	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)						
	ABSOLUTAS				MEDIAS		
	Máxima	Día	Mínima	Día	Máxima	Mínima	Mensual
Enero	22.0	11	5.0	22	18.5	9.4	14.2
Febrero	19.8	25	4.0	7	17.8	8.7	14.3
Marzo			4.0	24	18.3	9.0	14.4
Abril					18.8	9.1	14.8
Mayo					20.6	10.3	15.7
Junio	29.5	17			21.2	9.8	15.9
Julio	23.0	22			22.1	8.8	15.9
Agosto			4.5	22	23.4	8.7	16.6
Septiembre	24.3	25	4.0	28	22.3	8.4	16.3
Octubre			3.8	11	23.3	7.3	16.6
Noviembre					21.3	8.1	15.5
Diciembre			6.5	20	19.9	9.8	15.2
Valor Anual					20.6	9.0	15.4

Fuente: Anuario Meteorológico 2006.

GRÁFICO 2.3 Temperaturas del Cantón Chunchi



Fuente: Estudios del Sistema de tratamiento de DSU del Cantón Chunchi

2.5.3. Pluviosidad.

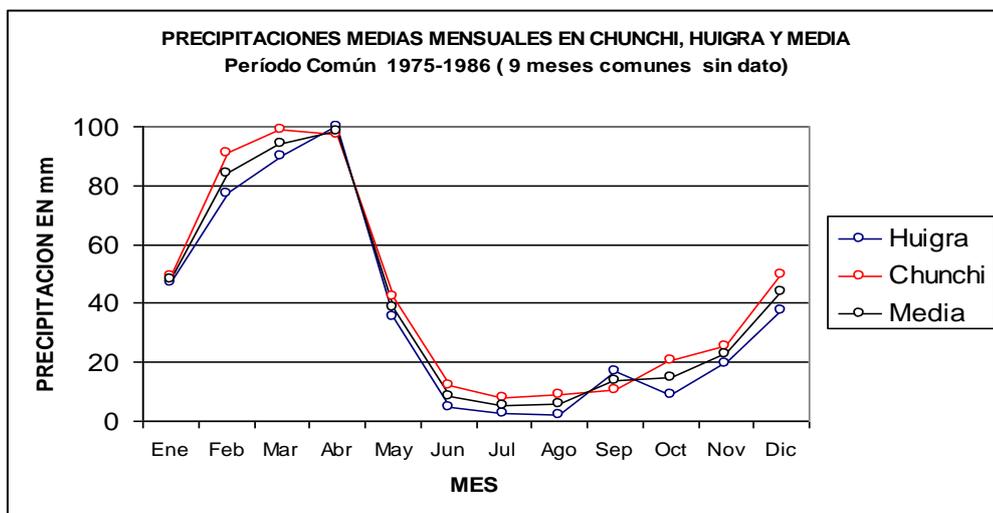
La pluviosidad mensual y anual del posible sitio del relleno ha sido estimada como promedio del período común de los registros de Chunchi, esto es, del período 1975-1986 en el que hay únicamente 9 meses comunes con falta de información. Se ha utilizado el promedio en virtud de que el sitio está ubicado entre y equidistante de las dos estaciones. La precipitación media mensual y anual, Chunchi y la media, estimada para el sitio del relleno, se presenta en el siguiente cuadro y gráfico.

CUADRO 2.3 Precipitaciones medias mensuales y anuales en mm

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
46,9	77,2	89,8	99,9	35,4	4,6	2,6	2,2	16,8	9,1	19,6	37,8	441,8
49,1	90,8	98,8	97,4	42,2	12,0	7,8	9,1	10,7	20,8	25,4	49,9	514,2
48,0	84,0	94,3	98,7	38,8	8,3	5,2	5,6	13,8	15,0	22,5	43,9	478,0

Fuente: Estudios del Sistema de tratamiento de DSU del Cantón Chunchi.

GRÁFICO 2.4 Precipitaciones medias mensuales en Chunchi y Huigra, expresadas en mm.



Fuente: Estudios del Sistema de tratamiento de DSU del Cantón Chunchi.

2.5.4. Selección.

Algunos materiales constituyentes de los desechos sólidos urbanos de la ciudad de Chunchi, a pesar de presentar la posibilidad de que puedan ser reciclados (sometidos a nuevo uso o transformaciones que posibiliten su empleo en fines similares o diferentes a los del primer uso); su volumen no es económicamente rentable por lo que no recomienda su inclusión dentro del diseño del proyecto.

TABLA 2.3 Aportes diarios de material según clase de residuos.

DESCRIPCION	Resid	Comercial	Mercados	Instit.	Barrido	Peso kg/día	Vol. m ³ /día
Aporte (kg/hab.día)	0,593	0,030	0,154	0,034	0,176		
Peso específico (kg/m ³)	172,32	254,93	281,46	101,20	324,75		
% Orgánica	69,49	76,07	85,50	59,25	27,00	2163,34	11,24
%Inorgánico reciclable	22,32	15,94	9,11	36,50	46,00	834,02	4,12
%Inorgánico no reciclable	8,19	7,99	5,39	4,25	27,00	369,16	1,64
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	3366,52	17,00

Fuente: Estudios del Sistema de tratamiento de DSU del Cantón Chunchi.

2.5.5. Compostaje.

En cuanto al compostaje, entendido como el proceso de crear las condiciones que permitan la acción microbiana para transformar la materia orgánica, previamente seleccionada, en un producto conocido como compost, que por su contenido de N, y P, lo convierten en un mejorador del suelo, la decisión de implementarlo, así mismo, no se justifica, dado el volumen a ser manejado a pesar de que de la muestra realizada, un 69% de la basura puede destinarse para tal fin.

FIGURA 2.13 Desechos Orgánicos destinados al lombricultivo.



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

2.4. DATOS EXPERIMENTALES

2.4.1. SITUACIÓN INICIAL - CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS INICIALES DE LOS LIXIVIADOS

TABLA 2.4 Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de lixiviados de captación del Cantón Chunchi

#	PARÁMETRO	UNIDADES	LÍMITES: (TULAS) Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario.	Resultados del primer análisis de los lixiviados.
PARÁMETROS FÍSICOS				
1	Ph	---	5 – 9	8,08
2	Turbidez	-----		35,7
3	Conductividad	$\mu s/cm$		6260
4	Sólidos Totales	mg/l	1600	3756
PARÁMETROS QUÍMICOS				
5	Sulfatos	mg/l	1000	7
6	Nitritos	mg/l	10	0,12
7	Nitratos	mg/l	10	40,92
8	Fosfatos	mg/l	10	7,49
9	Nitrógeno amoniaco	mg/l		157,81
10	Plomo	mg/l	0,2	0,2
11	Cromo	mg/l	0,5	0,2
12	Cadmio	mg/l	0,2	0,02
13	DQO	mg/l	250	2900
14	DBO₅	mg/l	100	1680
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
15	Coliformes Totales	UFC / 100 ml		40000
16	Coliformes Fecales	Nmp / 100 ml	300	3200

Fuente: CESTTA, (Centro De Servicios Técnicos Y Transferencia Tecnológica Ambiental)

2.4.2. PARÁMETROS DE LOS LIXIVIADOS FUERA DE LOS LÍMITES PERMISIBLES

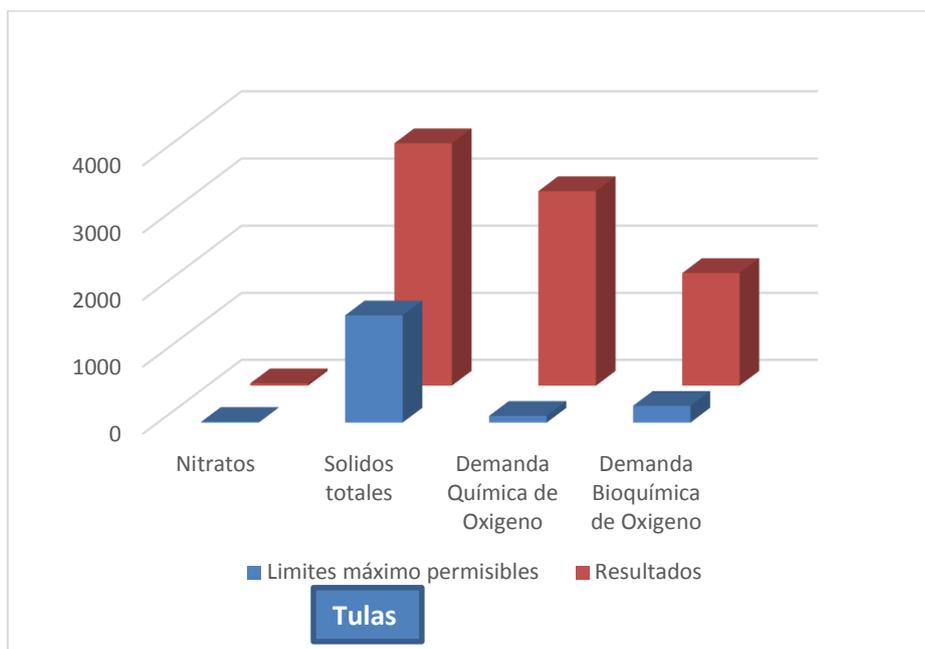
Una vez que se realizó la caracterización de los lixiviados del Cantón Chunchi, se comparó los límites permisibles establecidos en la Norma Técnica del Tulas Libro 6 Anexo I tabla 12 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” se identificó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos fuera de norma, siendo estos: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Totales y Nitratos.

TABLA 2.5 Parámetros Físicos –Químicos fuera de límite de Norma TULAS

Parámetros	Unidad	Limites máximo permisibles	Resultados
Nitratos	mg/l	10	34,65
Sólidos totales	mg/l	1600	3612
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	100	2900
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	250	1680
Coliformes fecales	Nmp / 100 ml	3000	3200
Coliformes totales	UFC / 100 ml		40000

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

GRÁFICO 2.5 Parámetros Físicos – Químicos fuera de Norma TULAS



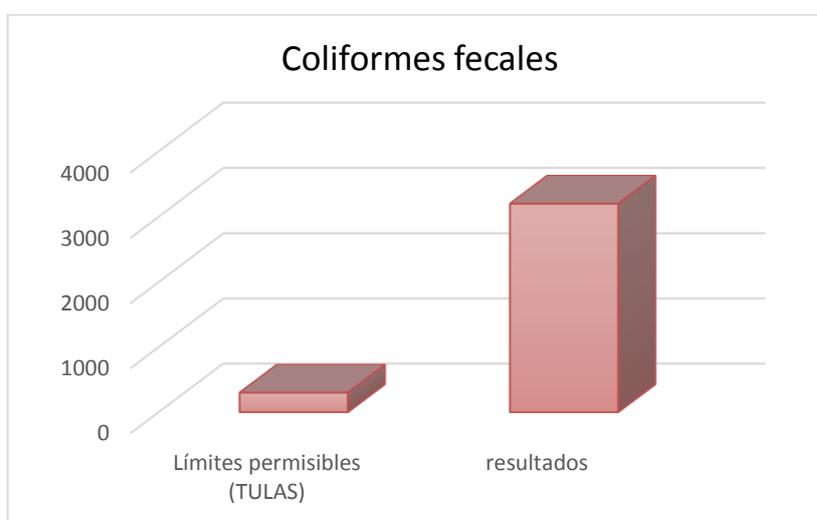
Fuente: MEDINA Aída, 2014.

TABLA 2.6 Parámetros microbiológicos fuera del límite de Norma TULAS

Parámetro	Unidad	Límites permisibles	Resultados
Coliformes fecales	Nmp/100ml	300	3200

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

GRÁFICO 2.6 Parámetros microbiológicos fuera de norma

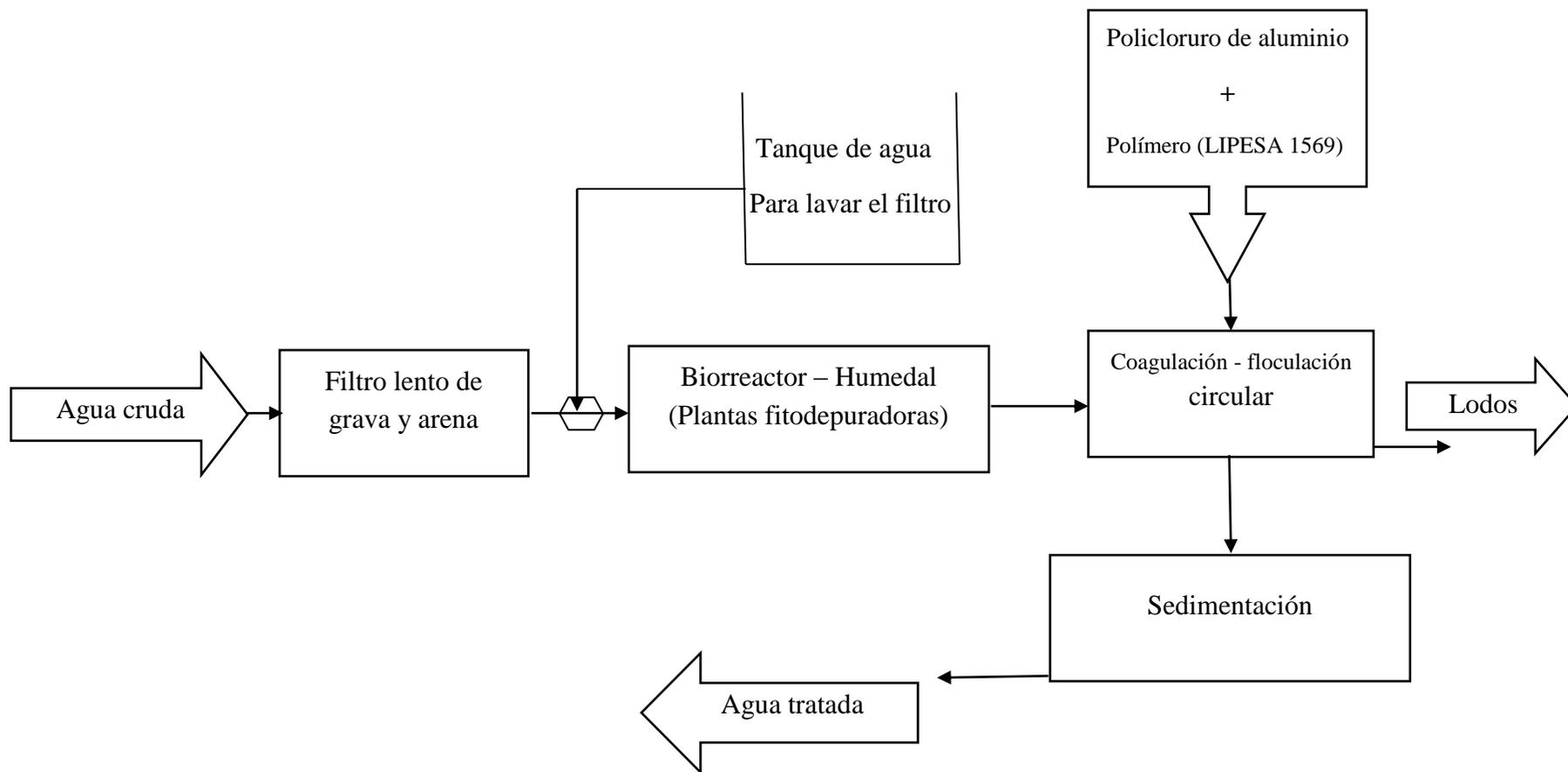


Fuente: MEDINA Aída, 2014.

2.4.3 PROPUESTA DEL DISEÑO PARA TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS

En base a las caracterizaciones Físico – Químicas que se realizaron a las diferentes muestras de lixiviados, se plantea la siguiente propuesta para el diseño de tratamiento de los lixiviados en el Cantón Chunchi.

FIGURA 2.14 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA LOS LIXIVIADOS



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

CAPITULO III
CÁLCULOS Y
RESULTADOS

3. DISEÑO

3.1 PUEBAS DE TRATABILIDAD.

Luego de que se determinó los parámetros que se encuentran fuera de norma de los límites permisibles de acuerdo a la Norma Técnica del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente libro 6 Anexo I Tabla 12 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”, se realizó varias pruebas de tratabilidad del lixiviado en el laboratorio de Análisis Técnicos, para conseguir el tratamiento más adecuado y seguro de tal forma que se pueda reutilizar para como agua para riego de los espacios verdes existentes en el lugar.

Durante dichas pruebas de tratabilidad del agua se efectuó la prueba de jarras utilizando policloruro de aluminio (PAC) y el polímero (LIPESA 1569) para la remoción de la turbidez, color y pH.

3.1.1 PRUEBA DE JARRAS

3.1.1.1 PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA DE JARRAS UTILIZANDO POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC).

- Se pesó 10 gramos de policloruro de aluminio, y se aforo cuidadosamente con agua destilada en un balón de 100 ml.
- Esta es la solución patrón PAC al 10% con la cual se va a trabajar para calcular la cantidad adecuada para reducir el color, turbidez y pH en el líquido lixiviado crudo.
- Se procedió a colocar 500 ml de muestra en los vasos de precipitación, se dosifico la solución patrón de policloruro de aluminio, a diferentes cantidades de tal forma que se pueda encontrar la óptima.
- Se colocó 1 ml de polímero de amida acrílica (LIPESA 15969), el cual cumple la función de capturar al floculo y llevarlo totalmente al fondo del vaso de precipitación.
- Con la ayuda de una varilla de agitación se removió durante 5 minutos, luego se dejó reposar durante un lapso de 20 minutos.
- Se recomenzó la formación de flóculos en la parte interior de los vasos de precipitación.

- Se procedió a sacar con una pipeta una pequeña cantidad del sobrenadante para realizar los análisis que se encontraban fuera del reglamento de norma los cuales fueron mencionados anteriormente: color, turbidez y pH.
- La dosis más adecuada del coagulante será el resultado con la cual se obtiene un floculo más resistente, acondicionado, con mayor peso que sedimenta rápidamente y en el que se obtiene la menor turbidez y menor color.

FIRGURA 3.1 Prueba de jarras con Policloruro de aluminio y lipesa 1569



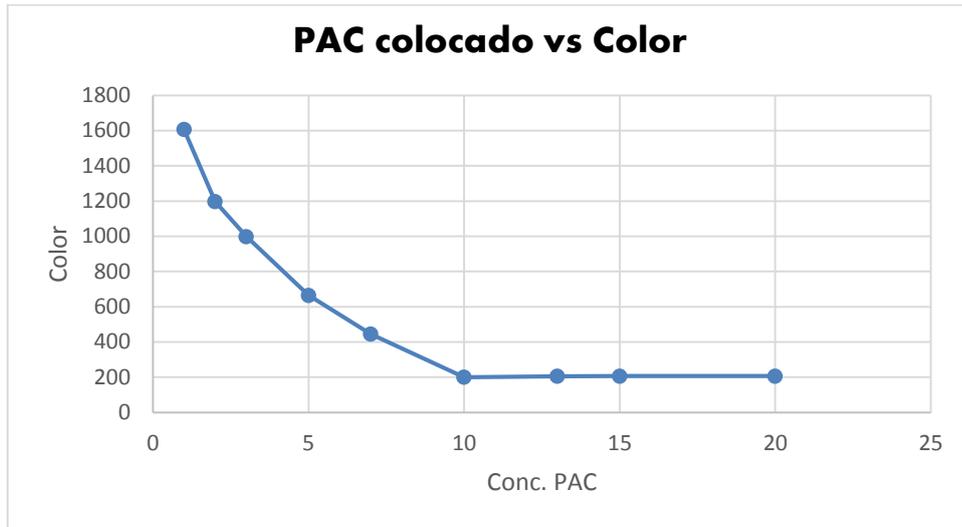
Fuente: MEDINA Aída, 2014.

TABLA 3.1 Prueba de jarras con el policloruro de aluminio y lipesa 1569

Volumen del lixiviado (L)	Solución de PAC (ml)	Color (pt – Co)	Turbidez (NTU)	PH
1	1	1607	53,1	7,91
1	2	1197	49,7	7,87
1	3	1107	41,5	7,72
1	5	865	38	7,68
1	7	445	27,8	7,50
1	10	200	21,8	7,34
1	13	206	14,72	7,20
1	15	302	9,85	6,66
1	20	290	24,7	6,16

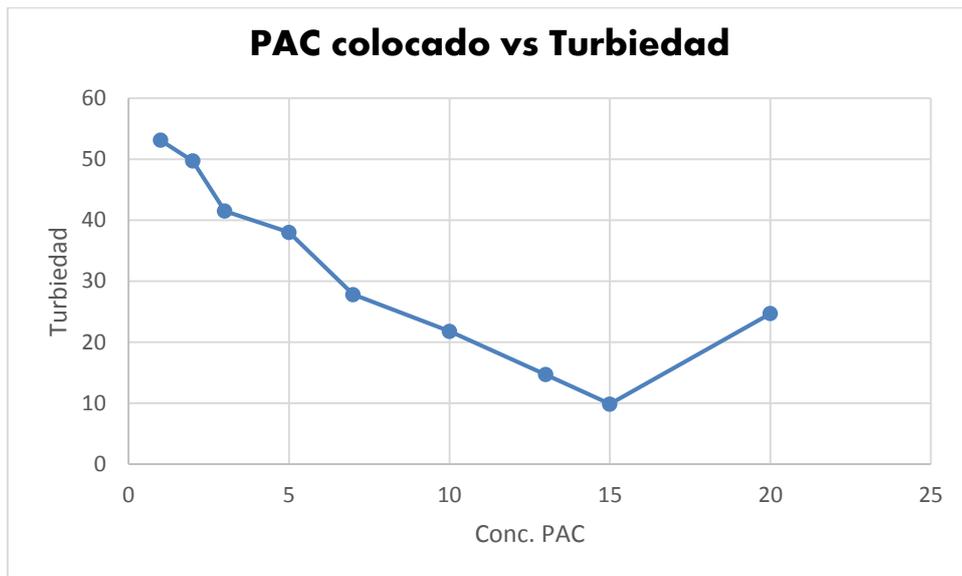
Fuente: MEDINA Aida, 2014.

GRÁFICO 3.1 Policloruro de aluminio colocado vs Color



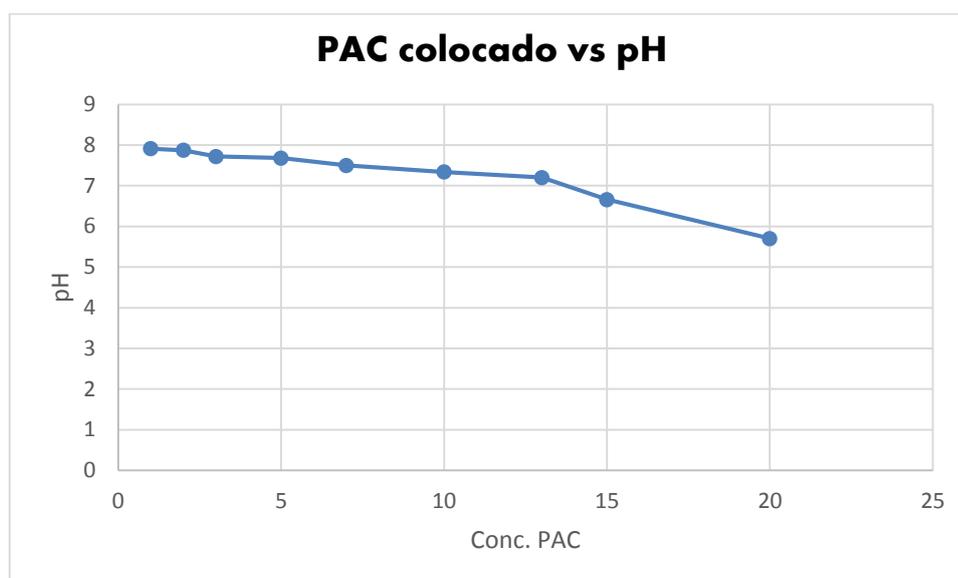
Fuente: MEDINA Aída, 2014.

GRÁFICO 3.2 Policloruro de aluminio colocado vs Turbiedad



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

GRÁFICO 3.3 Policloruro de aluminio colocado vs pH



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

INTERPRETACIÓN

A partir de la tabla 3.1 y los gráficos 3.1, 3.2 y 3,3 se considera que la cantidad adecuada a emplear de solución de policloruro de aluminio es del 10% adicionando la dilución 10 ml ya que si se preparara una concentración menor, el PAC no ayuda a la formación del floculo, ni a la remoción de la turbidez y el color y el pH se tiene como es lo esperado de 6,28 a 7,58.

De esta manera los parámetros que se encontraban fuera de norma ya están dentro de los límites máximos permisibles del TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del ministerio del Ambiente).

3.2 CÁLCULOS.

3.2.1. Medición de caudal.

La medición del cálculo se realizara mediante la ecuación 1.1

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

Donde:

$$V = 4 L$$

TABLA 3.2 resultados de la medición del caudal de los lixiviados

Número de repeticiones de toma de muestras	Día 1(s)	Día 2(s)	Día 3(s)	Día 4(s)	Día 5(s)	Día 6(s)	Día 7(s)	Día 8(s)	Día 9(s)	Día 10(s)
1	91.2	15,03	10,04	50,3	55,00	135	133.8	77.4	84	84
2	76.8	14,8	12,27	51,4	55,7	131.2	133.2	76.8	84	84
3	76.2	14,8	11,55	51,2	55,8	134.4	95.4	77.4	82.8	83.4
4	78	14,5	10,55	50,2	56,2	135	133.2	76.8	83.4	84
5	76.8	14,04	10,17	50,3	56,5	135	133.8	78	82.8	84.6
Caudal (Q L/s)	0,05	0,27	0,36	0,08	0,07	0,029	0,03	0,05	0,048	0,048
Caudal total (Q= L/s)	0.104									

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

$$Q = 0,104 \frac{L}{seg}$$

$$Q = Q_{diseño} = 8,99 \frac{m^3}{dia}$$

3.3.2. CALCULO DEL FILTRO LENTO DE ARENA.

3.2.2.1 Número de filtros

El número de filtros se calcula mediante la ecuación 1.2

$$nf = 0,044 \sqrt{Q}$$

Donde:

$$Q = 8.99 m^3/d$$

$$nf = 0,044 \sqrt{8.99} \frac{m^3}{d} = 0.13 m = 1 filtro$$

3.2.2.2 Área del filtro

Para calcular el área del filtro se emplea la ecuación 1.3

$$Af = \frac{Q}{\text{tasa de filtraciòn}}$$

Donde:

$$Q = 8.99 \frac{m^3}{d}$$

$$\text{Tasa de filtraciòn} = 6 \frac{m}{d} \quad \text{tabla 1.3}$$

$$Af = \frac{8.99 \frac{m^3}{d}}{5 \frac{m}{d}}$$

$$Af = 1.8 m^2$$

3.2.2.3 Coeficiente mínimo de costo.

Para calcular el coeficiente mínimo de costo se emplea la ecuación 1.4

$$Kc = \frac{2nf}{nf + 1}$$

Donde:

$$nf = 0,13 m$$

$$Kc = \frac{2(0,13 m)}{0,13 m + 1}$$

$$Kc = 0,23$$

3.2.2.4 Longitud del filtro

Para calcular la longitud del filtro se emplea la ecuación 1.7

$$Lf = \sqrt{Af * Kc}$$

Donde:

$$Af = 1.8 \text{ m}^2$$

$$kc = 0,23$$

$$Lf = \sqrt{1.8 * 0,23}$$

$$Lf = 0.65 \text{ m}$$

3.2.2.5 Ancho del filtro.

Para realizar el cálculo del ancho del filtro se utiliza la ecuación 1.7

$$af = \sqrt{\frac{Af}{Kc}}$$

Donde:

$$Af = 1.8 \text{ m}^2$$

$$Kc = 0,23$$

$$af = \sqrt{\frac{1.8 \text{ m}^2}{0,23}}$$

$$af = 2.7 \text{ m}$$

3.2.2.6 Altura del filtro.

Para calcular la altura del filtro se emplea la ecuación 1.8

$$Zf = fs(Ca + la + Cs + Fc)$$

Donde:

$$fs = 10\% \text{ (tabla 1.4)}$$

$$Ca = 1m \text{ (tabla 1.4)}$$

$$La = 0,6m \text{ (tabla 1.4)}$$

$$Cs = 0,30m \text{ (tabla 1.4)}$$

$$Fc = 1 m \text{ (tabla 1.4)}$$

$$Zf = 1,1 (1 m + 0,6 m + 0,30 m + 0.8 m)$$

$$Zf = 2.9 m$$

3.2.2.7 Volumen del filtro.

El cálculo del volumen del filtro se emplea la ecuación 1.9

$$V = Zf \times af \times Lf$$

Donde:

$$Zf = 2.9 m$$

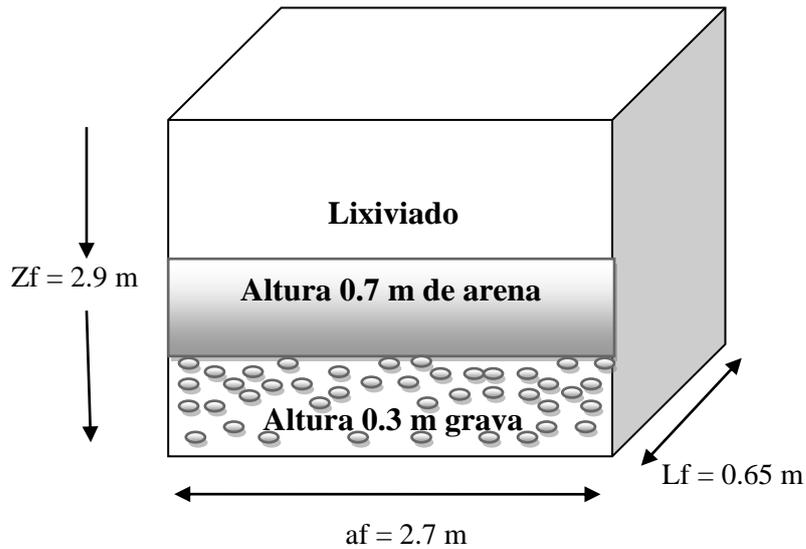
$$af = 2.7 m$$

$$Lf = 0.65 m$$

$$V = 2.9 m \times 2.7 m \times 0.65 m$$

$$V = 5.09 m^3$$

Figura 3.2 Filtro lento de arena para el tratamiento de los lixiviados



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

$$A_f = 1.8 \text{ m}^2$$

$$K_c = 0.23$$

$$V_f = 5.09 \text{ m}^3$$

3.2.3 CALCULOS PARA EL TANQUE – BIORREACTOR

3.2.3.1 Área del biorreactor

Para determinar el área del cubo rectangular del humedal se realiza mediante la ecuación 1.10:

$$A = 2(ab + ac + bc)$$

Donde:

$$a = 6 \text{ m}$$

$$b = 2 \text{ m}$$

$$c = 1 \text{ m}$$

Estos datos del área son dados según datos de investigación, la cual expresa que mientras más grande sea el reactor biológico existen mejores resultados ya que el agua tiene para recorrer más área, y las plantas fitodepuradoras según dicha agua pasa por el lugar absorbe los nutrientes que contiene el lixiviado.

$$A = 2((6 \times 2) + (6 \times 1) + (2 \times 1))$$

$$A = 2(12 + 6 + 2)$$

$$A = 40 \text{ m}^2$$

3.2.3.2 Volumen del biorreactor

Para la determinación del volumen del humedal se utiliza con la ecuación 1.11:

$$V = L \times a \times h$$

Donde:

L: 6 m

a: 2 m

h: 1 m

$$V = (6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m})$$

$$V = 12 \text{ m}^3$$

FIGURA 3.3 Esquema del humedal artificial a construirse en el tratamiento de los lixiviados en C. Chunchi.



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

$$\text{Área} = 40 \text{ m}^2$$

$$V = 12 \text{ m}^3$$

3.2.4 CALCULOS PARA EL COAGULADOR - FLOCULADOR

3.2.4.1 Área superficial del floculador

Para calcular el área superficial del floculador se emplea la ecuación 1.12:

$$As = \frac{Q}{Cs}$$

Donde:

$$Q = 8.99 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Cs = 5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \quad (\text{Tabla 1.5})$$

$$As = \frac{8.99 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{5 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}}$$

$$As = 1.8 \text{ m}^2$$

3.2.4.2 Carga superficial del floculador.

Para calcular la carga superficial del tanque se emplea la ecuación 1.13:

$$Cs = \frac{Q}{As}$$

Donde:

$$Q = 8.99 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$As = 1.8 \text{ m}^2$$

$$Cs = \frac{8.99 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{1.8 \text{ m}^2}$$

$$Cs = 4.99 \text{ m}$$

3.2.4.3 Radio del coagulador floculador - floculador

Para calcular el radio del floculador se emplea la ecuación 1.14:

$$r = \sqrt{\frac{As}{\pi}}$$

Donde:

$$As = 1.8 \text{ m}^2$$

$$\pi = 3.1416$$

$$r = \sqrt{\frac{1.8 \text{ m}^2}{3.1416}}$$

$$r = 0.76$$

3.2.4.5 Diámetro del Coagulador - floculador

Para calcular el diámetro del floculador se emplea la ecuación 1.15:

$$D = 2r$$

Donde:

$$r = 0.76 \text{ m}$$

$$D = 2(0.76 \text{ m})$$

$$D = 1.5 \text{ m}$$

3.2.4.6 Volumen del Coagulador - floculador.

Para calcular el volumen del tanque se emplea la ecuación 1.16:

$$V = \pi r^2 h$$

Donde:

$$r = 0.76 \text{ m}$$

$$h = 2 \text{ m (altura del tanque tabla 1.6)}$$

$$V = \pi(0.76)^2 \times 2$$

$$V = 5.4 \text{ m}^3$$

3.2.4.7 Tiempo de retención hidráulica.

Para calcular el tiempo de retención hidráulica se emplea la ecuación 1.17:

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

Donde:

$$V = 5.4 \text{ m}^3$$

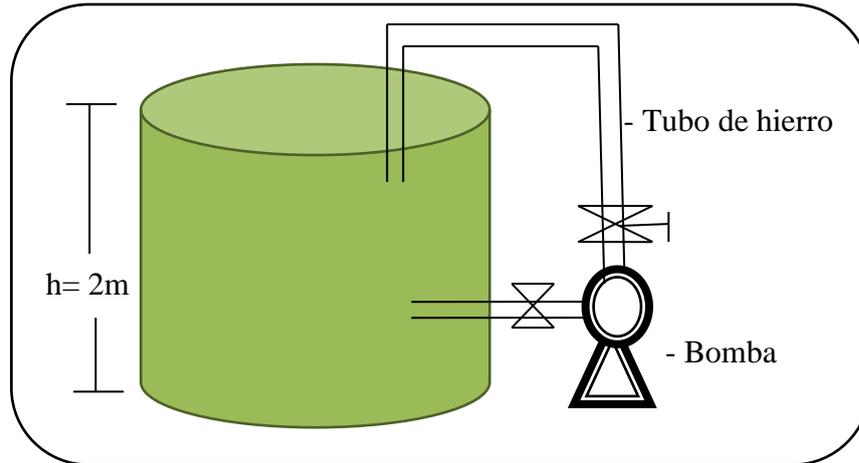
$$Q = 8.99 \text{ m}^3/d$$

$$Trh = \frac{5.4 \text{ m}^3}{8.99 \frac{\text{m}^3}{d}}$$

$$Trh = 0,6 \text{ d}$$

$$Trh = 14h$$

FIGURA 3.4 Esquema del tanque coagulador - floculador en la planta de tratamiento químico



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

$$C_s = 4.99 \text{ m}$$

$$A_s = 1.8 \text{ m}^2$$

$$V = 5.4 \text{ m}^3$$

$$r = 0.76 \text{ m}$$

$$D = 1.5 \text{ m}$$

3.2.5 CALCULOS PARA EL TANQUE SEDIMENTADOR.

3.2.5.1 Área superficial del sedimentador

Para calcular el área superficial del sedimentador se emplea la ecuación 1.18:

$$A = \frac{Q}{C_s}$$

Donde:

$$Q = 8.99 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$C_s = 8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d} \text{ Tabla 1.7}$$

$$A = \frac{8.99 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}}{8 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}}$$

$$A = 1.12 \text{ m}^2$$

3.2.5.2 Largo del sedimentador

Para calcular el largo del sedimentador se emplea la ecuación 1.19:

$$L = 2 \times a$$

Donde:

$a = 1.5$ m (ancho del sedimentador) **tabla 1.6**

$$L = 2(1.5 \text{ m})$$

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

3.2.5.3 Volumen del sedimentador

Para este cálculo se emplea la ecuación 1.20:

$$V = l \times a \times h$$

Donde:

$L = 3$ m

$a = 1.5$ m **Tabla 1.6**

$h = 2$ m **Tabla 1.6**

$$V = 3 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

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

3.2.5.4 Tiempo de retención hidráulica

Para el cálculo del tiempo de retención se emplea la ecuación 1.21:

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

Donde:

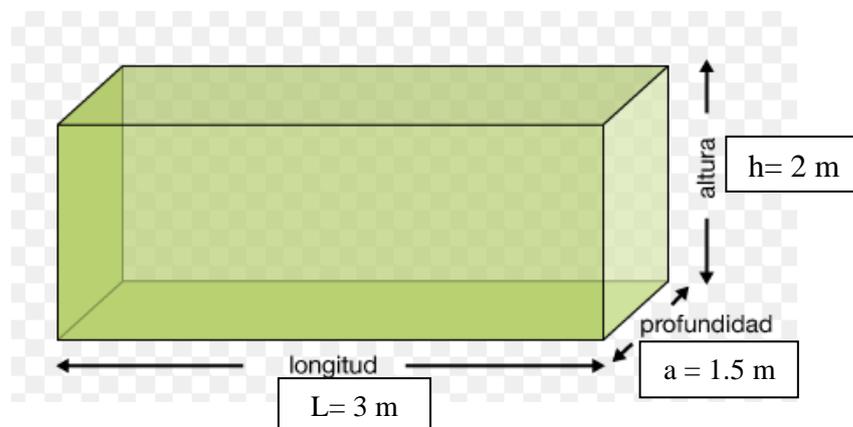
$$V = 9 \text{ m}^3$$

$$Trh = \frac{9 \text{ m}^3}{8.99 \text{ m}^3/\text{d}}$$

$$Trh = 1 \text{ d}$$

$$Trh = 24 \text{ h}$$

Figura 3.5 esquema del tanque de sedimentación en el tratamiento químico de los lixiviados



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

$$A = 1.12 \text{ m}^2$$

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

$$Trh = 24 \text{ h}$$

3.2.6 CÁLCULOS PARA LA DOSIFICACIÓN DEL POLICLORURO DE ALUMINIO

Para el tratamiento con el PAC y el Polímero (LIPESA 1569), se cuenta con un volumen de 1200 litros al día, esto se sabe midiendo el volumen de lixiviado que entra al humedal, recordando que tiene que salir el mismo volumen que entra. Este tratamiento se realizará una vez por semana, que se contará con 8400 litros aproximadamente.

Pruebas de jarras para determinar las dosis en Kg que se debe adicionar en el volumen de 8400 L a la semana.

Datos:

Volumen muestra de lixiviado en prueba de jarras: 500 ml (0.5 L)

Volumen de lixiviado a tratar: 1200 L/día → 8400 L/semana

Volumen solución usada (PAC al 10%) en prueba: 10 ml (0.01 L)

Volumen solución usada (LIPESA 1569 al 0.16%) en prueba: 3 ml (0.003 L)

3.2.6.1 Cálculo de Kg de Poli cloruro de aluminio (PAC):

$$XL = \frac{L \text{ (lixiviado a tratar)} \times L \text{ (solución de PAC diluida usada en prueba)}}{L \text{ (lixiviado utilizado en la prueba de jarras)}}$$

$$X_{(L)} = \frac{8400 L \times 0.01 L}{0.5 L} = 168 L \text{ solución diluida de PAC}$$

$$X_{(Kg)} = \frac{L \text{ (lixiviado a tratar)} \times Kg \text{ (lipesa 1569 usada en prueba)}}{L \text{ (solucion por litro)}}$$

$$X_{(Kg)} = \frac{168 L \times 0.01 Kg}{0.1 L} = 16.8 Kg \text{ de PAC}$$

3.2.6.2 Cálculo de Kg de LIPESA 1569:

$$XL = \frac{L \text{ (lixiviado a tratar)} \times L \text{ (solución de lipesa 1569 usada en prueba)}}{L \text{ (lixiviado usada en la prueba de jarras)}}$$

$$X_{(L)} = \frac{8400 L \times 0.003 L}{0.5 L} = 50.4 L \text{ solución diluida LIPESA 1569}$$

$$X_{(Kg)} = \frac{L \text{ (solución diluida de lipesa 1569)} \times Kg \text{ (lipesa 1569 usada en prueba)}}{L \text{ (solucion por litro)}}$$

$$X_{(Kg)} = \frac{50.4 L \times 0.00016 Kg}{0.1 L} = 0.081 Kg \text{ de LIPESA 1569}$$

Nombre comercial

PAC (Coagulante): Policloruro de Aluminio

LIPESA 1569 (Floculante): Poliacrilamida catiónica

3.3. RESULTADOS DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO DE PARA LOS LIXIVIADOS

3.3.1 CAUDAL DE DISEÑO

TABLA 3.3 Resultados del Caudal de Diseño

Cálculos	Símbolo	Unidades		
Caudal de diseño	Q	6.24 L/s	0.00624 m ³ /s	8.99 m ³ /d

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.3.2. FILTRO LENTO DE ARENA.

TABLA 3.4 Resultados del filtro lento de arena

Calculo	Símbolo	Valor	Unidades
Numero de filtros	Nf	1	-
Área del filtro	Af	1.8	m ²
Coefficiente mínimo de costo	Kc	0.23	-
Longitud del filtro	Lf	0.65	m
Ancho del filtro	af	2.7	m
Altura del filtro	Zf	2.9	m
Volumen del filtro	Vf	5.09	m ³

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.3.3 RIORREACTOR - HUMEDAL

TABLA 3.5 Resultados del biorreactor - humedal

Cálculo	Símbolo	Valor	Unidades
Área del biorreactor – humedal	A	40	m ²
Volumen del biorreactor – humedal	V	12	m ³
altura del biorreactor	c	1	m
Profundidad del biorreactor	b	2	m
Longitud del biorreactor	a	6	m

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.3.5 COAGULADOR - FLOCUALADOR, TANQUE CIRCULAR

TABLA 3.6 Resultados del coagulador - floculador

Cálculo	Símbolo	Valor	unidades
Área superficial del coagulador - floculador	As	1.8	m ²
Carga superficial del coagulador - floculador	Cs	4.99	m
Radio del coagulador - floculador	r	0.76	m
Diámetro del coagulador - floculador	D	1.5	m
Volumen del tanque coagulador - floculador	V	5.4	m ³
Tiempo de retención hidráulica	Trh	2.9	h

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.3.6. SEDIMENTADOR LAMINAR

TABLA 3.7 Resultados del sedimentador laminar

Cálculo	Símbolo	Valor	unidades
Área superficial del sedimentador	A	1.12	m ²
Ancho del sedimentador	a	1.5	m
Profundidad del sedimentador	h	2	m
Largo del sedimentador	L	3	m
Volumen del sedimentador	V	9	m ³
Tiempo de retención hidráulica	Trh	24	h

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

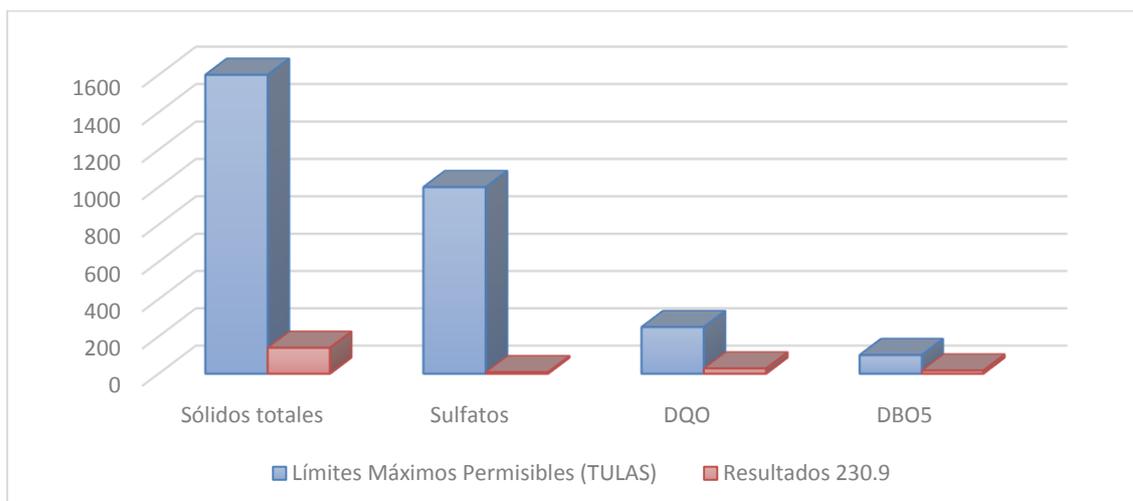
3.4 SITUACION FINAL – RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE LOS LIXIVIADOS TRATADOS.

TABLA 3.8 Análisis Físico – Químicos de los lixiviados tratados

Determinación	Límites Máximos Permisibles (TULAS)	Resultados	Unidades
pH	5 - 9	7.63	
Turbidez		2.71	
Conductividad eléctrica		230.9	$\mu\text{s}/\text{cm}$
Sólidos totales	1600	139	mg/L
Sulfatos	1000	8	mg/L
Nitritos	10	0.03	mg/L
Nitratos	10	2.3	mg/L
Fosfatos	10	1.7	mg/L
Nitrógeno amoniacal	15	0.1	mg/L
Plomo	0,2	0.01	mg/L
Cromo	0,5	0.01	mg/L
Cadmio	0,2	0.004	mg/L
DQO	250	28	mg/L
DBO ₅	100	17	mg/L

Fuente: Laboratorio Cestta Espoch.

GRÁFICO 3.4 Parámetros Físicos – Químicos de los lixiviados tratados



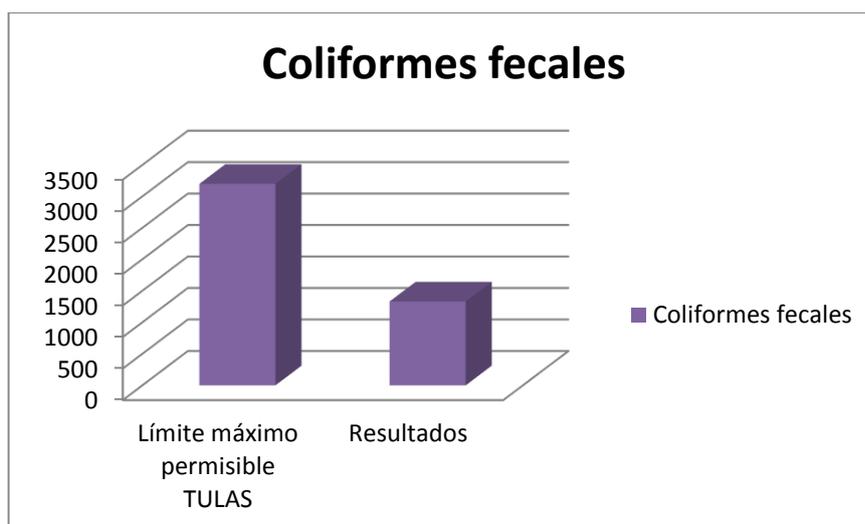
Fuente: MEDINA Aída, 2014.

TABLA 2.9 Análisis microbiológicos del lixiviado tratado

Determinación	Límite máximo permisible TULAS	Resultados	Unidad
Coliformes fecales	3000	1330	Nmp / 100 ml

Fuente: Laboratorio Cestta Espoch.

GRÁFICO 3.5 Análisis microbiológicos de los lixiviados tratados



Fuente: MEDINA Aída, 2014.

INTERPRETACIÓN

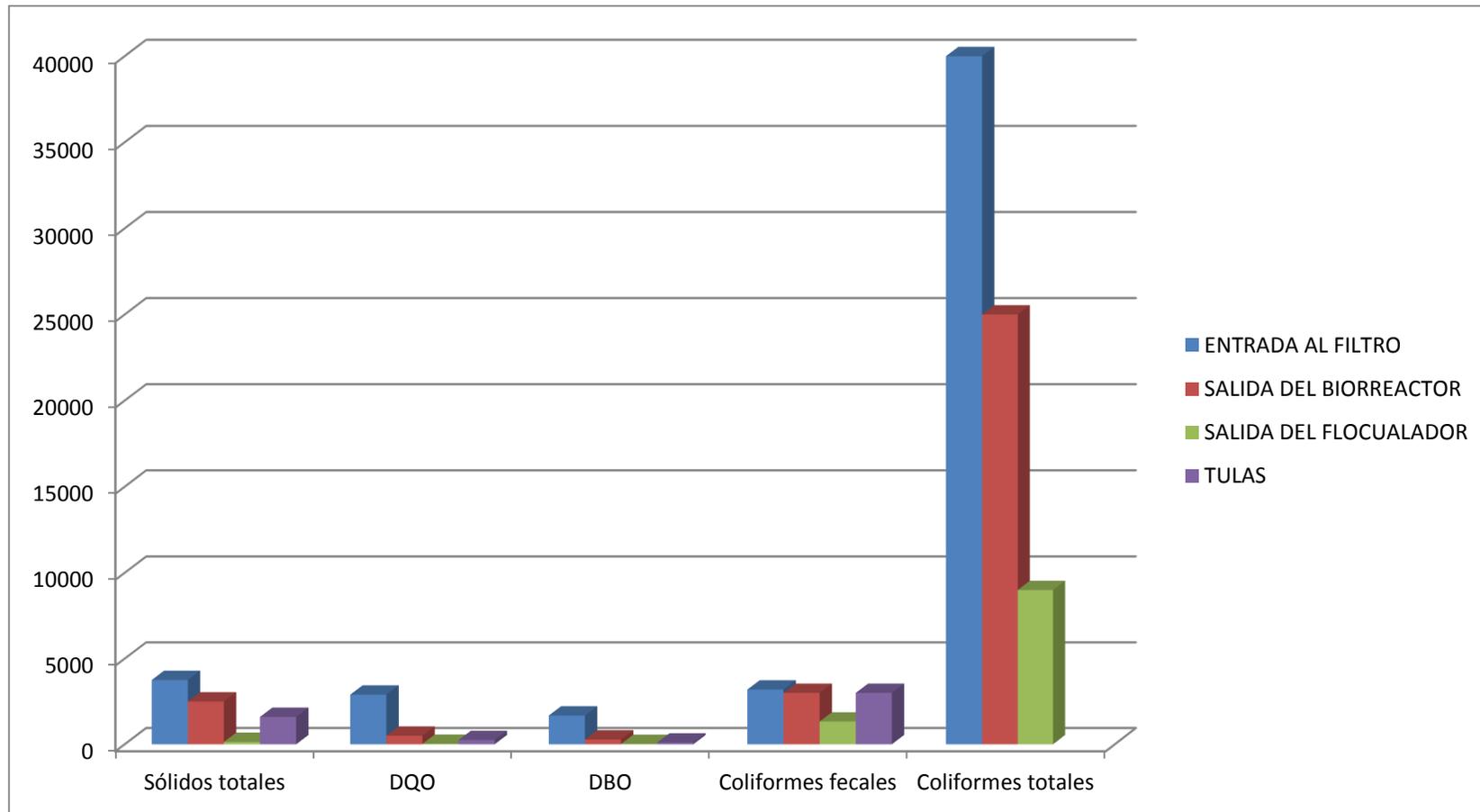
El sistema de tratamiento propuesto es confiable y seguro donde los parámetros físico – químicos y microbiológicos expuestos en las tablas 3.8 y 3.9 respectivamente y de la misma manera con los gráficos 3.4, 3.5 y 3.6 se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ministerio del Ambiente (TULAS) libro 6 Anexo I “ Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”, permitiendo que el lixiviados podrán ser reutilizados por el personal de la planta para los regadíos de los espacios verdes.

TABLA 3.9 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO BIOLÓGICO Y QUIMICO DE LOS LIXIVIADOS

Parámetros	Tulas	Entrada al filtro	Salida del biorreactor	salida del floculador	unidades
Sólidos totales	1600	3756		139	mg/l
Nitratos	10	40.92	8	2.3	mg/l
Nitrógeno amoniacal	15	157.81	14	0.1	mg/l
DQO	250	2900	500	28	mg/l
DBO	100	1680	280	17	mg/l
Coliformes fecales	3000	3200	3000	1330	Nmp/100 ml
Coliformes totales		40000	25000	9000	UFC/100 ml

Fuente: laboratorio Cestta, ESPOCH.

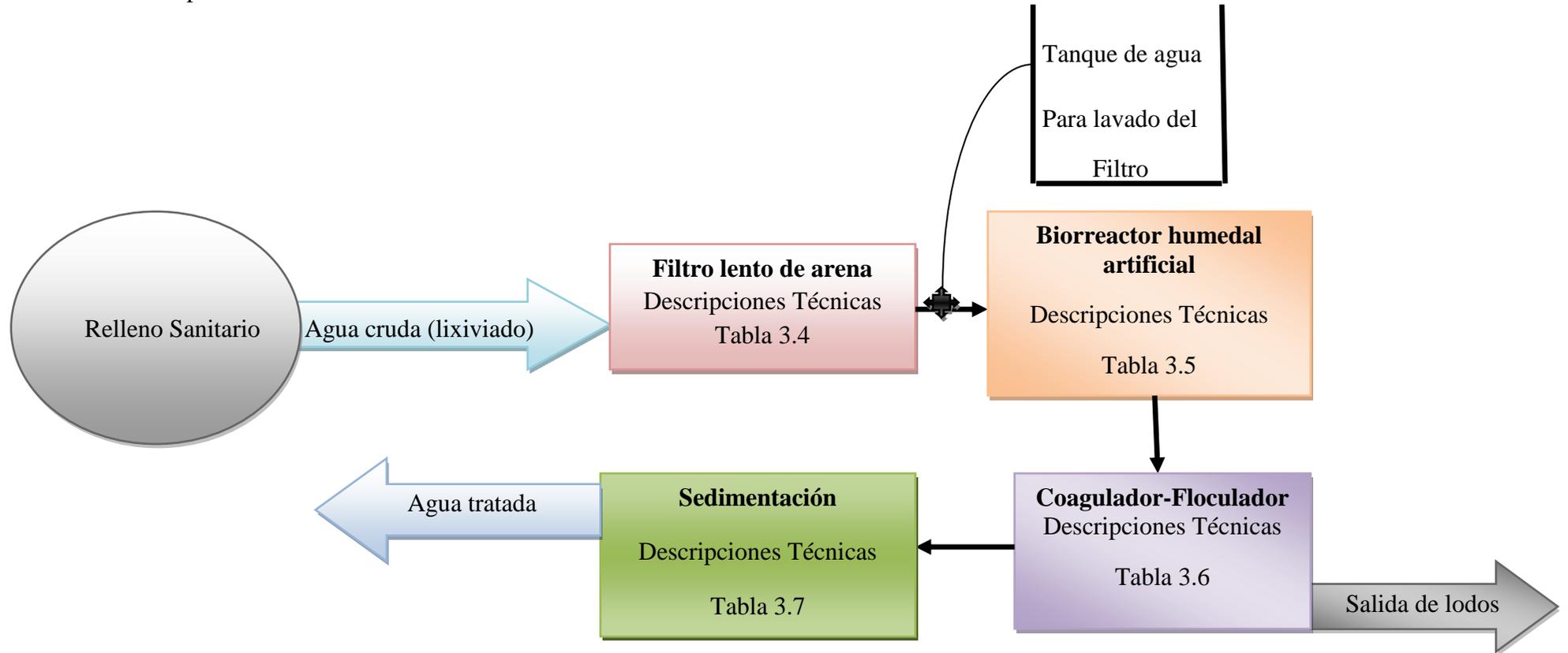
GRAFICO 3.6 resultados de los análisis en diferentes puntos



Fuente: MEDINA Aída, 2014

3.3 DIAGRAMA DEL PROCESO

Luego de realizar las caracterizaciones físico – químicas y microbiológicas de las diferentes muestras, se plantea el siguiente diseño de tratamiento a implementar en el Cantón Chunchi.



3.4 PROPUESTA DEL DISEÑO

3.4.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

El costo de la implementación y operación del humedal y los tanques de homogenización y sedimentación se detallan a continuación, en la cual se especifica la inversión inicial de la planta de tratamiento de lixiviados.

3.10 Tabla de comparación de costos de tanque circular coagulador - floculador

Descripción	Costo (\$)
Tanque coagulador – floculador con aire	1450
Tanque coagulador – floculador con paletas	5300

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

En la tabla 3.10 de comparación de costos del tanque circular para la mezcla química en el tratamiento de lixiviados, se optó por construir el tanque para la mezcla con la aplicación de aire ya que este resulta más económico y eficiente para plantas pequeñas de tratamientos (volúmenes menores a 10.000 L), en comparación a los tanques coagulador – floculador con paletas mecánicas de mezclados rápidos que son menos adecuados para plantas pequeñas ya que requieren un suministro confiable y continuo de energía, este tanque es recomendado para volúmenes mayores a 10.000 L.

TABLA 3.11 Costos de accesorios y equipos

Cantidad	Equipos/Accesorios	Material	Capacidad	Costo unitario(\$)	Costo total (\$)
3	Llave de paso			6.40	19.2
2	Tubos	PVC	½ pulg.	9.50	19
2	Tubos	PVC	1 pulg.	4.50	9
3	Tubos de hierro		1 pulg.	42.75	85.50
4	Codos 90°		1 pulg.	0.80	3.20
2	Codos 90°		2 pulg.	1.50	3.00
50 metros	Manguera		½ pulg.	0.50	15
10 m ²	Geomembrana	Impermeabilización	35 m ²	7 m ²	245
1	Bomba		1 hp	250	250
1	Tanque de filtro lento de arena	Hormigón armado	5.09 m ³	245 m ³	1247
1	Tanque Coagulador - Floculador	Hormigón armado	5.4 m ³	245 m ³	1340
1	Tanque de sedimentación primaria	Hormigón armado	3 m	245 m	735
Total					3971

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

TABLA 3.12 Costos mano de obra

Descripción	Cantidad	Tiempo (meses)	Costo unitario (\$)	Costo total(\$)
Jornaleros	2	2	15	600
Albañil	1		20	800
Total				1400

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

TABLA 3.13 Costos de materiales indirectos

Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Overol	4	20,00	80,00
Mascarillas de filtro de C	4	4,00	16,00
Guantes de caucho	6	2,00	12,00
Botas de caucho	4	10,00	40,00
Total			148

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.4.2 COSTOS DE OPERACIÓN

TABLA 3.14 Costo de operación.

Descripción	Cantidad (saco 40 kg)	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Policloruro de aluminio (PAC)	2	60	120
Polímero (Poliacrilamida catiónica) LIPESA	1	320	320
Grava (0,03 – 0,5 cm)	2	30	60
Arena fina	8	15	120
Bloques	850	0,75	637,50
Cemento	3	8	24
Total			1281,50

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.4.3 COSTO TOTAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS LIXIVIADOS.

TABLA 3.15 Costo total de la planta de tratamiento para los lixiviados

Descripción	Costo total (\$)
Accesorios y equipos	3971
Mano de obra	1400
Costos indirectos	148
Costos de operación	1281.50
Total	6800.5

Fuente: MEDINA Aída, 2014.

3.5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante el trabajo de investigación realizado para los lixiviados generados en el Cantón Chunchi, se ha llegado a obtener los resultados buscados de los parámetros característicos de las aguas residuales que se precisaba disminuir, para que dicha agua pueda ser descargada como agua para riego, cumpliendo así con los límites de descarga establecidos en el Tulas.

De la caracterización físico - química y microbiológica del lixiviado en la CAPTACIÓN, presentados en la tabla 2.5 y 2.6 respectivamente, se determinó que los nitratos: 40.92 mg/L, sólidos totales: 3756 mg/L, DQO: 2900 mg/L, DBO: 1680 mg/L, y con respecto a los microbiológicos, Coliformes fecales: 3200 Nmp/100ml, Coliformes totales: 40000 UFC/100ml, no cumplen con lo establecido en la norma Técnica del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario del Ministerio del Ambiente libro VI Anexo I tabla 12 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”

Al paso de tres meses de experimento con las plantas remediadoras a la SALIDA DEL BIORREACTOR, los resultados obtenidos son los Nitratos: 8 mg/L, Coliformes fecales: 2500 Nmp/100ml, Coliformes totales: 23000 UFC/100ml, que cumplen con el reglamento establecido en la Norma Técnica del TULAS, resaltando que el DQO: 500 mg/L y DBO: 280 mg/L, siguen incumpliendo con los límites permisibles.

Con los parámetros antes mencionados que están fuera de los límites, se los trato en las pruebas de laboratorio con el COAGULADOR PAC y el polímero (LIPESA 1569) como FLOCULANTE de manera que precipite y a su vez reducir la turbidez, color y pH del agua. Los nuevos resultados muestran valores DQO: 28 mg/L, DBO: 17 mg/L, mismos que se encuentran dentro de los límites admisibles que estipula la norma técnica del TULAS, expresados en las tablas 3.8 y 3.9 y los gráficos 3.6 y 3.7 respectivamente.

Con los resultados obtenidos de los parámetros físico – químicos y microbiológicos de los lixiviados se optó por un sistema de tratamiento que consta de: filtro lento de arena, reactor biológico (humedal artificial), coagulador - floculador y sedimentar.

Sin duda los resultados obtenidos en las pruebas del laboratorio podríamos decir q son favorables puesto que el propósito final era diseñar un sistema que permita restablecer las condiciones iniciales para que la misma pueda ser descargada sin ningún problema a los regadíos de los espacios verdades así contribuyendo con el ambiente.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Luego de realizar el diseño y tratamiento para los lixiviados generados en el Relleno Sanitario del Cantón Chunchi se llegó a las siguientes conclusiones:

1. Se realizó la caracterización físico – química y microbiológica de los lixiviados generados en el Relleno Sanitario del Cantón Chunchi, en los cuales se observó que dicho lixiviado no es apto para utilizar como fuente de riego ya que al comparar los resultados de la caracterización no cumplen con los límites máximos permisibles estipulados en la Norma Técnica del TULAS (Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario del Ministerio del Ambiente) libro 6 Anexo I tabla 12 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”, identificando varios parámetros fuera de norma, estos son: nitratos, sólidos totales, demanda química oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno Coliformes, totales y fecales.

2. Se construyó la celda para la siembra experimental de la totora, (*Scirpus californicus*), con la presencia de los lixiviados ricos especialmente en nitrógeno, fósforo y metales los cuales fueron asimilados directamente por las plantas fitodepuradoras, de esta forma remediando el lixiviado, después de tres meses de experimento con las plantas se realiza pruebas de caracterización de los parámetros en el laboratorio CESTTA, los cuales al comparar con los límites permisibles el DQO y DBO siguen con valores superiores al permitido por la Norma Técnica del TULAS. No habiendo resultados favorables con el tratamiento biológico se realizó un tratamiento químico adicional utilizando policloruro de aluminio como coagulante y polímero LIPESA 1569 como floculante en las pruebas de laboratorio, observándose un cambio notorio de las condiciones iniciales (agua cruda), a las condiciones finales (aguas tratadas), cumpliendo con la normativa que rige este medio, haciéndola un agua apta como fuente de riego.

3. Con los resultados obtenidos se realizó el diseño de Ingeniería para el sistema de tratamiento de los lixiviados el mismo que constara de las siguientes etapas: filtro lento de arena, celda de siembra de humedales artificiales, tanque de homogenización y la dosificación correcta para la coagulación y precipitación con la dosis óptima del PAC y polímero (lipesa 1569) en el agua y finalmente un tanque sedimentador para que el agua tratada pase y logre precipitar materia en suspensión consiguiendo separar la parte sólida y líquida que será utilizada posteriormente.

4. Los costos establecidos para la implementación del tratamiento biológico y químico de los lixiviados por medio de los humedales artificiales es de \$6800.50 dólares que debe contar el municipio del Cantón Chunchi para poner en marcha dicho tratamiento.

5. Se construyó un filtro lento arena que nos ayudó a reducir los sólidos en suspensión, la turbidez, y prevenir que se sature el reactor biológico con el paso del tiempo.

6. En conclusión con la combinación de los tratamientos biológico y químico resulta factible manejar los líquidos lixiviados generados en el relleno sanitario de Cantón Chunchi, ya que nos permite disminuir la mayor parte de la materia orgánica, permitiendo una disposición final adecuada de dichos lixiviados.

4.2. RECOMENDACIONES

- 1.** La planta de Tratamiento para los Lixiviados, debe ser construida con material de buena calidad, como el hormigón armado, por su durabilidad y resistencia, hace que este sea más duradero con el paso del tiempo.
- 2.** Para un mantenimiento satisfactorio de la Planta se debe considerar los siguientes factores: asignar al personal capacitado con responsabilidad, contar con el equipo y herramientas apropiadas, planear y programar las actividades para facilitar el mantenimiento de la misma
- 3.** Realizar mediciones de caudal una vez se haya instalado el sistema de tratamiento, debido a que el caudal utilizado para el diseño no es cien por ciento real, ya que el lixiviado que se obtiene es incorporado nuevamente al relleno sanitario (recirculación), para evitar desecharlo directamente al ambiente.
- 4.** Dar mantenimiento al menos una vez al año al filtro lento de arena con el tanque de agua potable ya existente en la planta para tener mejores resultados.
- 5.** Realizar análisis frecuentes a las aguas tratadas para verificar que el tratamiento está marchando en perfectas condiciones así comprobando que los contaminantes están siendo reducidos y sobre todo que se esté cumpliendo con lo establecido en el Tulas libro VI tabla 12.
- 6.** Debido a que el Cantón Chunchi cuenta con un sistema de lombricultura, los lodos provenientes de las aguas tratadas (lixiviados), podrían ser utilizados en este sistema y posteriormente ser utilizados como fertilizantes naturales, aprovechando la gran carga de nutrientes con los que cuenta el lodo como acondicionador del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

ANGÉLICA SOFÍA SILVA, HERNÁN DARÍO ZAMORA. Depuración de Aguas Residuales con humedales artificiales. (Tesis) (Ingeniera Ambiental). Universidad Nacional de Colombia sede manisales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela de Ingeniería Química. Bogotá - Colombia. 2005, pp. 10, 14 - 17; 54.

CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS. Hugo A. Nájera Aguilar. 2008
http://www.unicach.edu.mx/_/ambiental/descargar/Gaceta4/Lixiviados.pdf
2013-10-12

CADMIO// CROMO//PLOMO//SULFATOS. Lenntech. 2010
<http://www.lenntech.es/periodica/elementos/cd.htm>
2013-03-03

COLIFORMES FECALES. Revista Facultad de Ingeniería. 2007
<file:///C:/Users/User/Downloads/03%20Aproximacion%20a%20la%20determinacion%20del%20impacto.pdf>
2013-03-03

COLIFORMES TOTALES. Micro de los alimentos. 2008
<http://mikroalimentos.blogspot.com/2008/10/coliformes-totales-y-fecales.html>
2013-03-03

COOPER P. Rendimiento del Flujo Vertical de Sistemas de Humedales construidos con especial referencia a la importancia de la Transferencia del Oxígeno. Vol. 2. 2 ed. Universidad Politécnica de Madrid. Bogotá – Colombia. 2005, pp. 39; 43; 91 - 97

CONTAMINACIÓN POR UN VERTEDERO. Sistemas de tratamientos de basuras. 2011
<http://escuelas.consumer.es/web/es/reciclaje/online/pag0502.php>
2014-04-05

DAYNA YOCUM BREN. Manual de diseño - Humedal construido para el Tratamiento de las Aguas Grises por filtración. University of California. School of Environmental science and Management. Santa Barbara - California. 2002, pp. 10 – 14

EFFECTOS DE LOS LIXIVIADOS. Crónicas sociales. 2010

<http://cronicadesociales.org/2010/05/13/efectos-lixiviados/>

2013-10-23

ENSAYO DE JARRAS. Operación de tratamiento de aguas. 1999

<http://es.scribd.com/doc/16986036/Operacion-de-Plantas-de-Tratamiento-de-Aguas>

2013-09-28

FERNANDO XAVIER JARRIN PEREZ, PABLO ALEJANDRO RAMOS MARCIAL.

Evaluación de dos sistemas de filtración caseros, filtro lento de arena y filtro cerámico de arcilla, para depuración de agua para consumo humano, a fin de ser aplicados en comunidades rurales de bajos recursos humanos. (Tesis) (Ingeniero Civil). Escuela Superior Politécnica de Litoral, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Escuela de Ingeniería Civil. Guayaquil - Ecuador. 2009, pp. 35 - 50

http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-90453.pdf

2014-05-12

GARCIA LOPEZ JUAN. Caracterización y tratamiento de los lixiviados generados en un centro de tratamiento de residuos urbanos como criterio de calidad en el material bioestabilizado final. (Tesis) (Ingeniero Ambiental). Universidad de Burgos. Departamento de Ingeniería Civil. 2012, pp. 45, 50, 56.

<http://dspace.ubu.es:8080/tesis/handle/10259/187>

2013-10-11

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ Jesús. Manual de Fitodepuración, Filtros en macrofitas en flotación. Madrid – España. 2 ed. Universidad Politécnica de Madrid. 2004, pp. 40-52

IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y SOCIAL. Lixiviados En Navarra. 2010

http://lixiviadosennavarro.blogspot.com/p/impacto-social-economico-y-ambiental_27.html

2014-04-02

IMPACTOS AMBIENTALES. Civilgeeks. 2011

<http://civilgeeks.com/2011/12/08/tratamientodeaguasresidualesysuimpactoambiental/>

2014-05-03

JAIME ANDRÉS LARA BORRERO. Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales. (Tesis) (Msc Ingeniería y Gestión Ambiental). Universidad Politécnica de Cataluña "Instituto Catalán de Tecnología". Barcelona - España. 1999, pp. 18 - 25; 27 - 30; 52; 71

JESUS PASTOR. csic. 1992

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/46985/1/vertederos20controlados%20pastor675pdf>
2014-05-03

JOSÉ ALFREDO JEREZ CHAVERRI. Remoción de metales pesados en lixiviados mediante fitorremediación. (Tesis) (Licenciado en Química). Universidad de Costa Rica, Facultad de ciencias. Escuela de Química. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca San José, Costa Rica. 2013, pp. 50 - 79

<http://ciencias.ucr.ac.cr/sites/default/files/Jos%C%A9%20Jerez2013Remoci%C3%B3n%20de%20metales%20pesados%20en%20lixiviados%20mediante%20fitorremediaci%C3%B3n.pdf>
2013-10-22

KEILY Gerald. Fundamentos, Entornos, Tecnologías y Sistemas de gestión. 2 ed, Bogotá - Colombia. Ingeniería Ambiental. 1999, Vol. 2, pp. 606 - 610; 630

LIXIVIADOS CONTAMINANTES. Residuos sólidos. 2010

<http://gestionintegralresiduos.blogspot.com/2010/05/tratamiento-de-lixiviados.html>
2014-03-13

PASTOR PIÑEIRO, FERNANDÉZ A. J. Ecophy siological responses of lagunes to soil disturbances. Vol. 58. Santa Bárbara - California. 1992, pp. 50 - 62

RESIDUOS SOLIDOS. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. 2005

http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf
2013-11-12

RELLENOS SANITARIOS. Blogspot. 2010

<http://rellenossanitarios.blogspot.com/2010/05/que-es-un-relleno-sanitario.html>

2014-03-12

ROMERO ROJAS Jairo Alberto. Purificación del Agua. Colombia. 2 ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá - Colombia. 2002, pp. 141 - 142; 151

TOTORAS. Museos campesinos y de los antiguos oficios. 2010

http://books.google.com.ec/books?id=1kO2J5aDljQC&pg=PA21&lpg=PA21&dq=totoras+plantas+fitodepuradoras&source=bl&ots=Khf1u_zZ1k&sig=ndMYCTZBIOGUxKgnHUfDQkl9nE&hl=es419&sa=X&ei=vEQfVK7EOPb8sASy44DQCw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=totoras%20plantas%20fitodepuradoras&f=false

2013-11-12

ANEXOS

ANEXO I

FICHA TÉCNICA POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

	FICHA TÉCNICA POLICLORURO DE ALUMINIO – PAC QUIMIPAC	FTP PAG. 1 DE 1 VERSION: 1
---	---	---

1. PROPIEDADES

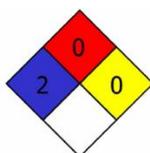
FÓRMULA: $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$

SINÓNIMOS: PAC, QUIMIPAC

PESO MOLECULAR: 219 gramos/mol

2. REGULACIONES

RIESGO ASOCIADO: Irritante, Corrosivo



3. USOS PRINCIPALES

El policloruro de aluminio tiene excelentes resultados en el uso como coagulante y/o floculante en el tratamiento de aguas potables, industriales y residuales. Amplio uso en agua con turbiedades altas y aguas con elevado contenido de materia orgánica. En la industria del papel se utiliza como agente de retención y para encolado en la fabricación del papel. Tiene aplicación en la industria textil, cerámica, extracción de petróleo y cosmética.

4. PROPIEDADES TÍPICAS

Apariencia	Sólido
Amarillo	
pH (1% Sln)	3,5 – 5
Basicidad %	75 – 90
Al_2O_3 %	30±1
Insolubles %	Máx. 5

5. MANEJO Y ALMACENAMIENTO

El PAC no es tóxico pero deben ser manejados como ligeramente corrosivos; se debe utilizar guantes de caucho, gafas de seguridad y overol.

El PAC es un producto higroscópico por lo que se debe almacenar en lugares frescos, con mínima humedad y buena ventilación.

El producto se comercializa en bolsas de 25 Kg.

6. PRECAUCIÓN

Usar los elementos de seguridad: guantes, gafas y protección respiratoria durante la manipulación del producto.

En caso de contacto con la piel y ojos lavar con abundante agua.

En caso de ingestión lavar la boca inmediatamente y suministrar 500 ml de agua.

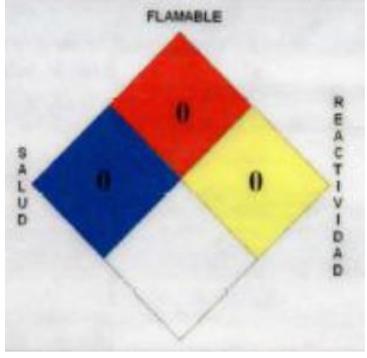
En caso de inhalación salir del área y buscar un área con aire fresco.

En caso de paro respiratorio se debe suministrar oxígeno. Obtener ayuda médica inmediatamente para todos los casos.

En caso de derrame, recoja el residuo con precaución y lave la zona contaminada con agua.

ANEXO II

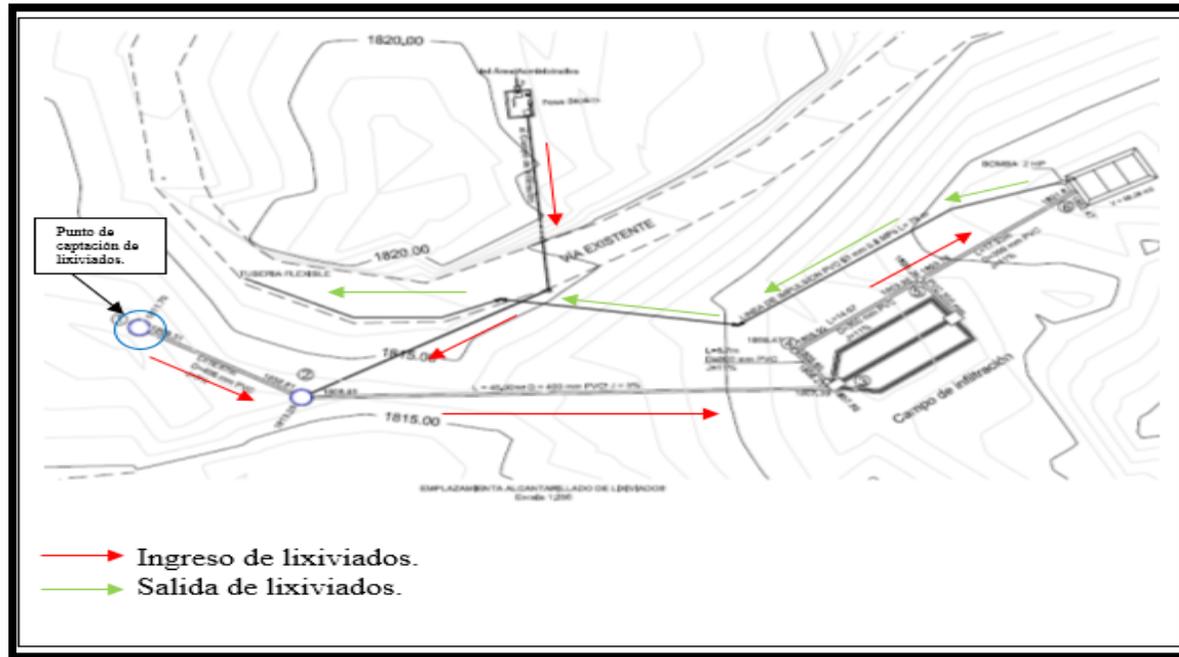
FICHA TECNICA DE LA POLIACRILAMIDA CATIONICA (LIPESA 1569)

	HOJA DE DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MATERIAL M.S.D.S	Página: 1 1 de 3
LIPESA 1569		
SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL		
Nombre comercial	Lipesa 1569	
Nombre Químico	Poliacrilamida catiónica	
Caso	Tratamiento de agua	
Nombre del fabricante	Deguss-Stockhausen GmbH & Co Kg	
Dirección del fabricante	Backerpfad 25, d47805 Krefeld Alemania	
Nombre del distribuidor	LIPEQSA	
Dirección de distribuidor	12415 Jasper Ave, Edmonton, Alberta T5N 3K9 780 451 7695	
Química	Amidas	
SECCIÓN 2: PROPIEDADES FISICAS		
Estado físico	Sólido	
Transparencia y color	Polvo o gránulos blancos	
Temperatura de difusión	No se ha determinado	
Temperatura de ebullición	No aplicable	
Solubilidad en agua	15% formación de gel	
Olor	Sin dolor	
% volátiles por volumen	No se ha determinado	
Presión de volumen a 20°C	No se aplica	
Gravedad específica	No se ha determinado	
pH	3 - 5 (g/l)	
SECCIÓN 3: RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN		
ES INFLAMABLE SI NO <input checked="" type="checkbox"/>	Punto De Inflamación, Temperatura Autoignición No determinado	
Límite superior de inflamabilidad %	N/A	
Límite superior de inflamabilidad %	N/A	
MEDIOS DE EXTINCIÓN RECOMENDADOS		

CO ₂	<input checked="" type="checkbox"/>	Polvo seco químico	<input checked="" type="checkbox"/>	Espuma	<input checked="" type="checkbox"/>
Agua pulverizada	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>	No aplicable	<input type="checkbox"/>
PROCEDIMIENTOS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS					
Soluciones acuosas o polvo que al mojarse vuelven las superficies extremadamente resbalosas.					
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO					
Se recomienda un aparato respiratorio autónomo para limitar las exposiciones a productos combustibles al combatir cualquier incendio.					
PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN TÉRMICA					
Se pueden generar los siguientes gases por combustión Cox Nox					
SECCIÓN 4: RIESGO AMBIENTAL					
Biodegradabilidad persistencia	No disponible				
Biotoxicidad	El producto no es considerado tóxico basado en estudios de laboratorio con animales				
SECCIÓN 5: ESTABILIDAD					
Estabilidad	Estable				
Condiciones que se deben evitar	El contacto con incompatibles: altas temperaturas				
Incompatibilidad	Oxidantes fuertes				
Productos peligrosos por descomposición química	Cox NOx				
Condiciones que se deben evitar	No se dispone de información				
SECCIÓN 6: PROCEDIMIENTO EN CASO DE ESCAPE ACCIDENTAL					
PASOS A SEGUIR EN CASO QUE DEBE USARSE	<p>Utilizar trajes de encapsulamiento total contra el vapor en derrames y fugas sin fuego.</p> <p>Eliminar todas las fuentes de ignición, no tocar ni caminar sobre el material derramado.</p> <p>Derrames péchenos, cubrir con tierra SECA. Prevenga la entrada a vías navegables.</p> <p>Use herramientas limpias a prueba de chispas para recoger el material y depositarlos en contenedores forrados de plástico para su desecho posterior.</p>				
SECCIÓN 7: RIESGOS PARA LA SALUD					
X	Inhalación	X	Contacto con la piel		
X	Contacto con los ojos	X	Ingestión		
INHALACIÓN	Puede producir estornudos, irritación leve a la nariz, garganta produciendo taponamiento.				
CONTACTO CON LOS OJOS	Ningún efecto de exposición esperando con excepción de irritación mecánica				
INGESTIÓN	Ningún efecto adverso esperado. El producto puede dilatarse				

	en la garganta produciendo taponamiento.
CONTACTO CON LA PIEL	Ningún efecto esperado por exposición debido a contacto. El contacto prolongado puede causar irritación en la piel o dermatitis en algunos individuos.
OTROS: (Carcinogénesis, mutagénesis, teratogénesis, etc.)	
No es considerado carcinógeno.	
SOBREEXPOSICIÓN REPETIDA	
No determinada	
PROCEDIMIENTO DE PRIMEROS AUXILIOS	
INHALACIÓN	Llevar a la víctima al aire fresco. Dar oxígeno o respiración artificial si se requiere. Si la dificultad o la angustia continua obtener ayuda médica.
CONTACTO CON LOS OJOS	Enjuagar los ojos meticulosamente con agua durante 15 minutos. Incluso debajo de los párpados, para eliminar todas las partículas.
INGESTIÓN	Producto no tóxico basado en análisis. No inducir el vómito, dar de 2 a 3 vasos de agua.
CONTACTO CON LA PIEL	Lavar bien la piel con agua fresca y un jabón de pH neutro o detergente suave. Obtener atención médica para erupciones, irritaciones y exposiciones desprotegidas.
USAR PROTECCIÓN PERSONAL.	Es importante el uso de gafas de seguridad (no utilizar lentes de contacto), ropa de seguridad (mandil y guantes de plástico), las botas de caucho y la mascarilla para polvos aprobados por NIOSH
ELIMINACION DE DESECHOS	El material de empaque como (yute, pp y papel) desecho deberá ser limpiado y clasificado antes de su almacenamiento y posterior entrega a la empresa recicladora, quien será responsable de su disposición final.
SECCIÓN 8: METODOS DE CONTROL E HIGIENE PERSONAL Y PROTECCIÓN PERSONAL	
CONTROLES DE INGENIERIA	Es importante para mantener el aire transportado por el aire, bajo el TVL
VENTILACIÓN LOCAL	Usar ventilación por respiración local
VENTILACIÓN POR CIRCULACIÓN	En caso de estar en un sitio cerrado es importante mantener los controles de ingeniería para ventilación local
	
Protección respiratoria	Usar un respirador aprobado por NIOSH, ajustado correctamente y en buenas condiciones
Protección de los ojos	Gafas de seguridad y/o blindaje completo de la cara. No usar lentes de contacto cuando se manipule este material.
Protección de las manos	Se recomienda guantes de caucho nitrilo
Campos de protección	Se recomienda ropa q cubra todo el cuerpo, impermeable y botas.

ANEXO III
SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE LIXIVIADOS DENTRO DE RELLENO SANITARIO



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANTA DE RELLENO SANITARIO EN EL CANTÓN CHUNCHI					
Sistema de recirculación de los lixiviados	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1659 1262 1827 1321">Lámina</th> <th data-bbox="1834 1262 1989 1321">Escala</th> <th data-bbox="1995 1262 2125 1321">Fecha</th> </tr> </thead> </table>			Lámina	Escala	Fecha
	Lámina		Escala	Fecha				
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar		<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="1659 1326 1827 1393">1</td> <td data-bbox="1834 1326 1989 1393">x: y:</td> <td data-bbox="1995 1326 2125 1393">13-10-14</td> </tr> </tbody> </table>	1	x: y:	13-10-14		
1	x: y:	13-10-14						
<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información								

ANEXO IV

CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS DEL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN CHUNCHI

 LABCESTTA <small>Tecnología & Soluciones</small> SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN <small>Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (03) 2908232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</small>	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE <small>ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008</small>			
INFORME DE ENSAYO No. 51 Nombre Peticionario: GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CHUNCHI Aso. Dirección: Aida Medina Serrano Dirección: Justin y los Nogales Edificio Acrópolis piso 7 Fecha: 30 de Abril de 2014 Número de Muestras: 2014/04/16 - 16:00 Fecha y Hora de Recepción en Lab: 2014/04/16 - 09:30 Fecha de Muestreo: 2014/04/16 - 2013/04/30 Tipo de Muestra: Lixiviado Código LABCESTTA: LABI-004-14 Cargo de la Empresa: NA Punto de Muestreo: Piscina de lixiviado Análisis Solicitado: Físico - Químico, microbiológico. Persona que Toma la Muestra: Aida Medina Condiciones Ambientales: T: mín. 25.0°C. T: mín. 15.0°C					
RESULTADOS ANALÍTICOS:					
PARAMETROS	METODO NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE
Potencial Hidrogeno	PEELABCESTTA/05 Standard Method No. 4500-H ⁺ B	Unidades de pH	8,08	-	±0,15
Conductividad eléctrica	PEELABCESTTA/06 Standard Method No. 2510 B	uS/cm	6260	-	±5%
*Turbidez	PEELABCESTTA/03 EPA 180.1	UNT	35,7	-	-
*Sólidos Totales	PEELABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	3756	-	-
*Nitratos	PEELABCESTTA/17 Standard Methods No. 4500-NO ₃ -B	mg/L	0,12	-	-
*Nitratos	PEELABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500-NO ₂ -B	mg/L	40,92	-	-
*Amoníaco	PEELABCESTTA/20 EPA Water Waste No. 150.2	mg/L	157,81	-	-
*Sulfatos	PEELABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ₄ -E	mg/L	<8	-	-
*Demanda Química de Oxígeno	PEELABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	1,660	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con los objetos ensayados.

Página 1 de 2
Edición 1

 LABCESTTA <small>Tecnología & Soluciones</small> SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN <small>Panamericana Sur Km. 1 1/2 Teléfono: (03) 2908232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR</small>	LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL OAE <small>ACREDITACIÓN N° OAE LE 2C 06-008</small>			
INFORME DE ENSAYO No. 51 Nombre Peticionario: GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CHUNCHI Aso. Dirección: Aida Medina Serrano Dirección: Justin y los Nogales Edificio Acrópolis piso 7 Fecha: 30 de Abril de 2014 Número de Muestras: 2014/04/16 - 16:00 Fecha y Hora de Recepción en Lab: 2014/04/16 - 09:30 Fecha de Muestreo: 2014/04/16 - 2013/04/30 Tipo de Muestra: Lixiviado Código LABCESTTA: LABI-004-14 Cargo de la Empresa: NA Punto de Muestreo: Piscina de lixiviado Análisis Solicitado: Físico - Químico, microbiológico. Persona que Toma la Muestra: Aida Medina Condiciones Ambientales: T: mín. 25.0°C. T: mín. 15.0°C					
RESULTADOS ANALÍTICOS:					
PARAMETROS	METODO NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LIMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	PEELABCESTTA/06 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	1,660	-	±15%
*Coliformes Fecales	PEELABCESTTA/08 Standard Methods No. 9222 D y 9221	UFC/100 ml	3200	-	-
*Coliformes Totales	PEELABCESTTA/07 Standard Methods No. 9222 D y 9221	UFC/100 ml	40000	-	-
*Fósforo total	PEELABCESTTA/21 Standard Methods No. 4500-P-ASAPHA 4500-PC	mg/L	7,49	-	-
Cadmio	PEELABCESTTA/33 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,02	-	±31%
*Plomo	PEELABCESTTA/29 Standard Methods No. 3030 B, 3111 B	mg/L	<0,1	-	-
Cromo Total	PEELABCESTTA/14 EPA245.7EPA 301.5*	mg/L	<0,1	-	±27%

OBSERVACIONES:

- Los parámetros con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación.
- Muestra transportada en refrigeración.

RESPONSABLES DEL INFORME:

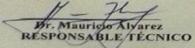
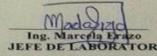
Maurilio Álvarez
 RESPONSABLE TÉCNICO

Ing. Mariela Erazo
 JEFE DE LABORATORIO

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS
Captación de los lixiviados	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	Lámina
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar		Escala
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información		Fecha
			2 x: y: 13-10-14

ANEXO V

ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS TRATADOS CON LAS PLANTAS FITODEPURADORAS TOTORAS

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 ½ Telef.: (03)2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA - ECUADOR																		
INFORME DE ENSAYO No. ST: Nombre Peticionario: Atn. Dirección: FECHA: NÚMERO DE MUESTRAS: FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ANÁLISIS: TIPO DE MUESTRA: CÓDIGO LABCESTTA: CÓDIGO DE LA EMPRESA: PUNTO DE MUESTREO: ANÁLISIS SOLICITADO: PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: CONDICIONES AMBIENTALES: RESULTADOS ANALÍTICOS:	833 14 – 006 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CHUNCHI Aída Medina Serrano Junín y los Nogales Edificio Acrópolis piso 7 30 de Mayo del 2014 1 2014/ 05/ 23 – 15:18 2014/ 05/ 22 - 08:00 2014 / 05/ 22 - 2014 / 05 / 30 Lixiviado LAB-L-011-14 Totoras Quivi Físico – Químico, microbiológico. Aída Medina T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0°C																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO /NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE</th> <th>INCERTIDUMBRE (k=2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Demanda Química de Oxígeno</td> <td>PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D</td> <td>mg/L</td> <td>500</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)</td> <td>PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B</td> <td>mg/L</td> <td>280</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)	Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	500	-	-	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	280	-	-
PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)														
Demanda Química de Oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	500	-	-														
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	280	-	-														
OBSERVACIONES: <ul style="list-style-type: none"> • Muestra receptada en el laboratorio. 																			
RESPONSABLES DEL INFORME: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  Sr. Mauricio Alvarez RESPONSABLE TÉCNICO </div> <div style="text-align: center; font-size: small;"> LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL INSPECCIÓN LAB CESTTA ESPOCH </div> <div style="text-align: center;">  Ing. Marcela Drake JEFE DE LABORATORIO </div> </div>																			

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FITOREMEDIACIÓN		
Plantas fitodepuradoras TOTORAS	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	Lámina	Escala	Fecha
			3	x: y:	13-10-14

ANEXO VI

ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS TRATADOS CON POLICLORURO DE ALUMINIO Y LIPESA 1569



CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN

Americana Sur Km. 1 1/2
 EsPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS)
 RIOBAMBA - ECUADOR

INFORME DE ENSAYO No. ST: 1331
 14 - 017 ANÁLISIS DE LIXIVIADOS

Nombre Peticionario: GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE CHUNCHI
Atm. Dirección: Aída Medina Serrano
 Junin y los Nogaes Edificio Acropolis piso 7

FECHA: 12 de Agosto del 2014
NÚMERO DE MUESTRAS: 1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2014/ 08/01 - 13:00
FECHA DE MUESTREO: 2014/ 08/01 - 09:00
FECHA DE ANÁLISIS: 2014/ 08/01 - 2014 / 08 / 12
TIPO DE MUESTRA: Lixiviado
CÓDIGO LABCESTTA: LAB-L-026-14
PUNTO DE MUESTREO: Tutoras
ANÁLISIS SOLICITADO: Químico - Químico, microbiológico.
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Aída Medina
CONDICIONES AMBIENTALES: T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0°C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO /NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Turbidez	EPA 180.1	UNT	2,71	-	-
Potencial de Hidrógeno	Standard Method No. 4500-H B	Unidades de pH	7,63	-	-
Conductividad Eléctrica	Standard Method No. 2510 B	uS/cm	230,9	-	-
Sólidos Totales	Standard Method No. 2540 B	mg/L	139	-	-
Nitritos	Standard Method Ed. 2012 4500-NO ₂ -B	mg/L	<0,03	-	-
Nitratos	Standard Method No. 350.2	mg/L	<2,3	-	-
Nitrógeno Amomiacal	EPA Water Waste No. 350.2	mg/L	<0,1	-	-
Sulfatos	Standard Methods No. 4500-SO ₄ E	mg/L	<8	-	-
Demanda (Bioquímica de Oxígeno 5-días)	Standard Methods No. 5210 B	mg/L	17	-	-
Demanda Química de Oxígeno	Standard Methods No. 5220 D	mg/L	28	-	-

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetivos ensayados. Página 1 de 2
Figura 2



CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN

Americana Sur Km. 1 1/2
 EsPOCH (FACULTAD DE CIENCIAS)
 RIOBAMBA - ECUADOR

Fósforo Total	Espectrofotometría	mg/L	<1,7	-	-
Plomo	Standard Methods No. 3030 B.3111 B	mg/L	<0,01	-	-
Cromo	PEE/LABCESTA/94 EPA Method, 1311 Edm 1, 1992 Standard Method Ed. 21, 2005 3030E y 3111B	mg/L	<0,01	-	-
Cadmio	PEE/LABCESTA/96 EPA Method, 1311 Edm 1, 1992 Standard Method Ed. 21, 2005 3030E y 3111B	mg/L	<0,004	-	-
Coliformes Totales	Standard Methods No.9222 B	mg/L	9000	-	-
Coliformes Fecales	Standard Methods No. 9222 D y 9222I	mg/L	1330	-	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio

RESPONSABLE DEL INFORME:


RESPONSABLE TÉCNICO
 INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES
 ESPOCH
 LAB - CESTTA
 ESPOCH

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	FLOCULACIÓN CON POLICLORURO DE ALUMINIO Y POLIMERO (LIPESA 1569)		
a) Solución de PAC al 10% b) Polímero 0.16% c) Floculación con PAC	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	Lámina	Escala	Fecha
			4	x: y:	13-10-14

ANEXO VII

ESTUDIO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS EN EL CANTÓN CHUNCHI



UBICACIÓN

PROVINCIA CANTÓN PARROQUIA

Chimborazo Chunchi Chunchi

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	CARTA TOPOGRÁFICA		
Ubicación del Cantón Chunchi	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	HOJA 71 - ALAUSI		
			Lámina	Escala	Fecha
			5	x: y:	13-10-14

ANEXO VIII

TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS CON LA TOTORA PLANTA FITODEPURADORA



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Totoras		
Tratamiento con plantas fitodepuradoras (totoras)	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	Totoras		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información		6	x: y:	13-10-14

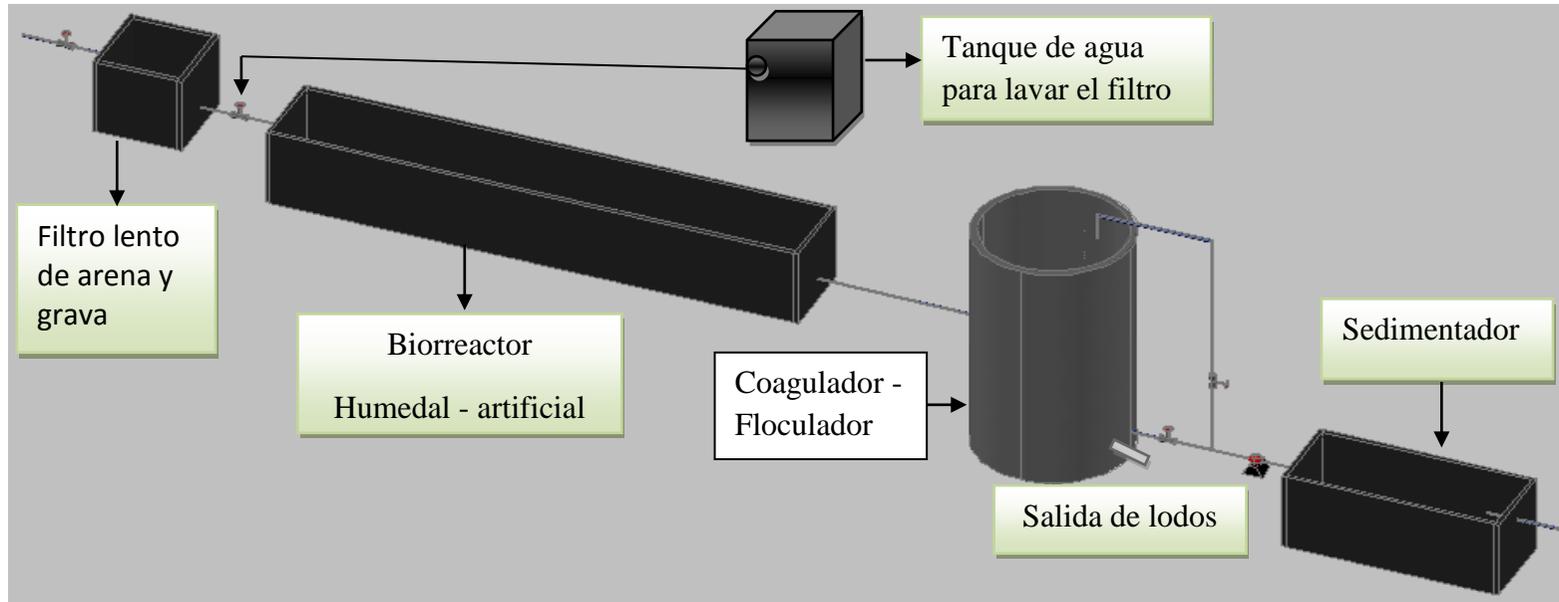
ANEXO IX
FILTRO LENTO DE GRAVA Y ARENA



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	Construcción de un filtro lento de arena		
Filtro lento de grava y arena	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar		7	x: y:	13-10-14
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información				

ANEXO X

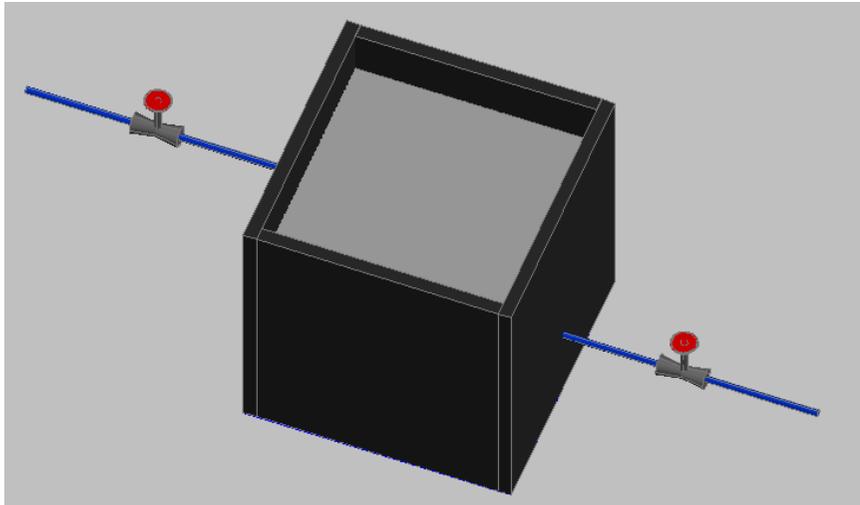
PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LOS LIXIVIADOS EN EL CANTÓN CHUNCHI



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANOS				
Planos para la planta de tratamiento de lixiviados en el Cantón Chunchi	<input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	PLANOS				
	<input type="checkbox"/> Aprobado		<input type="checkbox"/> Por Eliminar	<input type="checkbox"/> Por Aprobar	Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por Calificar		<input type="checkbox"/> Para Información	8	x: y:	13-10-14	

ANEXO XI

FILTRO LENTO DE ARENA Y GRAVA



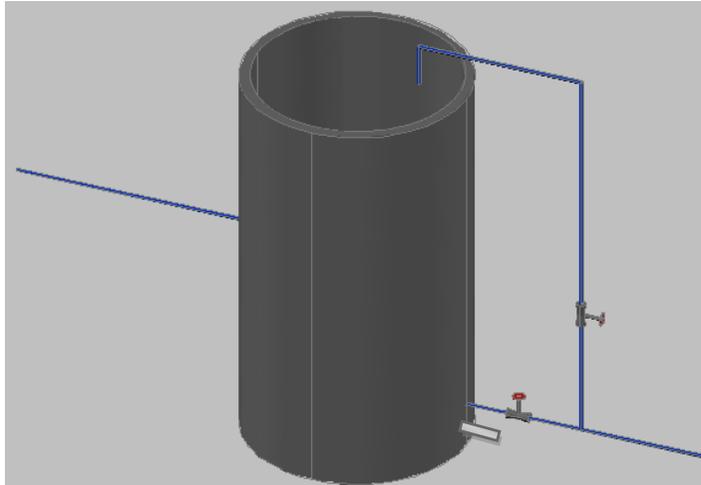
BIORREACTOR HUMEDAL - ARTIFICIAL



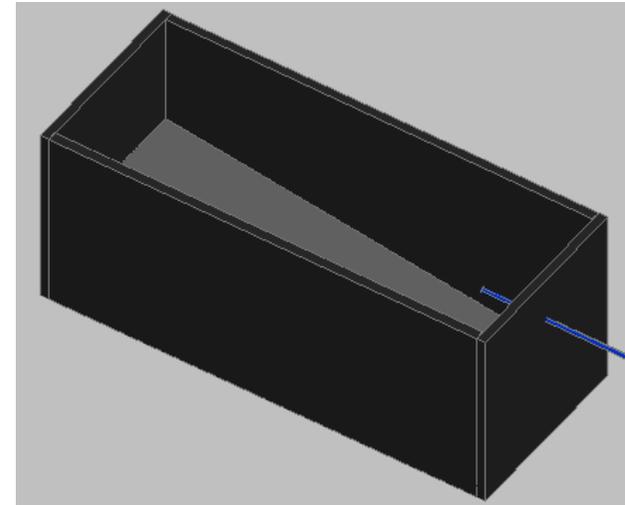
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANOS		
Planos para la planta de tratamiento de lixiviados en el Cantón Chunchi	<input type="checkbox"/> Certificado	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	Lámina Escala Fecha		
	<input type="checkbox"/> Aprobado		9	x: y:	13-10-14
	<input type="checkbox"/> Por Calificar		<input type="checkbox"/> Por Eliminar	<input type="checkbox"/> Por Aprobar	<input type="checkbox"/> Para Información

ANEXO XII

COAGULADOR - FLOCULADOR



SEDIMENTADOR



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH	PLANOS		
Planos para la planta de tratamiento de lixiviados en el Cantón Chunchi	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE ING. QUIMICA AIDA B. MEDINA SERRANO	PLANOS		
	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar		Lámina	Escala	Fecha
	<input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información		1	x: y:	13-10-14

PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN EL RELLENO SANITARIO DEL CANTÓN CHUNCHI

